

Vergleichende Untersuchungen zur Zuluftführung in Schweineställen im Hinblick auf Energieeffizienz, Emissionsgeschehen, Tierwohlbefinden und Wirtschaftlichkeit

Artikelserie Teil 5: Ergebnisse zur Strömungssimulation in einem Schweine- mastabteil mit Unterflurzulufführung

Joachim Pertagnol und Felix Adrion (Universität Hohenheim), Dr. Wilhelm Pflanz (LSZ Boxberg)

In diesem Teil der Artikelserie wird mittels Strömungssimulationen gezeigt, wie sich die gekühlte Luft im Sommer im Abteil bei der Unterflurzulufführung verteilt und welche Problemstellen mittels der Simulation zu erkennen sind. Bei den zwei anderen Kühlungssystemen Hochdruckbefeuchtung und Kühlpad wird die Luft über eine Porendecke ins Abteil geleitet, welche nicht hinreichend genau simuliert werden konnte. Aus diesem Grund beschränkt sich dieser Artikel auf die Unterflurzulufführung.

Material und Methode

Für die Simulationen wurde das Unterflurzuluftabteil aus den vergleichenden Untersuchungen an der LSZ Boxberg nachgebildet, welches in sechs Buchten mit je 21 Tierplätzen unterteilt ist (Innenmaße 16,0 m auf 9,5 m; Deckenhöhe 3,0 m). Es wurde ein vereinfachtes Modell des Stallabteils für die Simulation erstellt, wobei jeweils nur das Luftvolumen konstruiert wurde (Abb.1). Auf Bereiche, die für die Simulation eine untergeordnete Rolle spielen, wie Güllekeller und der Spaltenboden, wurde verzichtet. Ebenso wurde das Unterflurkanalsystem, durch das die Zuluft vor dem Eintritt in das Abteil strömt, nicht in das Modell integriert. Der Spaltenboden im Zentralgang des Unterflurabteils wurde für die Simulationen stark vereinfacht. Durch diese Vereinfachungen konnte die Rechenzeit für die Simulationen stark verkürzt werden.

Aus dem Zuluftkanal steigt die Luft im weiteren Verlauf durch den Spaltenboden des Zentralganges auf und gelangt über die Buchtenwände in den Tierbereich. Die Abluft wird mit einem Ventilator im Abluftschacht über dem Zentralgang abgesaugt. Unter dem Abluftschacht ist ein Kasten angebracht, der einen Kurzschluss mit der aufwärts strömenden Zuluft verhindern soll.

Um den Einfluss einzelner Bauteile auf die Lüftung besser darzustellen, wurde einmal an der Rückseite des Zuluftkanals im Abteil ein quer verlaufendes Güllerohr am Boden des Kanals mit 0,25 m Durchmesser an seiner realen Position eingesetzt, und einmal wurde auf das Rohr verzichtet. Als Tiermodelle wurden je Bucht 21 Zylinder gleichmäßig verteilt (BRUCE & CLARK, 1979, BÜSCHER, 1991).

Zur einfacheren Berechnung und späteren Darstellung der Ergebnisse wurde das Abteil in der Mitte des Zentralganges entlang seiner Symmetrieebene halbiert. Abgebildet ist im Folgenden nur die linke Abteilhälfte. Entsprechend sind in Abb. 1 nur in der linken Abteilhälfte die Tiermodelle dargestellt.

