

Schadgas geregelte Lüftungstechnik für Mastschweine

Gutes Stallklima ist die Grundlage für gesunde Tiere im Stall. Der Gesetzgeber hat deshalb in den Kälber- und Schweinehaltungsverordnungen Höchstgrenzen für bestimmte Schadgase festgelegt. In Zusammenarbeit mit Lüftungstechnikfirmen wurde eine Schadgas geregelte Lüftung mit NH₃ als zusätzlicher Regelgröße neben der Temperatur entwickelt und in einem Mastschweinestall erfolgreich erprobt. Einfache NH₃-Sensoren, die im Labor an einer Gasmischstation und in Praxisversuchen im Stall getestet wurden, scheinen derzeit für eine langfristig und zuverlässig arbeitende Schadgas geregelte Lüftung noch nicht geeignet.

Dipl.-Ing. agr. Walter Grotz und Dipl.-Ing. agr. Barbara Rathmer sind wissenschaftliche Mitarbeiter der Abteilung Umweltechnik der Landnutzung (Leitung Dr. agr. Andreas Gronauer) an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik (Direktor: o. Univ. Prof. Dr. agr. Hans Schön), Am Staudengarten 3, 85354 Freising;
e-mail: grotz@tec.agrar.tu-muenchen.de
Die Arbeiten werden finanziert vom Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Freundlich unterstützt wurden die Arbeiten von Ziehl-Abegg GmbH, Schönhammer Lüftungstechnik und Westfalengas.

Referierter Beitrag der **LANDTECHNIK**, die Langfassungen finden Sie unter **LANDTECHNIK-NET.com**.

Schlüsselwörter

Ammoniak, Regelung, Lüftungstechnik, Sensoren

Keywords

Ammonia, control, ventilation, sensors

Literaturhinweise sind unter LT 01210 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

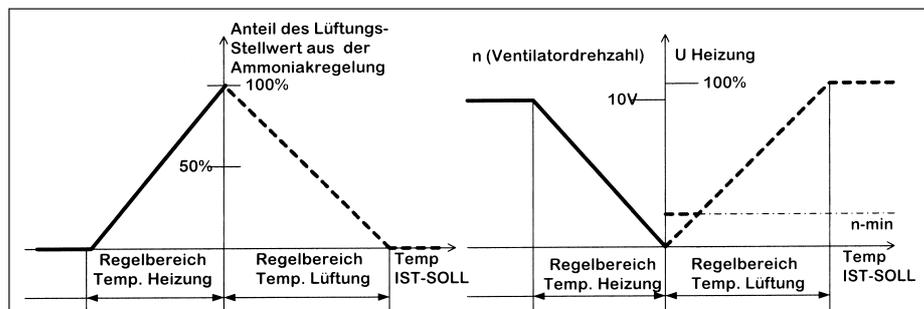


Bild 1: Regelungsprozess bei Ammoniak geregelter Lüftung (Quelle: Ziehl-Abegg)

Fig. 1: Control scheme of ammonia controlled ventilation (Source: Ziehl-Abegg)

Durch gesetzliche Regelungen [1, 2] sind die Höchstwerte der Schadgaskonzentrationen von Kohlendioxid (CO₂), Schwefelwasserstoff (H₂S) und Ammoniak (NH₃) festgelegt, die im Tierbereich nicht überschritten werden sollen. Eine Orientierung zur Dimensionierung von Lüftungsanlagen in geschlossenen Ställen gibt die DIN 18910 [3]. Allerdings kann bei der Dimensionierung der Lüftung nach DIN 18910 nicht gewährleistet werden, dass die in [1] und [2] festgelegten Grenzwerte für alle Gase eingehalten werden. Aus diesem Grund wurde an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik in Zusammenarbeit mit Ziehl-Abegg und Schönhammer Lüftungstechnik eine Lüftungsregelung mit NH₃ als zusätzlicher Regelgröße entwickelt.

Aufbau einer Schadgas geregelten Lüftung

Der grundsätzliche Aufbau einer Schadgas geregelten Lüftung wurde bereits in [4] be-

schrieben. Eine Schadgas geregelte Lüftung besteht aus einer Prozessregelung, die einen Soll-Ist-Abgleich zwischen voreingestellten Werten der Regelgrößen Temperatur und NH₃ und den aktuell von den spezifischen Sensoren gemessenen Werten durchführt. Daraus werden die Stellwerte für die Aktoren Ventilator und Heizung errechnet.

