

**Ministerium für Infrastruktur
und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg**

Referat Koordination, Kommunikation,
Internationales

Henning-von-Tresckow-Straße 2 - 8
14467 Potsdam
www.mil.brandenburg.de

**Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft
und Flurneuordnung**

Müllroser Chaussee 50
15236 Frankfurt (Oder)
E-Mail: poststelle@lvlf.brandenburg.de
Internet: www.mil.brandenburg.de

Landwirtschaft und Gartenbau



Beiträge zur umwelt- und tiergerechten Schweinehaltung

Impressum:

Herausgeber: Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg (MIL)
Referat Koordination, Kommunikation, Internationales
Henning-von-Tresckow-Straße 2 - 8, 14467 Potsdam
oeffentlichkeitsarbeit@mil.brandenburg.de
www.mil.brandenburg.de

Fachliche
Bearbeitung: Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung
Müllroser Chaussee 50
15236 Frankfurt (Oder)
Poststelle@LVLF.Brandenburg.de

Referat Tierzucht, Tierhaltung, Fischerei
Dorfstraße 1, 14513 Teltow OT Ruhlsdorf

Druck: Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung
Am Halbleiterwerk 1
15236 Frankfurt (Oder)
TZ

Auflage: 300

Schriftenreihe
des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung
Abteilung Landwirtschaft und Gartenbau,
Teltow, Großbeeren, Groß Kreutz, Güterfelde, Paulinenaue, Wünsdorf
Reihe Landwirtschaft, Band 11 (2010) Heft VI

Hinweis:

Diese Broschüre wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft herausgegeben. Sie darf nicht während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, und Kommunalwahlen sowie auch für die Wahl der Mitglieder des Europäischen Parlaments. Unabhängig davon, wann, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Beiträge zur umwelt- und tiergerechten Schweinehaltung

Bearbeiter: Dr. F.-W. Venzlaff, Landesamt für Verbraucherschutz,
Dr. Th. Paulke, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LVLf)

Dr. H.-J. Müller, Institut für Agrartechnik Bornim (ATB)

Ruhlsdorf, Februar 2010

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	3
1. Wichtige stallklimatische Einflussmöglichkeiten auf die Verringerung von Emissionen aus Schweineställen	4
1.1. Einleitung	4
1.2. Zusammenhang Außentemperatur und Stallinnentemperatur	5
1.3. Zusammenhang Außentemperatur und Abluftvolumenstrom	7
1.4. Auswirkung der Zuluftkühlung auf den Abluftvolumenstrom	11
1.5. Zusammenhang Luftvolumenstrom - Ammoniakemissionsstrom	13
1.6. Zusammenhang Stalltemperatur – Emissionen	14
1.7. Zusammenhang Tieraktivitäten im Schweinestall zu Emissionen	17
1.8. Fazit	19
1.9. Literatur	20
2. Zur Heizleistung von Erdwärmetauschern in Schweineställen	22
2.1. Problemstellung	22
2.2. Zuluftsysteme und Messungen	22
2.3. Messergebnisse und Auswertung	24
2.4. Ermittlung der Heizenergie und der Heizleistung	29
2.5. Einordnung der Ergebnisse	30
2.6. Diskussion der Ergebnisse	31
2.7. Literatur	32
3. Großgruppenhaltung in der Schweinemast – Untersuchungen zu Umweltschutz und Tiergerechtheit	34
3.1. Einleitung	34
3.2. Methoden	34
3.3. Ergebnisse	35
3.4. Schlussfolgerungen	39
3.5. Literatur	39
4. Aspekte zur Fußbodenheizung in der Schweinemast	40
4.1. Problemstellung	40
4.2. Untersuchungen	40
4.3. Ergebnisse	41
4.4. Stallsysteme für Fußbodenheizung	43
4.5. Fazit	46
4.6. Literatur	47

Vorwort

Die vorliegende Broschüre enthält Ergebnisse zur Verbesserung der Tiergerechtigkeit und zur Verringerung der Umweltbelastungen in der Schweineproduktion. Die dargestellten Ergebnisse basieren auf eigenen Untersuchungen bzw. gemeinsamen Untersuchungen mit Kooperationspartnern in der Lehr- und Versuchsanstalt Groß Kreutz e.V., BT Ruhlsdorf und in landwirtschaftlichen Betrieben.

Mit diesem Bericht finden die eigenen Untersuchungen zur Problematik „Verbesserung der Tier- und Umweltgerechtigkeit in der Schweinehaltung“ einen vorläufigen Abschluss. Dabei erlaubt der vorliegende Erkenntnisstand interessierten landwirtschaftlichen Betrieben begründete Investitionsentscheidungen in die Schweinehaltung unter Berücksichtigung verbesserter Tier- und Umweltgerechtigkeit zu treffen.

Die Ergebnisse wurden in einer Vielzahl von Vorträgen, Seminaren und Weiterbildungsveranstaltungen einem breiten Fachpublikum vermittelt sowie darüber hinaus teilweise auf nationalen und internationalen Tagungen sowie in der Fachpresse vorgestellt.

1. Wichtige stallklimatische Einflussmöglichkeiten auf die Verringerung von Emissionen aus Schweineställen

Dr. F.-W. Venzlaff, Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung(LVLF) und Dr. H.-J. Müller, Institut für Agrartechnik Bornim(ATB)

1.1. Einleitung

Die Verringerung der Umweltbelastungen bei gleichzeitiger Berücksichtigung und Einhaltung der Tiergerechtheit sowie Wirtschaftlichkeit sind wichtige Voraussetzungen für die zukünftige wettbewerbsfähige einheimische Tierhaltung, so auch der Schweinehaltung. Unter diesen Gesichtspunkten ist die Entwicklung von umwelt- und tiergerechteren Verfahren zur Klimagestaltung in der Schweinehaltung von eminenter Bedeutung. Dazu ist die Kenntnis der entsprechenden Zusammenhänge zwischen den wichtigsten Stallklimaparametern notwendig und deren Umsetzung in die Verfahren der Stallklimagestaltung und damit in die tägliche Stallpraxis. Zu berücksichtigen ist, dass die Anforderungen des Tierschutzes/Tiergerechtheit den Zielen der Emissionsminderung, also des Umweltschutzes, nicht selten entgegenstehen [10].

Ein entscheidender Teil der Umweltbelastungen sind die Emissionen klimarelevanter Gase aus Schweineställen. Demzufolge ist es das Ziel, diese Emissionen aus Schweineställen zu reduzieren. Dabei spielen Ammoniakemissionen eine besonders wichtige Rolle [Eurich-Menden 2009]. So beträgt gegenwärtig die Ammoniakfracht eines Schweinemastplatzes pro Jahr 2,5 – 3,7 kg [2].

Unter diesen Aspekten ist insbesondere interessant, wie wirken sich Außentemperatur, Stalltemperatur, Abluftvolumenstrom und Emissionsstrom aufeinander aus bzw. wie beeinflussen sie sich gegeneinander. Und welche Möglichkeiten hat man infolge der Kenntnis dieser Zusammenhänge die Emissionen aus dem Schweinestall zu verringern. Dabei sind Ausführungen zu nach dem eigentlichen Stall-Output nachgeschalteten Filtern o. ä., welcher Varianten auch immer, nicht Gegenstand dieses Beitrages, es geht hier insbesondere um die Vermeidungsstrategie, nicht um die im Nachhinein eventuell notwendige Beseitigungsstrategie.

Schweineställe sollten nicht (komplett) der Filtertechnik unterworfen werden, wenn es subtilere und langfristig kostengünstigere Methoden gibt, um Umwelt und Tier ebenso effektiv zu schützen [9]. Die nachfolgenden Werte, Darstellungen usw. wurden auf der Grundlage von Langzeitmessungen in der Praxis ermittelt.

1.2. Zusammenhang Außentemperatur und Stallinnentemperatur

Zwischen Außentemperatur und Stallinnentemperatur ist ein direkter Zusammenhang zu erwarten. In Abbildung 1 ist als Beispiel der charakteristische Verlauf von Außentemperatur und Stalltemperatur bei einem Schweinestall mit konventioneller Unterdrucklüftung dargestellt. Stellt man die Außentemperaturen auf die X-Achse und die

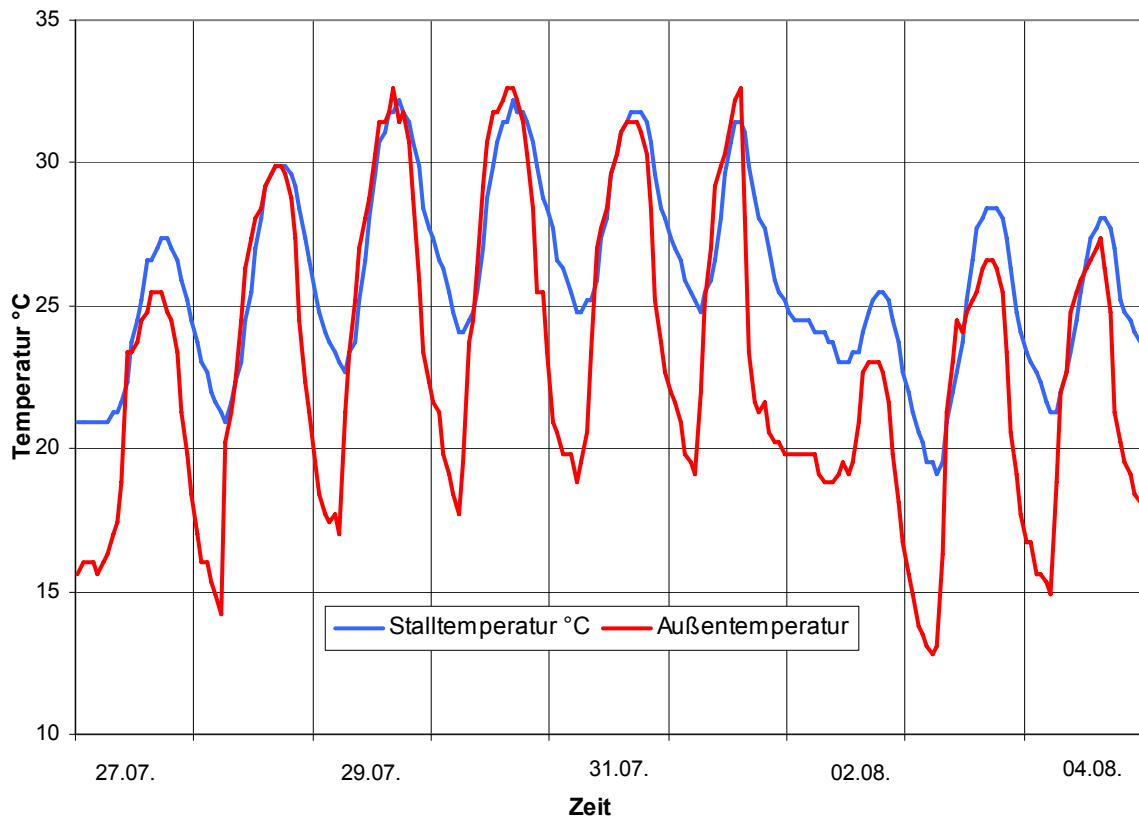


Abbildung 1: Charakteristischer Verlauf von Außen- und Stalltemperatur in einem ausgewählten Zeitraum der Sommerperiode bei einem Schweinestall mit konventioneller Unterdrucklüftung.

