

Reihe KLIMOPASS-Berichte

Projektnr.: 4500308000/23

Automatisierte Zuluftsteuerung für  
zwangsbelüftete Schweineställe  
zur Reduktion von Hitzestress

von W. Pflanz

Finanziert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und  
Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Februar 2015

**KLIMOPASS**

**– Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg**



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
<b>KONTAKT</b> <b>KLIMOPASS</b>	Dr. Kai Höpker, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Tel.:0721/56001465, <a href="mailto:Kai.Hoepker@lubw.bwl.de">Kai.Hoepker@lubw.bwl.de</a>
<b>FINANZIERUNG</b>	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg - Programm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLIMOPASS)
<b>BEARBEITUNG UND</b> <b>VERANTWORTLICH</b> <b>FÜR DEN INHALT</b>	Dr. Wilhelm Pflanz Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg Seehöfer Straße 50 97944 Boxberg
<b>BEZUG</b>	<a href="http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/">http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/</a> ID Umweltbeobachtung U81-W03-N16
<b>STAND</b>	Februar 2014, Internetausgabe Dezember 2015

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autorinnen und Autoren. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Reihe KLIMOPASS-Berichte

Projektnr.: 4500308017/23

# Automatisierte Zuluftsteuerung für zwangsbelüftete Schweineställe zur Reduktion von Hitzestress

von W. Pflanz

Finanziert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und  
Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Februar 2015

**KLIMOPASS**

**– Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg**



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
<b>KONTAKT</b> <b>KLIMOPASS</b>	Dr. Kai Höpker, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Tel.:0721/56001465, <a href="mailto:Kai.Hoepker@lubw.bwl.de">Kai.Hoepker@lubw.bwl.de</a>
<b>FINANZIERUNG</b>	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg - Programm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLIMOPASS)
<b>BEARBEITUNG UND</b> <b>VERANTWORTLICH</b> <b>FÜR DEN INHALT</b>	Dr. Wilhelm Pflanz Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg Seehöfer Straße 50 97944 Boxberg
<b>BEZUG</b>	<a href="http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/">http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/</a> ID Umweltbeobachtung U81-W03-N16
<b>STAND</b>	Februar 2014, Internetausgabe Dezember 2015

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autorinnen und Autoren. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

## **Inhaltsverzeichnis**

1) Zielsetzung .....	2
2) Kenntnisstand.....	3
3) Arbeitsplan und Durchführung im Berichtszeitraum .....	3
4) Versuchsstall, Messtechnik und Messungen.....	4
5) Ergebnisse Stallklima-Messungen Ausgangssituation .....	8
6) Konstruktion und Einbau der Zuluftsteuerung .....	9
7) Stallklima-Messergebnisse Sollzustand .....	11
8) Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	13

## **1) Zielsetzung**

Ziel des durchgeführten Vorhabens war die weitere verfahrenstechnische Optimierung eines Stallbaukonzepts in konventioneller Bauweise mit Unterflurzuluft, welche zunehmend an Bedeutung für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung gewinnt. Das System „Unterflurzuluft“ bietet eine gute Möglichkeit zur Anpassung der Schweinehaltung an den Klimawandel durch eine gute Kühlleistung des Tierbereichs in heißen Sommermonaten von bis zu 6 Kelvin im Vergleich zur Außentemperatur (PERTAGNOL, 2013). Da es sich hier jedoch um eine noch relativ junge Entwicklung handelt, müssen flankierend negative Effekte für andere Klimasituationen (z.B. sehr kalte Wintertemperaturen) ausgeschlossen werden (z.B. zu starke Abkühlung). Mit dem Vorhaben wurden an einem Extremstandort mit heißen Sommern und kalten Wintern potentielle Negativeffekte dieses Stallbau- und kühlungskonzepts ermittelt und sowie dementsprechend verfahrenstechnisch bearbeitet und behoben. Dadurch wurde die Funktionssicherheit dieses Systems weiter verbessert, verbunden mit einer adäquaten Anpassung an den Klimawandel und somit auch einem wichtigen Beitrag zur Erhöhung des Tierwohls.