Sensorik

Innerhalb des Forschungsprojekts wurden verschiedene NH₃-Einfachsensoren getestet. Diese in *Tabelle 1* im Überblick dargestellten Sensoren wurden im Labor und in der Praxis überprüft, wobei die Praxisüberprüfung in eine achtwöchige Phase im kontinuierlichen Betrieb (Phase I) und zwei Phasen von zwei (Winter, Phase IIa) und vier (Frühjahr, Phase IIb) Wochen im intermittierenden Betrieb unterteilt wurde. Als Referenzmessgeräte in den Praxisversuchen wurden ein PAS-IR-Spektrometer [5] in Phase I und ein Fourier-Transform-Infrarot-Spektrome-

Tab. 1: Überprüfte Ammoniakensoren

Sensor	Funktionsprinzip	~ Kosten DM	Funktionsweise
Referenz	PAS-IR (Photoakustisch)	14000	Infrarotes Licht bestimmter Wellenlänge trifft in Messzelle auf Gas, das sich durch Absorption erwärmt und ausdehnt. Druckveränderung wird mit Messmikrofon aufgenommen.
PAS (MGU)	PAS-IR (Photoakustisch)	10000	Messgas setzt sich an Halbleiteroberfläche fest und ändert dadurch dessen Leitfähigkeit.
MOS I	Widerstandsänderung am Metalloxid-sensor	500	Lichtstrahl durchdringt Substanz, die mit Messgas reagiert und optische Eigenschaften ändert. Änderung des Lichtsignals wird gemessen.
MOS II	Widerstandsänderung am Metalloxid-sensor	1000	Zu messendes Gas reagiert mit Elektrolyt oder Elektrode, wodurch sich elektr. Potenzial ändert.
OC I	Optisch-chemisch	1000	
OC II	Optisch-chemisch	1800	
ECS I	elektrochemisch	3500	
ECS II	elektrochemisch	3000	

Table 1: Tested ammonia sensors

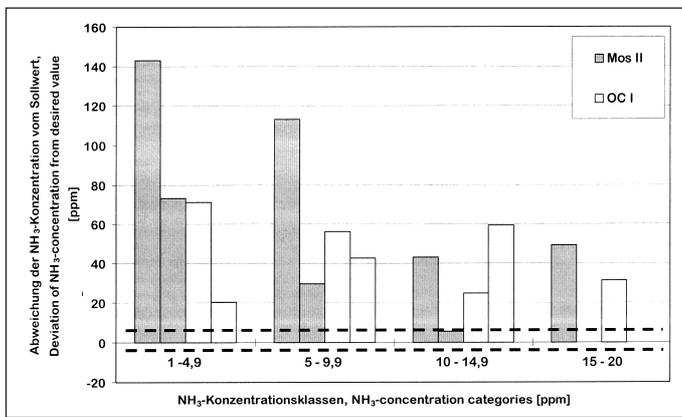


Bild 2: Ergebnisse der Sensortests im kontinuierlichen Betrieb (Phase I), Sensoren mit hohen Abweichungen vom Referenzwert, die gestrichelte Linie zeigt die tolerierbare Messungengenauigkeit an

Fig. 2: Results of sensor testing in continuous operation mode (phase I), sensors showing high deviations from desired value, the dotted line indicates the postulated inaccuracy

ter (FTIR-S) [6] in den Phasen IIa und IIb eingesetzt. Für den Einsatz in einer Schadgas geregelten Lüftung sind Messungengenauigkeiten von maximal 5 ppm bei NH_3 -Konzentrationen bis 30 ppm zu fordern, bei höheren Konzentrationen sollte die Messungengenauigkeit etwa 20 % des angezeigten Wertes nicht überschreiten. Neben geringen Investitionskosten sollten die NH_3 -Sensoren langzeitstabil sein, um Wartungskosten gering zu halten und die optimale Betriebssicherheit zu gewährleisten.

Regelungsprozess

Da NH_3 als zweite Regelgröße neben der Temperatur in den Regelungsprozess integriert wird, muss der bisherige Regelungsprozess angepasst werden. In Bild 1 ist links dargestellt, wie die NH_3 -Konzentration für die Berechnung des Lüftungsstellwertes bei unterschiedlichen Lüftungs- und Heizleistungsniveaus innerhalb der Regelbereiche bewertet wird. Im rechten Teil des Bildes ist dargestellt, wie die Stellgrößen Heizspannung und Ventilator Drehzahl bis zu deren Maxima an den Enden der Regelbereiche geführt werden. Diese Regelung erwies sich im Wesentlichen als funktionsfähig.

Versuchsaufbau

Die Laborüberprüfung der Sensoren und Messgeräte erfolgte an einer Gaserzeugungs- und -mischungseinheit. Hier können Einzelgase und Gasgemische in variablen Konzentrationen hergestellt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Feuchte über ein Kapillarsystem in definierten Konzentrationen zuzudosieren.

Labor

Selektivität (Querempfindlichkeit) und Messungengenauigkeit

Die Querempfindlichkeit auf Wasser war bei

allen Sensoren gering, da Kalibrationsfunktionen verwendet wurden, die auf der Kalibration mit feuchtem Prüfgas beruhen. Die Messungengenauigkeiten [8] der Sensoren OC I, OC II und MOS II waren unbefriedigend.