Stalltemperaturen auf die Y-Achse, so ergibt sich in diesem Falle ein linearer Zusammenhang $Y = 1,3719x - 12,576$ mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,7483$ und einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,864$ (Abb. 2). Die entsprechenden Messwerte für einen Schweinestall mit Erdwärmetauscher vom Typ Unterdruck-Zuluftführung zeigen, dass ebenfalls eine linearer Zusammenhang zwischen Außen- und Innentemperatur besteht mit $Y = 0,8531x + 3,9017$ sowie einem Bestimmtheitsmaß R^2 von $0,9647$ sowie einem Korrelationskoeffizienten $r = 0,982$ (Abb. 3). Dies bedeutet konkret für das gezeigte Beispiel, dass eine Steigerung der Außentemperatur um 1 K eine Erhöhung der Stalltemperatur um 1,37 K beim Stall mit konventioneller Unterdrucklüftung erfolgt und beim Stall mit Erdwärmetauscher von 0,85 K, also

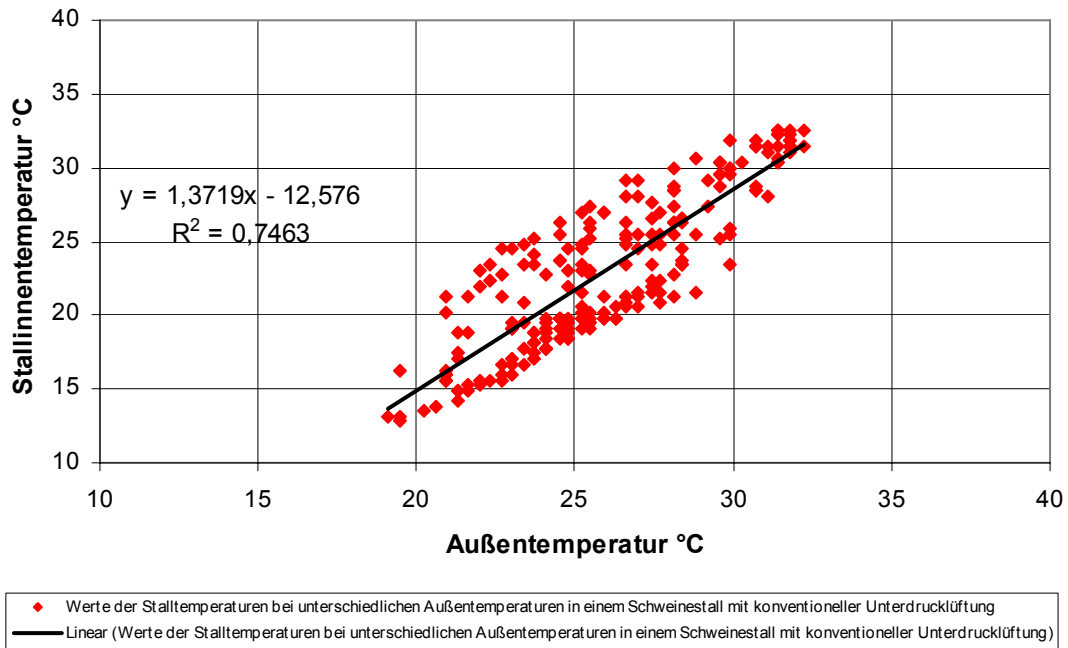


Abbildung 2: Werte der Stalltemperatur bei unterschiedlicher Außentemperatur in einem Schweinestall mit konventioneller Unterdrucklüftung; Korrelationskoeffizient $r = 0,864$

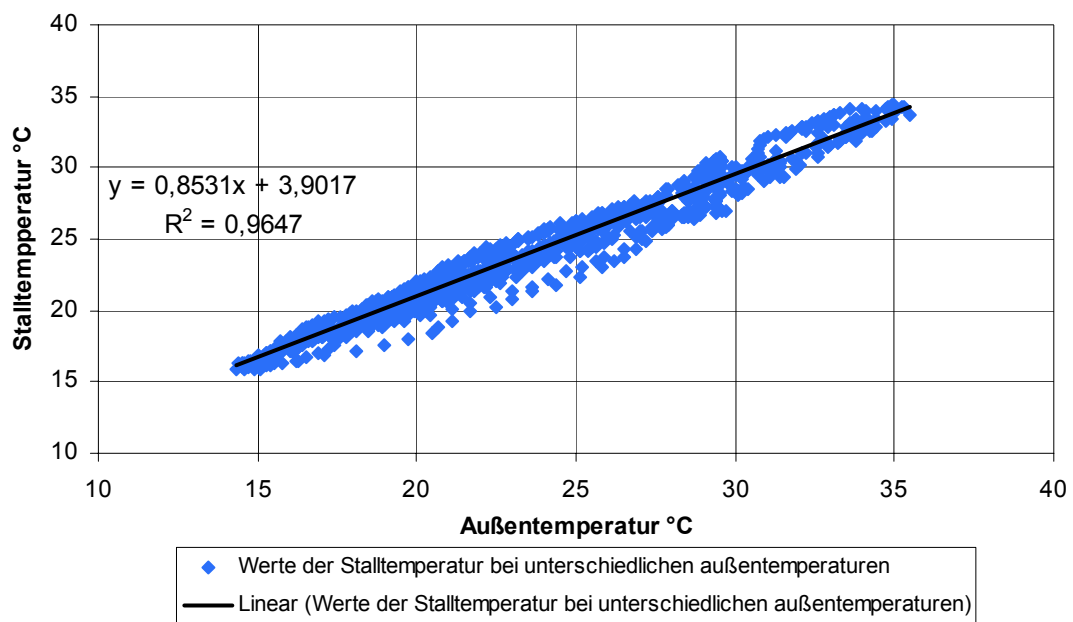


Abbildung 3: Werte der Stalltemperatur bei unterschiedlicher Außentemperatur in einem Schweinestall mit Erdwärmetauscher Typ Unterflur-Zuluftführung Korrelationskoeffizient $r = 0,982$

deutlich weniger. In Ställen mit konventioneller Lüftung erfolgen also größere Steigerungen der Stalltemperatur als in Ställen mit Zuluftkühlung – hier Erdwärmetauscher. Im vorliegenden Vergleichsfalle im Verhältnis von $1,3719 : 0,8531 = 1,61$ fache.

1.3. Zusammenhang Außentemperatur und Abluftvolumenstrom

Entsprechend TA Luft wird bei steigender Außentemperatur in den Schweineställen auch ein steigender Abluftvolumenstrom gefahren (Abb. 4). Dadurch ist der Abluftvolumenstrom in der warmen Jahreszeit besonders hoch [1]. So wurde beispielsweise in einem Maststall mit „konventioneller“ Unterdrucklüftung ein Spitzenwert des Abluftvolumenstromes von 175 m³/Tier und Stunde gemessen (Abb. 4, blaue Linie). Dabei ist gleichzeitig erkennbar, dass sich Außentemperatur und Luftvolumenstrom oft und tendenziell im gleichen Rhythmus verändern (Abb. 4, blaue + rote Linie).

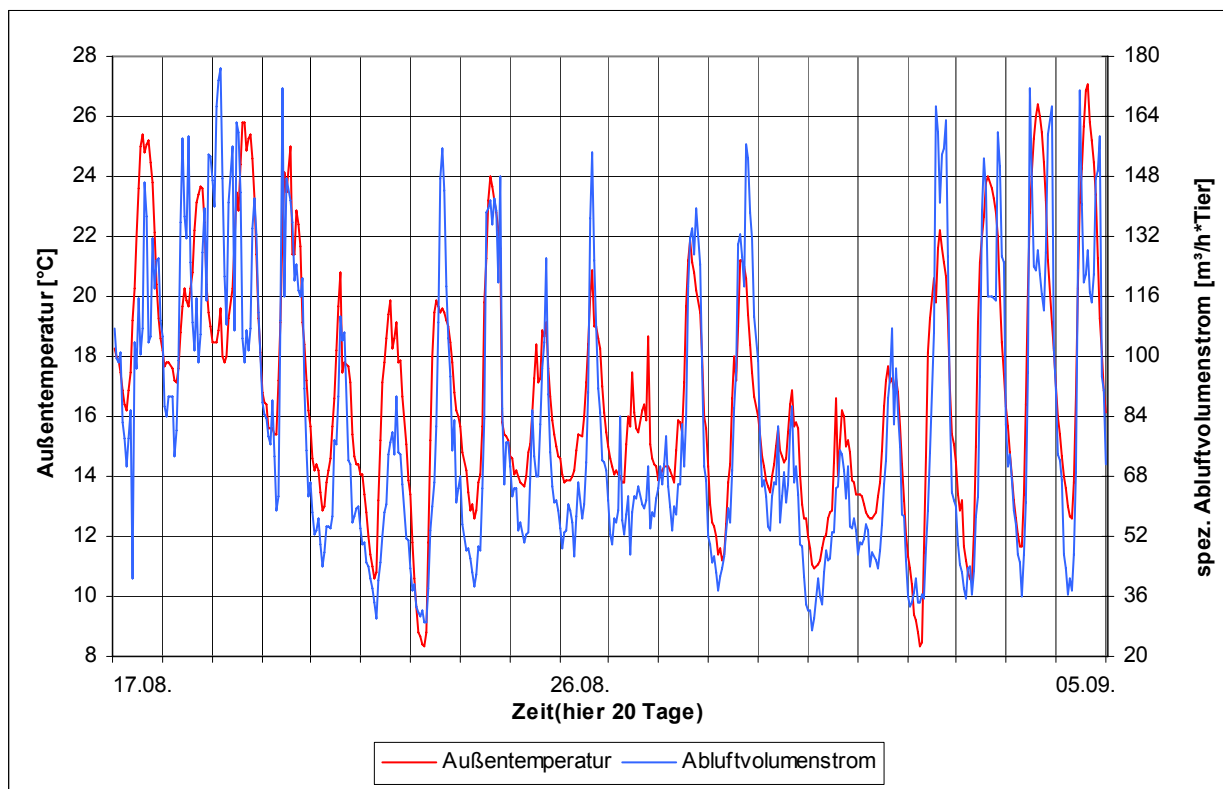


Abbildung 4: Charakteristischer Verlauf von Abluftvolumenstrom und Außentemperatur in der warmen Jahreszeit bei einem Maststall mit „konventioneller“ Unterdrucklüftung, Ø LM 85 kg

Die zusammengestellten Werte des Abluftvolumenstromes bei unterschiedlichen Außentemperaturen in einem Mastschweinestall mit konventioneller Unterdrucklüftung in der warmen Jahreszeit zeigen demzufolge einen deutlich erkennbaren Zusammenhang zwischen Abluftvolumenstrom und Außentemperatur (Abb. 5). Das Bestimmtheitsmaß R^2 erreicht in diesem Falle immerhin 0,7052, so dass 70,52 % aller Werte aus diesem Zusammenhang erklärt werden können (Abb. 5, schwarze Gerade)

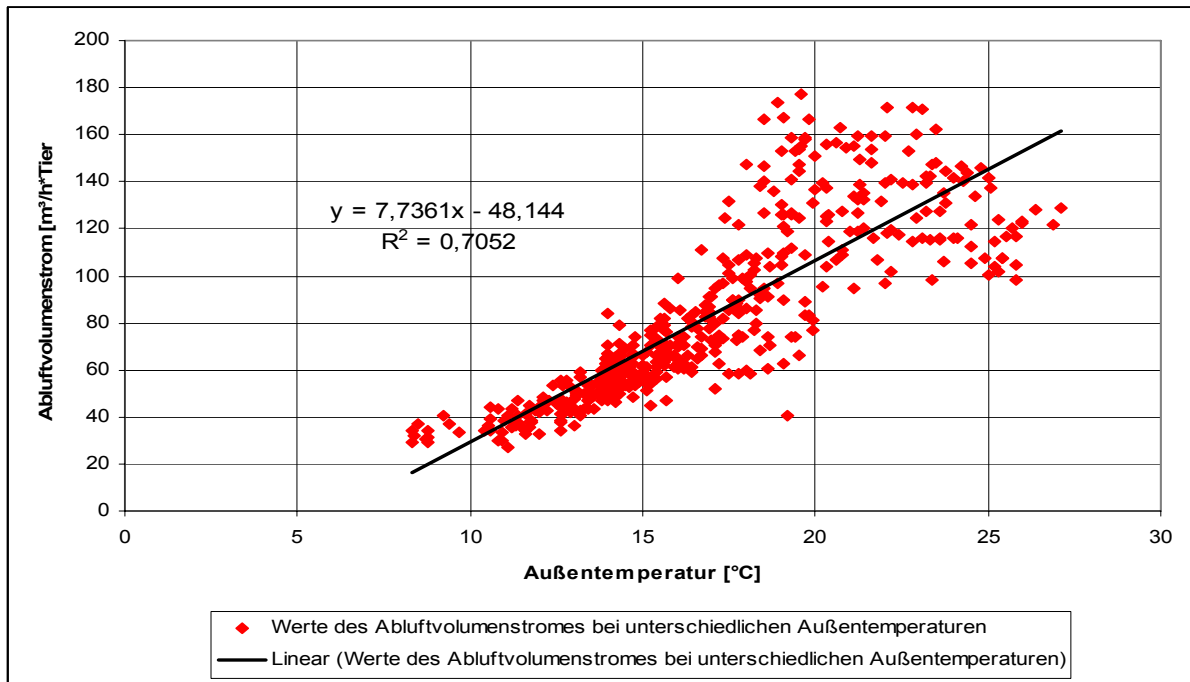


Abbildung 5: Werte des Abluftvolumenstromes bei unterschiedlichen Außentemperaturen in einem Mastschweinegestall mit „konventioneller“ Unterdrucklüftung in der warmen Jahreszeit; Ø LM 85 kg, $r=0,8398$

Der Korrelationskoeffizient r als Wurzel aus dem Bestimmtheitsmaß liegt mit $0,8398$ deutlich über $0,5$ in Richtung 1 und signalisiert, dass die lineare Regression (Abb. 5, schwarze Linie) gut für die Erklärung dieses Zusammenhangs geeignet ist. In Abbildung 6 sind die Verläufe von Außentemperatur und Abluftvolumenstrom im gleichen Maststall, jedoch in der kalten Jahreszeit, dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass auch bei kühleren Außentemperaturen der Abluftvolumenstrom zumindest tendenziell der Außentemperatur folgt. Stellt man die Werte des Abluftvolumenstromes in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Diagramm dar, so lässt sich auch hier eine lineare Abhängigkeit feststellen (Abb. 7). Allerdings fällt sie in diesem Falle für die kalte Jahreszeit mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,4036$ geringer aus als für die warme Jahreszeit (vgl. Abb. 5 und 7). Der Korrelationskoeffizient für die kalte Jahreszeit ergibt sich hier mit $r = 0,6353$, ist also deutlich größer als $0,5$ und ermöglicht so auch hier eine brauchbare Beschreibung mit Hilfe der linearen Regression (Abb. 7, schwarze Linie).