Das Stallbaukonzept der Unterflurzulufführung ist ein neues innovatives Lüftungskonzept, welches erstmals mit dem Neubau des Bildungs- und Wissenszentrums Boxberg (Landesanstalt für Schweinezucht- LSZ) in den Jahren 2005-2007 in größerem Praxismaßstab umgesetzt wurde. Seither wurde dieses Prinzip von mehreren Praxisbetrieben, insbesondere im Einzugsbereich der LSZ, übernommen. War bisher vor allem die Kühlleistung im Sommer Gegenstand von Untersuchungen, so wurden das Negativpotential bzw. diverse Ausführungsdetails zur weiteren Optimierung noch nie versuchstechnisch erfasst und dementsprechend weiterentwickelt. Somit war die vorliegende Untersuchung ein gänzlich neues Forschungs- und Entwicklungsgebiet.

## 2) Kenntnisstand

Die Luftführung zur Stallklimatisierung unter Ausnutzung einer Tauscherfläche bzw. eines Pufferspeichers führt zu einer besseren Kühlfunktion im Sommer sowie einer effizienten Erwärmung der Luft im Winter. In mehreren Studien zu Erdwärmetauschern (<sup>1</sup>EPINATJEFF et al. 2000; <sup>2</sup>VAN CAENEGEM L. und D. DEGLIN, 1998) werden diese Effekte beschrieben. Den Betonunterbau des Gebäudes als Tauscherfläche zu verwenden ist eine kostengünstige Weiterentwicklung dieser Technik und wurde so bisher nur so von <sup>3</sup>VAN CAENEGEM, 2008 im Rahmen eines kleineren Lüftungsprojekts dargestellt. Das Lüftungsprinzip am Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg (LSZ) wird mittlerweile von einigen Lüftungs- bzw. Stallbauunternehmen in mehr oder weniger modifizierter Form kopiert. Die Optimierung und Weiterentwicklung von technischen Ausführungsdetails hierzu sowie die Bearbeitung von potentiellen Negativeffekten (wie hier durchgeführt) war bisher noch nicht Gegenstand von Forschungsaktivitäten.

## 3) Arbeitsplan und Durchführung im Berichtszeitraum

Der Arbeitsplan sah insgesamt 6 Meilensteine (MS) vor. Aufgrund von Messtechnikproblemen bzw. Ausfällen in der Messkampagne "Übergangszeit Winter/Frühjahr 2014" konnte MS 5 nicht vollständig abgeschlossen werden, fehlende Daten wurden mit Verlängerung des Projekts in der Übergangszeit "Herbst/Winter 2014" erneut erhoben. Mit Ende der Projektlaufzeit zum 31.1.2015 konnte das Projekt erfolgreich abgeschlossen werden.

MS 1	Praxisbetrieb ausgewählt	Dez. 2013/Jan. 2014
MS 2	Messungen Außenklima- und Stallklimaparameter im Ausgangs- (Ist) zustand abgeschlossen	Februar/März 2014
MS 3	Ableitungen und Empfehlungen (Anforderungsprofil) für Verfahrenstechnik (Material, Steuerungstechnik, Einbau) erfolgt.	Februar/März 2014
MS 4	Öffnungstechniken inklusive sensorbasierte Steuerung eingebaut	Februar/März 2014
MS 5	Messungen im Sollzustand erfolgt	März 2014 (April/Mai 2014) November/Dez. 2014
MS 6	Funktionstechnische Bewertung und Abschlussbericht erstellt	Januar/Februar 2015

