

Unterflurzuluftführung in der Schweinehaltung

Schriftenreihe, Heft 17/2015



Bewertung der Unterflurzuluftführung in der Schweinemastanlage Naundorf

Renè Pommer

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Zielstellung	10
3	Material und Methoden	10
4	Ergebnisse	13
4.1	Ergebnisse der Temperaturmessungen	13
4.2	Ergebnisse der Volumenstrommessung.....	17
4.3	Ökonomische Bewertung	19
5	Zusammenfassung	23
	Literaturverzeichnis	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Thermoverhalten von Mastschweinen (Quelle: HUYNH, Uni Wageningen 2005, modifiziert)	7
Abbildung 2:	Tierische Leistungen im gekühlten und ungekühlten Mastabteil (Quelle: BEYERSDORFER 2010)	8
Abbildung 3:	Masttagszunahmen von drei identischen Betrieben über drei Jahre nach Monaten und Monatsdurchschnittstemperaturen	8
Abbildung 4:	Übersicht denkbarer Kühlsysteme für die Schweineproduktion (Quelle: BREEDE).....	10
Abbildung 5:	Blick in den Zentralkanal	11
Abbildung 6:	Die Zuluft strömt aus den Stichkanälen über den Abteilgang in die Buchten (Nebeltest).....	11
Abbildung 7:	Grundriss-Skizze und Messprogramm der Temperaturmessungen (nicht maßstabgerecht!)	12
Abbildung 8:	Außentemperatur und Zulufttemperatur im Zentralkanal im Tagesverlauf am 02.08.2014	14
Abbildung 9:	Außentemperatur und Zulufttemperatur im Zentralkanal im Tagesverlauf vom 24.01. bis 30.01.2014	15
Abbildung 10:	Außentemperatur und Zulufttemperatur im Zentralkanal im Tagesverlauf des 25.04.2014.....	15
Abbildung 11:	Abkühlung der Zuluft im meteorologischen Sommer 2014.....	16
Abbildung 12:	Vorkonditionierung der Zuluft im meteorologischen Winter 2013/14	16
Abbildung 13:	Pufferwirkung des Zuluftkanals in Abhängigkeit von der Tagestemperaturdifferenz der Stallumgebung .	17
Abbildung 14:	Volumenstrom und Abteiltemperatur im kleineren Stallabschnitt	18
Abbildung 15:	Wärmebilanzaage mit Ausgleichsmöglichkeiten (Quelle: DLG o. J.)	20
Abbildung 16:	Wärmebilanz eines fiktiven Vergleichsstalles ohne Zuluftkanal bei 50 kg Tiergewicht und -4 °C Außentemperatur (Kalkulationsprogramm: Thomas Heidenreich)	21
Abbildung 17:	Verteilung der Temperaturstunden im Betrachtungszeitraum 08.01.2014 bis 07.01.2015	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anzahl der Tage mit Höchsttemperaturen ab 25 °C in den Jahren 2012 bis 2014	9
Tabelle 2:	Nutzwärme- und Nutzkältearbeit des Versuchsstalles im Betrachtungszeitraum	19
Tabelle 3:	Außentemperatur, ab der eine positive Wärmebilanz in einem dem Versuchsstall entsprechenden Stall ohne Zuluftkanal erreicht würde	22
Tabelle 4:	Effektive Nutzwärmearbeit eines dem Versuchsstall entsprechenden Stalles mit unterstellter Mast von 26 bis 117 kg.....	22

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
DWD	Deutscher Wetterdienst
MPI	Mastplatz
MTZ	Masttagszunahme
TPI	Tierplatz
Tab.	Tabelle

1 Einleitung

Schweine können nicht schwitzen. Sie geben über die Atemluft überschüssige Wärme an die Umgebung ab. Entsprechend der Körpertemperatur wird die Atemluft auf ca. 38 °C erwärmt und befeuchtet. Je höher die Stalltemperatur und deren relative Luftfeuchtigkeit ansteigen, desto schwieriger wird es für die Tiere, Wärme abzugeben. Es entsteht Hitzestress.

Betrachtet man das Thermoverhalten von Mastschweinen (Abbildung 1) wird deutlich, dass diese sich – zumindest in der Endmast – bei Temperaturen von 15 °C am wohlsten fühlen. Oberhalb dieser Temperatur setzen schrittweise Aktivitäten ein, die sich negativ auf das Leistungsniveau auswirken und denen durch ein angepasstes Management begegnet werden muss.

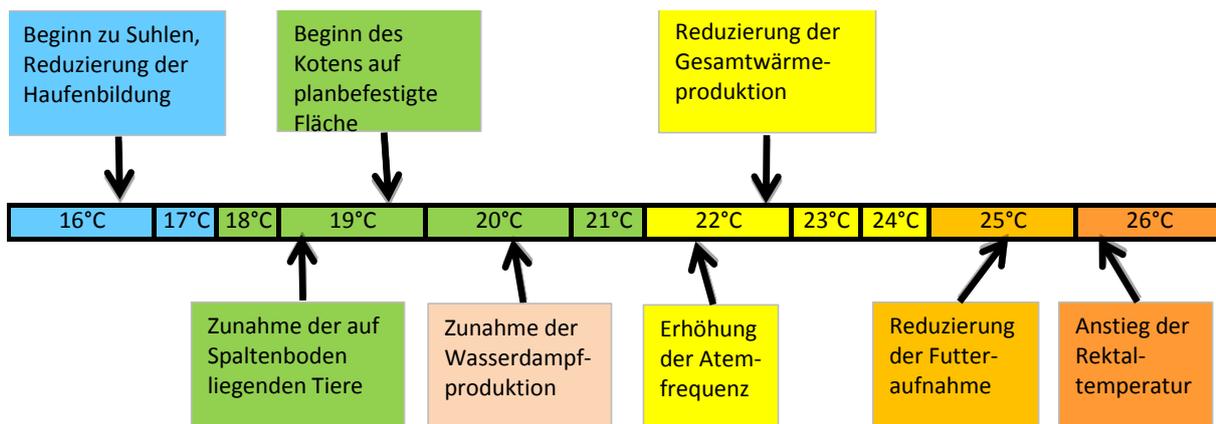


Abbildung 1: Thermoverhalten von Mastschweinen

(Quelle: HUYNH, Uni Wageningen 2005, modifiziert)

Hitzestress äußert sich in verschiedenen Problemen. Zunächst erhöhen Schweine die Atemfrequenz, nehmen mehr Wasser auf und suchen durch seitliches Abliegen auf wärmeableitendem Material nach Kühlung. In der Folge kommt es zu einer verminderten Futteraufnahme, die Tageszunahmen in der Mast sinken. Während Schweine bis zu einem Gewicht von etwa 30 kg bei Stalllufttemperaturen über 30 °C weniger belastet werden, stellen Temperaturen über 28 °C für Endmasttiere eine erhebliche Belastung dar. Gerade bei schwereren Tieren oberhalb 80 kg Lebendgewicht kann es zu Kreislaufproblemen bis hin zum Kollaps kommen (FELLER 2012). Bereits ab einer Stalltemperatur von 23 °C nehmen Mastschweine je K weitere Temperaturerhöhung 100 g weniger Futter pro Tag auf (HOLZHEU 2014).

In Versuchen zu den Auswirkungen der Kühlung der Zuluft wurde eine Steigerung der Masttagszunahmen (MTZ) um 57 g/d nachgewiesen, was letztendlich zu einer Erhöhung des Fleischaufkommens je Mastplatz um bis zu 2,7 kg geführt hat (BEYERSDORFER 2010).

Vergleich der tierischen Leistungen im gekühlten (Versuch) und nicht gekühlten (Vergleich) Schweinemastabteilen

	Versuch	Vergleich
ausgewertete Mastschweine (Stück)	252	271
durchschnittliche Masttagszunahme (g/d)	778	721
durchschnittliche Schlachtkörpergewichte (kg)	95,4 – 104,2	93,4 – 101,5

Abbildung 2: Tierische Leistungen im gekühlten und ungekühlten Mastabteil

(Quelle: BEYERSDORFER 2010)

Über das „Hitzejahr“ 2003 wurde neben im Schnitt um 80 g/d gesunkenen Masttagszunahmen auch von einem bis zu einem Prozent geringeren Muskelfleischanteil berichtet (ELLERSIEK 2004).

In Abbildung 3 sind die Mastleistungsdaten der Jahre 2012 bis 2014 von drei identischen Betrieben aus Sachsen nach Monaten dargestellt. Insgesamt flossen die Daten von 115.000 verkauften Schweinen ein.