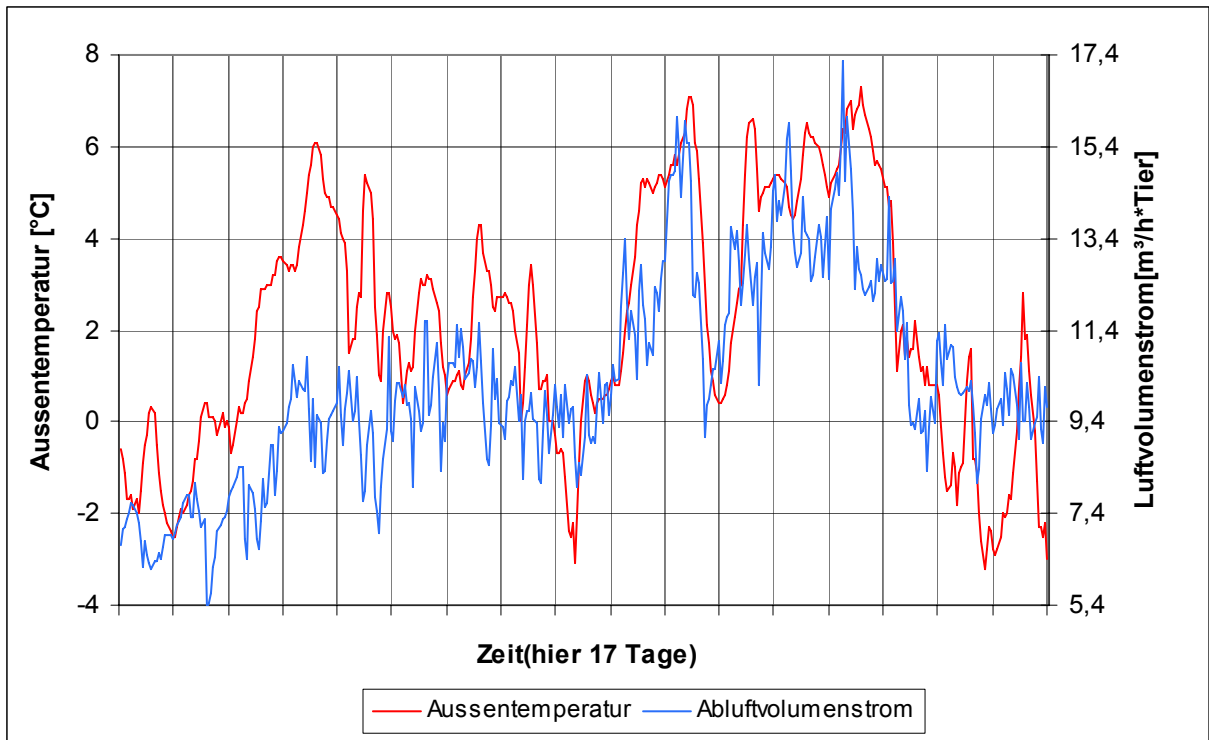


Abbildung 6: Charakteristischer Verlauf von Abluftvolumenstrom und Außentemperatur in der kalten Jahreszeit bei „konventioneller“ Unterdrucklüftung (02.12. 00:00 bis 18.12. 24:00)

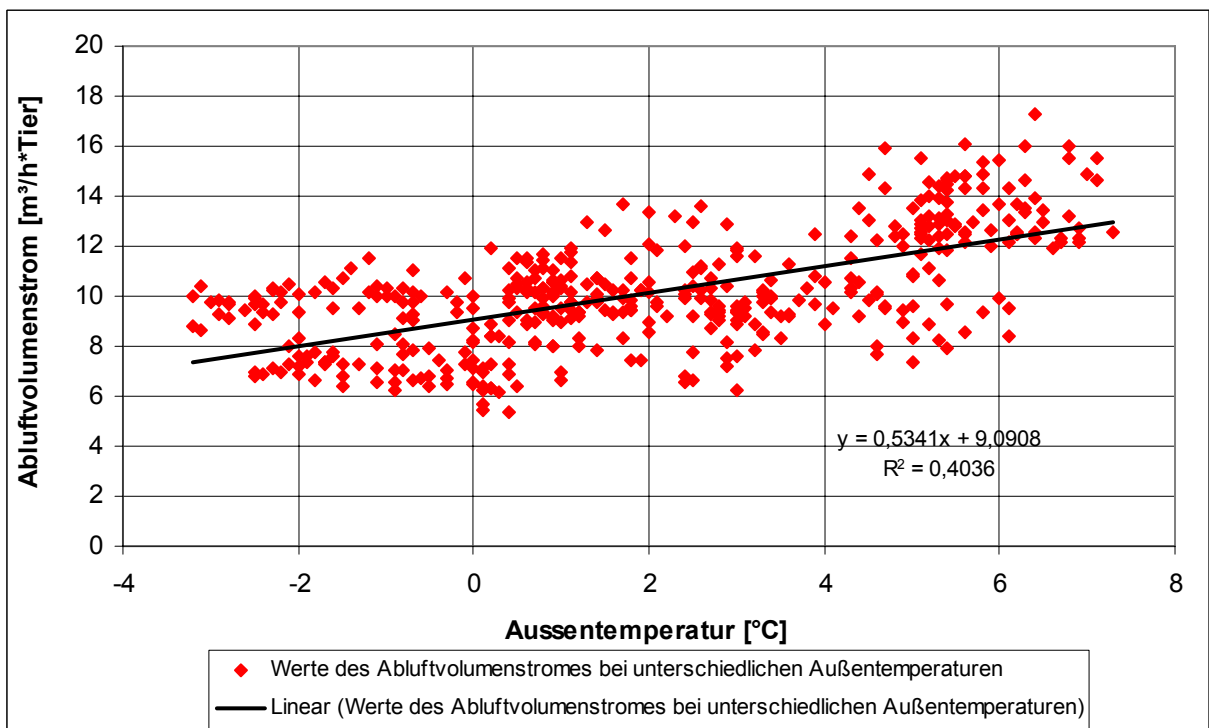


Abbildung 7: Werte des Abluftvolumenstromes bei unterschiedlichen Außentemperaturen in einem Mastschweineestall mit „konventioneller“ Unterdrucklüftung in der kalten Jahreszeit, Korrelationskoeffizient $r = 0,6353$

Sieht man die hohen Abluftvolumenströme bei konventioneller Unterdrucklüftung in der warmen Jahreszeit, so ist es zwingend notwendig nach Möglichkeiten zur Verringerung dieser hohen Abluftdurchsätze zu suchen und gleichzeitig möglichst tiergerechte Stalltemperaturen zu realisieren.

Langzeitmessungen in Mastställen mit Zuluftkühlung, hier Erdwärmetauscher, zeigen, dass durch diese Bauweise offensichtlich Abhilfe geschaffen werden kann (Abb. 8+9). Dabei folgt der Abluftvolumenstrom auch hier der Außentemperatur, jedoch mit niedrigeren Luftdurchsätzen im Vergleich zur „konventionellen“ Unterdrucklüftung (Abb. 8). So wurden beispielsweise Spitzenwerte im Abluftvolumenstrom von

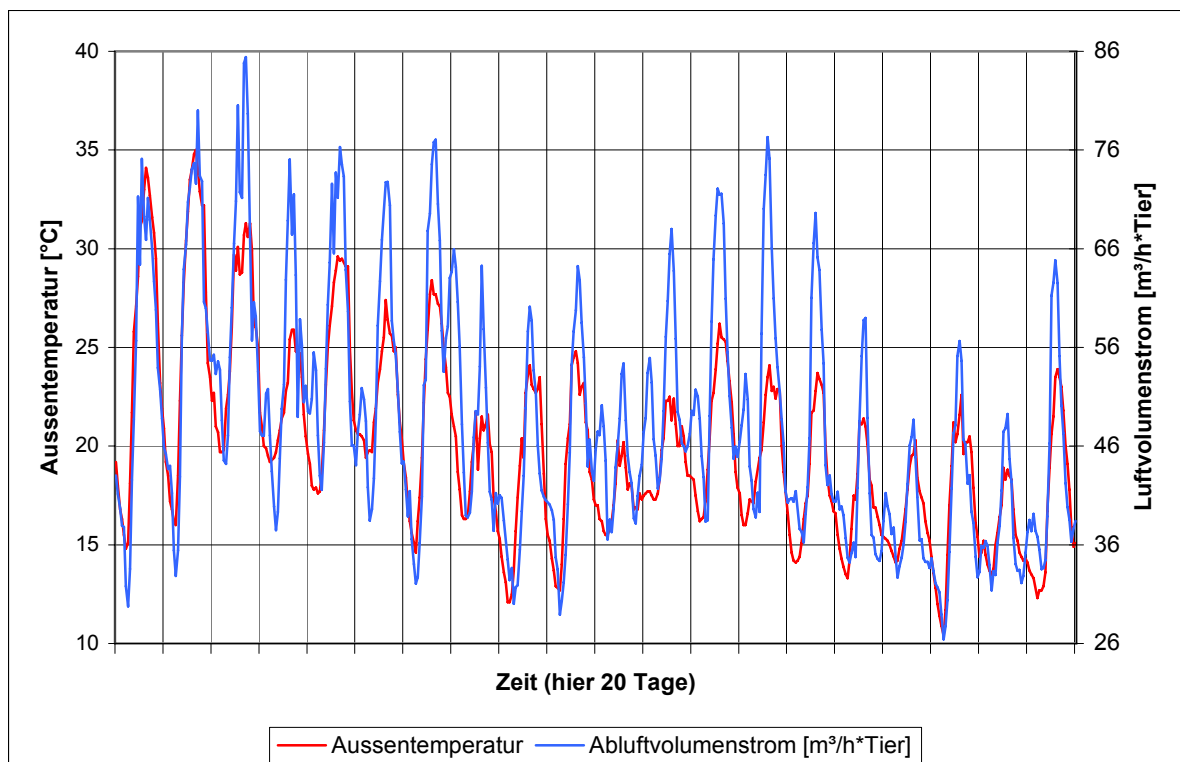


Abbildung 8: Beispiel: Spezifischer Abluftvolumenstrom und Außentemperatur in der warmen Jahreszeit bei einem Schweinemaststall mit Erdwärmetauscher vom Typ „Unterflur-Zuluftführung“, Ø LM 84 kg, 26.07.00:00 - 14.08.24:00; Ø Luftvolumenstrom 63 m³/Tier*h

ca. 86 m³/Tier und Stunde gemessen, bei in etwa gleicher Lebendmasse je Tier wie bei der konventionellen Unterdrucklüftung (vgl. Abb. 8, blaue Kurve und Abb. 4, blaue Kurve). Setzt man die Außentemperaturen auf die X-Achse und die zugehörigen Abluftdurchsätze auf die Y-Achse, so ergibt sich ein Punktehaufen, der sich offensichtlich auch beim Maststall mit Erdwärmetauscher mit Hilfe der linearen Regression beschreiben lässt (Abb. 9, schwarze Linie). Das Bestimmtheitsmaß erreicht immerhin $R^2 = 0,759$ und der daraus resultierende Korrelationskoeffizient $r = 0,871$

zeigt, dass eine hohe Übereinstimmung mit der Erklärung als lineare Regression erzielt wird.