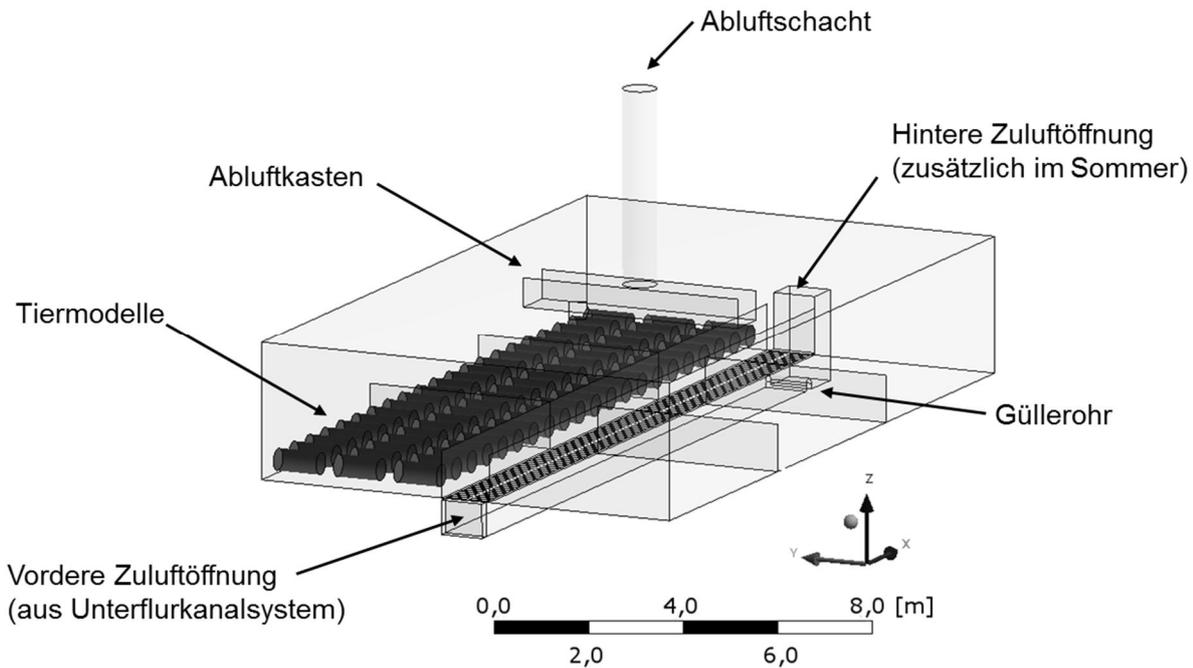


Abb. 1: Modell des Unterflurzuluftablaufs

Als Grundlage für die Simulation wurde ein zehnmütiges Messintervall aus dem Untersuchungszeitraum mit 20 Einzelmessungen ausgewählt (04.07.2011 13:55 - 14:05 Uhr). Dieser Zeitraum repräsentiert eine typische Sommersituation mit maximaler Luftrate. Die Messpunkte befanden sich im Dachraum, im Unterflurkanal, im Abteil und im Abluftschacht sowie in der Außenluft. Die Messdaten dienten als Randbedingungen für Einlasstemperatur, Volumenstrom und Differenzdruck zwischen Abteil und Außenluft (Tab. 1) sowie als Vergleichswerte für die Ergebnisse der Simulationen. Anhand der Lebendgewichte am Versuchstag wurde die konvektive Wärmeabgabe der Schweine nach dem Modell von BRUCE und CLARK (1979) berechnet.

Tab.1: Randbedingungen für Simulation des Unterflurzuluftablaufs im Sommer

Parameter	Unterflurzuluftablauf
Luftvolumenstrom [m ³ /h]	9129
Einlasstemperatur Unterflurkanal [°C]	19,1
Einlasstemperatur außen [°C]	22,1
Wärmeleistung Tiermodell [W/ Zylinder]	45,5
Differenzdruck [Pa]	-17,5

Zur Diskretisierung des Strömungsgebietes wurde in dem Model ein Raumgitter aus Tetraedern erstellt (ca. 12 Millionen Zellen). Die Grenzschichtströmung wurde mit prismatischen Zellen aufgelöst. Die Strömungsrechnungen erfolgten mit der Software ANSYS Fluent unter Verwendung eines druckbasierten Löser und des SIMPLE-Algorithmus. Als Turbulenzmodell wurde das realizable k-ε-Modell gewählt (Details in ADRION et al., 2013).

Ergebnisse

Strömungsgeschwindigkeit und Lufttemperatur im Unterflurzuluftablauf wurden in der Simulation der Sommersituation sehr stark durch die Zuluftströme beeinflusst. Die Luft von beiden Zuluftöffnungen traf sich hierbei hinter dem Abluftkasten (Abb. 2). Die kühlere Luft aus dem Unterflurssystem vermischte sich hauptsächlich im hinteren Bereich des Abteils mit der wärmeren Zuluft von außen. Des Weiteren wurde der vordere Bereich des Abteils sehr viel weniger durchlüftet als der hintere. In der Simulation betrug die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit im Tierbereich 0,21 m/s. Der Mittelwert der Temperatur im Tierbereich lag bei 22,4°C.

Ein Vergleich der Simulationsergebnisse für die Strömungsgeschwindigkeit mit den Messdaten am Abteilsensor war nur eingeschränkt möglich, da die Strömungsgeschwindigkeit im betrachteten Zeitraum unterhalb des Messbereichs des Sensors lag. Dies lag vermutlich an der leicht verdeckten Anbringung des Sensors nahe der Trennwand am Trog. Nebelproben zeigten jedoch, dass der Treffpunkt der beiden Zuluftströme auch in der Realität bei hohen Luftraten hinter dem Abluftkasten lag. Somit entstand in der vorderen Bucht, wo der Abteilsensor angebracht war, eine Zone mit geringem Luftwechsel. Dies konnte durch die Simulation bestätigt werden. Die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit im Tierbereich lag ebenso im Bereich der in ergänzenden Messungen mit einem Thermoanemometer ermittelten Werte. Ein Vergleich der simulierten Lufttemperatur mit dem Messwert am Abteilsensor ergab eine Differenz von -2,4 K. Insgesamt bildet die Simulation die Strömung im Abteil folglich gut nach.