#### 4) Versuchsstall, Messtechnik und Messungen

Als Versuchs- und Modellstall wurde im Dezember 2013 der Ferkelaufzuchtstall auf dem in der Nähe von Schwäbisch Hall ausgewählt (Abbildung 1). In den vorangegangenen Herbstmonaten traten dort vermehrt gesundheitliche Probleme (Husten, Ohrenbeißen, Auseinanderwachsen) bei den Aufzuchtferkeln auf. Aufgrund verschiedener Annahmen wurde das Problem in der Zuluftführung während der Herbstmonate gesehen. Die Zuluft wird über zwei Eingänge an den Giebelseiten des Stalles in den Keller gesaugt und gelangt anschließend in die verschiedenen Aufzuchtteile. Das System der Unterflurzuluft erwies sich an diesem exponierten kalten Standort während der Herbst- und Wintermonate als nicht vorteilhaft. In den Sommermonaten zeigten sich keine gesundheitlichen Probleme. Herausforderung war es, eine Technik zu entwickeln, welche die Zuluftführung in Abhängigkeit von der Außentemperatur steuert und somit zu starke Kaltluft einbrüche mit entsprechendem Erkrankungsrisiko für die Tiere verhindert.

|



Abbildung 1: Versuchs- und Modellstall

In drei Messzeiträumen (Februar bis Anfang März 2014, Ende April bis Anfang Mai 2014, Ende November bis Anfang Dezember 2014) wurden die Parameter Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit im Außenbereich, im Zuluftbereich des Stalls sowie an mehreren Orten im Stallinnenbereich gemessen. Der Ein- und Ausbau der Datenlogger sowie die Messüberwachung und fakultative Dokumentation von Randparametern wurde durch den Betriebsleiter vorgenommen. In Abbildung 2 ist das Handmessgerät „testo 435“ mit Messsonde, installiert im Dachbereich, abgebildet. Abbildung 3 zeigt das Display, das auch für Kurzzeitmessungen eingesetzt werden kann. Abbildung 4 zeigt die installierte Messsonde im Tierbereich bei Aufzuchtferkeln mit ca. 15 kg Körpergewicht. In Abbildung 5 ist ein Grundriss des Stalls mit Zuluftöffnungen abgebildet, handschriftlich sind die jeweiligen Messstellen eingezeichnet. Dabei waren Fühler im Außenbereich [3] (2,2m über Grund), am Boden des Kanals im Zulufteingangsbereich [4], im Zuluftkanal zum Dachraum [5], im Dachraum [1] sowie im Tierbereich [2] installiert.



Abbildung 2: Temperatur-, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeitsmessgerät "testo 435"



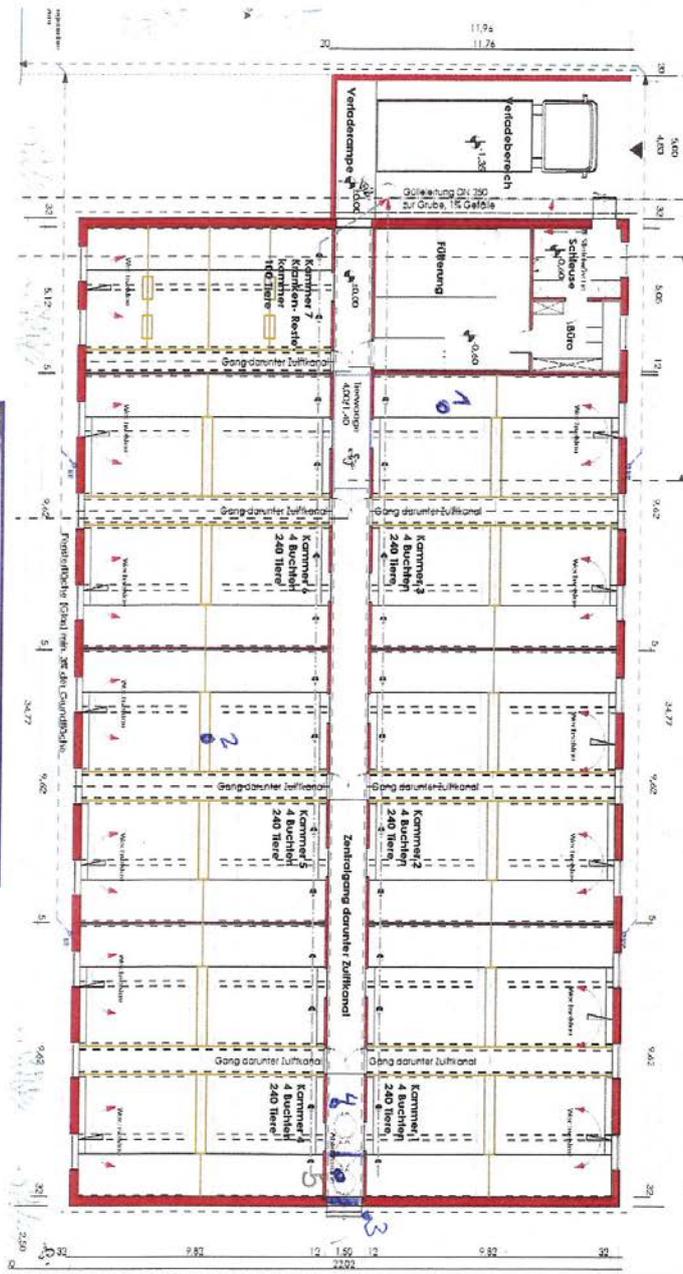
Abbildung 3: Display des Messgeräts „testo 435“ (Luftgeschwindigkeits- und Temperaturanzeige)



