

Karl-Heinz Krause, Stefan Linke, Hans-Joachim Müller und Michael Mußlick

# Simulationen weisen der Luft den Weg – die intelligente Stalllüftung

Lüftungsfirmen werden von Landwirten beauftragt, einen Stall so einzurichten, dass die angestrebte Tierzahl untergebracht werden kann. Man orientiert sich an der DIN 18910. Damit weiß man, welche Luftmengen durch den Stall zu bewegen sind, um Wärme- und Schadstofflasten von innen nach draußen zu transportieren. Die Luftführung ist nicht weiter geregelt. Tabellenwerke geben Anhaltswerte z.B. über Luftstrahlverhalten etc. Es greifen Erfahrungen. Firmenintern lernt man dabei aus Fehlern und versucht, sie bei dem nächsten Landwirt zu vermeiden. Dass es auch einen vorausschauenden Weg gibt, sich über die Strömungsabläufe im Stall durch Simulationen Kenntnis über das stallinterne Geschehen zu verschaffen, wird von fast allen Lüftungsfirmen negiert. Bei jeder Stallauslegung sollte man aber dem Kunden, sprich Landwirt, sagen, was ihn erwartet. Hier führen Computersimulationen zu Lösungen. Dieser Weg wird sich langfristig zum Stand der Technik entwickeln. Nachfolgend wird eine Luftführungskonstellation bei einem Mastschweinestall beschrieben, die die Emissionen aus dem Stall reduziert und das Tierwohlbefinden nachhaltig steigert.

## Schlüsselwörter

Stallklima, Luftführung, Emissionsverhalten, Ammoniakkonzentrationen, Simulationen

## Keywords

stall climate, air guidance, emission behaviour, ammonia concentration, simulations

## Abstract

Krause, Karl-Heinz; Linke, Stefan; Müller, Hans-Joachim; Mußlick, Michael

## *Simulations show air the way to go – the intelligent stall ventilation*

*Landtechnik 64 (2009), no 1, pp. 54 - 56, 6 figures, 6 references*

*In Germany the DIN 18910 determines the volume rate of animal houses but not the air guidance. In order to reduce ammonia emission filter techniques are propagated. The lack of space at a great piggery was the reason to develop a new partial underfloor suction with an additional small filter in contrast to the conventional complete filtering of the exhaust air.*

Strömungssimulationen dienen als Grundlage zur Beschreibung des Emissionsgeschehens in einem Stall mit den entsprechenden Auswirkungen nach draußen. Mag es auch kompliziert sein, so lassen sich doch Aussagen zum Verbleib von luftgetragenen Stoffen treffen. Es interessieren Ammoniak, Geruchsstoffe, Keime und Staub. In den Simulationen wird aus messtechnischen Gründen ausschließlich auf Ammoniak abgehoben. Wenn man weiß, wie sich Ammoniak im Stall verteilt, dann kann man auch konstruktiv Einfluss auf die Ammoniak- und Geruchsverteilung nehmen [1].

## Erklärtes Ziel: Geruchs- und Ammoniakreduzierung

Die Umfeldsituation bei einer großen Tierhaltungsanlage in

Nordhausen (Thüringen), **siehe Bild 1**, erfordert die Reduzierung von Geruchsimmissionen. Zwei Lösungswege bestehen: einmal die Minderung der Stofffreisetzung aus der Anlage, siehe **Bild 2**, zum anderen die Verdünnung der Ableitung der Fortluft über hochgezogene Quellen. Derzeit wird das zweite Konzept verfolgt. Das erste Konzept ist inzwischen an anderen Anlagen zum Einsatz gebracht worden: Emissionsminderung durch eine gefilterte partielle Unterflurabsaugung [2]. Mit einer Teilstromabsaugung in der Größenordnung der Winterluftfrate wird ein Minderungsgrad an Ammoniakemissionen erreicht, der je nach Lüftungsauslegung bis zu 40 % und mehr betragen kann.

## Absicherung von Erkenntnissen

Stalllüftungskonzepte potenzieren sich an Großanlagen der Tierhaltung zwangsläufig in einem größeren Ausmaß als an Einzelanlagen auf einem Bauernhof herkömmlicher Prägung. Die Sorge um Fehlinvestitionen erklärt die Bereitschaft, weiterführende Untersuchungen an Großanlagen eher in Angriff zu nehmen als an Einzelbetrieben. Die Stallphysik bleibt davon unberührt. Sie ist dieselbe.