Die Simulation im Modell ohne Güllerohr (vgl. Abb. 2 und Abb. 3) im Unterflurkanal zeigt deutlich den großen Einfluss dieses Rohres auf die Strömung im gesamten Abteil. Ohne den Strömungswiderstand des Rohres wäre der Anteil der direkt von außen angesaugten Luft bei mehr als 50% anstatt ca. 33%. Die bessere Verteilung der Luft im Abteil ohne dieses Strömungshindernis hätte jedoch einen Anstieg der Abteilterperatur durch den erhöhten Anteil an ungekühlter Außenluft zur Folge. Dieser betrug im Vergleich zum Abteil ohne Güllerohr 0,6 K.

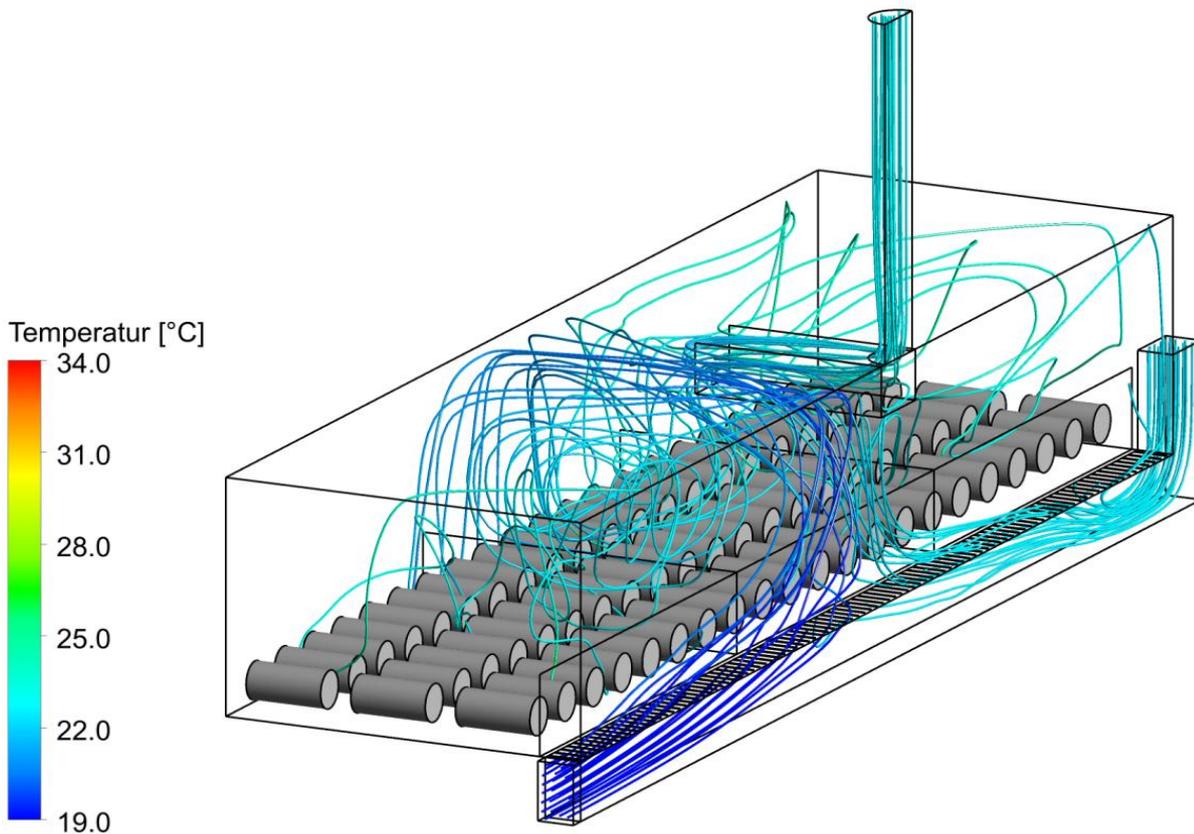


Abb. 2: Stömung im Unterflurzuluftmodell ohne Güllerohr

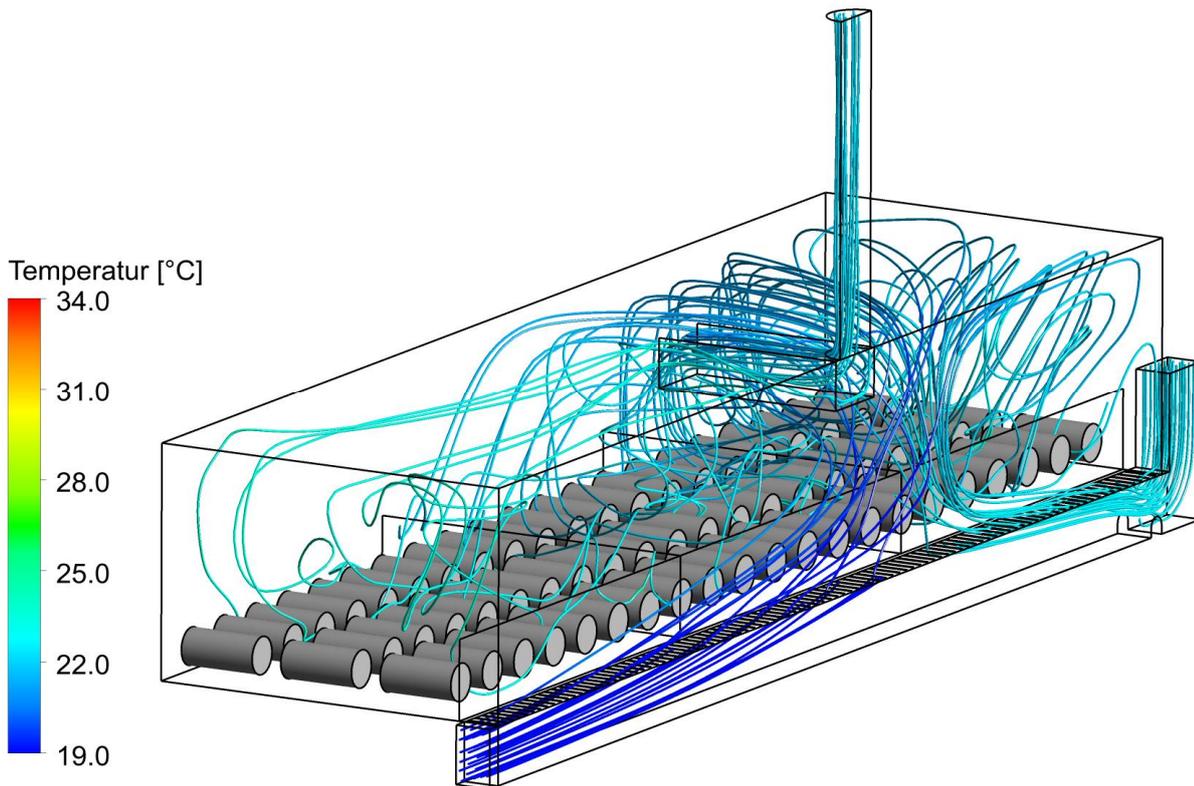


Abb. 3: Strömung im Unterflurzuluftmodell mit Güllerohr

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass mit Hilfe von numerischen Simulationen ein vertiefter Einblick in die Strömungsvorgänge in Schweineställen erhalten und Optimierungspotenziale dargestellt werden können. Generelle Aussagen über das Strömungsbild der betrachteten Zulufführungsvariante sind mit den vorhandenen Mitteln möglich. Für detailliertere Aussagen zu den Strömungsbedingungen an definierten Punkten im Stallraum wäre jedoch eine exakte Validierung der Simulationsergebnisse unbedingt notwendig (ADRION et al., 2013).