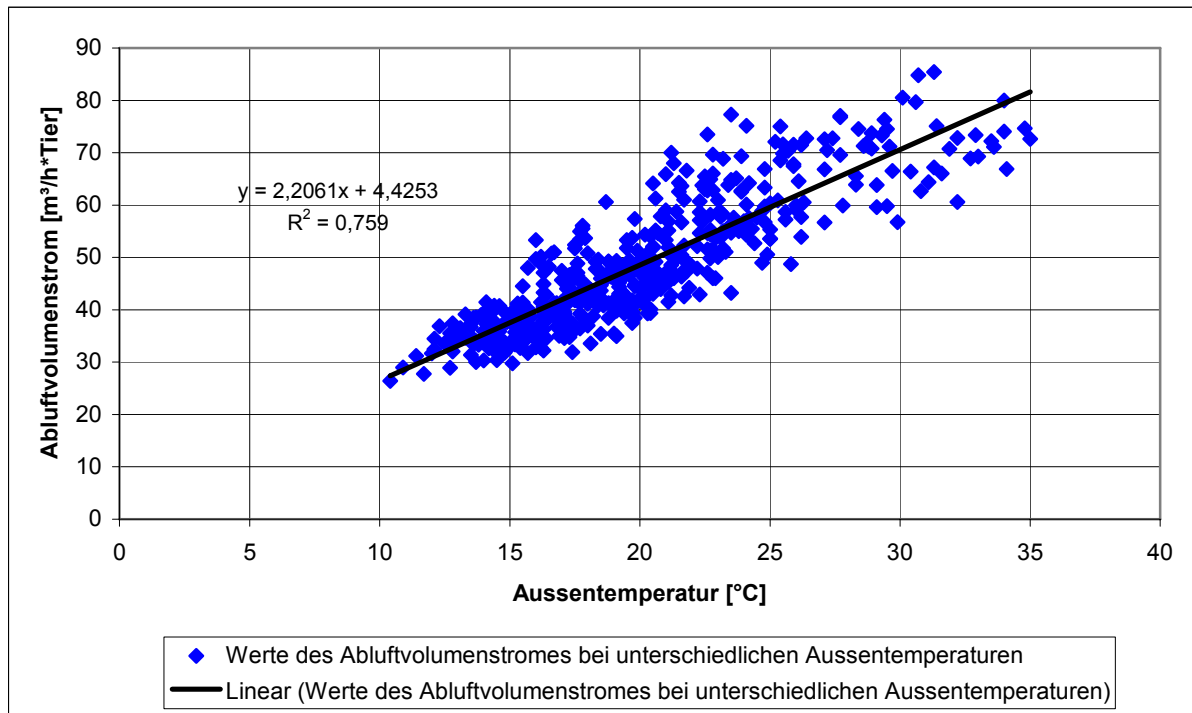


Abbildung 9: Beispiel für Werte des Abluftvolumenstromes bei unterschiedlichen Außentemperaturen in einem Mastschweinestall mit Erdwärmetauscher Typ „Unterflur-Zuluffführung“ in der warmen Jahreszeit, Regressionskoeffizient $r = 0,871$

Betrachtet man die kalte Jahreszeit, den Winter, sollte man zum einem aus Umweltgründen und zum zweiten aus Energie-Sparsamkeitsgründen hier verstärkt darauf achten, wirklich möglichst nur die Mindestlüftrate zu fahren, die in der Regel zwischen 5 und 10 % der in der TA Luft genannten Sommerlüftrate liegt [1]. Dadurch sind Heizkosten bzw. Heizenergie zu sparen. Es wird eingeschätzt, dass gegenwärtig etwa 60 % des Strombedarfes für die Lüftung benötigt werden. So verursacht beispielsweise eine um 10 % höhere Lüftungsrate in der Ferkelaufzucht einen höheren Kostenaufwand von gut 1 Euro pro Aufzuchtplatz und Jahr [4].

1.4. Auswirkung der Zuluftkühlung auf den Abluftvolumenstrom

Die Zuluftkühlung ist besonders für die warme Jahreszeit interessant. Vergleich man den Zusammenhang zwischen Außentemperaturen und Abluftvolumenstrom – gekühlt und ungekühlt, - also Erdwärmetauscher und „konventionelle“ Unterdrucklüf-

tung - und stellt dazu beide Punktheufen in ein Diagramm, also auch in nur einem Maßstab dar, so ist ersichtlich, dass der Anstieg der Außentemperatur auf die Erhöhung des Abluftvolumenstromes sich bei konventioneller Lüftung etwa 3,5-mal mehr auswirkt als bei der Zuluftführung mit dem Erdwärmetauscher-Typ Unterflur-Zuluftführung (Abb. 10 Regressionsfunktionen in rotem bzw. blauem Kästchen). Dies ist beim Erdwärmetauscher vor allem auf die gekühlte Zuluft und deren senkende Wirkung auf die Stallinnentemperatur zurückzuführen. Damit ist die Steigerung des Abluftvolumenstromes also weit geringer als bei konventioneller Unterdrucklüftung, in diesem Falle $2,206 : 7,736 = 0,285$, also nur 28,5 % der Steigerung bei konventioneller Unterdrucklüftung. An einem Beispiel erläutert heißt das: Erhöht sich die Außentemperatur um 1 K, so würde sich in unserem Beispiel der Abluftvolumenstrom im Stall mit Unterflur-Zuluftführung um $2,2061 \text{ m}^3/\text{Tier und h}$ erhöhen, im Stall mit „konventioneller“ Unterdrucklüftung dagegen um $7,736 \text{ m}^3/\text{Tier und h}$, also eine Erhöhung

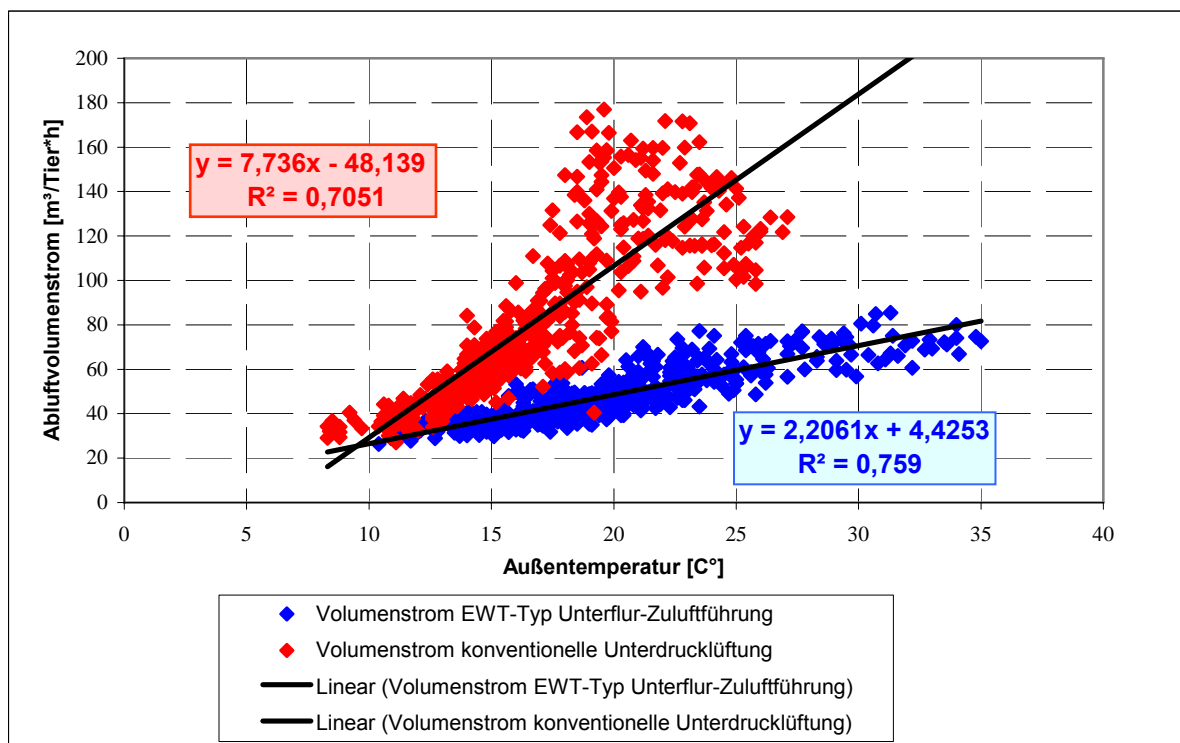


Abbildung 10: Vergleich des Abluftvolumenstromes bei konventioneller Unterdrucklüftung und Erdwärmetauscher Typ Unterflur-Zuluftführung bei unterschiedlichen Außentemperaturen in der warmen Jahreszeit.

um das 3,507-fache. Daraus ist zu schlussfolgern, dass in der warmen Jahreszeit die Senkung der Zulufttemperaturen durch Kühlung offensichtlich ein wirksames Mittel zur Verringerung des Abluftvolumenstromes ist.

1.5. Zusammenhang Luftvolumenstrom-Ammoniakemissionsstrom

Dieser Zusammenhang soll an Beispielen aus der jeweiligen Sommermessperiode dargelegt werden. Zunächst beim Stall mit „konventioneller“ Unterdrucklüftung. Setzt man die Werte des Abluftvolumenstromes auf die X-Achse und die die zeitlich zugehörigen Werte des Ammoniak-Emissionsstromes auf die Y-Achse, so ist ein Punktehaufen erkennbar, der sich tendenziell ebenfalls mit einer Regressionsgeraden beschreiben lässt (Abb. 11). Dabei wurde ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,5845$ ermittelt und ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,7645$.

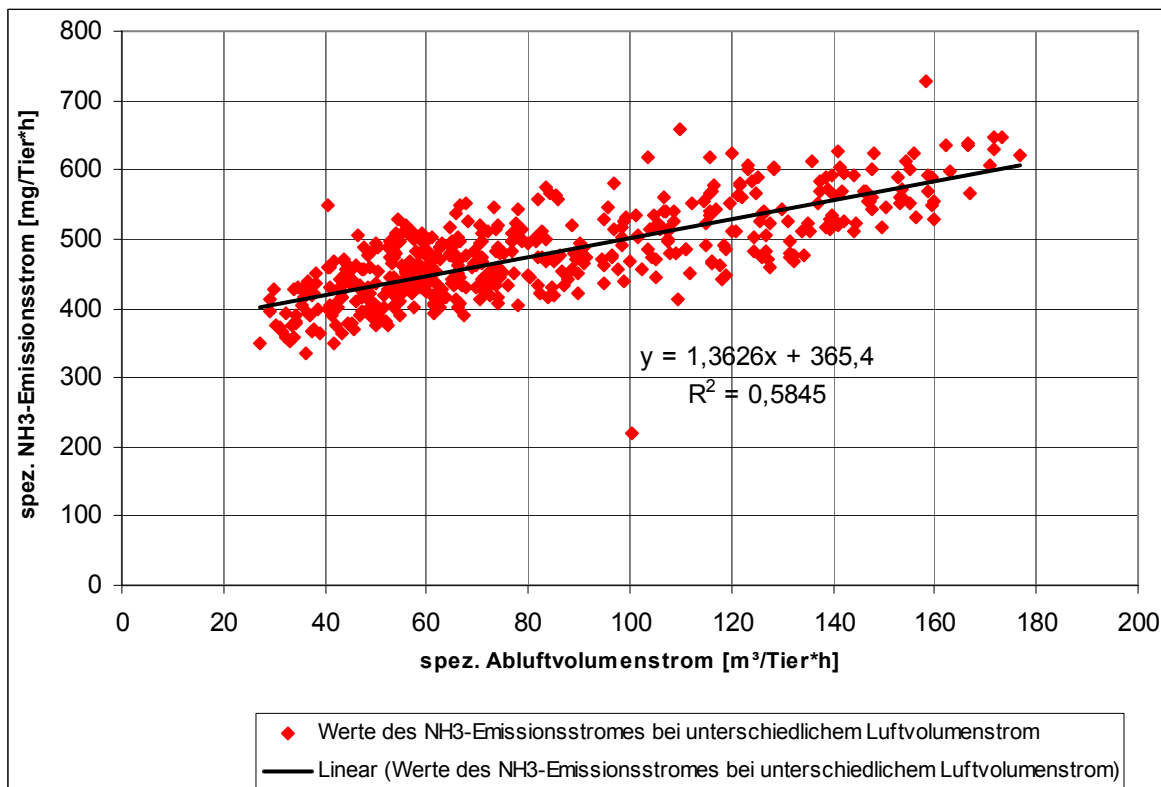


Abbildung 11: Werte des Ammoniakemissionsstromes in Abhängigkeit vom Abluftvolumenstrom in einem Mastabteil mit konventioneller Unterdrucklüftung in der warmen Jahreszeit

Beim Stall mit Erdwärmetauscher Typ Unterflur-Zuluftführung konnte ebenfalls tendenziell bei höherem Abluftvolumenstrom ein höherer Ammoniak-Emissionsstrom gemessen werden (Abb. 12). Bestimmtheitsmaß mit $R^2 = 0,2459$ und Korrelationsko-