Abbildung 4: Messsonde im Tierbereich bei Aufzuchtferkeln mit 15 kg Körpergewicht

FARMBAU - Neubau Ferkelstall 2010/11

**FARMBAU**  
Fertigsysteme GmbH



- 1 Ferkelstall
- 2 Tierbereich
- 3 Aussa. Temperatur
- 4 Zuluftkanal Zentralgang (Wecker)
- 5 Zuluftkanal



FARMBAU Fertigsysteme GmbH • Suhlweg 36-38 • 74595 Langenburg • Tel. 07905 / 92 100-0 • Fax 07905 / 92 100-56 • info@farmbau.eu • www.farmbau.eu



Abbildung 5: Stallgrundriss mit Messstellen

## 5) Ergebnisse Stallklima-Messungen Ausgangssituation

Für die Ausgangssituation (keine sensorgesteuerte, temperaturabhängige Öffnungstechnik) sind in Abbildung 6, beispielhaft für zwei relativ warme Tage, die Temperaturverläufe an den einzelnen Messpunkten aufgezeigt. Deutlich zu erkennen sind die Temperaturunterschiede zwischen der Zuluft unten (lila) sowie Zuluft oben (rot)/ Dachraum (grün) von ca. 6 Kelvin, wohingegen sich die Außentemperatur (hellblau) von der Zuluft unten(lila) nur unwesentlich unterscheidet. Dies zeigt die unbedingte Notwendigkeit, zwischen der Ansaugung der Luft und dem Tierbereich die Möglichkeit einer Konditionierung der Luft einzurichten. Diese Konditionierung kann durch die Regulation des einströmenden Luftvolumens über eine Steuerklappe erfolgen. Bei einer Reduzierung der Luftmengen verringert sich die Luftgeschwindigkeit wodurch es zu einer stärkeren Erwärmung der Luft kommt. Gleichzeitig zeigt Abbildung 6, dass mit steigenden Temperaturen sich auch die Luftgeschwindigkeit im Stall erhöht, d. h. es wird mehr Luft ausgetauscht. Wird nun ein klassischer Ventilator nicht dynamisch angesteuert, so wird auch bei fallenden Temperaturen diese hohe Menge Luft gefördert, es kommt dabei zu einem zusätzlichen Kühleffekt (kalte Lufttemperatur mit hoher Luftgeschwindigkeit/Menge). Somit sind gerade die Vorteile der Kühlung dieses Verfahrens im Sommer, für die kalte Jahreszeit bzw. die Übergangszeit im Frühjahr und Herbst, von hohem Krankheitsgefahrenpotential für die Tiere.

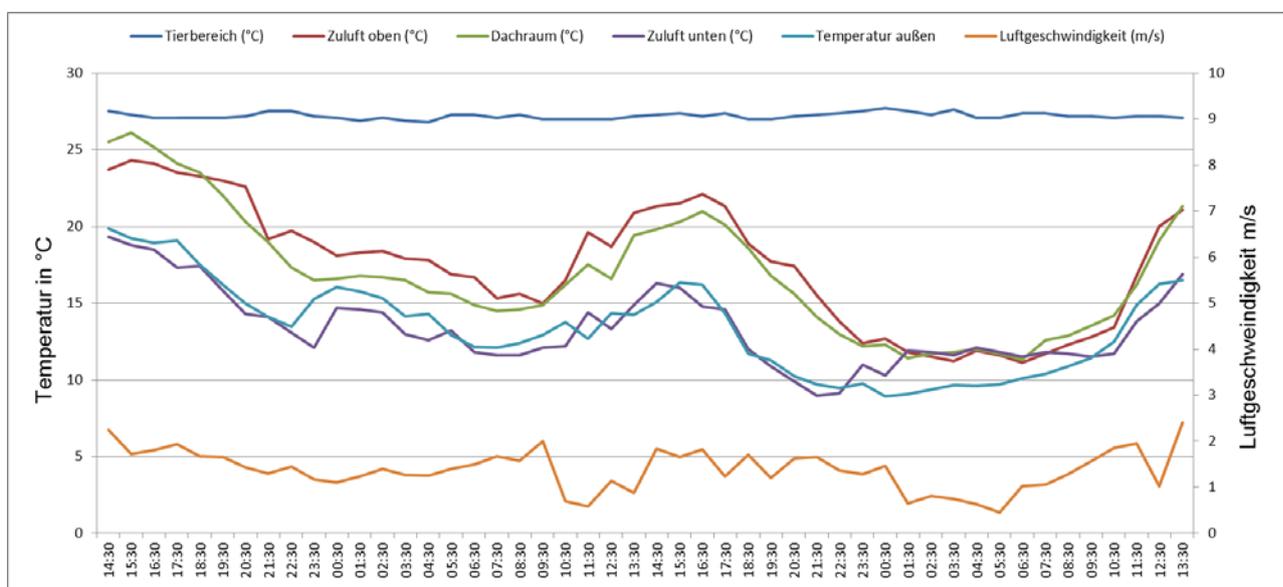


Abbildung 6: Temperaturverläufe und Luftgeschwindigkeit ohne Öffnungstechnik

## 6) Konstruktion und Einbau der Zuluftsteuerung

Auf Basis der gewonnenen Ergebnisse sowie anhand von Expertenerfahrungen wurde für den Versuchsstall eine Luftklappe entwickelt und eingebaut. Die Öffnungstechnik mit Systemsteuerung wurde im Februar/März 2014 durch die Firma HLK Luft- und Klimatechnik GmbH Schwäbisch Hall installiert. Bei Konstruktion und Einbau wurde auf eine hohe Funktionssicherheit und möglichst luft- und winddichten Anschluss der Klappe an die Betonwände geachtet. Mit Hilfe von flexiblen Gummilappen (Abbildung 11) konnten Fehlluftströme vermieden werden.



Abbildung 7: Stallklimacomputer für Regelung/Ansteuerung Zuluftklappe



Abbildung 8: Temperaturfühler außen für Interaktion mit Regelung Zuluftöffnung



Abbildung 9: oben: Antriebs-/Stellmotor für Zuluftklappe mit Ansteuerung, unten: Zuluftklappe (ganz geöffnet)



Abbildung 10: Zuluftklappe eingebaut in Unterflurzuluftkanal, 45° geöffnet



Abbildung 11: Anschluss Klappe an Beton-Kanalwände mit flexiblem Gummi (möglichst winddicht)

## 7) Stallklima-Messergebnisse Sollzustand

Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse aus den Stallklimamessungen während bzw. nach dem Einbau der Zuluftklappe mit zwei manuellen Stellvarianten (V):

- V1: von 26.02.2014 bis 04.03.2014: keine Ansaugung aus Unterflurzuluftkanal (Klappe 100% geschlossen, Zuluft aus Dachraum über Lamellenöffnung),
- V2: vom 04.03.2014 bis 06.03.2014: Zuluft nur tagsüber aus Unterflurzuluftkanal

Abbildung 13 zeigt die Ergebnisse aus den wiederholten Stallklimamessungen im Herbst/Winter 2014

- V3: vom 27.11.2014 bis 11.12.2014: Zuluft aus Dachraum (Klappe geschlossen?)