Im Unterflurzuluftabteil bekräftigt die Simulation in der Sommersituation die Notwendigkeit des zweiten Lufteinlasses zur Verhinderung zu hoher Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich. Allerdings wird durch den Einsatz der hinteren Zulufföffnung bei hohen Volumenströmen eine ungleiche Temperaturverteilung im Abteil in Kauf genommen, da an dieser Stelle ungekühlte Außenluft angesaugt wird. Des Weiteren wird die ungünstige Lage des Abluftpunktes in diesem Abteil durch die Simulationen deutlich herausgestellt. Die mittige Lage des Abluftschachtes kann trotz vorhandenem Abluftkasten zu einer direkten Absaugung von Frischluft führen. Ein Einbau von zwei Abluftpunkten an den Außenwänden des Stalles, ähnlich wie in einer klassischen Futterganglüftung, wäre hier günstiger. Des Weiteren wurde in den Simulationen deutlich, dass Strömungshindernisse im Unterflurkanal die Strömung im Abteil stark beeinflussen. In dieser Hinsicht wäre eine Optimierung der Luftströme mit Leitblechen im Unterflurkanal zur besseren Durchlüftung der Außenbereiche des Abteiles anzustreben und müsste mit weiteren Simulationen untersucht werden (ADRION et al., 2013).

Quellen

Adrion, F.; Threm, J.; Gallmann, E., Pflanz, W.; Jungbluth, T. (2013): Simulation der Luftströmung in Mastschweineställen mit unterschiedlicher Zulufführung. Landtechnik 68(2), 89-94

Bruce, J.M.; Clark, J.J. (1979): Models of heat production and critical temperature for growing pigs. Animal Production 28(3), 353-369

Büscher, W. (1991): Experimentelle Untersuchungen zur Luftführung in Stallanlagen. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn