

Schadgassensoren

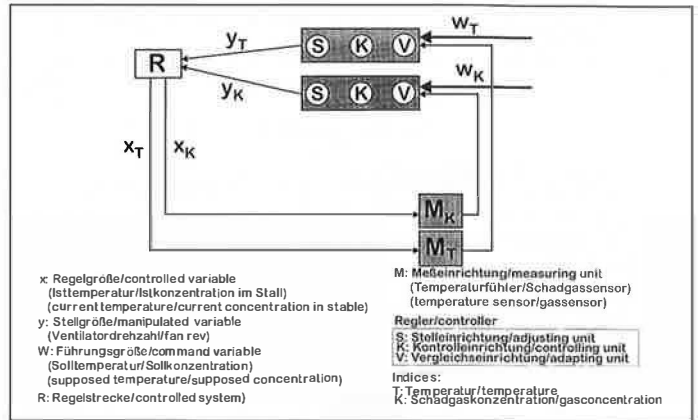
Eignung für den Einsatz in schadgaseregelten Lüftungsanlagen

Die Konzentration von Schadgasen in der Stallluft ist neben der Temperatur die zweite wichtige und aufgrund gesetzlicher Rahmenbedingungen in Zukunft an Bedeutung gewinnende Regelgröße der Lüftungsrate in Ställen. Im Rahmen des Entwicklungsvorhabens „Auswirkungen einer schadgaseregelten Lüftungsanlage auf die Emissionsraten klima- und umweltrelevanter Gase aus Stallungen“ werden in Labor und Praxistests Gassensoren hinsichtlich ihrer Eignung für den Langzeiteinsatz in schadgaseregelten Lüftungsanlagen untersucht. Dieser Beitrag soll eine Einführung in die Problemstellung, Kriterien der Sensorauswahl und das Vorgehen bei der Sensorüberprüfung vorstellen.

Während die Regelung der Lüftung über die Temperatur in Ställen Standard ist, gibt es bislang noch keine geeigneten Verfahren, die eine Regelung der Abluftfrate über die Schadgaskonzentration ermöglichen. Der negative Einfluss von hohen Schadgaskonzentrationen, vor allem NH₃, H₂S und CO₂ auf Gesundheit und Leistung landwirtschaftlicher Nutztiere ist jedoch hinlänglich bekannt. Die Auswirkungen hoher Ammoniakkonzentrationen auf Schleimhäute und Atmungsorgane stellen das größte Problem dar [1]. In den Verordnungen zur Haltung von Schweinen und Kälbern [2, 3] sind in Anlehnung an die MAK-Werte Obergrenzen für die oben genannten Schadgase definiert. So sollen 3000 ppm CO₂, 5 ppm H₂S und 20 ppm NH₃ im Tierbereich nicht überschritten werden. Bislang besteht keine Verpflichtung zur Überwachung dieser Werte, dennoch müssen hierzu für die nahe Zukunft geeignete Methoden entwickelt werden, die funktions-sicher und kostengünstig sind.

Dipl.-Ing.agr. Walter Grotz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dr. Andreas Gronauer ist Leiter der Abteilung Energie- und Umwelttechnik, Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Schön ist Leiter des Instituts und der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der TU München-Weihenstephan, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising, e-mail: grotz@tec.agrar.tu-muenchen.de. Das Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert.

Bild 1: Regelungsschema der Lüftungsanlage
Fig. 1: Control scheme of the ventilation system



Tab. 1: Funktionsprinzipien der Gassensoren Table 1: Operation principles of of gas sensors

Messprinzip	Funktionsweise
Metalloxidhalbleiter (MOS)	Oxidation und Reduktion von Gasen an der Halbleiteroberfläche, die zur Leitfähigkeitsänderung des Halbleiters führt
Elektrochemische Zelle (ECS)	Leitfähigkeitsänderung eines Elektrolyts, das mit dem zu detektierenden Gas reagiert, wird gemessen
Photoakustische Infrarot-Spektrometer (PAS)	Infrarotes Licht wird vom Gas in der Messkammer absorbiert, die daraus resultierende Druckerhöhung in der Messkammer wird mit feinen Mikrofonen gemessen
Infrarot-Spektrometer	IR-Licht bestimmter Wellenlänge wird von Gasen absorbiert, die Minderung der Lichtintensität ist Maß für die Konzentration (Lambert-Beer'sches Gesetz [5])

Tab. 2: Vorauswahl Gassensoren, Messprinzipien, bekannte Mängel
Table 2: Preselection of gas sensors, operation principles, known deficiencies

