

Joachim Threm, Eva Gallmann, Wilhelm Pflanz und Thomas Jungbluth

Vergleich von Zuluftführungs- und Kühlungssystemen in der Schweinemast

Hinsichtlich der Gestaltung und des Managements von Kühlmöglichkeiten für Schweine und hinsichtlich der Bewertung der Kühl- und Ressourceneffizienz besteht erheblicher Forschungsbedarf. Dies gilt ebenso für die Auswirkungen der Kühlmöglichkeiten auf Stallklima und Umwelt. Im Rahmen eines Vorhabens zur Entscheidungshilfe für das BMELV werden an der Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ) in Boxberg sowie auf drei Praxisbetrieben zwei Jahre lang verschiedene Zuluftführungs- bzw. Kühlungsvarianten untersucht. In diesem Beitrag liegt der Fokus auf ersten Ergebnissen zu Temperaturverläufen, Lüftungsgeschwindigkeits- und Unterdruckmessungen. Die eingesetzten Zuluftführungs- und Kühlungsvarianten sind Unterflurzuluft, Kühlpad und Hochdruckbefeuchtung. Erste Ergebnisse zeigen Unterschiede hinsichtlich der Parameter Temperatur, Differenzdruck und Luftgeschwindigkeit.

Schlüsselwörter

Kühlpad, Hochdruckbefeuchtung, Unterflurzuluft, Kühlungssysteme

Keywords

cooling systems, cooling pad, underfloor air inlet, high pressure humidifier

Abstract

Threm, Joachim; Gallmann, Eva; Pflanz, Wilhelm and Jungbluth, Thomas

Comparison of different air supply and cooling systems in pig fattening houses

Landtechnik 66 (2011), no. 5, pp. 349–353, 4 figures, 1 table
1 reference

There is a need for research regarding the optimization of air supply and of air cooling systems of livestock houses for fatteners. A decision support project for the German Ministry of Agriculture has been established to investigate such technologies on a research farm and under practical conditions. Since April 2011, on the research farm Landesanstalt

für Schweinezucht (LSZ Boxberg) measurements on different air supply and cooling system are carried out: Underfloor air inlet and supply, cooling pad and high pressure evaporative indoor air cooling. First results show differences concerning the parameters temperature, differential pressure and air velocity.

■ In § 22 der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (Tier-SchNutzV) [1] wird gefordert, dass in Schweineställen eine Vorrichtung vorhanden ist, die eine Verminderung der Wärmebelastung der Schweine bei hohen Stalllufttemperaturen ermöglicht. Hinsichtlich der Gestaltung und des Managements der Kühlmöglichkeiten bzw. der Voraussetzungen und Leistungen besteht jedoch Forschungsbedarf. Besonders, da bisher keine fundierte Datenbasis für die Bewertung der Kühl- und Ressourceneffizienz sowie der Wirkungen auf Stallklima und Umwelt vorliegt.

In diesem Beitrag werden das Messsystem beschrieben und erste Ergebnisse zu Temperaturverläufen und Unterdruckmessungen der seit Anfang 2011 laufenden vergleichenden Untersuchungen vorgestellt.

Material und Methode

Die Untersuchungen an der LSZ Boxberg werden im Mastschweinestall in vier baugleichen Abteilen mit je sechs Buchten durchgeführt. Diese sind mit Vollspaltenboden und einer Sensorflüssigfütterung ausgestattet. In einem Abteil befinden

Tab. 1

Zuluftführungs- und Kühlungsvarianten an der LSZ Boxberg
 Table 1: Air supply and air cooling variants at the research farm

	Referenz Reference	Unterflurzuluft Underfloor air inlet	Hochdruckbefeuchtung High pressure evaporative	Kühlpad Cooling pad
Zuluft Air supply	von außen über Dachraum und Porendecke <i>from outside through the attic and porous ceiling</i>	von außen über zentralen Unterflurkanal mit Unterflur-Eintritt in Versorgungsgang des Abteiles und Überströmung der Buchtenabtrennungen <i>from outside through the underfloor canal to the compartment</i>	von außen über Dachraum und Porendecke <i>from outside through the attic and porous ceiling</i>	an Stirnseite des Stallgebäudes über Kühlpad (Flächenkühler auf Wasserbasis), dann über Dachraum und Porendecke <i>from frontside of the pig houses through the cooling pad via attic and porous ceiling</i>
Abluft Exhaust air	dezentral Messventilator <i>local measuring fan</i>	dezentral Messventilator <i>local measuring fan</i>	dezentral Messventilator <i>local measuring fan</i>	dezentral Messventilator <i>local measuring fan</i>
Kühlung Cooling	ohne <i>without</i>	Wärmetausch an Unterflurkanalwänden <i>heat exchange at the walls of the underfloor canal</i>	Hochdruckbefeuchtung der Stallluft (ggf. auch zur Befeuchtung im Winter) <i>high pressure evaporative indoor air cooling (also to use in the winter)</i>	Befeuchtung der Zuluft (nur bei Außentemperatur > 24 °C) <i>humidifying the inlet air (only at outside temperature > 24 °C)</i>
Heizung Heater	Deltarohre unter der Porendecke <i>delta tubes below porous ceiling</i>	Wärmetausch an Unterflurkanalwänden <i>heat exchange at the walls of the underfloor canal</i>	Deltarohre unter der Porendecke <i>delta tubes below porous ceiling</i>	Deltarohre unter der Porendecke <i>delta tubes below porous ceiling</i>

sich pro Mastdurchgang 125 Tiere. In einer Bucht werden zwischen 20–22 Tiere gehalten, wobei die Fläche pro Tier ca. 1,10 m² beträgt. Die Tiere werden mit einem Gewicht von 28 Kilogramm eingestallt und nach 17 Wochen mit einem Gewicht von ca. 118 Kilogramm ausgestallt. **Tabelle 1** fasst die Zuluftführungs- und Kühlungsvarianten in den vier Untersuchungsabteilen zusammen.

Untersuchungsschwerpunkte sind die Parameter Temperatur, Luftfeuchte, Differenzdruck, Luftgeschwindigkeit und Luftvolumenstrom. Des Weiteren werden der Energie- und Wasserverbrauch sowie die Gaskonzentration bzw. Gasemissionen von Ammoniak, Kohlendioxid und Methan gemessen. Schließlich sollen Aspekte des Wohlbefindens der Tiere und der Wirtschaftlichkeit in die Gesamtbewertung einfließen. Die genannten Stallklimaparameter werden mit der Messwerterfassung der Firma Ahlborn mindestens minütlich erfasst. Die Messwerterfassung der Firma Wago zeichnet die Verbrauchsdaten über entsprechende Zählermodule (Strom- und Wasserzähler) auf. Mithilfe des Multigasmonitors 1412 der Firma LumaSense werden die Schadgaskonzentrationen quasikontinuierlich aufgezeichnet. Diese drei Messwerterfassungssysteme sind mit einer zentralen Datenbank vernetzt, auf der alle Rohdaten zusammenfließen und gespeichert werden.

Zur Erfassung der Stallklimaparameter wurden die Messsensoren in vier verschiedenen Bereichen angebracht: a) Außenbereich, b) Weg von außen zum Tierbereich bzw. Zuluft, c) Tierbereich und d) Weg aus dem Stall (Abluft). **Abbildung 1** zeigt die Positionierung der Sensoren entlang des Luftweges sowie die Temperaturänderung bei geringen Außentemperaturen am Beispiel der Variante Unterflurzuluft.

Die Messung der Außentemperatur erfolgt in Abhängigkeit vom Zuluft Eintrittspunkt der jeweiligen Zuluftführungsvariante. So wird bei der Unterflurzuluft bodennah gemessen, wohingegen bei den anderen drei Abteilen am Lufteintritt in den Dachraum in einer Höhe von 3,20 m gemessen wird. Im Tierbereich sind die Sensoren für Temperatur bzw. Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit in der Bucht in einer Höhe von 80 cm über dem Boden angebracht. Im Abluftkamin befinden sich des Weiteren ein Luftfeuchte- und ein Temperaturfühler sowie jeweils ein Messventilator. Der Wasserverbrauch an den Tränken wird pro Abteil als Summenwert dokumentiert. Weiterhin sind vor der Hochdruckbefeuchtungsanlage und am Zulauf der Kühlpads Wasseruhren installiert. Die Wärmemengenzähler befinden sich jeweils an den Heizleitungen zu den Abteilen und an den Wastraplatten zur Frostsicherung im Anfangsbereich des Kanals der Unterflurzuluft. Türkontakte stellen sicher, dass Messzeiträume, in denen die Tür länger offen stand, von der Datenauswertung automatisch ausgeschlossen werden.

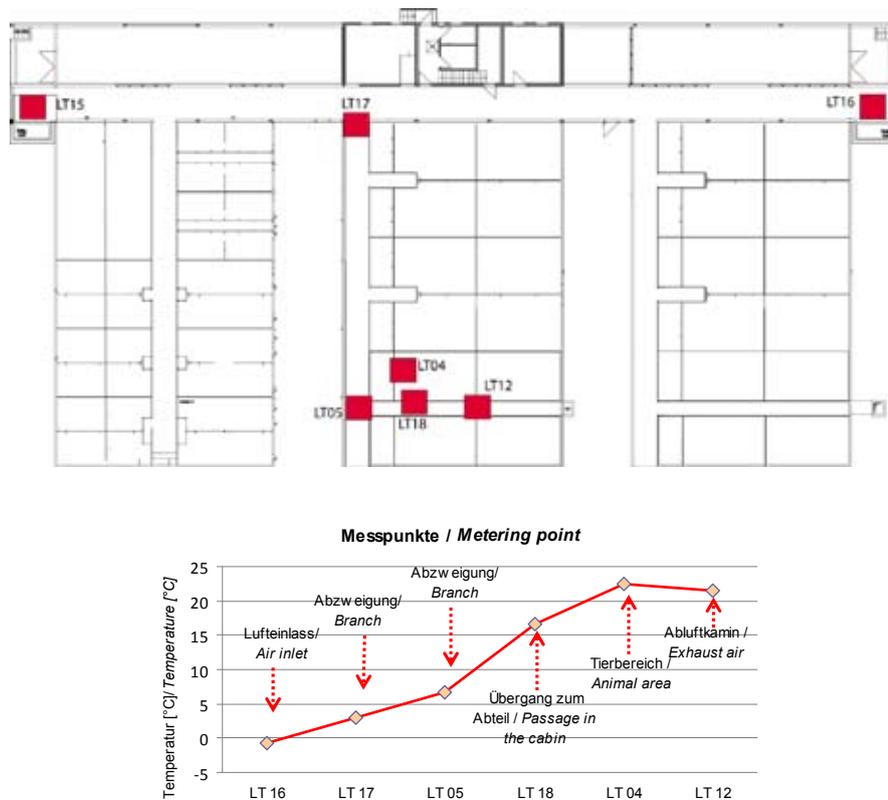
Erste Ergebnisse

In diesem Artikel wird exemplarisch auf je einen markanten Winter- und Sommertag eingegangen. Auch Daten eines Differenzdruckvergleichs werden herangezogen.

Wintertag

Die durchschnittliche Tagestemperatur am 31.01.2011 betrug für die Messung in 3,20 m Höhe rund -7 °C. Die Temperatur an der bodennahen Öffnung zur Unterflurzuluft lag dagegen im Schnitt um 1,6 K höher. In Abhängigkeit von der Ober- oder Unterflurzuluftführung zeigten sich Unterschiede in der Zuluft-

Abb. 1



Positionierung der Temperaturfühler sowie Temperaturänderung im Messverlauf bei geringen Außentemperaturen (Variante Unterflurzuluft)
 Fig. 1: Position of the temperature sensors and course of temperature at a cold day using the example of the variant underfloor air inlet

temperatur (**Abbildung 2**). Bei der Führung der Luft durch den Dachraum konnte eine geringfügige Erwärmung der Luft gemessen werden. Im Vergleich zur Außentemperatur in 3,20 m Höhe erhöhte sich die Temperatur im Durchschnitt bis zum ersten Drittel des Dachraums um 2,5 K und bis zum zweiten Drittel des Dachraumes um weitere 0,8 K.

Die Erwärmungseffekte bei der Unterflurzulufführung waren deutlich größer, wie auch anhand der Temperaturdifferenzen von 7 bis zu 13 K zwischen dem Außenfühler am Boden und entlang der Unterflurkanäle (1. und 2. Abzweigung) deutlich wird (**Abbildung 2**). Die Unterflurkanäle können in zwei Bereiche unterteilen werden: Im vorderen Bereich bis zur ersten Abzweigung (**Abbildung 1**) befindet sich eine Heizung zur Frostsicherung, die einen zusätzlichen Einfluss auf die Erwärmung der Luft hat; im hinteren Teil und weiteren Kanalverlauf sind dagegen keine zusätzlichen Wärmequellen angebracht. Im vorderen, 32 m langen Bereich, erwärmte sich die Luft im Durchschnitt um etwa 7 K. Dabei heizten die Wastraplatten über den Tag verteilt mit 189 KW/h. Im zweiten, 26 m langen, Teil der Lüftungskanäle stieg die Temperatur weiter um durchschnittlich 3 K.

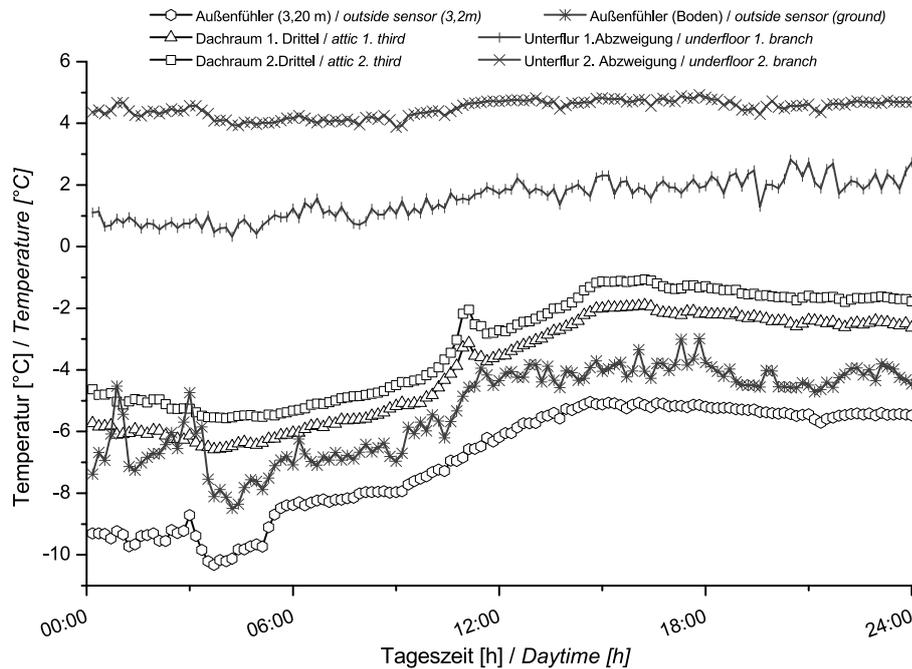
Neben der Temperatur wurden auch die Parameter Differenzdruck und Luftgeschwindigkeit gemessen. Bei Winterluft wurde unterschieden diese zwischen den Varianten der

Zulufführung nicht nennenswert. Bei der Unterflurzuluft wurden die geringsten Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich gemessen.

Sommertag

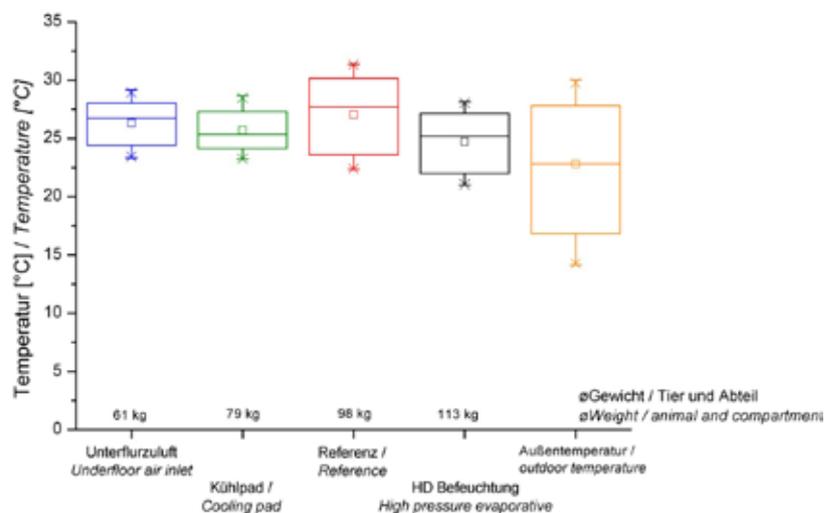
Auch im Sommer ist für das Wohlbefinden der Tiere eine möglichst gleich bleibende Temperatur im Solltemperaturbereich erwünscht. Dies bedeutet eine große Herausforderung für die Lüftungssysteme, da oft große Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht auftreten. So betrug die Tagestiefsttemperatur am 27. Juni 2011 14 °C und die Höchsttemperatur 30 °C. Der Temperaturunterschied betrug hier bezogen auf die Außentemperatur – gemessen in 3,20 m Höhe vor dem Lufteintritt in den Dachraum – rund 16 K. In **Abbildung 3** ist die Spannweite der Temperaturen im Tierbereich bei den Zulufführungs- bzw. Kühlungsvarianten im Vergleich zur Außentemperatur dargestellt. Es zeigte sich, dass die Temperatur im Referenzabteil die größte Spannweite aufwies und die Temperatur im Tierbereich zum Teil höher war als die Außentemperatur. In allen Abteilen wurde der jeweilige tiergewichtsabhängige Temperatursollwert – zwischen 18 °C und 22 °C – überschritten. Bei den Kühlungsvarianten überstiegen die Maximalwerte der Abteiltemperatur jedoch nicht die Maximalwerte der Außentemperatur. Hier waren die Temperaturschwankungen im Verlauf des Tages weniger groß.

Abb. 2



Unterschiedliche Erwärmung bei der Führung von Luft durch den Dachraum bzw. den Unterflurkanal
 Fig. 2: Difference in temperature rise between air supply via attic or underfloor

Abb. 3



Spannweite der Temperatur im Tierbereich der einzelnen Abteile und der Außenluft
 Fig. 3: Range of temperatures of inlet air and indoor air

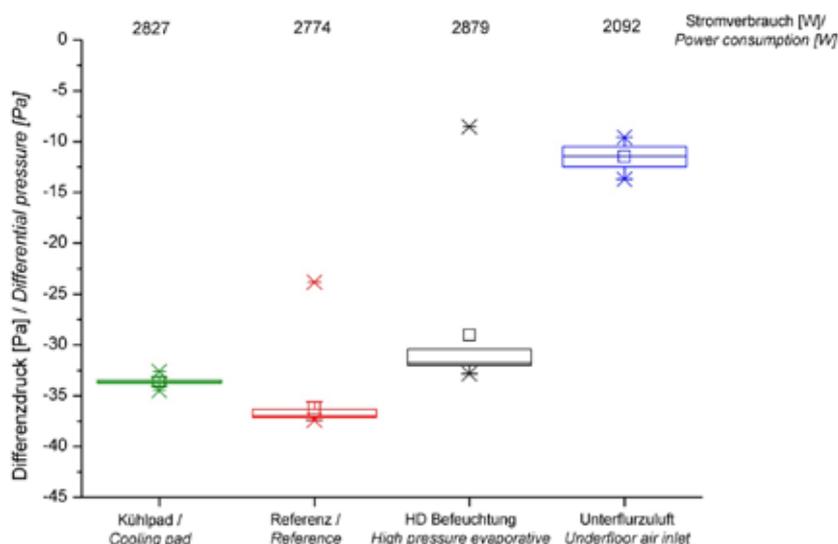
Differenzdruckmessung

Die Messung des Differenzdruckes in den Abteilen gibt Hinweise auf den Strömungswiderstand, der auf dem Weg der Luft zum Abteil entsteht. Es hat sich gezeigt, dass bei maximaler Lüftrate ein Unterschied zwischen der Unterflurzulufführung und der Oberflurzulufführung über Dachraum und Porendecke besteht. Für einen direkten Vergleich wurde ein Zeitraum

von vier Stunden gewählt, in dem die Lüfterleistung aller Abteile bei 100 % lag. Alle Varianten waren auf Sommerbedingungen (maximale Lufteinlassöffnung) eingestellt.

Wie **Abbildung 4** zeigt, liegt bei der Unterflurzuluft der Großteil der Werte zwischen -11 und -15 Pa, während die beiden anderen Abteile mit Oberflurzulufführung bis auf einzelne Werte unter dem Wert von -25 Pa liegen. Ursache für einzelne

Abb. 4



Differenzdruckmessung bei gleicher Luftmengenförderung und Lufrate von je 100 % über vier Stunden

Fig. 4: Differential room pressure at fan capacity of 100 % during four hours

abweichende Unterdruckwerte bei dem Referenzabteil und der Hochdruckbefeuchtung war das Öffnen der Abteiltüren.

Die Porendecken mit Vliesabdeckung wirken als nennenswerter Strömungswiderstand bei hohen Lufraten. Bei dem Abteil mit Hochdruckbefeuchtung ist der Luftwiderstand geringer, da sich dieses Abteil vor dem Referenzabteil befindet und so die Luft einen kürzeren Weg zurücklegen muss. Bei der Kühlpadvariante wird die Zuluft zunächst in den Dachraum umgelenkt und dann durch die Porendecke mit Vliesabdeckung geführt.

Für den Stromverbrauch der Ventilatoren ist unter anderem der Unterdruck ausschlaggebend. So ist bei gleicher Luftmengenförderung der Stromverbrauch bei dem System mit höherem Unterdruck auch größer. Für den in der **Abbildung 4** gezeigten Zeitraum war die Luftmengenförderung nahezu gleich. Das bedeutet, dass der Stromverbrauch des Ventilators im Abteil mit Unterflurzuluft am geringsten war.

Schlussfolgerungen

Die ersten Messungen zeigen, dass sich hinsichtlich der Stallklimaparameter und Verbrauchskenngrößen Unterschiede zwischen den Zuluftführungs- und Kühlungsvarianten abzeichnen, trotz sonst gleicher Bauweise und Einrichtung der Abteile. Genauere Aussagen können aber erst am Ende der Sommerperiode getroffen werden, um alle Effekte zu berücksichtigen, die sich auf die Kühleffizienz, die Stallluftqualität, das Tierwohl, die Ökonomie und die Funktionalität im Einzelnen sowie auf die Gesamtbewertung auswirken. Dabei sollen die Messergebnisse auf je einem Praxisbetrieb zu den Varianten Erdwärmetauscher, Unterflurzuluft und Hochdruckbefeuchtung ebenfalls mit einbezogen werden.

Literatur

- [1] TierSchNutzV (2009): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutzV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Oktober 2009 (BGBl. I S. 3223) geändert worden ist.

Autoren

M. Sc. Joachim Threm ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, **PD Dr. sc. agr. Eva Gallmann** ist akademische Rätin am Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme (Leiter **Prof. Dr. Thomas Jungbluth**) des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim, E-Mail: Jachim.Threm@uni-hohenheim.de

Dr. sc. agr. Wilhelm Pflanz ist Leiter des Referats Haltungssysteme, Stallbau, Stallklima, Biogas am Bildungs- und Wissenszentrum LSZ Boxberg.

Förderungshinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), FKZ 2808HS042.