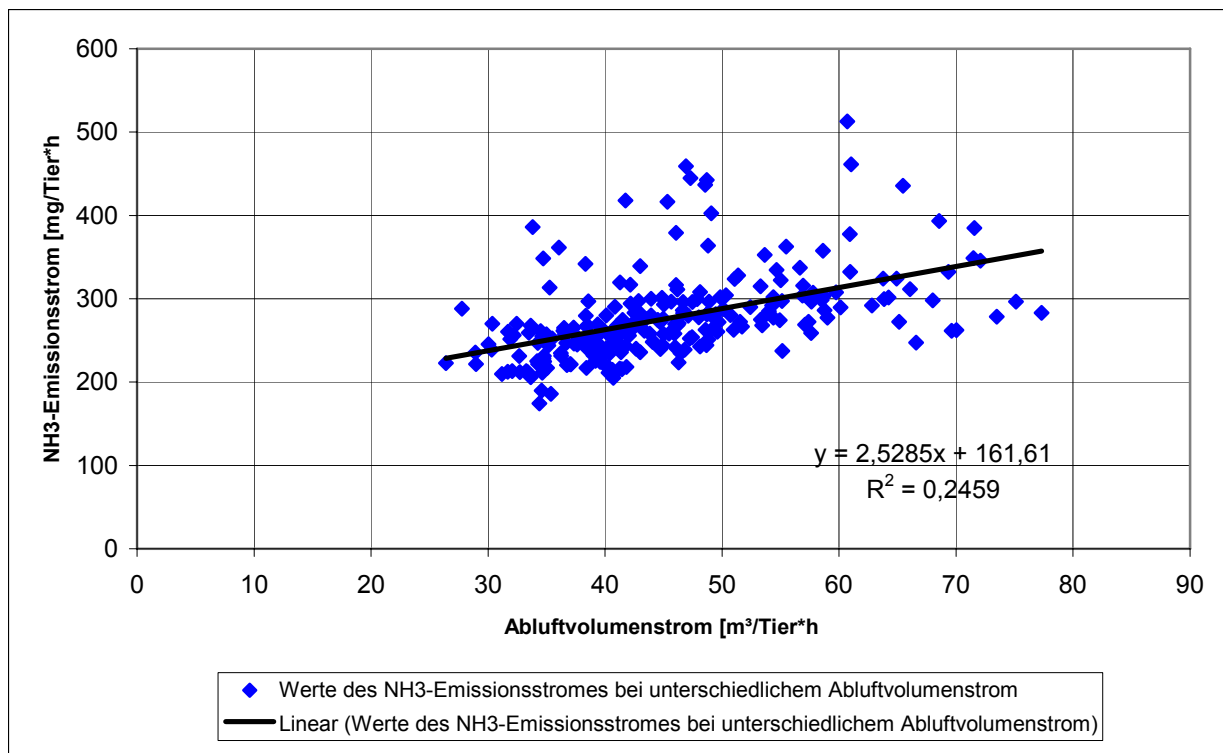


Abbildung 12: Werte des Ammoniakemissionsstromes in Abhängigkeit vom Abluftvolumenstrom in einem Mastabteil mit Erdwärmetauscher Typ „Unterflur-Zuluftführung“ in der warmen Jahreszeit

effizient mit $r = 0,4969$ unter den entsprechenden Werten bei Konventioneller Lüftung. Für die Darstellung als lineare Regression sind die Werte aber ausreichend.

1.6. Zusammenhang Stalltemperatur - Emissionen

Eine Feststellung des alleinigen sozusagen herausgelösten Einflusses der Stalltemperatur auf den Emissionsstrom war unter Stallbedingungen praktisch nicht möglich, da verschiedene andere veränderliche Parameter diesen Einfluss überlagerten, wie z. B. der Abluftvolumenstrom.

Es ist jedoch bekannt, dass höhere Oberflächentemperaturen auch höhere Emissionen hervorrufen, so auch in dem Falle „Schweine Stall“ [5]. Auch hier steht der Schweine Stall nicht außerhalb der Naturgesetze. So ergab sich bei vergleichbarer mittlerer Tierlebensmasse von je 84 - 85 kg für die Messperiode der warmen Jahreszeit beim Stall mit Erdwärmetauscher-Typ Unterflur-Zuluftführung ein deutlich geringerer mittlerer Abluftvolumenstrom von $50 \text{ m}^3/\text{Tier}^*\text{h}$ und ein mittlerer Ammoniak-Emissionsstrom von $286 \text{ mg}/\text{Tier}^*\text{h}$ gegenüber $84 \text{ m}^3/\text{Tier}^*\text{h}$ und $484 \text{ mg}/\text{Tier}^*\text{h}$ bei der konventionellen Unterdrucklüftung (Abb. 13). Damit ist die in der Praxis auftretenden

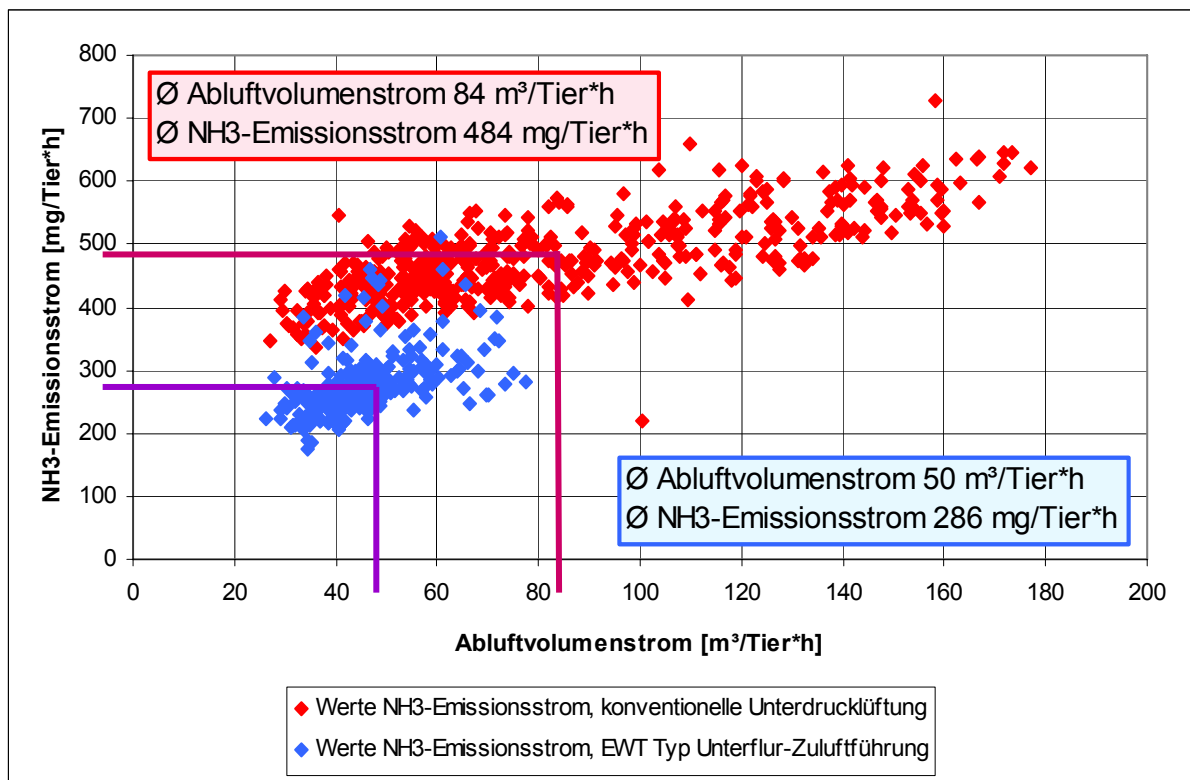


Abbildung 13: Vergleich des NH₃-Emissionsstromes bei konventioneller Unterdrucklüftung und Lüftung mit Erdwärmetauscher Typ Unterflur-Zuluftführung bei unterschiedlichem Abluftvolumenstrom in der warmen Jahreszeit

de Tendenz des geringeren Abluftvolumenstromes in der warmen Jahreszeit bei dem Maststall mit Erdwärmetauscher auch aus diesen Werten - auf einen Blick - sofort belegbar. Abbildung 13 zeigt weiterhin zum einen, dass mit steigendem Abluftvolumenstrom auch der Ammoniakemissionsstrom steigt, sowohl beim Stall mit Erdwärmetauscher als auch beim Stall mit konventioneller Unterdrucklüftung. Zum zweiten ist vor allem der Einfluss der Zuluftkühlung auf den Ammoniak-Emissionsstrom ersichtlich, denn bei gleichem Abluftvolumenstrom in beiden Lüftungsvarianten liegt dieser bei ca. 60 % gegenüber der konventionellen Unterdrucklüftung. Bei z. B. 40 m³/Tier*h Abluftvolumenstrom liegt der Ammoniakemissionsstrom beim Stall mit Erdwärmetauscher zwischen 200 und 300 mg/Tier*h (Abb. 13 blauer Punktehaufen), während er sich beim Stall mit konventioneller Lüftung zwischen 350 und 450 m³/Tier*h bewegt (Abb. 13 roter Punktehaufen). Dies ist beim Erdwärmetauscher u. a. auf die im Verhältnis zur „konventionellen“ Lüftung geringere Erhöhung des Abluftvolumenstromes bei steigenden Außentemperaturen erklärbar (vgl. Abb. 10). Wichtig zu wissen: Senkt man den Abluftvolumenstrom, so senkt man den Ammoniak-Emissionsstrom und damit die Emissionen. Also man tut etwas sehr wichtiges für den

Umweltschutz, - gegen die Klimaerwärmung. Erhöht man dagegen den Abluftvolumenstrom, - erhöht man auch zwangsläufig die Emissionen, - erhöht also damit die Umweltbelastung und arbeitet für die Klimaerwärmung. Der Zusammenhang zwischen Stalltemperatur und Emissionen lässt sich entsprechend der vorliegenden Ergebnisse und Zusammenhänge herleiten und ist in Abbildung 14 dargestellt.

In der warmen Jahreszeit folgt die Stallinnentemperatur der Außentemperatur.



Es besteht also, wie vorher gezeigt, ein enger Zusammenhang zwischen Außentemperatur und Stallinnentemperatur.



Da, wie ebenfalls vorher gezeigt, bei steigenden Außentemperaturen die Emissionen steigen, - so steigen dann auch die Emissionen bei steigenden Stallinnentemperaturen.



Der Ammoniakemissionsstrom erhöht sich bei steigenden Außentemperaturen beim Schweinestall mit Zuluftkühlung (z. B. Erdwärmetauscher) geringer als beim Schweinestall mit konventioneller Unterdrucklüftung.

Abbildung 14: Zusammenhang Stallinnentemperatur - Emissionen

Aus den gezeigten Zusammenhängen ist klar ersichtlich, dass der Emissionsstrom bei steigenden Stallinnentemperaturen auch steigt. Entsprechende Aussagen ergeben sich ebenfalls aus der Literatur von mehreren Seiten:

a.) chemisch, weil höhere Lufttemperaturen auch ein höheres Lösungsvermögen von Ammoniak in der Luft verursachen [5; 6].

b.) weil bei höheren Stalltemperaturen, auch infolge von höheren Außentemperaturen, höhere Abluftvolumenströme gefahren werden (vgl. a. Abb. 5 und 9 / Pkt. 3).

Im Falle des Schweinestalles wirken beide Einflüsse im Komplex.

Tendenziell verursachen höhere Temperaturen mehr Emissionen als niedrigere Temperaturen. Hohe Raumtemperaturen führen zu steigenden Ammoniakemissionen [3]. Hohe Stallinnenlufttemperaturen bzw. hohe Zulufttemperaturen erhöhen die Ammoniakemissionsrate, ab Temperaturen $>18^{\circ}\text{C}$ sogar drastisch [3]. Steigen in der

warmen Jahreszeit die Außentemperaturen so steigen auch die Stallinnentemperaturen. Dies trifft sowohl für die standardmäßige konventionelle Unterdrucklüftung als auch für Lüftung mit Erdwärmetauscher zu. Allerdings sind die Steigungen der Stallinnentemperatur beim Erdwärmetauscher wie hier gezeigt, stark abgepuffert. Die Gesamtemissionen eines Schweinestalles sind im Winter (bei geringeren Außentemperaturen) niedriger als im Sommer (bei höheren Außentemperaturen). Wichtig ist es auch im Winter wirklich nur die Mindestluftfrate zu fahren, um keine Heizenergie zu vergeuden und damit den Geldbeutel unnötig zu belasten. Durch die Umstellung vom kontinuierlichen System zum Rein-Raus-System ist man jedoch bisher gezwungen, Heizungen einzubauen und diese in die Gesamtregelung mit zu integrieren.