Gas	Messprinzip	Kosten	Mängel
NH ₃	Halbleiter	715 DM	Querempfindlichkeiten zu H ₂ , CO, CH ₄ und weiteren brennbaren Gasen
	elektrochemische Zelle	1055 DM	Querempfindlichkeiten zu H ₂ S, CO, HCN, SO ₂ , NO ₂ ; bei Langzeitkonzentrationen > 10 ppm Zerstörung des Sensors
	Photoakustische IR-Spektroskopie	15000 DM	Preis nur in Verbindung mit Umschalter für verschiedene Stallabteile vertretbar – prinzipiell gut möglich
	elektrochemische Zelle	3500 DM	Übersättigung des Sensors bei kontinuierlichen NH ₃ -Konzentrationen > 10 ppm [4]
	Halbleiter	1500 DM	Querempfindlichkeiten zu verschiedenen in der Stallluft vorhandenen Gasen
	elektrochemische Zelle	2040 DM	Querempfindlichkeiten zu verschiedenen in der Stallluft vorhandenen Gasen. Langzeitstabilität?
H ₂ S	elektrochemische Zelle	990 DM	Gefahr der Übersättigung, keine Erfahrungen im ldw. Bereich
	elektrochemische Zelle	190 DM	Langzeitdrift <-2% Signal/Monat; über die Dauerbelastbarkeit (24 h) liegen keine Daten vor
	Halbleiter	1500 DM	Querempfindlichkeiten
	elektrochemische Zelle	1850 DM	Querempfindlichkeiten zu CO, C ₂ H ₄ , SO ₂ , H ₂
CO ₂	Photoakustische IR-Spektroskopie	15000 DM	Preis nur in Verbindung mit Umschalter für verschiedene Stallabteile vertretbar – prinzipiell gut möglich
	Infrarot-optisch	400 DM	keine Daten über Langzeitdrift

Tab. 3: Phasen der Überprüfung

Table 3: Check-up phases

Phase	Labor I	Stall	Labor II
Ziel	Ermittlung der Kennlinien und Querempfindlichkeiten; Kalibration	Überprüfung der Funktionsfähigkeit und Langzeitstabilität unter Stallbedingungen	Ermittlung der Langzeitdrift und der Abweichung zwischen Labor und Stall bei gleichen Gaskonzentrationen
Vorgehen	Test an der Gasmischstation mit verschiedenen Gasgemischen	Einbau in schadgasgeregelte Lüftungsanlage; Erfassung der Gaskonzentration mit Multi-gasanalysator	Test an der Gasmischstation mit verschiedenen Gasgemischen

Schadgassensoren werden bislang hauptsächlich in der Industrie zur Detektion von Leckagen an Gasleitungen (Erdgas, Raffinerien, Kühlsysteme) eingesetzt. Lüftungssysteme moderner Hochhäuser und Bürogebäude werden durch CO₂-Sensoren geregelt. Die besonderen Eigenschaften des Stallmilieus (hohe Luftfeuchtigkeit, korrosives Milieu, Staubbelastung, breites Schadgasspektrum) bedingen einen Eignungstest für Schadgassensoren, die dort zur Lüftungsregelung eingesetzt werden sollen.

Sensorauswahl und Funktionsprinzipien

Bei der Auswahl der Sensoren wurde im Vorfeld der Überprüfung schon für die jeweiligen Schadgase die in Frage kommenden Funktionsprinzipien festgelegt (Tab. 1). Die zu erwartenden Mängel wurden soweit bekannt abgeklärt (Tab. 2).

Die Messprinzipien der ausgewählten Sensoren zur Detektion von NH₃ sind Metalloxid-Halbleiter (MOS), elektrochemische Zellen (ECS) und photoakustische Infrarot-Spektrometer (PAS). Zur Detektion von H₂S wurden ECS und ein Halbleiter ausgesucht. Die ausgewählten CO₂-Sensoren arbeiten mit infrarotem Licht. Es sind dies ein PAS-Sensor und ein infrarot-optischer Sensor.

Überprüfung der Sensoren

Die Überprüfung der Schadgassensoren findet in drei Phasen statt: Zwei Laborphasen und eine Praxisphase (Tab. 3). In der ersten Laborphase werden die Sensoren an einer Gasmischstation überprüft. Mit der Gasmischstation ist es möglich, neben dem Trägergas N₂ oder synthetischer Luft noch sieben weitere Gase zu einem Prüfgasgemisch zu vermengen und zusätzlich zwei Flüssigkeiten dampfförmig zuzudosieren. Auf diese Weise werden neben der spezifischen Kennlinie, also der Signalveränderung bei unterschiedlichen Konzentrationen des Gases, das ein Sensor aufspüren soll, auch die Einflüsse und Querempfindlichkeiten anderer Gase und Dämpfe in variablen Konzentrationen ermittelt.

Die Regelung der Lüftung erfolgt entsprechend der von den Sensoren an den

Lüftungscomputer übermittelten Signale, die den aktuellen Gaskonzentrationen (Regelgröße) im Stall entsprechen. Da während des Praxiseinsatzes der Sensoren im Stall von einem Multigasanalysator kontinuierlich die Gaskonzentrationen gemessen werden, kann überprüft werden, ob die Sensoren zum richtigen Zeitpunkt, also bei Überschreiten einer bestimmten Gaskonzentration (Führungsgröße) in der Stallluft, die Ventilator-drehzahl (Stellgröße) entsprechend angeleichen. Dieses Regelungsschema ist in Bild 1 dargestellt.

