

# Strömungsmessumformer zur Luftvolumenstrombestimmung in Stallanlagen

Der Luftvolumenstrom ist in Stallanlagen (neben der Heizung) derzeit das einzige Regulativ zur Einstellung der gewünschten Raumtemperatur und -luftqualität. Mit der Entwicklung von Strömungsmessumformern gibt es Sensoren, mit denen auf sehr einfache Weise Luftgeschwindigkeiten gemessen und in das Regelsystem von Lüftungsanlagen einbezogen werden können. Inwieweit diese Messinstrumente für den Stalleinsatz geeignet sind, soll im Folgenden erörtert werden.

Abluftmessventilatoren in Abluftschächten von Stallanlagen waren bisher die einzige Messmethode, um computergesteuerte Luftvolumenströme in Stallanlagen überprüfen zu können. Nachteil dieser Methode ist der hohe Material- und Energieaufwand (pauschal benötigten Messventilatoren rund 10% der Energie der Abluftventilatoren), der in Abhängigkeit von der Stallausrüstung und der Anzahl der Stallabteile stark variiert.

Strömungsmessumformer sind stabförmige Messsensoren, die für die Messung von Luftgeschwindigkeiten (Massenströme) ausgelegt sind. Das Messverfahren beruht auf dem Heißfilmanemometerprinzip, wobei sogenannte Dünnschichtensorelemente zum Einsatz kommen [1]. Bisherige Anwendungen in der Lüftungs- und Klimatisierungstechnik haben gute Ergebnisse gezeigt. In Stallanlagen der Tierproduktion wurden solche Bauelemente bisher nicht eingesetzt.

Ziel der Untersuchungen war es daher zu prüfen, inwieweit diese Sensortechnik herkömmliche Messventilatoren ersetzen kann und ob die Möglichkeit besteht, die Regelung derzeit eingesetzter Klimacomputer zu verbessern.

## Messbedingungen und Methodik

Die Stallanlage, in der die Untersuchungen durchgeführt wurden, dient der Aufzucht von Absatzferkeln. Die Grundfläche von 42 • 12 m ist in sechs Abteile untergliedert. Je Abteil sind 200 Tiere untergebracht, die in acht gleich großen Buchten zu je 25 Tieren gehalten werden [2].

Die Lüftung des Stalles erfolgt über eine Zwangslüftung in Form der Unterdrucklüftung. Je Abteil sind zwei Rieselkanäle aus geschäumten Lochplatten installiert, die über den Zentralgang mit Frischluft versorgt werden. Zwei mittig je Abteil angeordnete Axialventilatoren mit 50 und 45 cm Flügelraddurchmesser wurden gruppenweise geschaltet, wodurch bei niedrigem Lüftungsbedarf (etwa im Winter) ein Ventilator abgeschaltet werden kann. Stellklappen in den Abluftschächten ermöglichen eine weitere Drosselung der Luftströmung bei Minimaldrehzahl der Ventilatoren.

Die Überprüfung von Strömungsmessumformern fand im Zeitraum vom 14. Februar bis 14. März 2000 statt, also unter typischen Winterbedingungen. In Bild 1 sind die Messpunkte für die Zu- und Abluft im Grundriss des untersuchten Abteils dargestellt.

Da die kontinuierliche Erfassung physikalischer Parameter aufgrund der aggressiven Klimaverhältnisse in Stallanlagen ein permanentes Problem darstellt, wurden die Strömungsmessumformer in den Abluft- als auch Zuluftkanälen getestet.

Hauptursache für die aggressiven Klimaverhältnisse ist das aus den Exkrementen gebildete Ammoniak, das nicht nur auf den lebenden Organismus schädigende Einflüsse zeigt, sondern auch auf Werkstoffe durch Oxidationsreaktionen eine zerstörende Wirkung ausübt [3].