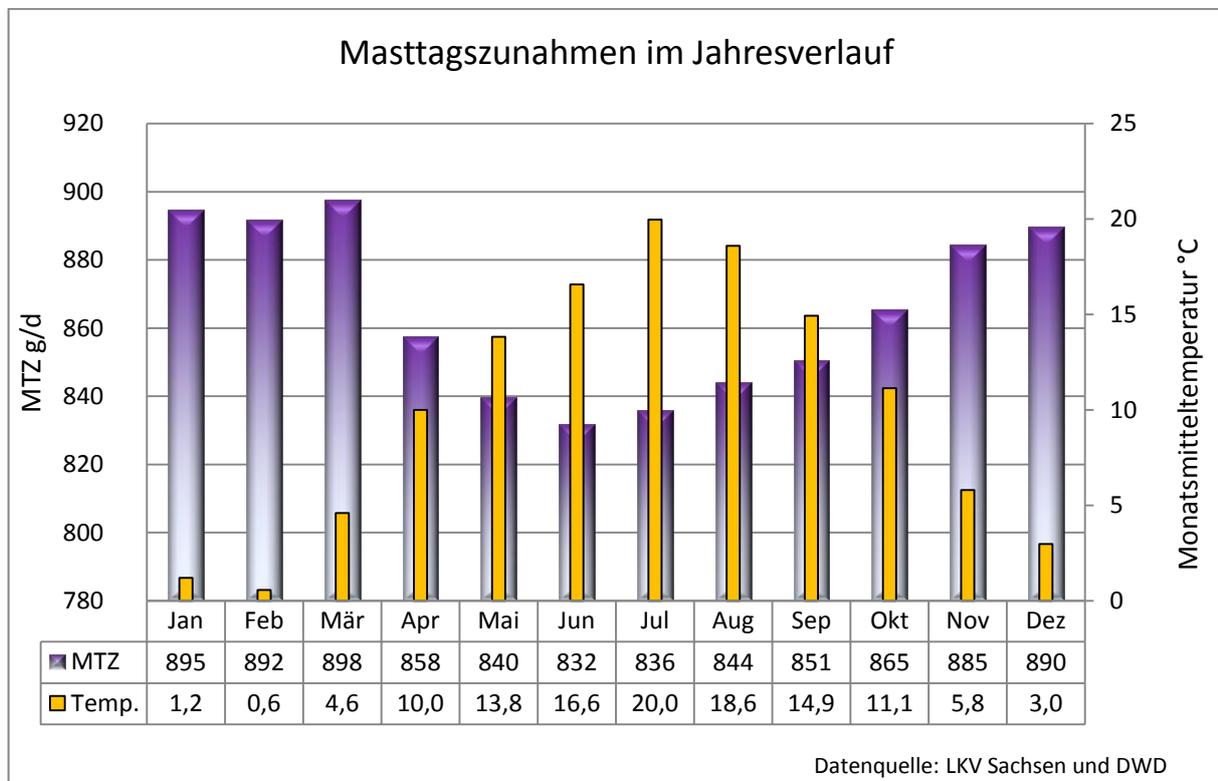


Abbildung 3: Masttagszunahmen von drei identischen Betrieben über drei Jahre nach Monaten und Monatsdurchschnittstemperaturen

Das Diagramm zeigt, dass es im Durchschnitt der betrachteten Betriebe über drei Jahre zu einem ausgeprägten „Sommerloch“ kommt, welches bereits im April beginnt. In den „Wintermonaten“ November bis März lagen die Zunahmen zwischen 885 und 898 g/d und unterlagen somit nur geringen Schwankungen. Im Jahresdurchschnitt wurden Masttagszunahmen von 865 g/d erreicht. Am niedrigsten waren die Zunahmen im Monat Juni. Hier lagen die Masttagszunahmen 33 g/d unter dem Gesamtdurchschnitt. In den Folgemonaten wurden die Zunahmen langsam besser. Zwischen dem Monat mit den höchsten Masttagszunahmen (März) und dem Juni betrug die Differenz 66 g/d.

Der angegebene Monat bezieht sich dabei auf den Verkaufstermin. „Verkauft im Monat August“ bedeutet demnach, dass die Schweine in etwa in einem Zeitraum „von Mai bis August gemästet“ wurden. Es mag verwundern, dass die MTZ bereits im Juni (März bis Juni) am niedrigsten waren und nicht etwa im September (Juni bis September). Wie bereits dargestellt, treten hitzestressbedingte Leistungsdepressionen jedoch vor allem bei den schwereren Schweinen im letzten Monat der Mast auf, wogegen jüngere, leichtere Tiere noch hitzetoleranter sind. Hinzu kommt, dass sich Schweine – ähnlich wie Menschen – an hohe Temperaturen offenbar in gewissen Grenzen „gewöhnen“.

Die angegebenen Monatsdurchschnittstemperaturen zeigen einen nahezu gegenläufigen Trend. Zwar scheinen Temperaturen von 16,6 °C im Juni nicht sonderlich bedrohlich, man darf dabei aber nicht vergessen, dass es sich um den Monatsdurchschnitt handelt. An insgesamt 122 Tagen im angegebenen Dreijahreszeitraum war mit Hitzestress zu rechnen (Tageshöchsttemperatur ≥ 25 °C nach DWD-Messverfahren in 2 m Höhe). Darunter waren 15 Junitage (Tabelle 1).

Tabelle 1: Anzahl der Tage mit Höchsttemperaturen ab 25 °C in den Jahren 2012 bis 2014

Monat	Tage mit $T \geq 25$ °C	Monat	Tage mit $T \geq 25$ °C
Jan	-	Jul	47
Feb	-	Aug	34
Mär	-	Sep	11
Apr	3	Okt	-
Mai	12	Nov	-
Jun	15	Dez	-

Neben der Temperatur können auch andere Faktoren einen systematischen Einfluss auf die biologischen Leistungen nehmen. So könnte zum Beispiel die Rationszusammensetzung im Jahresverlauf eine Rolle spielen. Während im Juni noch vollumfänglich Getreide der „alten Ernte“ zum Einsatz kommen muss, drängen ab Juli schrittweise neue Chargen in die Rationen. In Anbetracht der heute verfügbaren Ernte-, Lager- und Konservierungstechniken sollte aber in der modernen Nutztierhaltung eine bedarfsgerechte Rationsgestaltung ganzjährig möglich sein, sodass dieser Einflussfaktor nur im Einzelfall bedeutsam ist.

Die Leistungseinbußen durch Hitzestress veranlassen Schweinehalter nicht nur aus dem Blickwinkel des Tierwohls, sondern auch aus wirtschaftlichen Erwägungen, nach effektiven Möglichkeiten der Zuluftkühlung zu suchen. In der jüngeren Vergangenheit haben Kühlsysteme in der modernen Nutztierhaltung eine zunehmende Verbreitung gefunden. Verschiedene Systeme stehen der Praxis zur Verfügung (Abbildung 4).

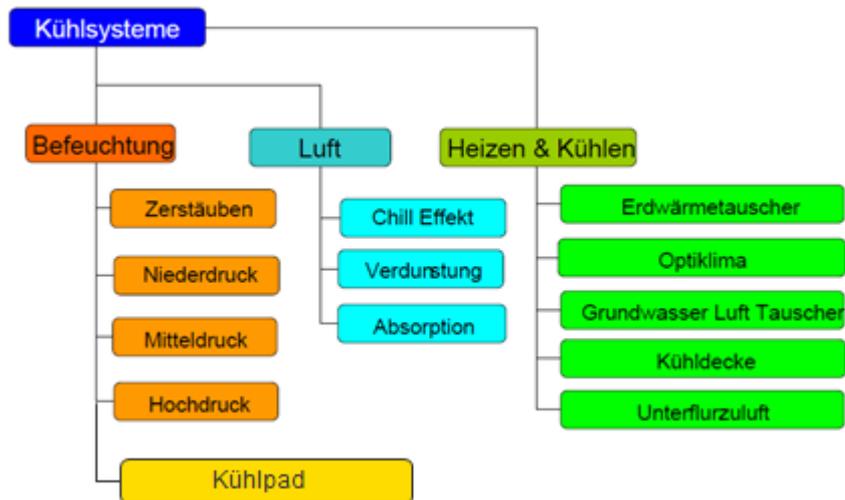


Abbildung 4: Übersicht denkbarer Kühlsysteme für die Schweineproduktion (Quelle: BREEDE)

Inzwischen wird die Wirkung verschiedener Kühlsysteme in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben. Tendenziell beziehen sich die Erkenntnisse zu Temperatureffekten, Betriebskosten und Anschaffungspreisen dabei auf kleinere Anlagen. Um zu prüfen, inwieweit diese auf größere Tierproduktionsanlage übertragbar sind, begleitete das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie einen Betrieb bei der Einführung der Unterflurzulufführung in einem großen Schweinemaststall mit einem Forschungsvorhaben.

2 Zielstellung

Das Ziel der Untersuchungen bestand in der Bewertung des Verfahrens „Unterflurzulufführung“ in großen Schweinemastanlagen hinsichtlich ihrer Wirkungen auf das Stallklima und in der Beurteilung der Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Schweinemast.

3 Material und Methoden

Die AGRASET Agrargenossenschaft Naundorf hat in den Jahren 2011/12 eine Schweinemastanlage mit 5.160 Tierplätzen errichtet, wovon 1.920 der Vormast ab etwa 20 kg und 3.240 der Endmast bis maximal 120 kg Lebendmasse dienen. Die Anlage besteht aus zwei Kammställen. Sie ist mit einer Unterflurzulufführung ausgestattet. Die Zuluft wird durch unter den Gebäuden liegende Kanäle angesaugt, was einen Wärmeaustausch mit dem um die Kanäle liegenden Erdreich zur Folge hat. Anders als geplant wurde die Anlage erst Mitte 2013 voll belegt.

Das Kanalsystem besteht aus einem unter dem Zentralgang liegenden Zentralkanal (Abbildung 5). Davon zweigen unter den Triebwegen der Abteile gelegene Stichkanäle ab, durch die die Zuluft in die Abteile gelangt. Über die Buchtenabtrennungen strömt die Luft in die Buchten (Abbildung 6).