1.7. Zusammenhang Tieraktivitäten im Schweinestall zu Emissionen

Dieser Zusammenhang wird hier an Hand zweier Beispiele erläutert. Im ersten Mastschweinestall zeigt der charakteristische Verlauf der Ammoniakkonzentration, dass täglich 3 Spitzen zu verzeichnen sind. Diese Spitzen treten zu den Zeiten der 3-mal täglichen Verabreichung des Flüssigfutters (Abb. 15) auf. Gleichzeitig ergaben Tier-

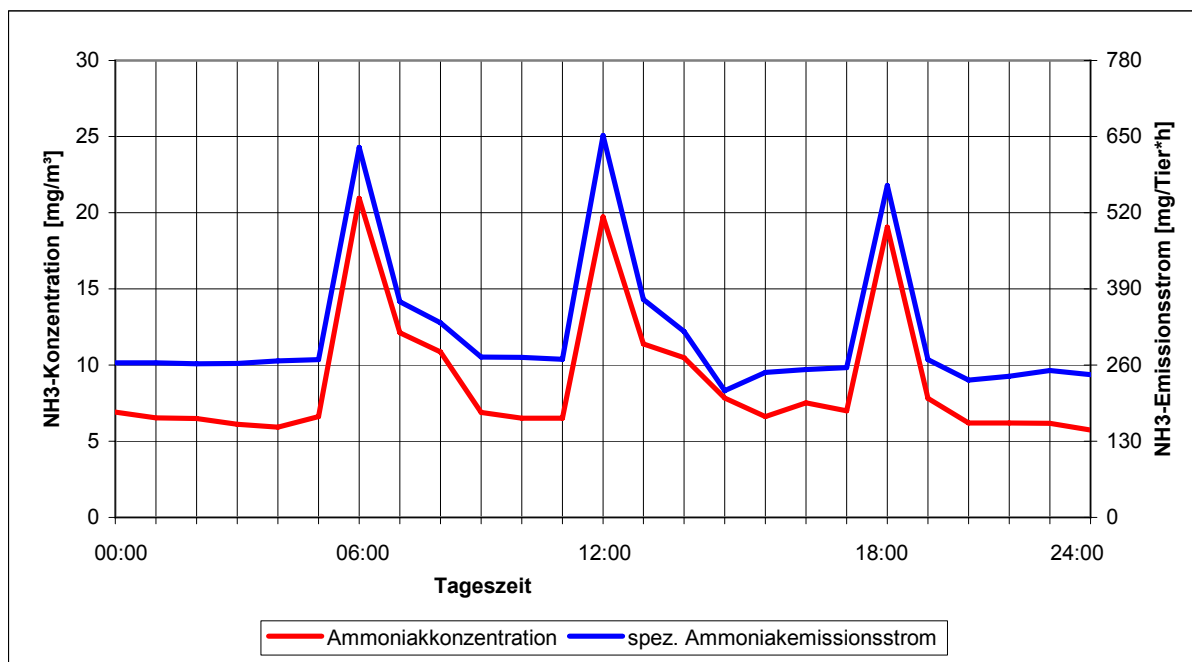


Abbildung 15: Charakteristischer Tagesverlauf der Ammoniakkonzentration in einem Mastabteil mit täglich 3-maliger Flüssigfütterzuteilung am Langtrog

beobachtungen verstärkte Bewegungsaktivitäten der Schweine im Bereich der Fütterungszeiten, ebenfalls verbunden mit verstärktem Lärm im Stallabteil. Dies deckt sich mit der Erkenntnis, dass verstärkte Tierbewegungen auch höhere Partikelemissionen

hervorrufen [8; 11]. Ruhe in der Schweinegruppe und im Stall wirken sich also günstig auf das Emissionsgeschehen aus, - tendenziell sollten zur Erreichung niedriger Konzentrations- bzw. Emissionswerte also weniger Tieraktivitäten im Stall auftreten. Dagegen wurde in einem Stall mit Breifutterautomaten nur eine Tagesspitze der Ammoniakkonzentration festgestellt. Dies war immer zum gleichen Tageszeitpunkt, nämlich zur automatischen Befüllung der Vorratsbehälter mit Futter (Abb. 16). In der

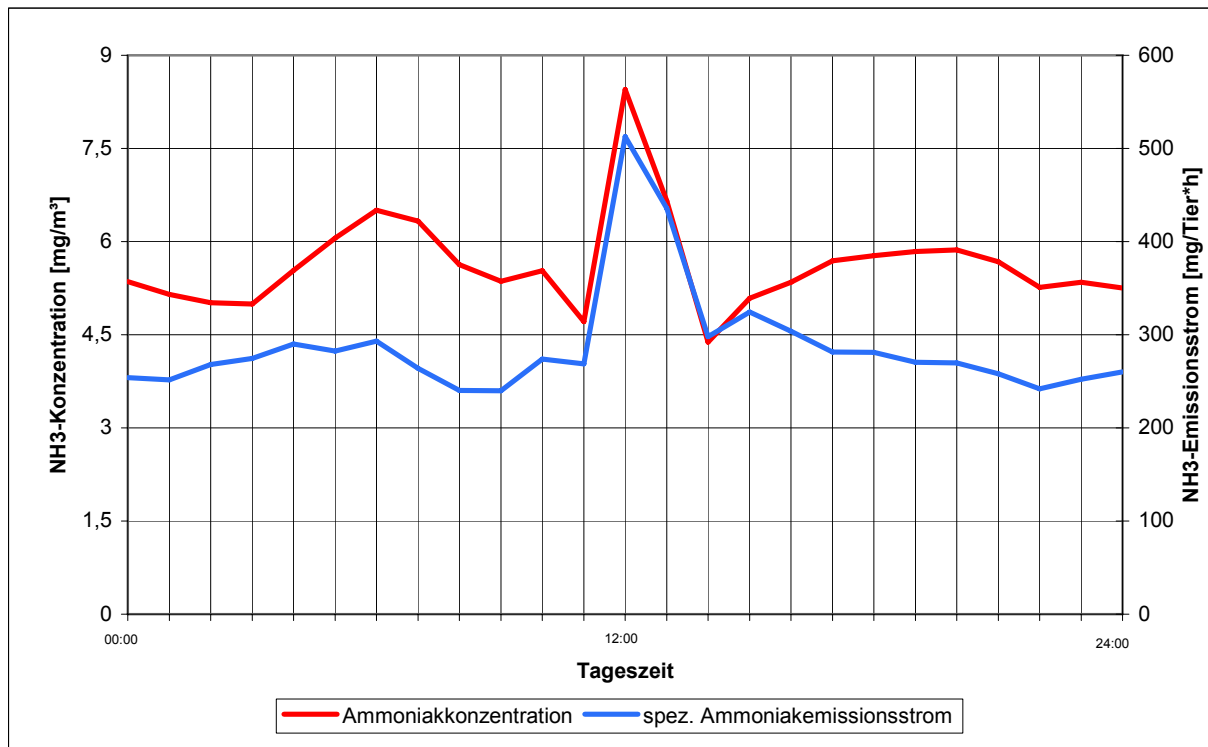


Abbildung. 16: Charakteristischer Tagesverlauf der Ammoniakkonzentration und des Ammoniakemissionsstromes in einem Mastabteil mit Breifutterautomaten; täglich einmalige Befüllung der Breifutterautomatenvorratsbehälter

der Regel waren die Automaten vor der Fütterung leer gefressen, so dass bei den Mastschweinen vor der Befüllung Futterbedarf bestand.

Offensichtlich ist das Geschehen ums „Futter“ ein wichtiger Punkt für Bewegungs-Unruhe-Stress in der Schweinegruppe und damit ein emissionssteigernder Faktor im Schweinestall, wie auch aus den beiden dargestellten Beispielen zu entnehmen ist (Abb. 15 und 16).

In den konkreten Fällen könnten ruhig verlaufende Fütterungszeiten/Futterzuteilungen und geräuscharme Befüllung der Vorratsbehälter ein Beitrag zur Verringerung der bewegungsursächlich erzeugten Emissionen sein. In diesem Zusammen-

hang dürften Lösungen gefragt sein, welche die Tiere nicht zu größeren Bewegungen und Unruhe veranlassen, - also u. a. auch zur Vermeidung von Rangkämpfen usw. führen. Mit zunehmender Bewegungsfläche pro Tier steigen auch die Emissionen[3]. Eine Begrenzung bzw. Verkleinerung der spezifischen Buchtenfläche wurde aber bisher aus Gründen der Tiergerechtigkeit nicht umgesetzt. So stehen sich bei einigen Kriterien, - wie in diesem konkreten Falle - Umweltschutz und Tiergerechtigkeit gegenüber. Die Prioritäten sollten hier von Zeit zu Zeit überdacht werden.

Weiterhin ist bekannt, dass CO₂-Gehalt der Stallluft und Tieraktivität in direktem Zusammenhang stehen und dass bei geringem CO₂-Gehalt der Stallluft im allgemeinen auch die Konzentrationen von anderen unerwünschten Schadgasen gering ist [4]. Eine Möglichkeit dies zu berücksichtigen ist, die Lüftungssteuerung den Tieraktivitäten anzupassen – und damit letztendlich tendenziell mehr Emissionen zu erzeugen. Eine andere Möglichkeit ist schon vom Stallkonzept her größere Tieraktivitäten zu vermeiden, beispielsweise durch Gruppengrößen von 10...20 Tieren in der Mast. Wie gezeigt, verursachen im Zusammenhang mit Fütterungszeiten, für die Tiere akustisch erkennbare mit der Fütterungsvorbereitung im Zusammenhang stehende Geräusche, laufende Dosierungseinrichtungen o. ä. offensichtlich bereits Unruhe in der Mastgruppe und damit erhöhte Emissionen.

1.8. Fazit

Die festgestellten wesentlichen Zusammenhänge von Stallklimaparametern ergeben folgendes Gesamtbild (Abb. 17):

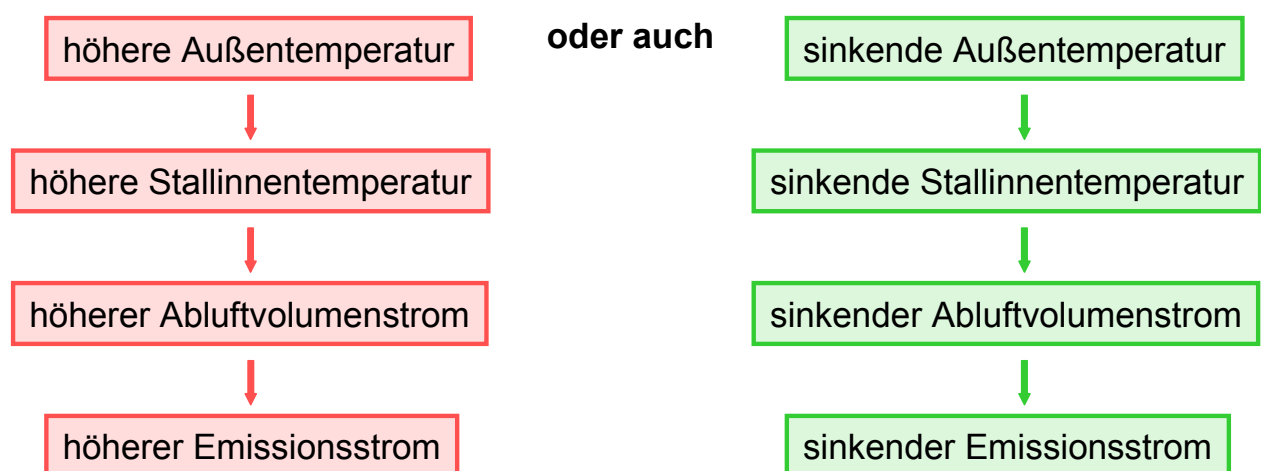


Abbildung 17: Wesentliche festgestellte Zusammenhänge von Stallklimaparametern

Es ist also festzustellen:

- Entsprechend der Ergebnisse gibt es einen direkten Zusammenhang zwischen Außentemperatur-Stallinnentemperatur-Abluftvolumenstrom-Emissionsstrom.
- Zuluftkühlung wirkt sich mindernd auf die Stallinnentemperatur und damit auch mindernd auf den Abluftvolumenstrom und entsprechend der festgestellten Zusammenhänge gleichfalls mindernd auf den Emissionsstrom aus. Damit ist Zuluftkühlung eine wichtige Möglichkeit zur Emissionsminderung aus Schweineställen.
- Zur Vermeidung bzw. zur Verringerung von Emissionen ist eher Ruhe in Verbindung mit tendenziell wenig Tierbewegungen angebracht. Vermehrte Rangkämpfe und Großgruppenhaltung wirken sich emissionserhöhend aus.
- Die aufgezeigten Zusammenhänge gilt es zukünftig stärker zu nutzen – auch im Sinne der gebotenen Senkung von Umweltbelastungen aus Schweineställen.