Bei dem Praxisbetrieb handelt sich um einen Mast Schweinestall in Vollspaltenausführung mit Zwangsentlüftung und Rieseldecken-Zuluft. In diesem bestehenden Mast Schweinestall wurden zur Versuchsdurchführung vier Buchten zu je 13 Mast Schweinen luftdicht vom übrigen Stall abgetrennt und mit einer eigenen Lüftungsregelung einschließlich Abluftventilator und Zuluftkanal ausgerüstet. Diese kleine Versuchseinheit von 52 Endmasteplätzen geht deutlich über den Labormaßstab hinaus, ermöglicht jedoch eine übersichtliche Versuchsdurchführung.

Die zweite Laborphase dient dazu, die Langzeitdrift der Sensoren zu ermitteln, also die Signaldifferenz zwischen erster und zweiter Laborphase bei konzentrationsgleichen Gasgemischen festzustellen. Ist keine Langzeitdrift erkennbar und hat der Sensor bei der vorgegebenen Konzentration die Ventilator-drehzahl angeglichen, so ist der Sensor für den Einsatz in schadgasgeregelten Lüftungsanlagen geeignet.

Ungeeignet sind Sensoren, die zwar keine Langzeitdrift haben, aber nicht entsprechend der vorgegeben Konzentration die Ventilator-drehzahl angeglichen haben, da sie zu hohe Querempfindlichkeiten zu anderen in der Stallluft vorkommenden Substanzen aufweisen. Ebenfalls ungeeignet sind Sensoren mit einer hohen Langzeitdrift.

Weiteres Vorgehen

Durch den parallelen Einsatz eines Multi-gasanalysators und der Aufzeichnung der

Ventilator-drehzahl ist es möglich, die Emissionsraten während der Versuchsdurchführung zu ermitteln. Die Auswirkung einer schadgasgeregelten Lüftungsanlage auf die Emission klima- und ökosystemrelevanter Gase kann so ebenfalls beurteilt werden.

Literatur

Bücher sind mit • gekennzeichnet

- [1] Hartung, J.: Gas- und partikelförmige Emissionen aus Ställen der Tierproduktion, Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 102, (1995), H. 7, S. 283-288
- [2] BGBl (Bundesgesetzblatt): Jahrgang 1994, Teil I, S.311-315: „Verordnung zum Schutz von Schweinen bei Stallhaltung (Schweinehaltungsverordnung)“
- [3] BGBl (Bundesgesetzblatt): Jahrgang 1992 Teil I, S. 1977-1980: „Verordnung zum Schutz von Kälbern bei Stallhaltung (Kälberhaltungsverordnung)“
- [4] Stegbauer, B.: Eignungstest verschiedener Ammoniakmeßgeräte auf ihre Einsatztauglichkeit für Langzeitmessungen in Ställen. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau an der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan, 1996
- [5] • Staab, J.: Industrielle Gasanalyse. Oldenbourg-Verlag, München, 1994

Schlüsselwörter

Gassensoren, Lüftung, Tiergesundheit

Keywords

Gas sensors, ventilation, animal health

NEUE BÜCHER

Zukunftsfähige Landwirtschaft

Von N. Lütze Entrup, O. Omen und B. Teichgräber. Schriftenreihe „Integrierter Pflanzenbau“, Heft 14. Vertrieb: FIL Gesellschaft zur Förderung des Integrierten Landbaus mbH, Rochusstr. 18a, 53123 Bonn. 1998, 295S., 31 Abb., 117 Tab., 25 DM plus Versandkosten
Die landwirtschaftliche Nutzfläche pro Kopf der Weltbevölkerung nimmt dramatisch ab. Im Jahr 2020 wird ein Viertel eines Fußballfeldes ausreichen müssen, um einen Menschen zu ernähren. Die landwirtschaftliche Produktivität muss also gesteigert werden, ohne zu Lasten der Umwelt zu gehen. Die hier vorhandenen Problemfelder (Nähr- und Schadstoffeinträge, Erosionen, Verdichtungen) werden von den Autoren aufgezeigt und mögliche Umweltschutzstrategien vorgestellt. Nach einer Beschreibung der Entwicklungslinien integrierter Ansätze im Pflanzenbau werden die heutigen Leitbilder einer integrierten Tierproduktion und des Integrierten Landbaus als ganzheitlichem Modell erläutert. Handlungsbereiche und Lösungsansätze Integrierter Landbausysteme werden für Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz, Fruchtfolge, Klimaschutz, Schutz der Kulturlandschaft und für die Tierproduktion abgeleitet und dargelegt.
Eigene Kapitel widmen sich jeweils der Umsetzung umweltschonender Landbewirtschaftung in der Bundesrepublik Deutschland sowie in ausgewählten europäischen Ländern.