Abbildung 5: Blick in den Zentralkanal



Abbildung 6: Die Zuluft strömt aus den Stichkanälen über den Abteilgang in die Buchten (Nebeltest).

Am Zentralkanal befinden sich vier Zuluftschächte. Sie sind mit Rosten abgedeckt, die bei geringem Luftbedarf durch das Auflegen von Gummimatten anteilig verschlossen werden können. An der dem Zentralkanal gegenüberliegenden Stallseite verfügen die Stichkanäle ebenso über weitere Luftschächte, die nach Bedarf manuell freigegeben oder verschlossen werden können.

Zur Bewertung des Zuluftkanales wurde im Stall 2 ein umfangreiches Messprogramm durchgeführt, in dessen Verlauf Temperaturen, Volumenströme und Energieverbräuche sowie punktuell Druckdifferenzen und Ammoniakgehalte der Stallluft gemessen wurden. Der betrachtete Stall verfügt über 2.268 Mastplätze in sieben Abteilen (je 324). Er dient ausschließlich der Endmast ab ca. 50 kg.

Die Abluftführung erfolgt über Zentralabsaugung. Weil der Stall durch eine Brandmauer in zwei Abschnitte mit drei bzw. vier Abteilen geteilt werden musste, ist auch der Abluftkanal zweigeteilt. Für den kleineren Bereich wurden vier und für den größeren sechs Abluftkamine errichtet. Die eingesetzten Ventilatoren haben eine maximale Förderleistung von je 23.500 m³/h. Die Abteile verfügen über je vier Schächte zur Zentralabsaugung.

An mehreren Stellen im und um den Stall wurden Datenlogger Tinytag Ultra oder Plus für Temperatur und Luftfeuchte angebracht. Die Abbildung 7 zeigt das Messschema der Temperaturmessungen im Versuchsstall.

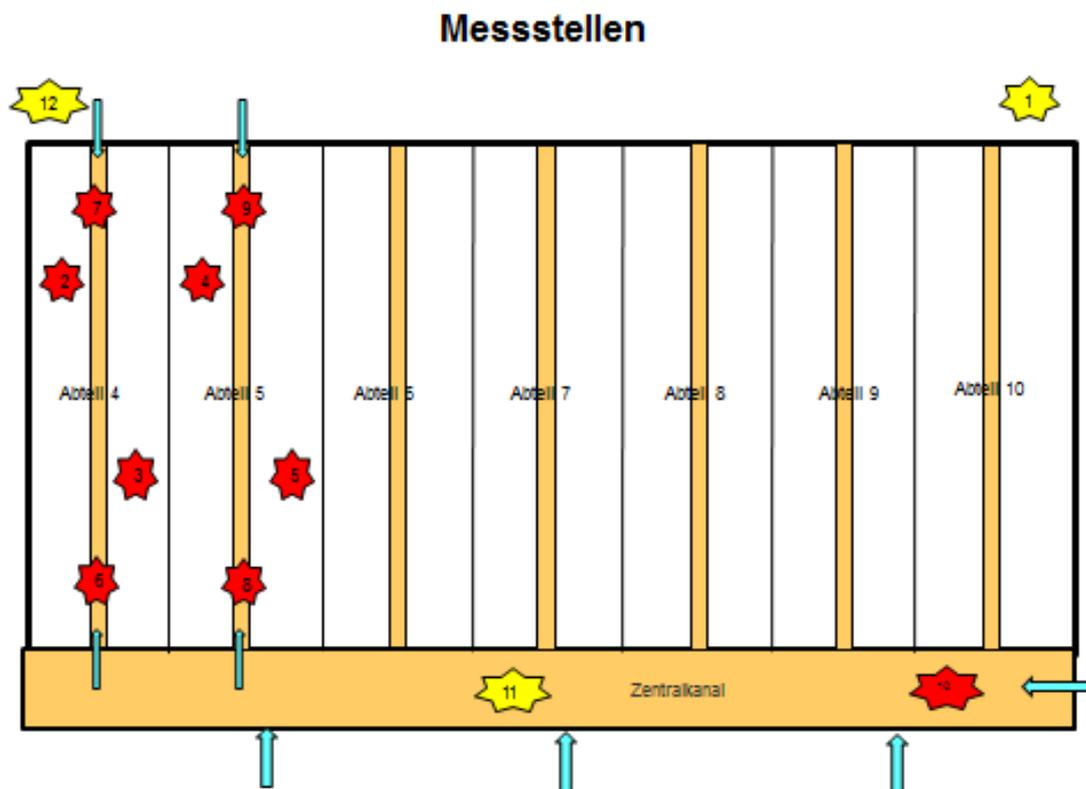


Abbildung 7: Grundriss-Skizze und Messprogramm der Temperaturmessungen (nicht maßstabgerecht!)

Außerdem wurden handelsübliche Unterzähler für elektrischen Strom der einzelnen Anlagenkomponenten installiert. Die Zentralabsaugung wurde mit Messventilatoren ausgerüstet.

In Folge eines Baumangels kam es zu einem Güllerückfluss in die Zuluftkanäle. Im 2. Halbjahr 2013 wurde der Fehler behoben. Ein weiteres Problem wurde bei der Datenspeicherung in der Lüftungssoftware festgestellt. Die Luftraten konnten dadurch erst ab 2014 ausgewertet werden.

Um die Wirkung verschiedener Kühlsysteme auf die Zulufttemperatur vergleichen zu können, ist eine einheitliche Temperatur als Bezugsbasis erforderlich. HEIDENREICH (2012) stellte dazu eine Methode vor, bei der der Kühleffekt in K bei 30 °C Außentemperatur dargestellt wird. Dazu werden die Temperaturdifferenzen zwischen „Eintritt in den Stall“ und „Eintritt ins Zuluftsystem“ (entspricht der Außentemperatur) ermittelt. Anschließend wird die lineare Regression der Temperaturdifferenz zur Außentemperatur errechnet.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Temperaturmessungen

Auf Grund der beschriebenen Startprobleme werden zur Auswertung vorrangig die Daten des Jahres 2014 einschließlich Winter 2013/14 herangezogen.

Das Jahr 2014 war sowohl global als auch in Deutschland das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen 1881. Die Jahresdurchschnittstemperatur lag mit 10,3 °C um 1,4 K über dem Durchschnitt des Referenzzeitraumes 1989 bis 2010 (DWD 2015).

Bereits der Winter 2013/14 war sehr mild. Anhand der Daten der Wetterstation Leipzig-Schkeuditz (DWD 2014) lässt sich eine kurze Kälteperiode in der letzten Januardekade feststellen, bei der Tiefstwerte von -12,1 °C erreicht und regelmäßig auch tagsüber Temperaturen unter -5 °C gehalten wurden. Der niedrigste Messwert an der untersuchten Schweinemastanlage lag bei -11,7 °C am frühen Morgen des 26.01.2014.

Der Sommer war von mehreren kurzen Hitzeperioden mit Temperaturen über 30 °C geprägt. Der Spitzenwert in Schkeuditz wurde am 20.07. mit 33,2 °C erreicht. Am Untersuchungsobjekt wurden am Nachmittag des gleichen Tages 35,8 °C gemessen. An den Nachmittagen des 19. und 20.07. überschritten auch die zur Kontrolle erfassten Temperaturen in zwei Stallabteilen die Marke von 30 °C (Maximalwert 31,6 °C). Im Jahresverlauf 2014 blieben das die einzigen beiden Tage. Im Vergleich dazu wurde in einer zeitgleich untersuchten Schweinemastanlage mit Zuluftansaugung über den Zentralgang – wodurch ebenfalls ein leichter Abkühleffekt erzielt wird – an acht Tagen die Abteilterperatur von 30 °C überschritten (Maximalwert 32,5 °C).

Abbildung 8 zeigt beispielhaft einen von hohen Temperaturen geprägten Sommertemperaturverlauf der Außenluft und der Zuluft im Kanal. Nachts sank die Umgebungstemperatur nur auf minimal 18 °C ab. Im Zentralkanal lag die Temperatur zeitgleich etwa 1 K darüber. Ab 07:00 Uhr stieg die Außentemperatur zügig an und erreichte zwischen 15:00 und 16:00 Uhr ihr Maximum mit fast 33 °C. Auch der Zentralkanal hat sich im Tagesverlauf aufgeheizt. Zum Zeitpunkt der maximalen Außentemperatur lag er aber bei vergleichsweise kühlen 25 °C. Erst gegen Mitternacht kühlte sich die Umgebungstemperatur unter die Kanaltemperatur ab.