Prof. Dr. Wolfgang Büscher ist Leiter des Fachgebietes für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und Bauwesen der Landwirtschaft. Dr. Werner Frosch ist wissenschaftlicher Assistent am Fachgebiet der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrartechnik und Landeskultur, Ludwig-Wucherer-Str. 81, 06108 Halle; e-mail: frosch@landw.uni-halle.de

## Schlüsselwörter

Sensor, Lüftungsanlage, Strömungsmessumformer

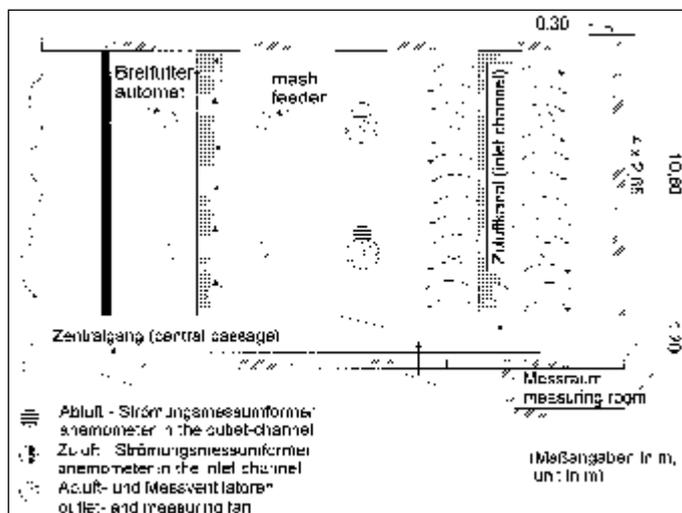
## Keywords

Sensor, ventilation system, air velocity transmitter

Literaturhinweise sind unter LT 00609 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Bild 1: Anordnung der Messstellen für Strömungsmessumformer im Stallabteil (Grundriss)

Fig. 1: Position of anemometers in the compartment for piglets (layout)



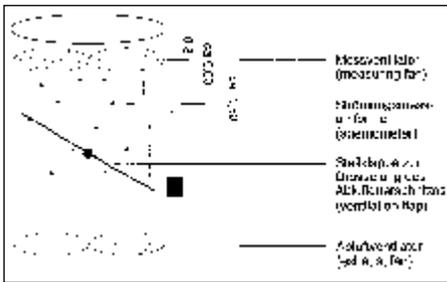


Bild 2: Einbau eines Strömungsmessumformers im Abluftschacht (Querschnitt)

Fig. 2: Air velocity transmitter in the outlet channel (cross-section)

Ein weiterer Faktor, der die Messgenauigkeit von Strömungsmessumformern wesentlich beeinflusst, ist die hohe Staubbelastung in Stallanlagen. Staub entsteht in erster Linie durch das verabreichte Trockenfutter, aber auch durch Hautpartikel der Tiere und durch die Bewegung der Tiere selbst [3]. In Verbindung mit hohen Luftfeuchten in einem Gas entstehen sogenannte Aerosole, die an sämtlichen Ausrüstungsgegenständen anhaften. *Tabella 1* enthält wichtige Parameter, die die Messbedingungen während der Überprüfung von Strömungsmessumformern beschreiben.

Im laufenden Betrieb der Ferkelaufzucht wurden Abluftmessventilatoren und Strömungsmessumformer einem direkten Vergleich unterzogen. Während bei Messventilatoren der Luftvolumenstrom aufgrund der Dreh-Frequenz über Näherungssensoren ermittelt wird, wurde bei den Strömungsmessumformern die gemessene Spannung zur Berechnung der Strömungsgeschwindigkeit zugrunde gelegt.

Anhand des Querschnittes des jeweiligen Abluftschachtes (hier 500 mm), in dem Messventilator und Strömungsmessumformer in Reihe über dem Abluftventilator angeordnet wurden (*Bild 2*), können dann die ermittelten Volumenströme verglichen und statistisch verrechnet werden.

Im Zuluftschacht war ein mittiger Einbau möglich. Mit einer durchschnittlichen Höhe von 150 mm kann der vertikale Strömungsbereich optimal erfasst werden. Auch der horizontale Einbau stellt hier kein Problem dar.

Für die Datenerfassung wurden analoge Messkarten eingesetzt, die auf eine maximale Eingangsspannung von 10 V ausgelegt sind. Alle Daten wurden online auf einen PC übertragen; die Abtastzeit betrug 15 min.

### Ergebnisse

Während in Laboruntersuchungen (Kalibrierungsschacht) sehr positive Ergebnisse erzielt werden konnten, zeigten die Praxisergebnisse ein differenziertes Bild.

