

Erfahrungen mit Messventilatoren zur Luftvolumenstromermittlung

Die Höhe des Luftvolumenstroms hat großen Einfluss auf die Quellmission einer Stallanlage. Es reicht nicht aus, die bei der Planung ermittelte Luftrate für den Sommer mit einem Faktor für die durchschnittliche Auslastung der Anlage zu multiplizieren. Es ist notwendig, den Luftvolumenstrom parallel zur Abluft-Konzentrationsmessung zu bestimmen, um aus beiden Faktoren die Quellmission zu berechnen. Messventilatoren stellen bei zwangsbelüfteten Ställen eine geeignete Methode dar, den Luftvolumenstrom auch über längere Zeiträume zu ermitteln.

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 des Instituts für Agrartechnik und Landeskultur der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06108 Halle, Ludwig-Wucherer-Str. 81; e-mail: BUESCHER@landw.uni-halle.de

Schlüsselwörter

Luftvolumenstrom, Messmethoden

Keywords

Air volume rate, measuring methods

Literaturhinweise sind unter LT 01217 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Folgende Messmethoden stehen zur Ermittlung des Luftvolumenstroms in zwangsbelüfteten Stallanlagen zur Verfügung [4]:

Direkte Volumenstrombestimmung

- Rotameter (Messventilatoren) für kontinuierliche Datenerfassung
- Differenzdruckmessung mit Normblenden für kontinuierliche Datenerfassung

Indirekte Volumenstrombestimmung

- Schleifenmethode mit Anemometer für statische Betrachtungen
- Netzmessung mit Anemometer nach dem Schwerlinienverfahren für statische Betrachtungen

Sollen die Quellemissionen einer Stallanlage über einen längeren Zeitraum ermittelt werden, ist es wegen tages- und jahreszeitlicher Schwankungen notwendig, den Luftvolumenstrom kontinuierlich zu erfassen [2]. Kontinuierliche Messungen sind darüber hinaus auch für Kurzzeitmessungen empfehlenswert, weil die Ventilatoren der Lüftungsanlage über Regelgeräte temperaturabhängig mit unterschiedlicher Drehzahl angesteuert werden und der aktuelle Förderstrom der Ventilatoren darüber hinaus sehr stark windabhängig ist. Da diese Bedingungen für zwangsbelüftete Stallanlagen üblich sind, bieten sich lediglich Methoden der direkten Volumenstrombestimmung an. Wegen des großen messtechnischen und apparativen Aufwandes scheidet jedoch die Differenzdruckmessung mit Normblenden in den meisten Fällen aus.

Für nur wenige Fragestellungen ist eine statische Betrachtung des momentanen Luftvolumenstromes ausreichend [3, 4]. Soll zum Beispiel die maximale Leistung einer Lüftungsanlage nachgewiesen oder über-

prüft werden, kommen indirekte Methoden zur Ermittlung des Luftvolumenstroms in Frage. Es handelt sich dabei um indirekte Methoden, weil der Luftvolumenstrom berechnet wird. Das Profil der Kanalströmung wird durch Raster, Schleifen oder Schwerlinien erfasst. Da bei den indirekten Methoden der Volumenstrom aus Einzelmesswerten der lokalen Luftgeschwindigkeit berechnet wird, hängt die Genauigkeit dieser Methoden von den verwendeten Messgeräten für die erforderlichen Punktmessungen ab. Kontinuierliche Messungen an nur einem Punkt im Rohr- oder Rechteckkanal haben keine befriedigende Genauigkeit erzielt, wie auch die Ergebnisse aus eigenen Untersuchungen gezeigt haben [2].

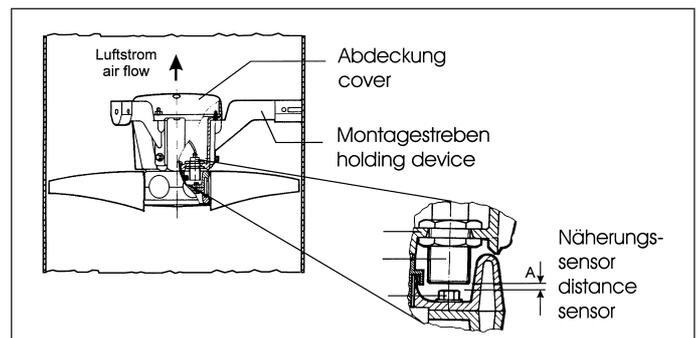
Beschreibung der Methode

Bei kritischer Prüfung aller Anforderungen an eine ausreichend genaue Messmethode zur Luftvolumenstrombestimmung von Tierställen fällt die Wahl in der Regel auf den Einsatz von Messventilatoren. In [1] wird erstmals international über den erfolgreichen Einsatz dieser Technik berichtet. Messventilatoren sind große Flügelradanemometer (Rotameter), die durch den Luftstrom in Rotation versetzt werden. Im Idealfall entspricht der Flügelraddurchmesser dem Kanaldurchmesser des Rundkamins. Die Flügelraddrehzahl ist oberhalb der Trägheitsgrenze abhängig von der Luftgeschwindigkeit beziehungsweise von der Höhe des Luftstroms im Luftkanal [5]. Messventilatoren bestehen aus den Funktionselementen:

- Flügelrad
- Radnabe mit Leichtlaufkugellager
- Näherungs-Impulssensor

Bild 1: Bauteile eines Einbau-Messventilators [verändert nach 8]

Fig. 1: Component parts of a built-in measuring fan



Die Flügelräder sind zwei- oder vierflügelig und entsprechen in Form und Anstellwinkel weitgehend den Flügelrädern von handelsüblichen Axialventilatoren. Die Flügelräder werden zurzeit bis zu einem Durchmesser von 63 cm angeboten.

Der Impulssensor ist ein einfacher Näherungssensor (Entfernungs-Signalgeber), der bei jeder Flügelradumdrehung ein oder mehrere Spannungssignale abgibt. Vor der Inbetriebnahme ist der Abstand zwischen Sensor und der rotierenden Erhöhung zu kontrollieren und eventuell zu justieren (Bild 2). Man benötigt für die Aufzeichnung und Umrechnung der Signale nicht die speziellen Anzeigergeräte der verschiedenen Messventilatorhersteller [4]. Ein Frequenzmessgerät oder eine Frequenzmesskarte für einen PC können diese Aufgabe ebenfalls erfüllen.

Erfahrungen und Ergebnisse

Der Messbereich von Messventilatoren sollte sinnvollerweise in Abhängigkeit von der mittleren Strömungsgeschwindigkeit im Kanal beschrieben werden. Für eine Messung ist der lineare Bereich der Kalibrationskurve relevant, der oberhalb der Trägheitsgrenze beginnt. Da es sich bei Messventilatoren nicht um ein standardisiertes Produkt handelt, sind Kalibrationen notwendig.

Die *Linearitätsgrenze* nach oben wurde bisher nicht untersucht. Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 12 m/s lagen innerhalb des linearen Bereiches. Die bisher kalibrierten Messventilatoren hatten oberhalb einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 0,7 m/s eine lineare Charakteristik (Bild 2).

Die *Nachweisgrenze* der Luftvolumenstromermittlung mit Hilfe von Messventilatoren ergibt sich aus der Trägheitsgrenze der Achslagerung. Messwerte unterhalb der Strömungsgeschwindigkeit von 0,7 m/s bewegen sich im Bereich der Nachweisgrenze.

Die *Messgenauigkeit* von Messventilatoren ist innerhalb des linearen Messbereiches sehr hoch. Das Bestimmtheitsmaß der Kalibrationskurven betrug bisher immer über 99,8%. Als Referenzmethode wurde ein Ventilatorprüfstand der DLG eingesetzt. Derartige Prüfstände basieren auf dem Normblendenverfahren und berücksichtigen nahezu alle relevanten Randbedingungen. Der rechnerisch ermittelte Standard-Schätzfehler von drei Messventilatoren betrug in Abhängigkeit des Flügelraddurchmessers folgende Werte:

- 65 cm Flügelraddurchmesser: 101 m³/h
- 52 cm Flügelraddurchmesser: 41 m³/h
- 45 cm Flügelraddurchmesser: 39 m³/h

Aus den oben genannten Eigenschaften kann auch die hochgradige *Reproduzierbarkeit* von Messwerten abgeleitet werden. Da Luftströmungen an sich nicht vollständig repro-

Bild 2: Einfluss der Verschmutzung auf die Kennlinien-Charakteristik von Messventilatoren nach einem sechsmonatigen Einsatz in Abluftschächten eines Ferkelaufzuchtstalles (Durchmesser 50 cm)

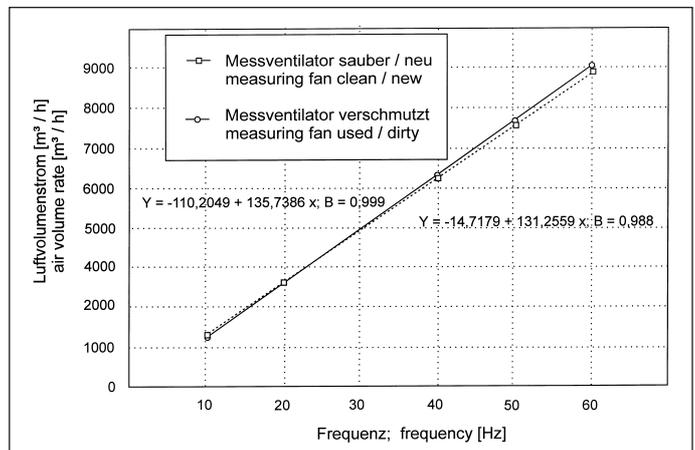


Fig. 2: Effect of polluting on characteristic of a measuring fan (diameter 50 cm) at beginning and after a six month measuring period in waste air shafts of a piglet rearing house

duzierbar sind, sondern immer auch zufällige Einflüsse aufweisen, sind die Ursachen für eine mangelnde Reproduzierbarkeit von Messwerten nicht grundsätzlich in der Messmethode zu suchen [3].