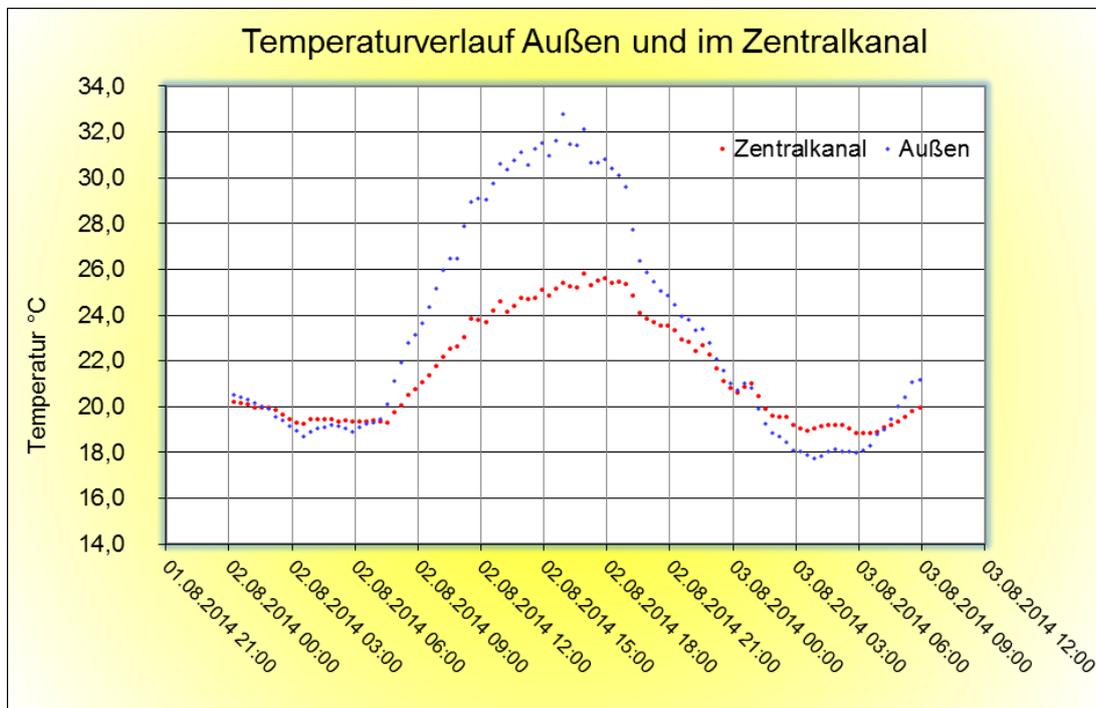


Abbildung 8: Außentemperatur und Zulufttemperatur im Zentralkanal im Tagesverlauf am 02.08.2014

Der Beton und das den Kanal umgebende Erdreich nehmen eine Speicherfunktion wahr. In langen Hitzeperioden mit durchgängig hohen Temperaturen auch nachts („tropische Nächte“) heizt sich das Material auf. Dementsprechend verschiebt sich der thermoneutrale Punkt (die Temperatur, bei der die Zuluft weder gekühlt noch geheizt wird) nach oben. Deshalb sind die punktuell nachgewiesenen 8 K Abkühleffekt nicht verallgemeinerungswürdig.

In Kälteperioden geschieht das Gegenteil. Abbildung 9 zeigt einen beispielhaften Tagestemperaturverlauf im Winter. Beginnend am 24.01.2014 fiel die Außentemperatur über zwei Tage kontinuierlich bis auf -12 °C. Auch die Temperatur im Zentralkanal sank, aber nur bis -4 °C. Augenscheinlich wurde aus dem umliegenden Erdreich ausreichend Energie gezogen, um auch in dieser Phase eine Vortemperierung um bis zu 8 K zu gewährleisten. An den Folgetagen ließ der strenge Frost nach und es stellten sich die typischen Tag-Nacht-Kurvenverläufe ein. Die Auskühlung des Kanalsystems hatte zur Folge, dass am 27. und 28.01. die Zuluft zwar nur kurzzeitig, aber bereits bei etwa +2 °C im Kanal abgekühlt wurde.

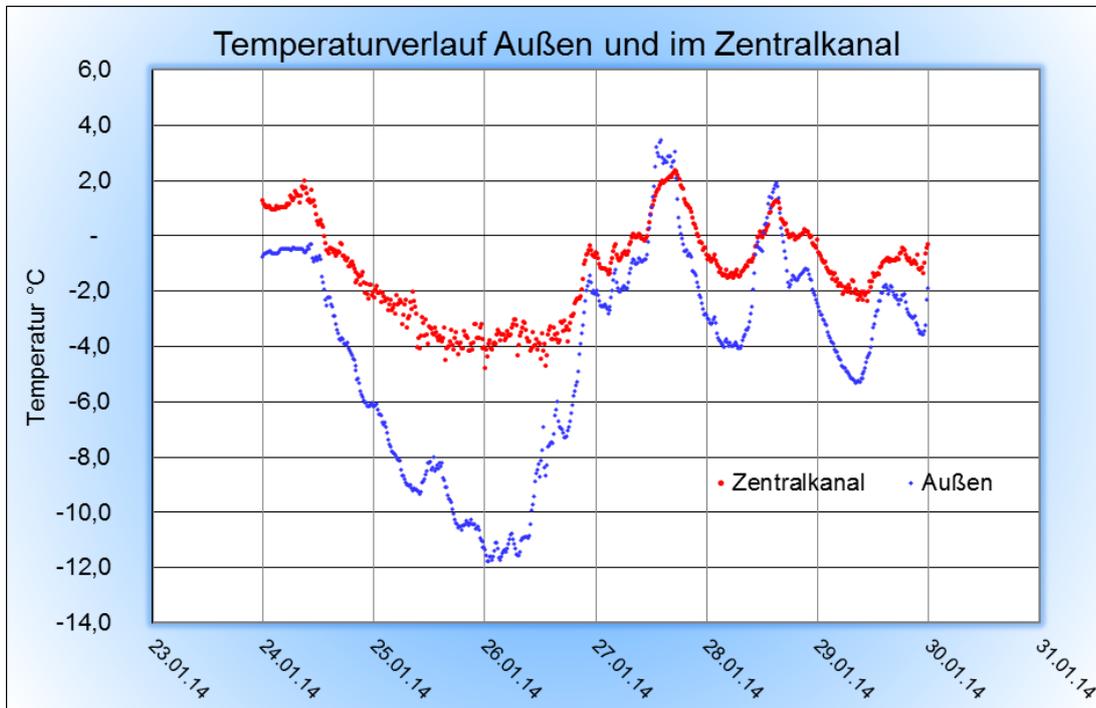


Abbildung 9: Außentemperatur und Zulufttemperatur im Zentralkanal im Tagesverlauf vom 24.01. bis 30.01.2014

Bei regelmäßigen und hohen Tag-Nacht-Temperaturschwankungen ist die Pufferwirkung des Kanals deutlich ausgeprägt. Einen typischen Kurvenverlauf der Frühjahrsmessung zeigt Abbildung 10.

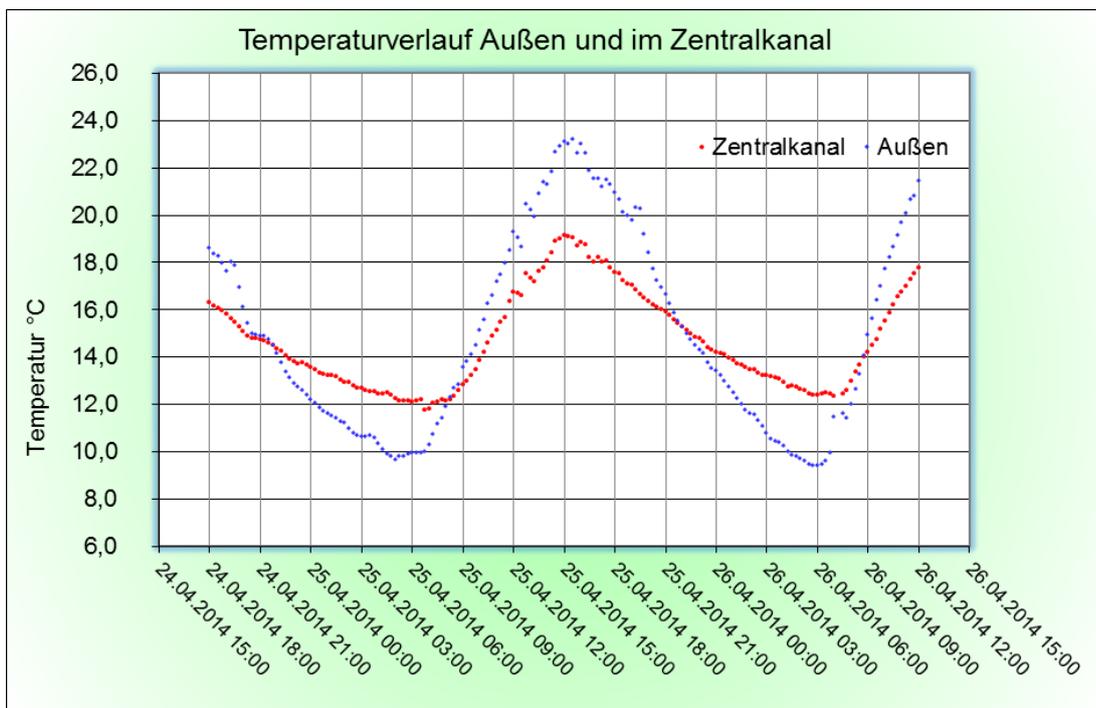


Abbildung 10: Außentemperatur und Zulufttemperatur im Zentralkanal im Tagesverlauf des 25.04.2014

Um den unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen gerecht zu werden, wurden die Temperaturdaten nach Jahreszeiten getrennt ausgewertet. In Abbildung 11 sind die Differenzen zwischen Außentemperatur und Kanalmitte in Abhängigkeit von der Außentemperatur für den meteorologischen Sommer 2014 (01.06. bis

31.08.) dargestellt. Im Durchschnitt wurde die Zuluft bei einer Außentemperatur von 30 °C um 5,5 K abgekühlt. Der thermoneutrale Punkt lag bei 16,8 °C.

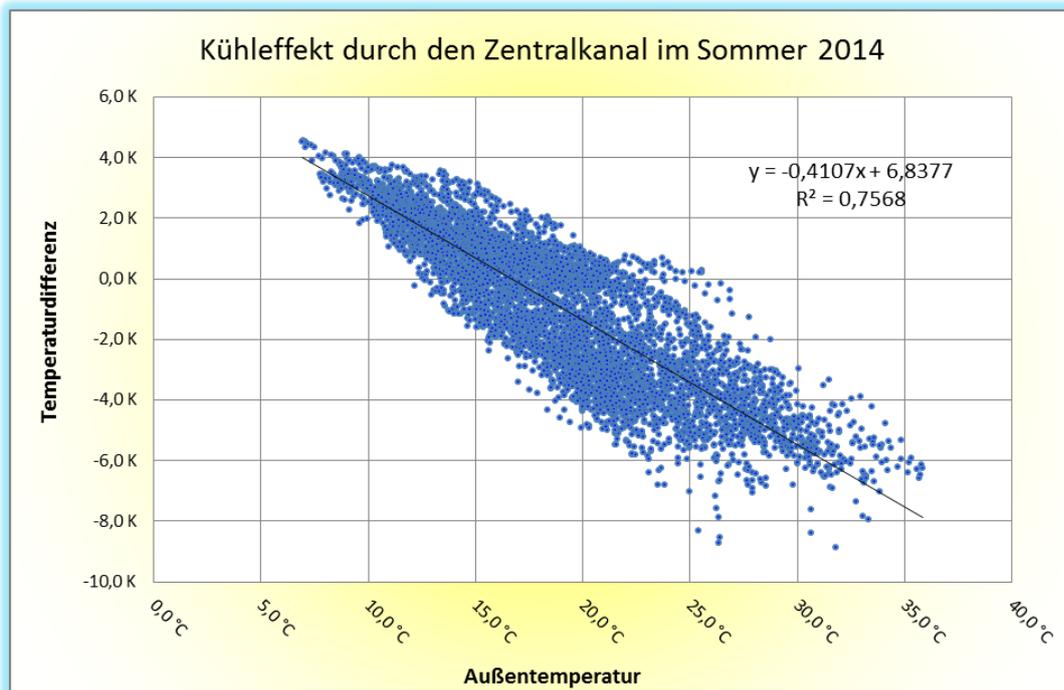


Abbildung 11: Abkühlung der Zuluft im meteorologischen Sommer 2014

Im Winter 2013/14 (Abbildung 12) hingegen wurde eine mittlere Vorwärmung von 5,8 K bei -10 °C Außentemperatur erreicht. Der thermoneutrale Punkt lag bei 7,5 °C.

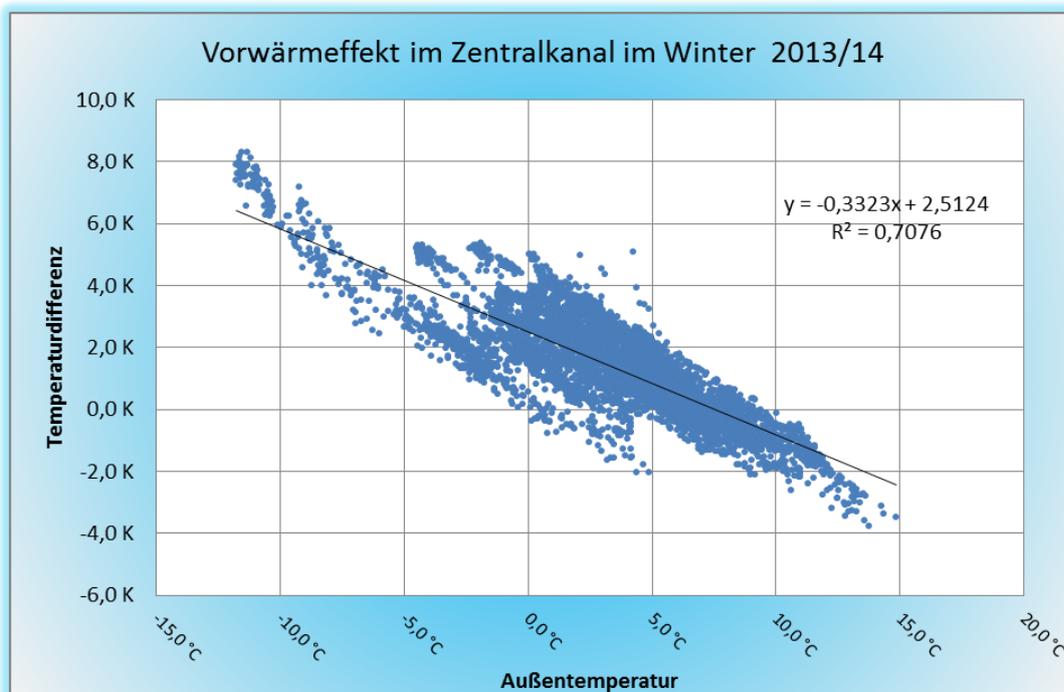


Abbildung 12: Vorkonditionierung der Zuluft im meteorologischen Winter 2013/14

Zur Verdeutlichung der Pufferwirkung des Kanals wurden die Differenzen zwischen den Tagestiefst- und Tageshöchsttemperaturen berechnet. Im Jahresdurchschnitt 2014 betrug die Tagestemperaturdifferenz der Stallumgebung 8,9 K, im Zuluftkanal nur 4,1 K, d. h., die mittlere Pufferung durch den Kanal beträgt 4,8 K. Betrachtet man die Pufferung des Kanals in Abhängigkeit von der Tagestemperaturdifferenz der Außenluft, wird deutlich, dass mit zunehmender Tagestemperaturdifferenz auch die Pufferwirkung steigt (Abbildung 13). So wird eine extreme Tag-Nacht-Schwankung von 20 K durch den Kanal um 11 K auf 9 K reduziert.

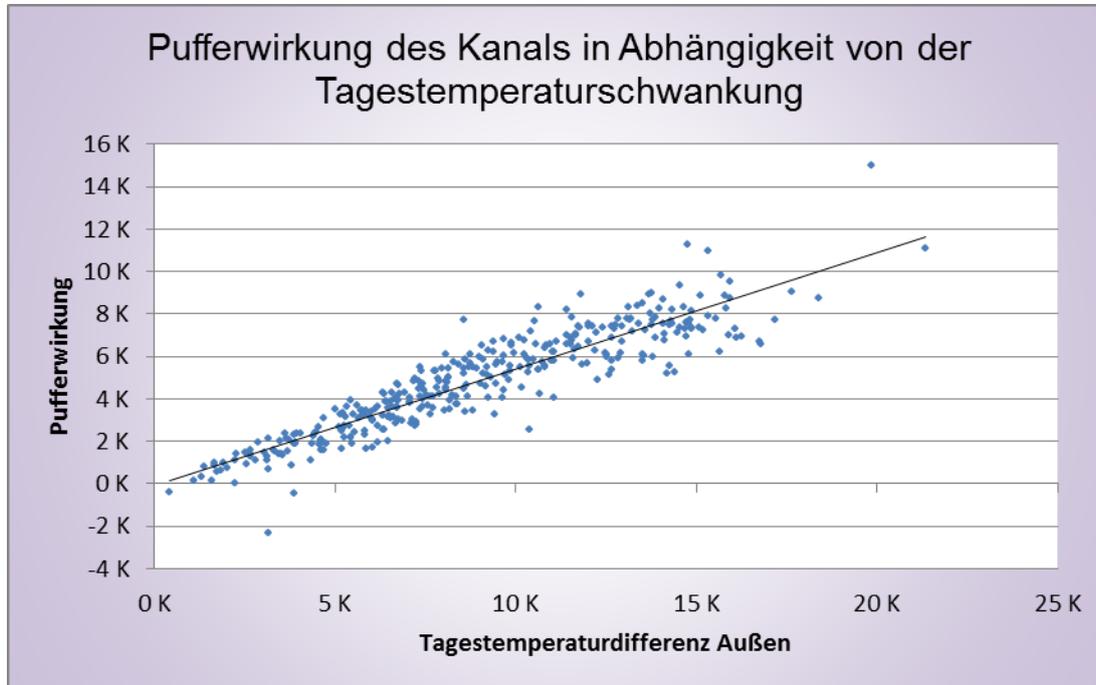


Abbildung 13: Pufferwirkung des Zuluftkanals in Abhängigkeit von der Tagestemperaturdifferenz der Stallumgebung

4.2 Ergebnisse der Volumenstrommessung

Die Messungen des Volumenstroms wurden für den Zeitraum vom 08.01.2014 bis 07.01.2015 ausgewertet.

Nach DIN 18910-1 muss für ein Endmastschwein in der Sommertemperaturzone I eine Lüfterleistung von 126 m³ je Stunde und für die Sommertemperaturzone II eine Lüfterleistung von 86 m³ je Stunde vorgesehen werden, um ein Ansteigen der Abteiltemperatur um mehr als 2 bzw. 3 K über die Außentemperatur zu verhindern. Weil sich der Stall an der Grenze beider Temperaturzonen befindet, wurde als Planungsgrundlage mit einer maximalen Temperaturdifferenz von 2,5 K gerechnet. Daraus ergibt sich eine maximale Sommerluftfrate von 103 m³ je Stunde.