So konnte im Abluftschacht kein funktionaler Zusammenhang zwischen gemessener Spannung und Luftvolumenstrom nachgewiesen werden. Die Hauptursachen dafür können wie folgt beschrieben werden:

Tab. 1: Ausgewählte Stallparameter zur Charakterisierung der Messbedingungen während der Überprüfung von Strömungsmessumformern

| Zeitraum (d)      | Stallabteiler-temperatur C° | rel. Luftfeuchte (%) | NH <sub>3</sub> -Konzentration (ppm) | Staubkonzentration > 0,5 µm (µg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------------|--|
| 14. 2. bis 20. 2. | 23,12                       | 54,44                | 5,64                                 | 3374   |
| 21. 2. bis 27. 2. | 25,38                       | 52,00                | 7,92                                 | 6619   |
| 28. 2. bis 5. 2.  | 24,21                       | 54,49                | 8,19                                 | 2370   |
| 6. 3. bis 14. 3.  | 24,54                       | 54,80                | 9,69                                 | 4904   |

Table 1: Selected parameters for characterising measuring conditions during examining air velocity transmitter

- Der Abluftschacht von Stallanlagen stellt einen Bereich dar, der die höchsten Schadgas- und Staubkonzentrationen im Vergleich zu anderen Stallbereichen aufweist. Mit einem Messzellenquerschnitt von 50 mm<sup>2</sup> weisen Strömungsmessumformer eine zu kleine Messzelle auf, um der Staubbelastung auf Dauer standhalten zu können.
- Ammoniak ist ein sehr reaktionsfreudiges Gas und greift Metalle, insbesondere Leichtmetalle (Aluminium, Magnesium) an [3]. Beim Zusammentreffen mit Metallen entstehen sogenannte Komplexsalze. Weiterhin bilden Schwefelwasserstoff und Metalle Sulfide, die unlösliche Salze darstellen. All diese Verbindungen führen zu einer Beschichtung und Zerstörung von Metallen, so dass ein Abdriften der gemessenen Spannung und damit des Messwertes die Folge ist.
- Abluftvolumenströme in Abluftschächten sind durch ein turbulentes Strömungsverhalten der Luft gekennzeichnet. Entscheidend ist daher der Einsatzpunkt eines Messelements im Schacht, der jedoch aufgrund wechselnder Volumenströme und Klappenstellungen nicht standardisiert werden kann.

Weit bessere Voraussetzungen bieten die Messbedingungen im Zuluftschacht. Staubgehalte und Schadgaswerte liegen nur unwesentlich über den Werten der Aussenluft. Das Strömungsverhalten der Luft ist weitestgehend stabil und turbulenzärmer, wodurch auch die Platzierung des Messelements wesentlich erleichtert wird.

Demzufolge konnten hier die engsten Zusammenhänge zwischen gemessenen Spannungen des Strömungsmessumformers und den Luftvolumenströmen der Abluft nachge-

wiesen werden. *Bild 3* verdeutlicht diese Aussage, wobei rund 46 % der Luftvolumenströme im Abluftschacht durch die gemessenen Spannungen erklärt werden können.

Durch punktuelle Messungen mit einem Handanemometer konnte nachgewiesen werden, dass nicht nur zwischen den Zuluftkanälen, sondern auch innerhalb eines Zuluftkanals erhebliche Strömungsunterschiede bestehen. So ergaben sich bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten Standardabweichungen zwischen 0,3 und 0,5 m/s, wodurch die Variabilität der Messgröße beschrieben wird.

Besonders problematisch ist der Schutz der Sensoren bei der Reinigung der Stallabteile mit Hochdruck-Reinigungsgeräten. Zwar haben sich Kunststoffhülsen zum Schutz der feuchteempfindlichen Sensorelemente bewährt, jedoch ist der Ausbau des Sensors in Abhängigkeit vom Messpunkt erforderlich.

### Fazit

Die einzige Regelgröße für die Luftwechselrate in Stallanlagen ist gegenwärtig der Temperaturfaktor. Zahlreiche Analysen hinsichtlich der Raumluftqualität haben gezeigt, dass die Steuerung der Luftwechselraten häufig unzureichend ist. Daher wurden versuchsweise Strömungsmessumformer in die Lüftungsanlage von Stallanlagen integriert.

Während in Abluftschächten der Einsatz von Strömungsmessumformern aufgrund von Werkstoffeigenschaften derzeit ungeeignet ist, wäre in Zuluftschächten ein Einsatz denkbar. Mit steigenden Anforderungen an die Messgenauigkeit reicht die Anwendung nur eines Sensors jedoch nicht aus.

Bild 3: Beziehung zwischen gemessener Spannung eines Strömungsmessumformers und den Luftvolumenströmen im Zuluftschacht über den gesamten Messzeitraum  
Fig. 3: Correlation between sensor signal and air volume rate in the inlet channel for the entire measurement period