Wie zu erkennen konnte mit 100% Klappenschließung der Amplitudenausschlag der Zulufttemperatur (Differenz Minimum [Nacht] – Maximum [Tag] Werte) deutlich gedämpft werden. Somit kann auch das Klima im Tierbereich einfacher konstant gehalten werden ohne Einbrüche in der Temperaturkurve. Bei der Messung von Variante 2 (tagsüber Zuluftklappe 100% auf) ist deutlich der Amplitudenausschlag der Außentemperatur nach oben zu erkennen. Dies hat jedoch keinen negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit, da Wärme in diesem Zusammenhang als positiv für die Tiere wie auch für die Energieeffizienz zu bewerten ist.

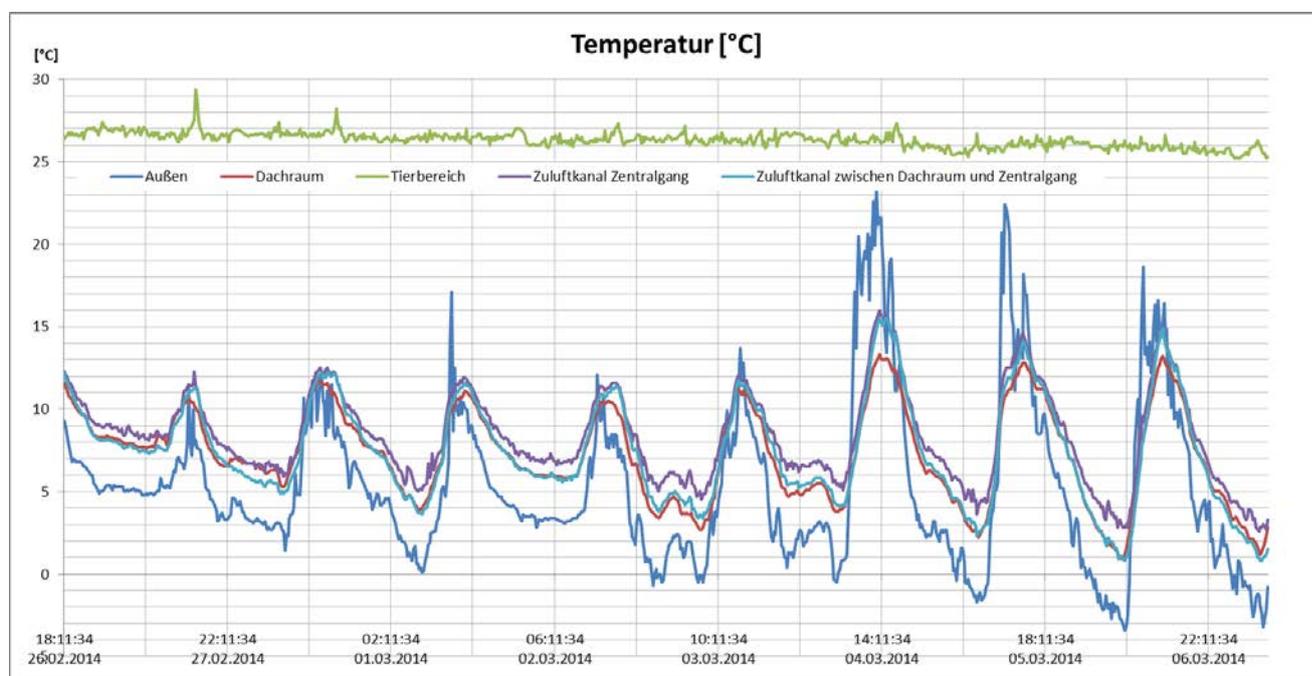


Abbildung 12: Temperaturentwicklung und Amplitudendämpfung mit zwei Varianten der Zuluftöffnung

Als Ergebnis kann somit festgehalten werden, dass die entwickelte Steuerung der Zulüftung zur Zielerreichung, Temperatureinbrüche zu vermeiden, beiträgt. Die Feinabstimmung und -regelung wurde noch weiter entwickelt, optimiert und dann mit weiteren Messreihen belegt. Im abschließenden Versuchszeitraum vom 27.11.2014 bis 11.12.2014 konnte der funktionssichere Betrieb von sowohl der Verfahrenstechnik wie auch der Regel- und Steuerungstechnik festgestellt werden. Exemplarisch ist in Abbildung 13 ein 24-Stundenzeitraum am 30.11.2014 mit entsprechenden Messreihen für verschiedene Parameter aufgezeigt. Danach kann für den Stallinnenraum bzw. Tierbereich eine konstante Temperatur zwischen 27,5 °C und 29 °C festgestellt werden. Gleichzeitig liegt die Luftgeschwindigkeit im Tierbereich unter 0,2 m/s, was optimale Bedingungen bei den jungen Ferkeln bedeutet. Temperatureinbrüche (siehe Außentemperatur von ca. 1-2°C) konnten ausgeschlossen werden. Sehr gut zu erkennen ist, dass sich die relativ hohen Luftgeschwindigkeiten von 0,8 bis 1,6 Meter je Sekunde zwischen Dach und Unterflurkanal sowie von 0,1 - 0,8 Meter je Sekunde im Unterflurkanal nicht im Tierbereich fortsetzen und somit keine Gefahr von Erkältungskrankheiten für die juvenilen Tiere besteht.

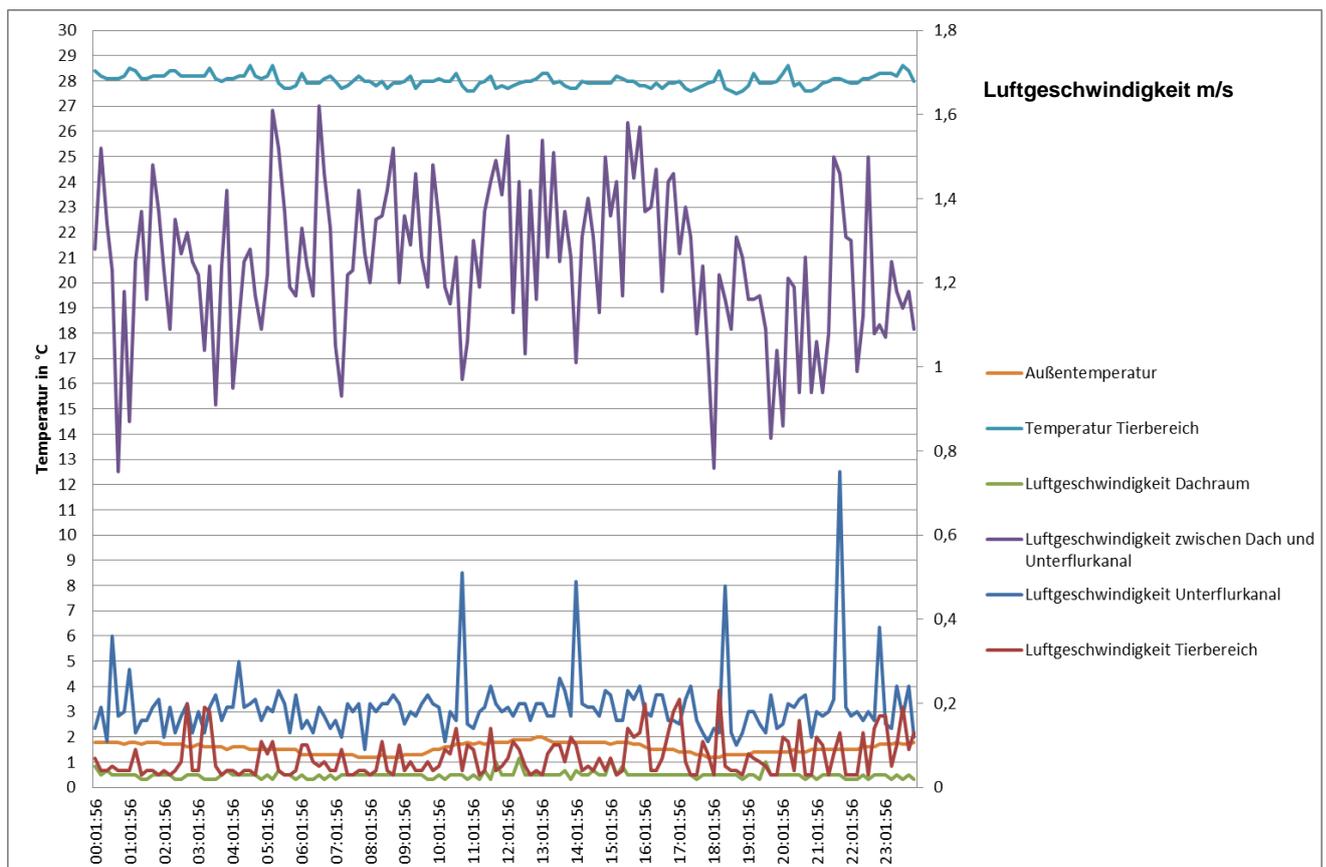


Abbildung 13: Optimalbetrieb der Zulüftung in der Übergangszeit Herbst/Winter 2014

Es muss jedoch erwähnt werden, dass die Klappe im letzten Versuchszeitraum nahezu geschlossen war bei paralleler Luftansaugung aus dem Dachraum. Diese Teilstromlösung ist jedoch auch eine Variante bzw. Einstellmöglichkeit des Gesamtsystems "Unterflurzuluft" und somit auch für den funktionssicheren Einsatz verantwortlich.

## 8) Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Aufgabenstellung des Forschungsprojekts zur Entwicklung einer funktionssicheren Verfahrenstechnik zum Schutz des relativ neuen Lüftungsverfahrens "Unterflurzuluft" bei exponierten Standorten, insbesondere vor Kaltluftabflüssen und Tempertaureinbrüchen, konnte erfolgreich bearbeitet werden. Der Projektverlauf zeigt aufgrund von Praxisbedingungen, der Komplexität der Fragestellung wie auch von messtechnischen Problemen eine gewisse zeitliche Verzögerung. Dennoch konnten erste Messreihen im Winter/Frühjahr 2014 erhoben werden und anhand der Ergebnisse wie auch auf Basis von Praxiserfahrungen eine Öffnungstechnik mit Steuer- und Regeleinheit entwickelt und in einem Praxisstall installiert werden. Weitere Messungen schlossen sich im März wie auch November/Dezember 2014 an. Die Ergebnisse zeigen einen vielversprechenden Ansatz, über die Steuerung der Unterflurzuluftöffnung das Stallklima an exponierten kalten Standorten konstant ohne Kälteeinbrüche im Tierbereich zu führen und somit die Vorteile des Systems für die Sommerkühlung nicht zu konterkarieren. Während der Projektdauer wurden weitere Optimierungen am Gesamtsystem durchgeführt, um die Funktionssicherheit des Systems weiter zu erhöhen sowie die komplexen funktionalen Zusammenhänge zu untersuchen. Eine abschließende Messreihe in der Übergangszeit Herbst/Winter 2014 belegte die Systemstabilität der Entwicklung. Forschungsbedarf besteht noch im vollständigen Aufarbeiten der komplexen funktionalen Zusammenhänge der einzelnen Strömungsbereiche wie auch Strömungsvolumina.

Boxberg, den 20.02.2015



Dr. Wilhelm Pflanz

(Projektleiter)