Im kleineren Stallabschnitt (972 MPI) wurde die installierte Lüfterleistung von maximal 94.000 m³ je Stunde im Jahr 2014 an 11 Tagen kurzzeitig abgerufen. Gleichzeitig wurde eine Abteiltemperatur von 30 °C zwar kurzzeitig erreicht, aber nicht überschritten (Abbildung 14).

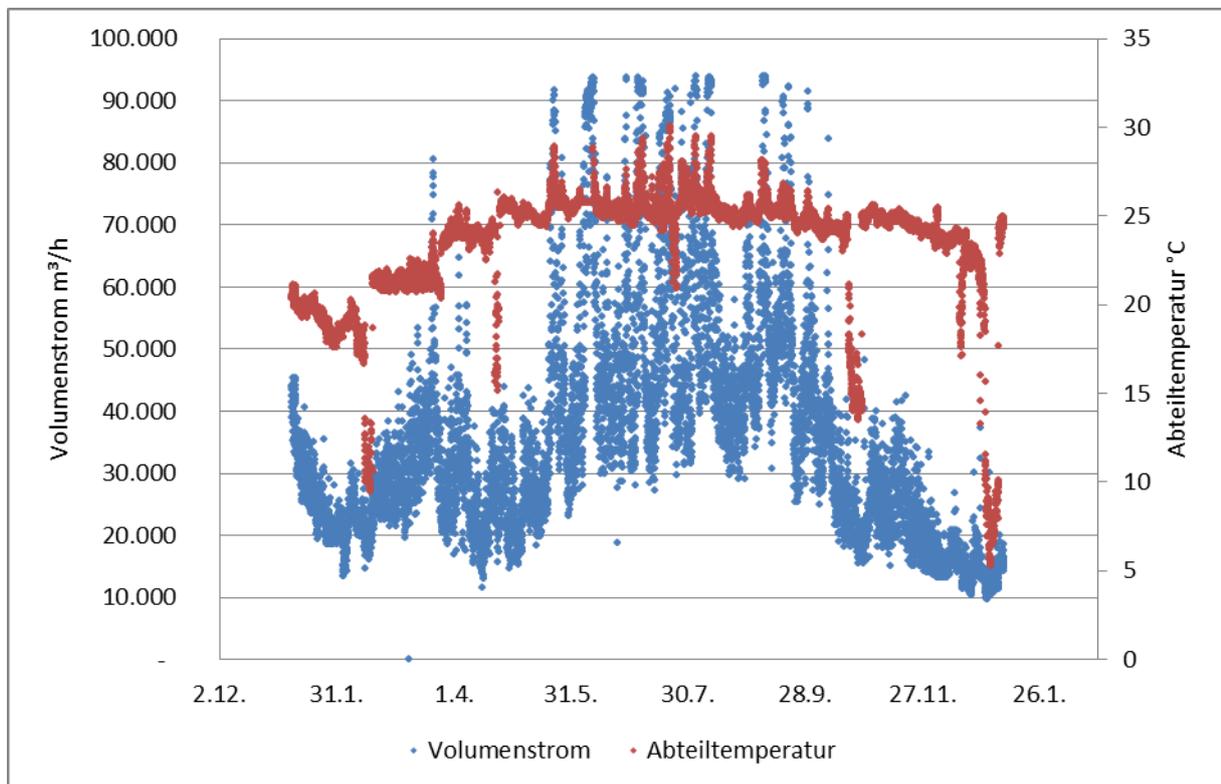


Abbildung 14: Volumenstrom und Abteilterperatur im kleineren Stallabschnitt

Im größeren Stallabschnitt wurde die installierte Leistung von 141.000 m³/h zu keinem Zeitpunkt voll abgerufen (max. 137.710 m³/h). Hierzu muss angemerkt werden, dass sich im zentralen Abluftkanal des größeren Stallabschnittes Platten gelöst hatten, wodurch Fremdluft angesaugt wurde. Diese Havarie musste durch die Lüfter ausgeglichen werden. Wäre dieses Ereignis nicht aufgetreten, wäre der maximal gemessene Volumenstrom noch niedriger gewesen. Die Energiemessung für diesen Stallabschnitt ergab ebenfalls deutlich erhöhte Werte. Diese Messergebnisse sind auf Grund der Störung nicht verwertbar.

Ergänzend zu den Volumenstrommessungen wurde am 14.10.2014 und am 20.01.2015 der Ammoniakgehalt in der Stallluft mehrerer Abteile bestimmt. Die Luftraten lagen der kühlen Jahreszeit entsprechend im Bereich von 10 und 30 %. Der maximal gemessene Wert bei der Minimumluftrate lag bei 17 ppm. Der Grenzwert der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung von 20 ppm wurde eingehalten.

Im Ergebnis kann eingeschätzt werden, dass die installierte Lüfterleistung ausreicht, um die Zielstellungen des Wärmeabtransportes nach DIN 18910 und der Schadgasgehalte nach Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung einzuhalten.

4.3 Ökonomische Bewertung

Eine exakte monetäre Bewertung des untersuchten Stalles ist auf der alleinigen Basis der durchgeführten Messungen nicht möglich, weil kein identischer Kontrollstall mit konventioneller Zuluftführung zum Vergleich herangezogen werden kann. Unter Einbeziehung von Literaturangaben können aber einzelne Faktoren eingeschätzt werden, die einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit nehmen.

Für den Bau des Zentralkanals ergaben sich zusätzliche Investitionskosten von 200 TEUR je Stall. Das entspricht im Untersuchungsstall 88,15 EUR je Mastplatz. Bei 25 Jahren Abschreibungsdauer resultiert daraus eine Zusatzbelastung von 3,53 EUR/(MPI*a).

Um diese Kosten zu decken, müssten bei einem Preis von 1,50 EUR/kg Schlachtgewicht 2,35 kg mehr Fleisch je Mastplatz und Jahr bei gleichem Aufwand erzeugt werden. Das wäre zu erreichen mit einer Steigerung der Masttagszunahmen von 8 g/d im Jahresdurchschnitt.

Im Betrachtungszeitraum wurden am Standort der Anlage an 37 Tagen Temperaturen von über 28 °C und mehr erreicht. Auf diese 37 Tage bezogen müsste eine Zunahmeminderung von 81 g/Hitzetag vermieden werden, um die baubedingten Kosten zu kompensieren. Dass das Potenzial dafür vorhanden ist, wurde in der Einleitung dargestellt.

Hinzu kommen Spareffekte durch eine verbesserte Energieeffizienz. Aus Volumenstrom, Temperaturdifferenz, Luftdichte und spezifischer Wärmekapazität kann die Energie berechnet werden, die der Zuluft im Kanal zugeführt oder entzogen wurde. Die Luftdichte ist sowohl druck-, luftfeuchte- als auch temperaturabhängig. Weil der Luftdruck nicht gemessen wurde, wurde die Dichte in Anlehnung an Näherungswerte (Onlinelexikon „CHEMIE.DE“ o. J.) geschätzt. Die spezifische Wärmekapazität von Luft beträgt 0,279 Wh*kg⁻¹*K⁻¹. Unterstellt man, dass die Zuluft vollständig durch den Zentralkanal angesaugt worden wäre, ergäbe sich für den Versuchsstall nach der Berechnung

$$\text{Volumenstrom [m}^3\text{h}^{-1}\text{]} * \text{Dichte [kg}^3\text{m}^{-3}\text{]} * \text{Temperatur [K]} * \text{spez. Wärmekapazität [Wh}^*\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}\text{]}$$

in der Summe der Jahresstunden eine Nutzarbeit von 544 MWh.

Tabelle 2: Nutzwärme- und Nutzkältearbeit des Versuchsstalles im Betrachtungszeitraum

	Nutzkältearbeit (MWh/a)	Nutzwärmearbeit (MWh/a)	Nutzarbeit gesamt (MWh/a)
Abt. 4-6	110,9	97,3	208,2
Abt. 7-10	172,9	163,1	336,0
Summe	283,8	260,4	544,2

Dazu muss einschränkend angemerkt werden, dass ein unbestimmter Anteil der Zuluft durch die dem Zentralkanal gegenüberliegenden zusätzlichen Luftschächte der Stichkanäle angesaugt wurde. Diese wurden vorwiegend im Sommer zeitweise manuell freigegeben. Zwar wird die Zuluft auch in den Stichkanälen gekühlt, mit den gemessenen Daten ist dieser Effekt aber nicht quantifizierbar.

Wie in Kapitel 4.1 beschrieben, findet der auftretende Wärmetauschprozess kontinuierlich statt und ist nur bedingt steuerbar. Durch die Verschiebung des thermoneutralen Punktes kommt es bei überwiegend ge-

wünschten auch zu nicht gewünschten Wärmeübertragungen. Aus diesem Grund ist es auch nicht gerechtfertigt, die gesamte messtechnisch nachgewiesene Nutzwärmearbeit monetär zu bewerten. In Ansatz zu bringen ist nur die gewonnene Nutzwärmearbeit bis zu der Temperatur, bei der ein konventioneller Stall eine positive Wärmebilanz erreichen würde.

Um zu ermitteln, wie viel Wärme tatsächlich als effektive Einsparung bewertet werden kann, wurde eine Wärmebilanzierung nach DIN 18910 vorgenommen. Abbildung 15 zeigt die „Wärmebilanzwaage“. Tiere erzeugen durch ihren Stoffumsatz Wärme. Die Lüftung und die Bauteile geben Wärme an die Umgebung ab. Beide Wärmemengen müssen gleich groß sein, sonst heizt sich der Stall auf oder kühlt sich ab. Dagegen müssen geeignete Maßnahmen eingeleitet werden: Bei negativer Wärmebilanz muss geheizt oder baulich an der Gebäudedämmung gearbeitet; bei positiver Bilanz müssen Wege zur Stalkühlung gefunden werden.