1.9. Literatur

- [1] Anonymus : Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Berlin, BUMR, 24.07.2002
- [2] Anonymus : Pro Planta, Landtechnik – vom 16.07.2009; a. d. Internet am 07.08.2009
- [3] Anonymus : Verminderung gasförmiger Emissionen in der Tierhaltung,- Ammoniak, Methangas, Lachgas; Merkblatt, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München 2003
- [4] Brügger, E. : Tierhaltung-Energiekosten sparen; Infobrief@agrar Nr.5 vom 12.02.2009; Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Westerwald-Osteifel
- [5] Döhler, H. et. al. :Emissionen von Tierhaltungsanlagen und Möglichkeiten zur Emissionsminderung; BayLFU Fachtagung 10.07.2003, 23 S.; www.bayern.de/lfu/bestell/ta_luft_10_7_03/emissionen_3.pdf
- [6] Eurich-Menden, B. u. a. : Gute fachliche Praxis der Ammoniak-Emissionsminderung in der Landwirtschaft ; a. d. Internet/07.08.2009
- [7] Hartung, E. : Prima Klima im Stall: Euro Tier Silbermedaille für Universität Hohenheim, 11/2004; a. d. Internet am 15.07.2009
- [8] Häußermann, Andrea : Innovative Lüftungsregelung in der Mastschweinehaltung Teil II – Stallklima und NH₃-Emissionen; Landtechnik 61(2006)H.1, S. 40-41

- [9] Krause, K.-H. u. a. : Bessere Luft sorgt für gute Nachbarschaft, NL 5/2006; S. 68-69
- [10] Mösenbacher-Molterer, I. : Maßnahmen zur Geruchsreduktion im Stall; Der fortschrittliche Landwirt, Graz, April 2006, a. d. Internet am 16.07.2009
- [11] Nannen, Ch.; Büscher, W.: Einfluss der Tieraktivität auf Staubfreisetzung und Partikelemissionen, Landtechnik, Münster(2006)H. 1, S. 36-37

2. Zur Heizleistung von Erdwärmetauschern in Schweineställen

Dr. F.-W. Venzlaff, Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung des Landes Brandenburg (LVLF) und Dr. H.-J. Müller, Institut für Agrartechnik Bornim (ATB)

2.1. Problemstellung

Neben dem Kühleffekt im Sommer und der Verringerung der Emissionen tritt bei Schweineställen mit Erdwärmetauschern in der kalten Jahreszeit der Effekt des Anwärmens der Zuluft auf. Dieser Effekt wurde in der Vergangenheit, zu Zeiten niedriger Energiepreise, kaum bewertet bzw. als unerheblich betrachtet und fand dementsprechend auch wenig Beachtung. Jedoch gewinnen aus derzeitiger Sicht Energieeinspareffekte gerade im Zusammenhang mit hohen und langfristig tendenziell weiter steigenden Energiepreisen geradezu zwingend immer mehr an Bedeutung. Gleichzeitig sind damit im Zusammenhang auch die positiven Umwelteffekte durch die Energieeinsparung zu beachten, denn eingesparte Energie belastet schließlich weder die Umwelt noch den Geldbeutel. Basierend auf eigenen Messungen wird nachfolgend der Anwärmeffekt von Erdwärmetauschern in Schweineställen ermittelt und entsprechend eingeordnet. So werden für den Wärmeverbrauch in der Schweinemast beispielsweise als Faustzahl mit 70 – 90 kWh pro Tierplatz und Jahr gerechnet [7; 8]. Mittelfristige Zielstellung sollte es nun sein, diese Wärmeenergie durch spezielle Gestaltung der Zuluftführung zu minimieren bzw. ganz wegfallen zu lassen, so dass sie nicht mehr benötigt wird. Insbesondere von diesem genannten Wärme- bzw. Heiz-Aufwand könnte man gegebenenfalls einen entsprechenden/großen Teil durch die Nutzung der Erdwärme einsparen. Es kommt zukünftig darauf an die Stallklimagestaltung unter Einbeziehung einer entsprechend günstigen Zuluftführung, wie beispielsweise in diesem Falle, den Erdwärmetauscher und darauf aufbauend die Klimasteuerung in den entsprechenden Ställen unter dem Gesichtspunkt „Energieeinsparung“ zu optimieren bzw. anzupassen.

2.2. Zuluftsysteme und Messungen

Die Messungen wurden in zwei Ställen durchgeführt. Zum ersten in einem Stall mit „Klassischem Erdwärmetauscher“, dessen Funktionsprinzip aus Abbildung 1 zu entnehmen ist. Die Frischluft strömt hier entlang der Außenwände in die Tauscherrohre. Diese sind im ersten Rohrabschnitt senkrecht bis zu einer Tiefe von 2 m ins Erdreich geführt und anschließend weiter mit leichtem horizontalen Gefälle zur Stallmitte. Dort

münden die Rohre direkt in den „Zuluftkeller“ unter dem Zentralgang. Unter dem Abteilgang befindet sich der mit Rosten abgedeckte Zuluftkanal, der mit dem Zuluftkeller in Verbindung steht. Der Unterdruck der Luft im Stallabteil führt dazu, dass die Frischluft aus dem Zuluftkeller in den Zuluftkanal und von dort nach durch die Perforation der Roste des Abteilganges nach oben in das Abteil und seitlich über die vorderen Buchtentrennwände strömt und sich im Tierbereich mit der verbrauchten Luft vermischt. Die Abluft gelangt über einen Rohrstutzen, der mit einer Regelklappe zur Luftratensteuerung versehen ist, in den Abluftkanal. Dieser ist über dem Zentralgang angeordnet.

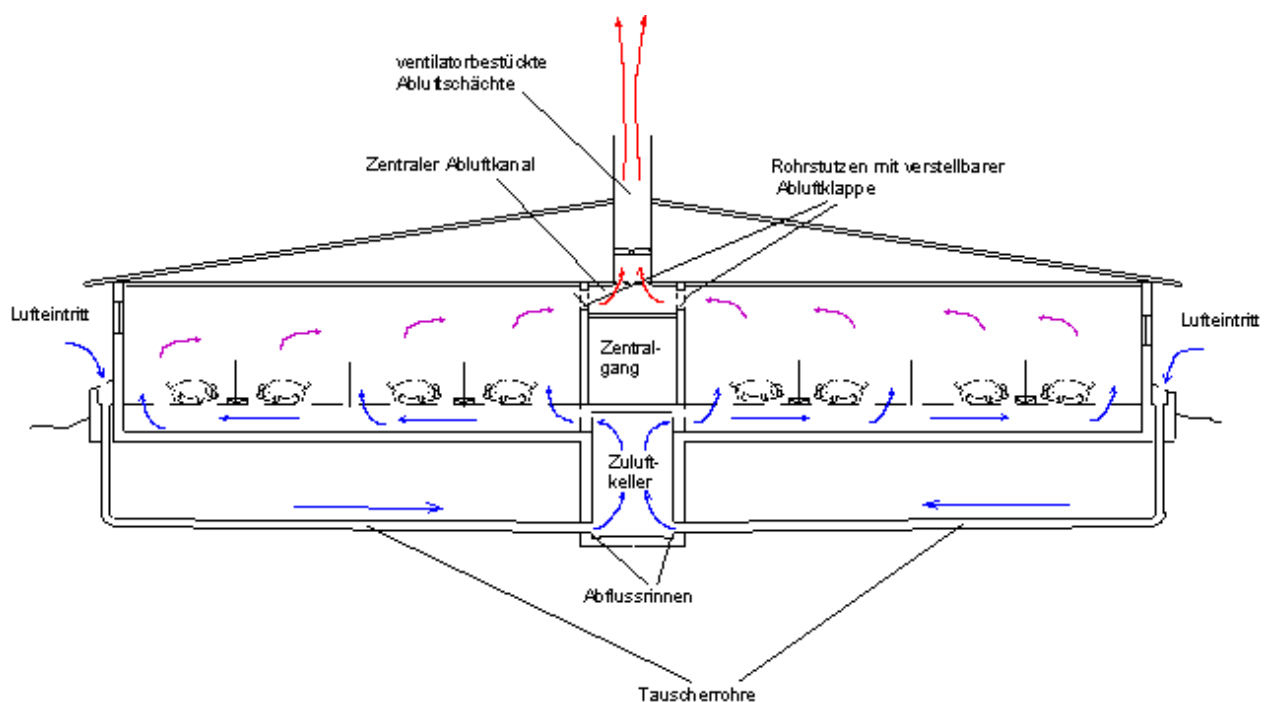


Abbildung 1: Funktionsprinzip des „Klassischen Erdwärmetauschers“ des untersuchten Stalles

Mit vier gleichmäßig in Stalllängsrichtung verteilten Fortluftschächten, die jeweils mit einem Ventilator bestückt sind, wird die Fortluft über First ausgeblasen. Das Funktionsprinzip der Lüftung des zweiten Stalles, in diesem Falle mit Unterflur-Zuluftführung, ist aus dem vereinfachten Stallquerschnitt in Abbildung 2 erkennbar. In diesem Falle wird im Winterbetrieb bei geschlossenen Giebeltüren die Frischluft aus dem Traufbereich der Stallseitenwände zunächst in den Dachraum gesaugt. Sie gelangt dann mit Hilfe von Pendelklappen von oben in den Zentralgang und von dort durch den Spaltenboden in den Unterflur-Zentralgang sowie anschließend in die Un-

terflur-Abteilgänge. Aus dem jeweiligen Unterflur-Abteilgang strömt die Zuluft durch die Perforation des Spaltenbodens des jeweiligen Abteilganges nach oben und dann

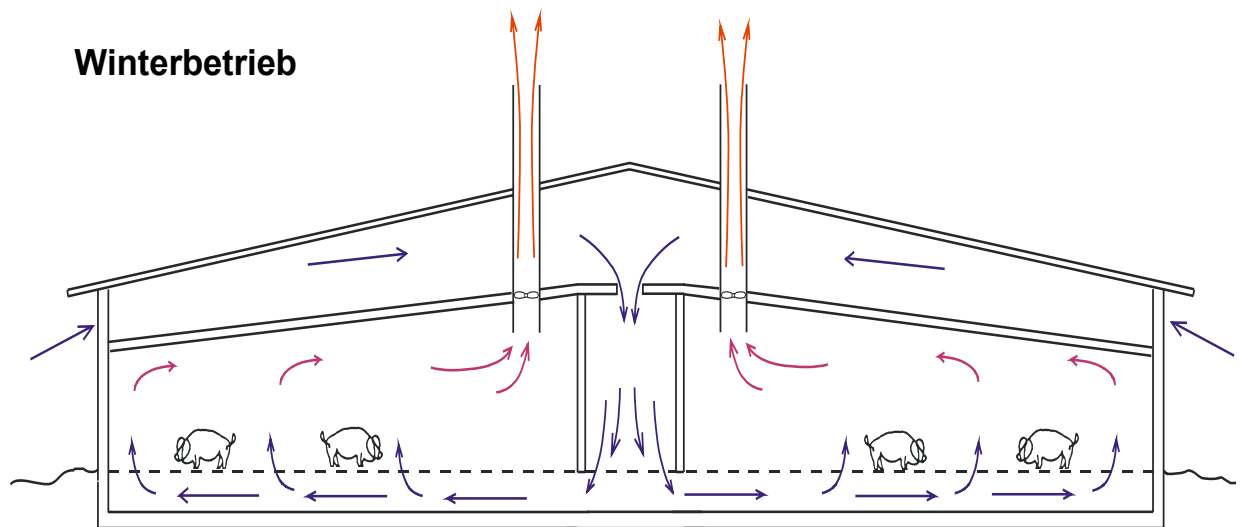


Abbildung 2: Funktionsprinzip des Erdwärmetauschers Typ „Unterflur-Zuluftführung“ des untersuchten Stalles in der kalten Jahreszeit

seitlich über die Buchtenvorderwände in den Tierbereich. Dort vermischt sich die Zuluft mit der Abteilluft und wird entsprechend der Raumströmung über einen senkrechten ventilatorbestückten Abluftschacht nach oben in den Außenbereich geblasen. Zur Ermittlung der notwendigen Parameter wurden die Lufttemperaturen außen, im jeweiligen Stallabteil und im angewärmten Zustand sowie der Luftvolumenstrom aus jedem Abteil in Langzeitmessungen über jeweils mehr als 20 Tage in der kalten Jahreszeit gemessen. Auf diese Weise wurden im 10-Minuten-Takt die erforderlichen Messwerte zu Temperatur und Luftvolumenstrom gewonnen.