Wenn man zu neuen Erkenntnissen kommen will, muss man Veränderungen an Stallsystemen vornehmen und ihre Auswirkungen messtechnisch erfassen. „Nur wer misst, ist der Wahrheit auf der Spur.“ Messungen im Bereich der Tierhaltung sind allerdings nicht ganz unproblematisch, da die Randbedingungen sehr „unsauber“ sind. Wie in [3] veröffentlicht, gelingt der direkte messtechnische Nachweis, dass z.B. die Emissionen von der Tiermasse abhängen, nur mit einer Sicherheit bis zu 80 %. Wenn man nun weit differenzierte Aussagen zum Emissionsverhalten in einem Stall treffen will, muss man sich allerdings die Frage gefallen lassen, wie aussagekräftig die Punktmessungen vor Ort im Originalsystem sind.

Es liegt nahe, auf physikalische Modelle in verkleinertem Maßstab überzugehen. Im Labor hat man das Emissionsgeschehen besser „im Griff“ als vor Ort, Man kann eher flächendeckende Aussagen treffen, siehe **Bild 3**, z.B. im Hinblick auf Ammoniakkonzentrationen in einem Stallquerschnitt. Man kommt zu allgemeinen Aussagen, die im Originalstall kaum zu gewinnen sind. Es lassen sich Verhaltensmuster aufzeigen, **Bild 4**, die zum Allgemeinverständnis des Emissionsgeschehens beitragen [4]. Hier ist beispielhaft gezeigt, wie bei einer Oberflurabsaugung Partikel zum Abluftschacht gelangen. Mit der Maßstabsverkleinerung sind allerdings Einschränkungen im Hinblick auf die Ähnlichkeitsmechanik verbunden [5].

Abb. 1



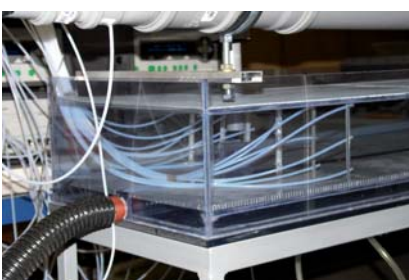
Satellitenaufnahme des Stallkomplexes. Großflächige Abluftfilter sind wegen der geringen Stallabstände nicht möglich. Eine maßgeschneiderte Lösung ist gefragt.  
*Fig. 1: Satellite picture of the stall complex. Big area filters cannot be used because of the low distances between the single stalls. A specially tailored solution is to be searched.*

Abb. 2



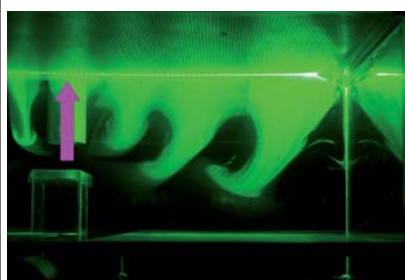
Blick in den Untersuchungsstall der van Asten Tierzucht längs des Futterganges.  
*Fig. 2: View into the stable of investigation of the van Asten Tierzucht along the feed-way.*

Abb 3



Modellstall im Maßstab 1:20. Zu sehen sind die Absaugschläuche für Ammoniak oberhalb des Spaltenbodens.  
*Fig. 3: Model stable on the scale of 1:20. To be seen are the suction tubes for ammonia above the slatted floor.*

Abb. 4



Laserlichtschnitt von Rauchgas, das durch die Porendecke zum Abluftschacht (violetter Pfeil) gesaugt wird.  
*Fig. 4: Laser light cut of the smoke gas sucked through the pore ceiling into the (purple arrow) the off-gas duct.*

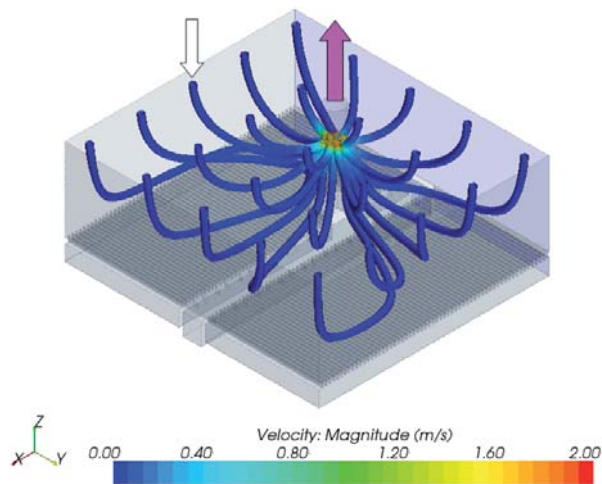
Anders ist es bei der dritten Form der Erfassung der physikalischen Abläufe, und zwar der numerischen Darstellung der Strömungsabläufe, bei der die Restriktionen in der Auflösung des Strömungsraumes liegen. Mit den numerischen Simulationen kann man die Untersuchungsergebnisse im verkleinerten physikalischen Modell „nachfahren“ und auch die Messergebnisse im Originalstall. Was heißt das nun? Wenn die Numerik in der Lage ist, in welcher Stallgröße auch immer, die vorgegebenen Geschehnisse abzubilden (in **Bild 5** und **Bild 6** werden die Modellversuche mittels numerischer Simulationen überprüft), dann kann sie auch vorhersagen, was bei bestimmten Veränderungen vor Ort geschehen wird. Das bedeutet, dass die numerische Simulationstechnik ein konstruktives Mittel ist, Stallauslegungen vorzunehmen. Die numerische Strömungsmechanik muss sich nicht selbst beweisen, sondern die Stallauslegungen durch Lüftungsfirmen nach ihren individuellen Konzepten müssen sich einer generellen Überprüfung nach den angestrebten Zielen Umweltschutz, Tiergesundheit und Energieeffizienz unterwerfen. Hier muss ein Umdenken ansetzen.

### Handlungsanweisung für die Praxis

Jede Tierhaltungsanlage, ob neu geplant oder verändert, sollte grundsätzlich auf ihre Auswirkungen im Hinblick auf die Umwelt und den Tierschutz a priori überprüft werden [6]. Dabei stehen die Stalllüftungskonzepte im Vordergrund, schließlich bestimmt die Lüftung über 24 Stunden am Tag die Stofffreisetzungen im Stall.

Lüftungsfirmen sind hier besonders gefordert, sich umzustellen. Der Hinweis, dass etwas schon immer so gemacht wor-

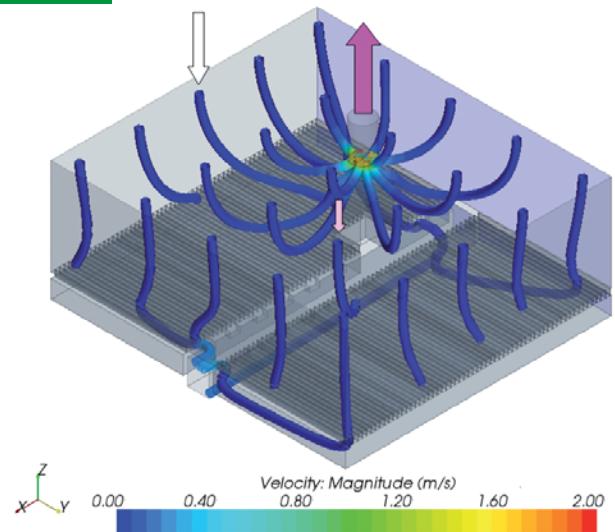
Abb. 5



Frischlucht (weißer Pfeil) bewegt sich von der Stalldecke in Stromröhren durch den Stallraum. Sie wird über eine Porendecke in den Stall gesaugt (Oberflurabsaugung) und über einen Ventilator zentral nach draußen verblasen (violetter Pfeil), siehe Bild 4.

Fig. 5: Fresh air (white arrow) moves from the stall ceiling through the stall room in streamtubes. It is sucked through the pore ceiling into the stall (over floor suction) and is thrown out by a central ventilator (purple arrow), compare figure 4.

Abb. 6



Zu der Oberflurabsaugung (85 %) tritt eine Unterflurabsaugung (15 %) hinzu. Partikel gelangen wegen der gleichgerichteten Luftströmung vermehrt an den Randzonen (kleiner Pfeil) in den Unterflurbereich als unterhalb der Ventilatoren. Die Unterflurabsaugung erfolgt durch einen zentralen Unterflurkanal.

Fig. 6: To the suction over floor (85 %) an under floor suction (15 %) is added. Particles reach the under floor area much more at the border zones (little arrow) than underneath the ventilator. The under floor suction occurs by a central under floor channel.

den ist, reicht im Hinblick auf die heutige globale Situation und die Anforderungen vor Ort nicht aus. Man muss nachweisen können, was sich durch die eigenen Maßnahmen entwickeln wird.

### Zusammenfassung

Die internationalen Vereinbarungen zur Reduzierung von Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung lassen sich realisieren, wenn man z.B. die Luftführungskonzepte in der Tierhaltung ändert. Das Anhängen von Filteranlagen an die Tierhaltung gehört nicht zu den intelligenten Lösungen der Stalllüftung. In der Schweinemast lassen sich Emissionen allein durch die Luftführungskonzepte im Stall um mehr als das geforderte Maß mindern.

Wenn man mit partiellen Unterflurabsaugungen mit nachgehängter Filtertechnik arbeitet, stellt sich die Frage, inwiefern die Schweinehaltung gegenüber der Rinder- und Geflügelhaltung als Lückenbüßer zur Emissionsminderung herhalten muss, völlig neu. In vielen Landkreisen von Niedersachsen z.B. werden Schweinemastanlagen mit Komplettfilteranlagen zur Emissionsminderung überzogen, wobei der Tierschutz nur noch eine untergeordnete Rolle spielt. In der Tat ist es so, dass gerade in der Geflügelhaltung strömungsmechanische Konzepte zur Minderung der Emissionen ausgeklammert werden, obschon hier die höchsten Luftaustauschraten gefahren werden.

### Literatur

[1] Krause K-H, Linke S, Mußlick M (2005) Computergestützte Simula-

tion einer raumluftechnischen Anlage für einen Schweinemaststall mit 2000 Tierplätzen zwecks Optimierung wichtiger Stallklimafaktoren und Minimierung von Ammoniakfreisetzungen. In: Hoch C (ed) 7. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2005 : 1.-3. März 2005 in Braunschweig. Münster-Hiltrup : KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag, pp 289-294.

- [2] Krause, K-H, Linke, S, Müller, H-J und M Mußlick (2007): Distribution of ammonia in swine houses at emission reduction. In: Ammonia emissions in agriculture, ed. Montoney, G.-J. und E. Hartung. Wageningen, pp. 134 - 135.
- [3] Desta T Z, van Buggenhout S, van Brecht A, Meyers J, Aerts J-M, Baelmans M, Berckmans D (2004): Modelling mass transfer phenomena and quantification of ventilation performance in a full scale installation. Building and Environment.
- [4] Weinkauff T, Theise H, Hege H-C and Seidel, H-P (2004). Topological construction and visualization of higher order 3D vector fields. Eurographics, Vol. 23 (3).
- [5] Wehls C (2006): Modell- und Praxisuntersuchungen zum Emissionsverhalten von zwei Schweinemastställen. Diplomarbeit, Fachschule Braunschweig/Wolfenbüttel. Wintersemester 05/06.
- [6] Zhang, G, Bjerg, B. Strom, J.S., Morsing, S., Kai, P., Tong, G. und P. Ravn (2008): Emission effects of three different ventilation control strategies – A scale model study, Biosystems Engineering, Vol. 100, Heft 1, Mai, S. 96 - 104.

### Autoren

**Dr.-Ing. Karl-Heinz Krause**, wissenschaftlicher, Stefan Linke technischer Mitarbeiter im von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. A. Munack und Prof. Dr. K.-D. Vorlop), 38116 Braunschweig, Bundesallee 50; e-mail: karlheinz.krause@vti.bund.de bzw. stefan.linke@vti.bund.de.

**Dr.-Ing. Hans-Joachim Müller**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Leibniz-Institute für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, e-mail, hmueller@atb-potsdam.de

**Dr. Michael Mußlick**, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Beethovenstraße 03, 99096 Erfurt, e-mail: michael.mußlick@tmlnu.thueringen.de