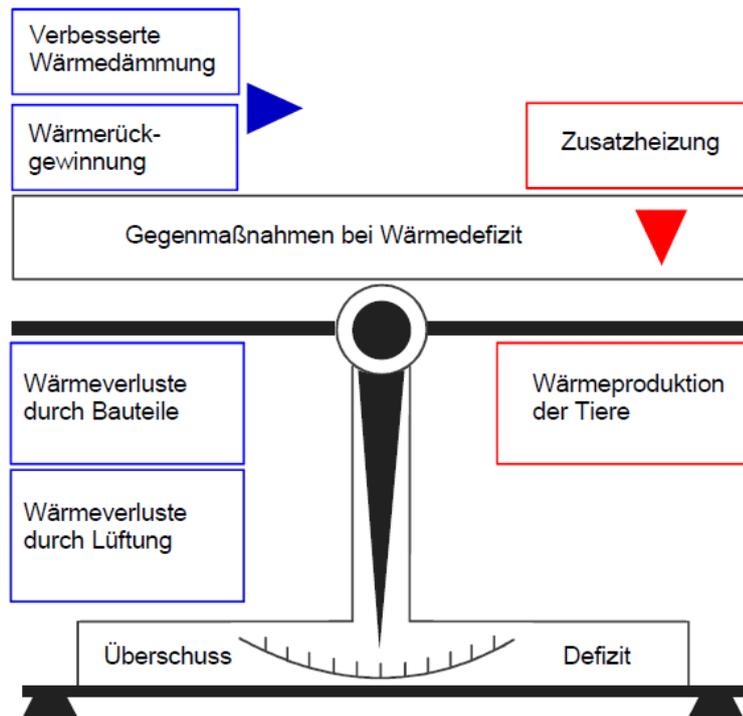


Abbildung 15: Wärmebilanzwaage mit Ausgleichsmöglichkeiten (Quelle: DLG o. J.)

Der Versuchsstall als feste Größe ist hinsichtlich seiner wärmedämmenden Eigenschaft in einem sehr guten Zustand. Der Transmissionswärmestrom kann anhand der Bauunterlagen berechnet werden. Variabel hingegen ist die Wärmeproduktion der Tiere. Sie hängt vor allem vom Alter und Gewicht, aber auch von der Umgebungstemperatur ab.

Tatsächlich werden im Versuchsstall nur Endmasttiere ab etwa 50 kg gehalten. Selbst unter der überaus unwahrscheinlichen Annahme, dass alle Tiere gleichzeitig eingestallt würden, ergäbe sich ohne Zuluftkanal bereits ab einer Temperatur von -4 °C eine positive Wärmebilanz (Abbildung 16). Das heißt, bei Zulufttemperaturen oberhalb -4 °C produzieren die Tiere mehr Wärme als bei Mindestlüfrate durch den Lüftungswärmestrom abgegeben würde.

Berechnung Wärmebilanz									
						Formel Kanal	-0,3323	2,5124	
3	Gewicht	50				Kanal = 1	0		
4	Anzahl Tiere	2268	Abteitemperatur °C		22	Außentemperatur	-4,0	-4,0	
5	Luftmassenstrom	25992	Zulufttemp. °C			Wärmeabgabe d. Tiere		232373	
6		Länge	Höhe	Anzahl	Fläche	Material	k-Wert	Temp.ang. Raum	
10	Güllekanalwand innen	434,00		0,80	1	347 Beton	0,54	0	4,125
11	Stirnwand außen	24,90		2,68	1	67 k-Wert errechnet	0,31	-4,0	540
12	Fenster	1,25		1,00	0	0 Fenster individuell	1,7	-4	-
13	Türen	1,50		2,00	0	0 Hoztür 65 mm wärmeded.	0,73	-4	-
14	Seitenwand außen	91,59		2,68	1	245 k-Wert errechnet	0,31	-4,0	1,986
15	Fenster	1,25		1,00	28	35 Fenster individuell	1,7	-4	1,547
16	Türen	0,90		2,00	7	13 Hoztür 65 mm wärmeded.	0,73	-4	239
17	Stirnwand innen	24,90		2,68	1	67 k-Wert errechnet	0,31	10,0	249
18	Fenster			2,50	0	0 Fenster individuell	1,7	10	-
19	Türen	0,88		2,00	0	0 Holztür 20 mm	3,3	10	-
20	Seitenwand innen	91,59		2,68	1	245 k-Wert errechnet	2,89	0	15,605
21	Fenster	1,25		1,00	14	18 Fenster individuell	1,7	0	774
22	Türen	0,90		2,00	7	13 Hoztür 65 mm wärmeded.	0,73	0	239
23	Transmissionswärmestrom in W								40.583
24	Lüftungswärmestrom in W								189.223
25	Wärmeproduktion der Tiere in W								232.373
26	Wärmebilanz des Stalles in W								2.568

Abbildung 16: Wärmebilanz eines fiktiven Vergleichsstalles ohne Zuluftkanal bei 50 kg Tiergewicht und -4 °C Außentemperatur (Kalkulationsprogramm: Thomas Heidenreich)

Betrachtet man dazu die Temperaturverteilung im Untersuchungszeitraum (Abbildung 17), wird deutlich, dass die tatsächlich verwertbare Nutzwärmearbeit im Untersuchungsstall zu vernachlässigen ist.

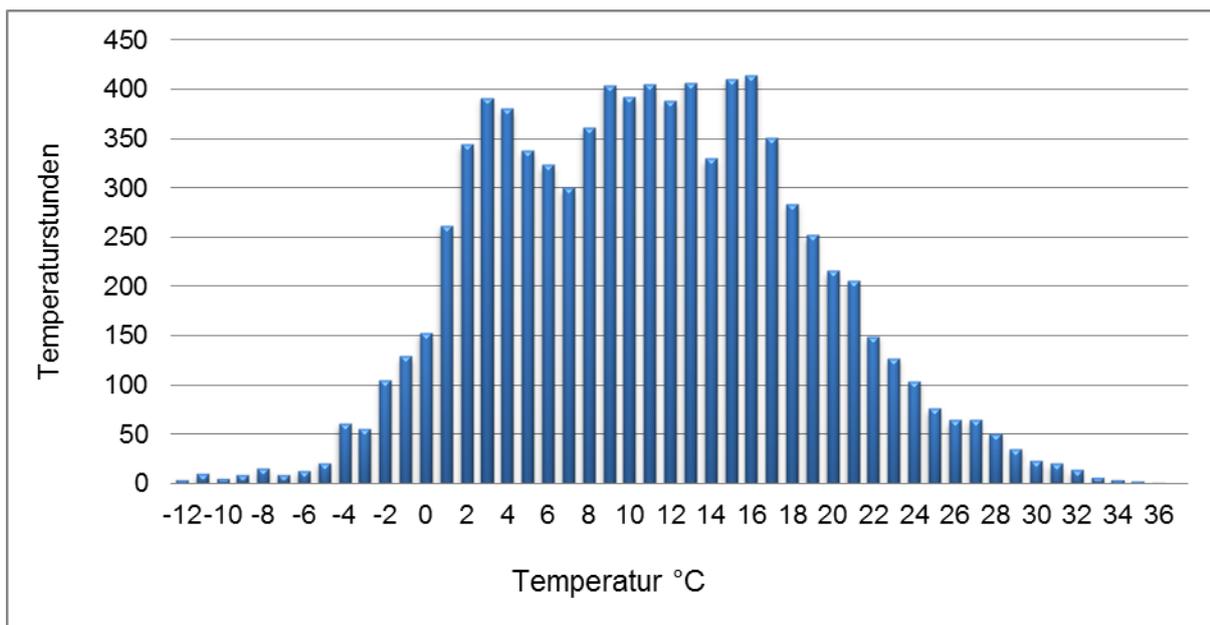


Abbildung 17: Verteilung der Temperaturstunden im Betrachtungszeitraum 08.01.2014 bis 07.01.2015

Die in der Versuchsanlage praktizierte Zweiphasenmast ist den betrieblichen Bedingungen geschuldet. Das Ergebnis dieser Wärmebilanzierung kann folglich nicht verallgemeinert werden. Darum war zu klären, wie sich die Verhältnisse in einer typischen Einphasenmast mit und ohne Zuluftkanal darstellen würden.

Weil der Versuchsstall über sieben Abteile verfügt, wurde eine gleichmäßige Verteilung der Schweine auf sieben Gewichtsguppen unterstellt. Der Einfachheit halber wurde darauf verzichtet, die Bilanzen für einzelne Abteile zu kalkulieren und abschließend zu addieren. Stattdessen erfolgten die Berechnungen jeweils so, als

wären alle 2.268 Plätze des Stalles mit der gleichen Gewichtsklasse belegt. Abschließend wurde der Durchschnitt gebildet.