Querempfindlichkeiten zu anderen physikalischen Größen sind bei Messventilatoren nicht bekannt. Auch der Grad an Partikelbeimengungen (Staub) hat keinen Einfluss auf die Messwerte gezeigt. Messventilatoren sind empfindlich bezüglich der Anströmungsbedingungen. Um möglichst exakte Messwerte zu erzielen, sollten bei der Kalibration ähnliche Einbaubedingungen vorliegen wie bei der Messung. Da das Profil und der Turbulenzgrad von Luftströmungen sehr stark von Einbauten, Bauteilen und Beruhigungsstrecken abhängen, sind die Einbaubedingungen und Verhältnisse vorab zu prüfen und bei der Kalibration zu berücksichtigen. Im Idealfall sollte die Luftvolumenstrommessung in einer beruhigten Luftströmung stattfinden, also in einem Abstand von der letzten Störquelle von mindestens dem Zehnfachen des Kanaldurchmessers. Dies ist jedoch in Abluftschächten nicht immer möglich, wenn im Bereich der Stalldecke abgesaugt wird und der Abluftschacht nur wenige Meter lang ist. Die Empfindlichkeit von Messventilatoren gegenüber Schmutzablagerungen auf dem Flügelrad wird in der Regel überschätzt (Bild 2).

Die *Zeitauflösung* der Näherungssensoren ist als hoch zu betrachten. Wenn die Frequenz-Messkarte im PC auf eine Abtastrate > 1 Hz eingestellt wird, kann mit einer sicheren Erfassung des Luftvolumenstroms gerechnet werden.

Drift der Messwerte durch Veränderungen am Näherungssensor ist nicht bekannt. Es wurde vermutet, dass durch Verschmutzungen eine systematische Veränderung der Charakteristik (Kalibrierkurve) eintritt. Eigene Messungen hierzu haben diesen Verdacht jedoch nicht bestätigt. Bild 2 zeigt den Effekt einer Verschmutzung über einen Zeitraum von sechs Monaten beim Einsatz in Abluftschächten eines Ferkelaufzuchtstalles.

Nachteile

Durch den Einsatz des Messventilators nimmt man systematisch indirekten Einfluss auf den Luftdurchsatz. Der Messventilator stellt ein Hindernis in der Luftströmung dar, dessen Strömungswiderstand quadratisch mit der Geschwindigkeit ansteigt und von der Fördereinrichtung überwunden werden muss [5]. Der dimensionslose Strömungswiderstandsbeiwert (ζ) von Messventilatoren wird auf 0,1 geschätzt. Gegenüber der Situation ohne Messventilator werden rund 2 bis 5% niedrigere Luftvolumenströme bei sonst gleicher Lüftungseinstellung erreicht. Nach Firmeninformationen wird mit einem zusätzlichen Strömungswiderstand bei Volllast von 5 Pa gerechnet.

Problematisch hat sich der Einsatz in Abluftschächten im Winter erwiesen, die bei Gruppenschaltungen abgeschaltet werden. Es kommt zum Stillstand der Messventilatoren und zur Anlagerung von Schmutz zwischen Flügelrad und Kanal. Bei der Inbetriebnahme des Abluftschachtes kann es notwendig sein, diese Verschmutzungen zu beseitigen, um das reibungsarme Anlaufen des Flügelrades zu gewährleisten.

Abschließende Bewertung

Messventilatoren sind zur Bestimmung des Luftdurchsatzes in allen zwangsbelüfteten Ställen bis auf wenige Einschränkungen gut geeignet. Sie eignen sich besonders gut zur Bestimmung des Luftvolumenstroms in Rohrkanälen, wenn die genannten Einbaubedingungen berücksichtigt werden. Kontinuierliche Messungen über lange Zeiträume sind mit Hilfe PC-gestützter Messwert-Erfassungssysteme möglich. Zwischenkalibrationen werden im dreimonatigen Abstand erforderlich. Wenn höchste Anforderungen an die Messgenauigkeit gestellt werden, muss die Strömung störungsfrei sein. Wöchentliche Funktions-Überprüfungen haben sich im Langzeiteinsatz bewährt.