Praxis

Kontinuierlicher Betrieb (Phase I)

Mit 1 bis 20 ppm waren die Konzentrationen im Stall während des Versuchszeitraumes relativ niedrig. Um die Sensoren bewerten zu können, wurden die Gaskonzentrationen in vier Klassen von je 5 ppm eingeteilt, die Werte jeder Klasse gemittelt und die absolute Abweichung vom Referenzwert des PAS-IR Referenzmessgerätes berechnet. Diese Betrachtung wurde in der ersten und in der letzten Messwoche durchgeführt, um so Effekte zu erfassen, die durch die permanente Beaufschlagung mit NH_3 entstehen. Dazu gehören Sensoralterung und „-übersättigung“. In Bild 2 (Sensoren mit größeren Abweichungen vom Referenzwert) und Bild 3 (Sensoren mit geringeren Abweichungen vom Referenzwert) sind die Ergebnisse der Sensorüberprüfung im kontinuierlichen Betrieb (Phase I) dargestellt. Die erste Säule repräsentiert den Messwert der ersten Woche, die zweite den der letzten Woche, in der es keine Konzentrationen über 15 ppm gab. MOS II und OC I zeigen sehr hohe Abweichungen von den Sollwerten (Bild 2). Bei ECS II sind relativ hohe Abweichungen von mehr als 10 ppm zu beobachten, die aber in allen Konzentrationsklassen konstant sind und damit auf eine tolerierbare Nullpunktverschiebung schließen lassen. Insbesondere PAS-MGU, aber auch ECS I und MOS I halten die Anforderungen an die Sensoren zum größten Teil ein. Allerdings ändert ECS I seine Abweichung von positiv (erste Woche) zu negativ (letzte Woche). Dies lässt auf die bei elektrochemischen Sensoren bekannte Sensorübersättigung schließen. OC II zeigt mit zunehmender Messdauer geringere Konzen-

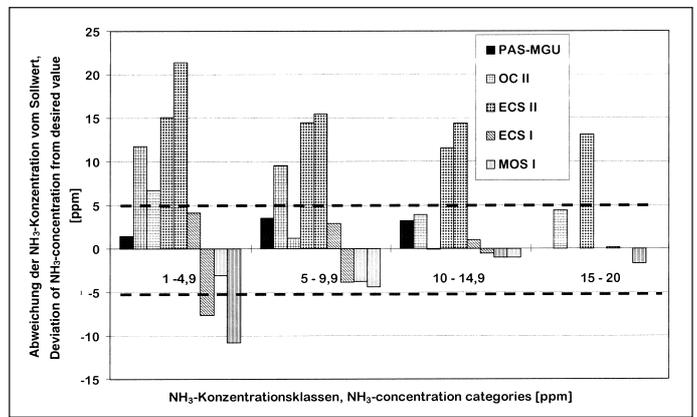


Bild 3: Ergebnisse der Sensortests im kontinuierlichen Betrieb (Phase I), Sensoren mit geringen Abweichungen vom Referenzwert, die gestrichelte Linie zeigt die tolerierbare Messungengenauigkeit an, PAS-MGU in der ersten Versuchswoche nicht betriebsbereit

Fig. 3: Results of sensor testing in continuous operation mode (phase I), sensors showing minor deviations from desired value; the dotted line indicates postulated inaccuracy; PAS-MGU was not operating in the first week of testing

trationen an. Die Versuche im intermittierenden Betrieb bestätigten im Wesentlichen die Versuchsergebnisse im kontinuierlichen Betrieb. Eine ausführliche Darstellung findet sich im LANDTECHNIK-NET.

Fazit der Sensorüberprüfung

Für den Dauereinsatz in einer Schadgas geregelten Lüftung ist nach derzeitigem Kenntnisstand keiner der getesteten Einfachsensoren geeignet. Bei der Laborüberprüfung erfüllten OC I, OC II, der später ausgetauscht wurde, und MOS II nicht die Auswahlkriterien. Im Praxisbetrieb erfüllten MOS II und OC I ebenfalls nicht die geforderten Messgenauigkeiten. Die elektrochemischen Sensoren ECS I und ECS II weichen entweder bei niedrigen oder hohen Konzentrationen weit vom Sollwert ab oder haben uneinheitliche Abweichungen vom Sollwert über längere Zeiträume, so dass der Benutzer auf unzuverlässige Werte zurückgreifen muss. MOS I zeigt besonders bei hohen NH_3 -Konzentrationen große Abweichungen vom Sollwert. Das getestete PAS-MGU erwies sich zumindest während der Testphasen als wenig betriebsicher, da es öfter repariert werden musste, ansonsten würde es eine Alternative zu den Einfachsensoren darstellen. Die Regelung erwies sich im Wesentlichen als funktionsfähig. Es stellte sich allerdings heraus, dass auch die NH_3 geregelte Lüftung mit Mindestluftfrate betrieben werden sollte, um Schwankungen der Stalltemperatur durch Kaltluft einfall bei hohen NH_3 -Konzentrationen zu vermeiden.

Schlussfolgerungen

Eine Schadgas geregelte Lüftung wurde technisch realisiert. Kosten günstige Sensortechnik hierfür muss noch optimiert werden. Eine Einordnung des Verfahrens unter wirtschaftlichen, umwelttechnischen Gesichtspunkten und nach Kriterien der Tiergerechtigkeit erfolgt im Rahmen laufender Arbeiten.