In Tabelle 3 ist dargestellt, ab welcher Außentemperatur eine positive Wärmebilanz in Abhängigkeit von der Gewichtsklasse der Tiere mit üblicherweise anzustrebenden Abteilterperaturen vorläge. Die Wärmebilanz-Differenz bis zu der Temperatur, bei der der Stall ohne Zuluftkanal eine positive Wärmebilanz erreichen würde, ist die zu bewertende effektive Nutzwärmearbeit. Über die Temperaturstundenverteilung eines Jahres am Versuchsstall (Abbildung 16) wurde die Einsparung jeder Gewichtsklasse ermittelt.

Tabelle 3: Außentemperatur, ab der eine positive Wärmebilanz in einem dem Versuchsstall entsprechenden Stall ohne Zuluftkanal erreicht würde

Gewichtsklasse kg	26-39	40-52	53-65	66-78	79-91	92-104	105-117
Zieltemperatur im Abteil °C	24	22	21	20	19	18	18
Wärmebilanz positiv ab Außentemperatur von °C	3	-3	-7	-9	-11	-14	-14

Tabelle 4: Effektive Nutzwärmearbeit eines dem Versuchsstall entsprechenden Stalles mit unterstellter Mast von 26 bis 117 kg

Gewicht kg	26-39	40-52	53-65	66-78	79-91	92-104	105-117	MW aller Gruppen	Temperaturstunden	effektive Nutzwärmearbeit
Temperatur	Differenz der Wärmebilanzen für Stall mit/ohne Kanal									
°C	W	W	W	W	W	W	W	W	h	kWh
-14	34.979	45.612	53.976	61.398	68.137	-	-	37.729	-	-
-13	33.357	43.497	51.473	58.550	64.977	-	-	35.979	-	-
-12	31.735	41.381	48.969	55.702	61.817	-	-	34.229	4	137
-11	30.112	39.266	46.466	52.855	-	-	-	24.100	10	241
-10	28.490	37.150	43.962	50.007	-	-	-	22.801	5	114
-9	26.867	35.035	41.459	-	-	-	-	14.766	9	133
-8	25.245	32.919	38.956	-	-	-	-	13.874	16	222
-7	23.623	30.804	-	-	-	-	-	7.775	9	70
-6	22.000	28.688	-	-	-	-	-	7.241	13	94
-5	20.378	26.572	-	-	-	-	-	6.707	22	148
-4	18.756	24.457	-	-	-	-	-	6.173	60	370
-3	17.133	-	-	-	-	-	-	2.448	54	132
-2	15.511	-	-	-	-	-	-	2.216	104	230
-1	13.888	-	-	-	-	-	-	1.984	158	313
0	12.266	-	-	-	-	-	-	1.752	156	273
1	10.644	-	-	-	-	-	-	1.521	254	386
2	9.021	-	-	-	-	-	-	1.289	349	450
gesamt										3.314

In einer Schweinemast von 26 bis 117 kg hätten nach Tabelle 3 am Standort der Anlage im Jahr 2014 3.314 kWh/a durch den Kanal gewonnene Wärme einen tatsächlichen Nutzeffekt gebracht. Das sind ca.

1,5 kWh je Mastplatz. Damit läge die jährliche finanzielle Einsparung je nach eingesetzter Energieart zwischen 10 bis 17 Ct je Mastplatz (Gas -7 Ct/kWh, Diesel -11 Ct/kWh). In der Ferkelaufzucht und im Abferkelbereich von Sauenanlagen wäre wegen des höheren Wärmebedarfs eine deutlich höhere Einsparung zu erwarten.

Die Messung des Elektroenergiebedarfes der Lüfter ergab im kleineren Stallabschnitt 19,9 kWh je Mastplatz und Jahr. Dieses Ergebnis liegt im normalen Bereich von Literaturangaben. Es war zu erwarten, dass durch die Unterflurzulufführung ein Energiespareffekt auftritt. Dieser konnte anhand der ermittelten Daten nicht nachgewiesen werden. Allerdings ist der Energiebedarf einer Lüftungsanlage nicht ausschließlich vom Zuluftsystem, sondern von vielen Faktoren abhängig. Eine entscheidende Größe ist die zu überwindende Druckdifferenz. Möglicherweise wird der Vorteil der Unterfluransaugung kompensiert durch die zusätzliche Druckdifferenz der Zentralabsaugung.

THREM et al (2013) untersuchten in der Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ) Baden-Württemberg in einem Exaktversuch den Strombedarf für die Lüftung in der Schweinemast mit verschiedenen Zuluftsystemen. Gegenüber einem Porendeckensystem sparte die Unterfluransaugung im Durchschnitt von zwei Jahren 4,4 kWh/(TPI*a), was auf die größeren Querschnitte des Kanals und dem daraus resultierenden geringen Strömungswiderstand zurückgeführt wird. Der Differenzdruck wurde mit 5,3 Pa angegeben.

Im Versuchsstall der AGRASET Naundorf wurden entsprechende Differenzdrücke punktuell gemessen. Sie lagen zwischen 5 bis 8 Pa. Unterstellt man, dass der Einspareffekt in Höhe von 4,4 kWh/(TPI*a) auf den Versuchsstall übertragbar ist, ergibt sich eine kalkulatorische Stromkostensparnis in Höhe von 0,88 EUR/(MPI*a).

Teilnehmer an der „Initiative Tierwohl“ können zusätzlich eine Vergütung von 20 Ct je Mastschwein für den Nachweis eines Kühlsystems erhalten.

5 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand in der Ermittlung und Bewertung der Auswirkungen der Unterflurzulufführung in einer großen Schweinemastanlage. Untersuchungsobjekt war ein Stall der AGRASET Agrargenossenschaft Naundorf e. G. mit 2.268 Mastplätzen. Im Ergebnis kann festgehalten werden, dass

- im Sommer bei einer Umgebungstemperatur von 30 °C eine mittlere Abkühlung der Zuluft um 5,5 K erreicht wird;
- im Winter bei einer Umgebungstemperatur von -10 °C eine mittlere Vorwärmung um 5,8 K erreicht wird;
- die Tag-Nacht-Schwankungen der Zulufttemperatur im Jahresdurchschnitt um 4,8 K verringert werden. Mit zunehmenden Tagestemperaturdifferenzen steigt der Effekt.

Wenngleich im Versuchsstall die monetär zu bewertenden Daten messtechnisch nicht ermittelt werden konnten, zeigen Angaben aus verschiedenen Veröffentlichungen, dass allein die Verringerung von hitzestressbedingten Leistungsdepressionen das Potenzial zur Kostendeckung bietet. Im konkreten Fall decken 8 g mehr Masttagszunahme die zusätzlichen Baukosten. Hinzu kommen Einsparungen an Wärmeenergie und elektrischem Strom. Durch die Kühlung der Zuluft werden Temperaturspitzen über 30 °C im Abteil weitestgehend vermieden. Die Unterflurzulufführung leistet damit einen messbaren Beitrag zum Wohlbefinden der Nutztiere.

Literaturverzeichnis

- BEYERSDORFER, G. (2010): Luftkühlung in der Schweinehaltung mit Hilfe der Absorptionskältetechnik – ein Ausblick; Vortrag zum Fachtag Bau und Technik; 03.03.2010; Köllitsch
- BÜSCHER, W. et al (o. J.): DLG-Arbeitsunterlage „Lüftung von Schweineställen“, 3. Auflage
- CHEMIE.DE Information Service GmbH (o. J.): unter <http://www.chemie.de/lexikon/Luftdichte.html>
- DWD [1] (2015): freie DWD-Wetterdaten unter http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Content%2FOeffentlichkeit%2FKU%2FKU2%2FKU21%2FKlimadaten%2Fgerman%2Fausgabe_stundenwerte_tu.html
- DWD [2] (2015): Pressemitteilung „Deutschlandwetter im Jahr 2014 - Wärmstes Jahr seit dem Beginn regelmäßiger Temperaturmessungen“ unter http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Presse/Pressemitteilungen/2014/20141230_Deutschlandwetter_Jahr_2014.templateId=raw,property=publicationFile.pdf/20141230_Deutschlandwetter_Jahr_2014.pdf
- DIN 18910-1 (2004): Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung – Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe; Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin
- ECKEL, H. et al. (2014): Energiebedarf in der Schweine- und Hühnerhaltung; KTBL-Heft 105
- ELLERSIEK, H.-H. (2004): Abkühlung gefällig?; Top Agrar 5/2004
- FELLER, B. (2012): Kühlung von Schweineställen; KTBL-Fachartikel
- HEIDENREICH, TH. (2012): Bemessung der Sommerluftstraten bei der Zuluftkühlung – Schweine; Vortrag im „Förderkreis Stallklima“ in Trier am 25.09.2012
- HOLZHEU, M. (2014): Heißer Schweinestall bringt schlechte Leistungen; Landwirt 15/2014
- THREM, J.; GALLMANN, E.; PFLANZ, W. & JUNGBLUT, T. (2013): Bewertung von Zuluftführungs- und Kühlsystemen in der Schweinemast; Vortrag auf der 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2013 in Vechta
- Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung), 2006 - BGBl. I S. 2043, zuletzt geändert 2009 (BGBl. I S. 3223)

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autor:

Renè Pommer
Abteilung Landwirtschaft/Referat Tierhaltung, Tierfütterung
Am Park 3, 04886 Köllitsch
Telefon: +49 34222 46-2210
Telefax: +49 34222 46-2099
E-Mail: rene.pommer@smul.sachsen.de

Redaktion:

siehe Autor

Fotos:

René Pommer
Titel: Hans Böll, Triesdorf

Redaktionsschluss:

28.08.2015

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.