2.3. Messergebnisse und Auswertung

Aus den charakteristischen Temperaturverläufen beim Stall mit „Klassischem Erdwärmetauscher,“ ist erkennbar, dass die Außentemperaturen im Tagesverlauf stark schwanken, so beispielsweise am 28.02. zwischen -11 °C und -2 °C (Abb. 3). Im Zuluftkeller war die Schwankungsbreite deutlich niedriger, also deutlich gedämpft, so auch am 28.02. zwischen $+1\text{ °C}$ und $+3\text{ °C}$. Zum Zeitpunkt der niedrigsten Außentemperaturen des Tages von -11 °C wurden Im Zuluftkeller immerhin Temperaturen

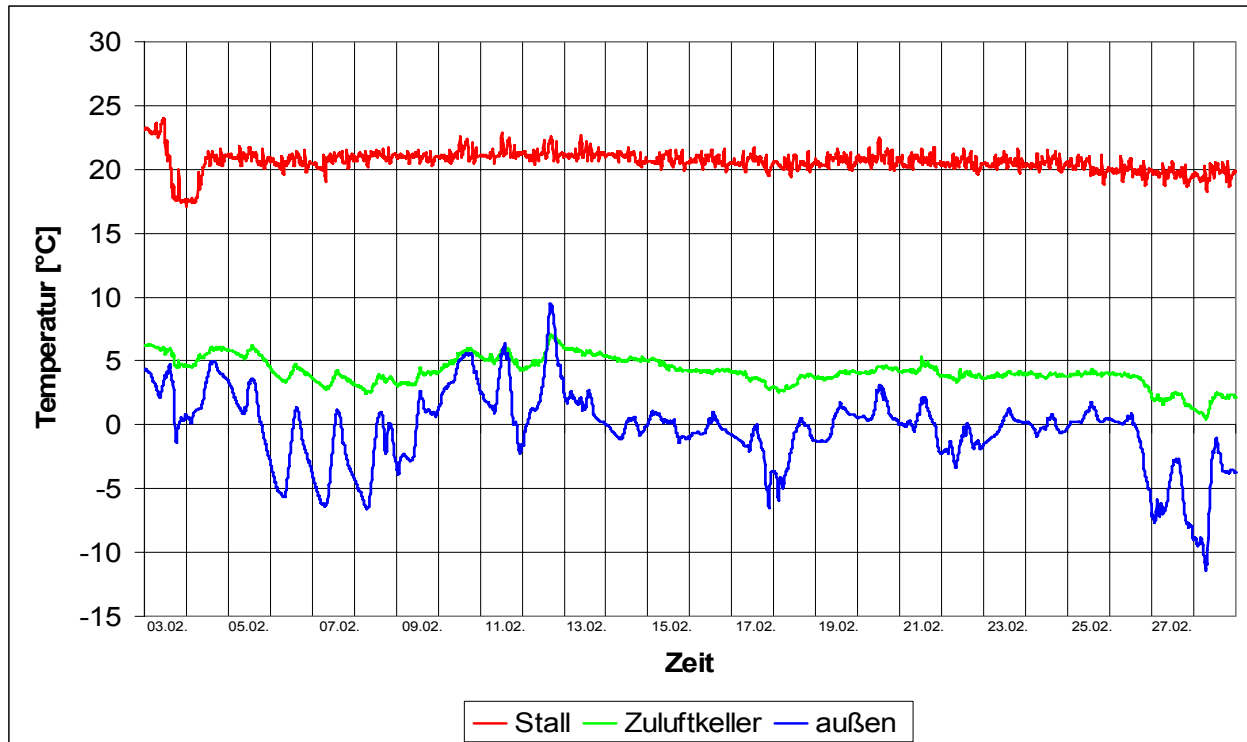


Abbildung 3: Charakteristischer Verlauf – der Außentemperatur, - der angewärmten Zuluft im Zuluftkeller und – der Stalltemperatur bei einem Schweinestall mit „Klassischem Erdwärmetauscher“ in der kalten Jahreszeit

von +1 °C gemessen, es konnte also zu diesem Zeitpunkt ein Anwärmeffekt (Δt) von beachtlichen 12 °C festgestellt werden. Der Verlauf des Anwärmeffektes und der Außentemperatur zeigt, dass ein starkes Ansteigen des Anwärmeffektes bei fallenden Außentemperaturen zu verzeichnen ist (Abb. 3). Weiterhin ist erkennbar, dass bei niedrigen Außentemperaturen der Anwärmeffekt deutlich höher ist, als bei hohen Außentemperaturen (Abb. 4). Da die Außentemperaturen im Tagesverlauf sehr stark variieren, verhält sich der jeweilige Anwärmeffekt entsprechend gegenteilig, - man kann sagen fast spiegelbildlich (Abb. 4). Im Zuluftkeller werden die Temperaturschwankungen deutlich gedämpft, so dass die Stalltemperatur im Bereich 20...21 °C weitgehend konstant ist (Abb. 3).

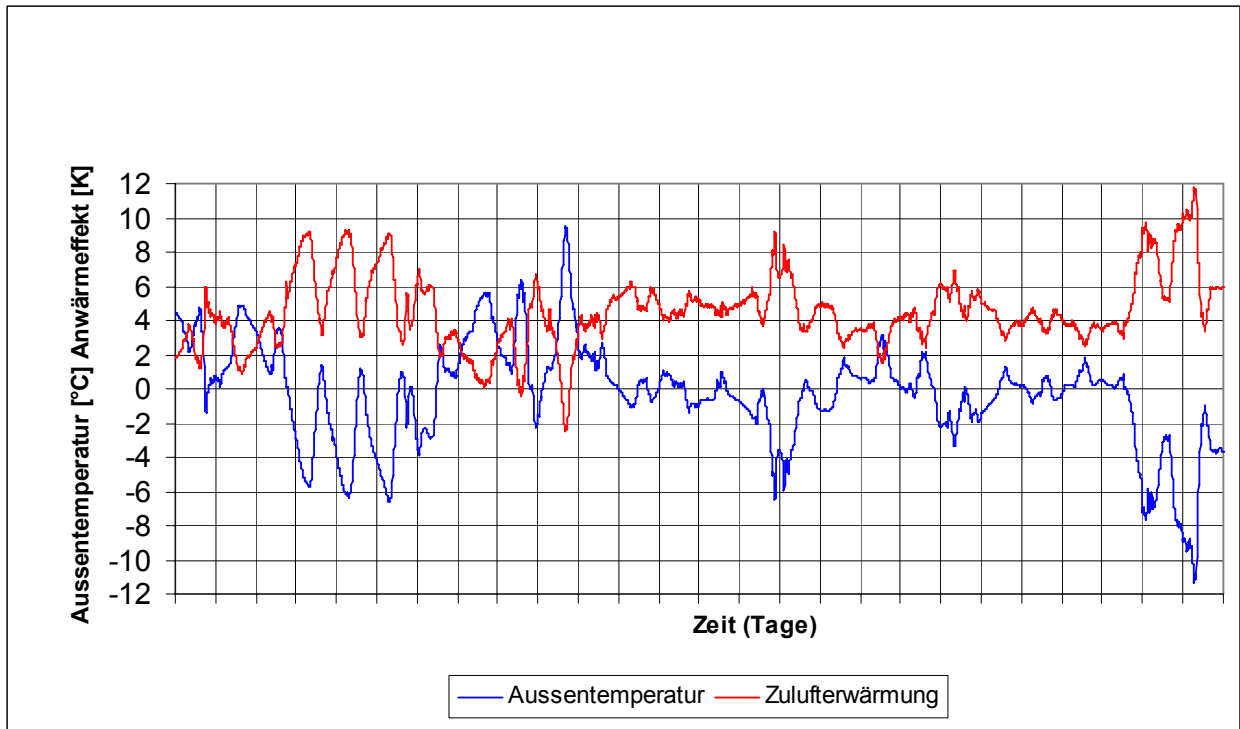


Abbildung 4: Beispiel für Verlauf von Außentemperatur [°C] und Anwärmeeffekt der Zuluft [K] bei einem Mast Schweinestall mit „Klassischem Erdwärmetauscher“ in der kalten Jahreszeit

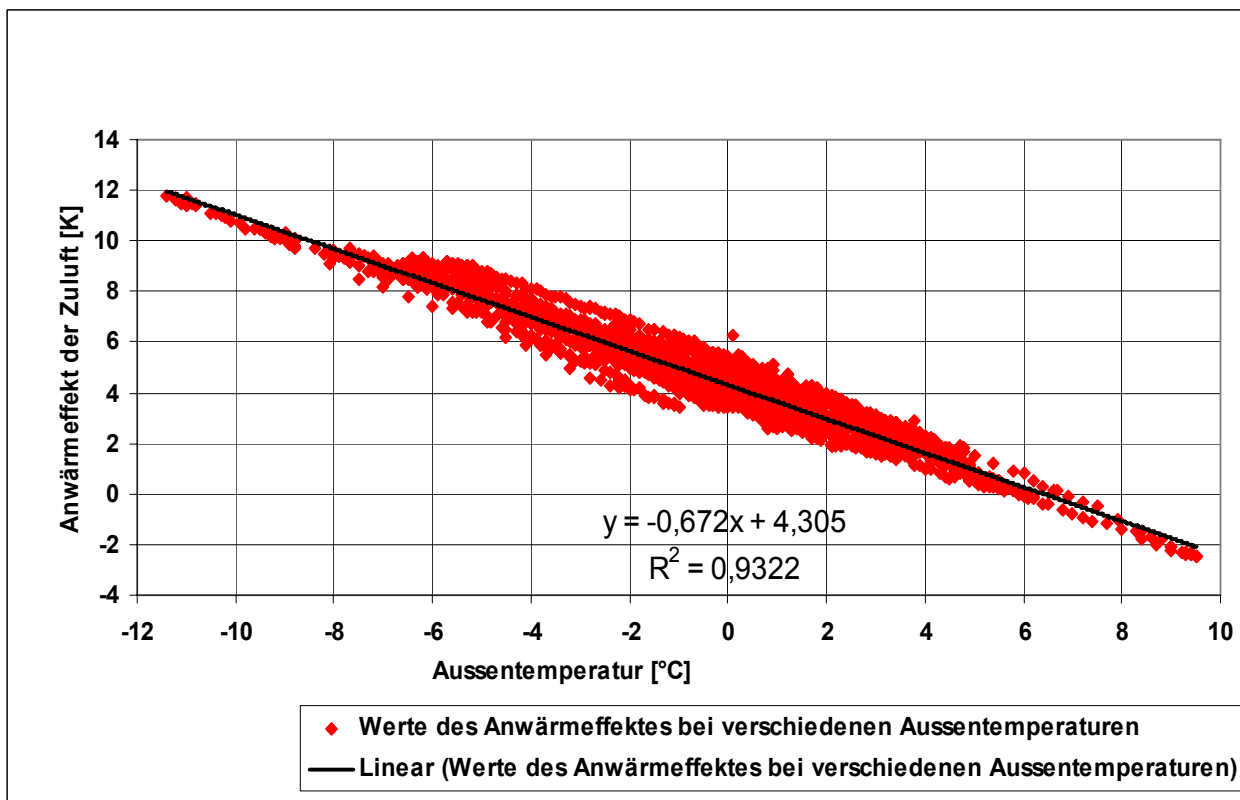


Abbildung 5: Anwärmeeffekt der Zuluft [K] in Abhängigkeit von der Außentemperatur [°C] bei einem Mast Schweinestall mit „Klassischem Erdwärmetauscher“ in einem ausgewählten Zeitabschnitt der kalten Jahreszeit

Errechnet man den Zusammenhang zwischen Anwärmeffekt der Zuluft in [K] und der Außentemperatur [°C], so ergibt sich bei Betrachtung als lineare(linearer Zusammenhang) Regression(Schwarze Linie in Abb. 5) ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,9322$. Es können bei dieser Betrachtungsweise also 93,22 % aller Werte aus dem Zusammenhang von Außentemperatur und Zulufttemperaturerwärmung erklärt werden(Abb. 5). Der Regressionskoeffizient als Wurzel aus dem Bestimmtheitsmaß liegt mit (-) 0,9655 sehr nahe an (-) 1, was auf einen fast linearen (spiegelbildlichen) Zusammenhang zwischen Außenlufttemperatur und Anwärmeffekt (Δt) hinweist.

Aus den charakteristischen Temperaturverläufen der Langzeitmessungen bei dem Stall mit „Unterflur-Zuluftführung“ sind ebenfalls starke Schwankungen der Außentemperatur erkennbar (Abb. 6, blaue Linie), jedoch erfolgt in diesem Falle nur eine weniger ausgeprägte Glättung dieser Temperaturschwankungen durch die Zuluftführung „Unterflur“ (Abb. 6, grüne Linie). Die Zulufttemperaturen folgen hier also mehr den Außentemperaturen als beim „Klassischen Erdwärmetauscher“ (Abb. 3 und Abb. 6, jeweils blaue und grüne Linien). Bei niedrigen Außentemperaturen wird aber auch bei der Unterflur-Zuluftführung die Zulufterwärmung größer (Abb. 7).

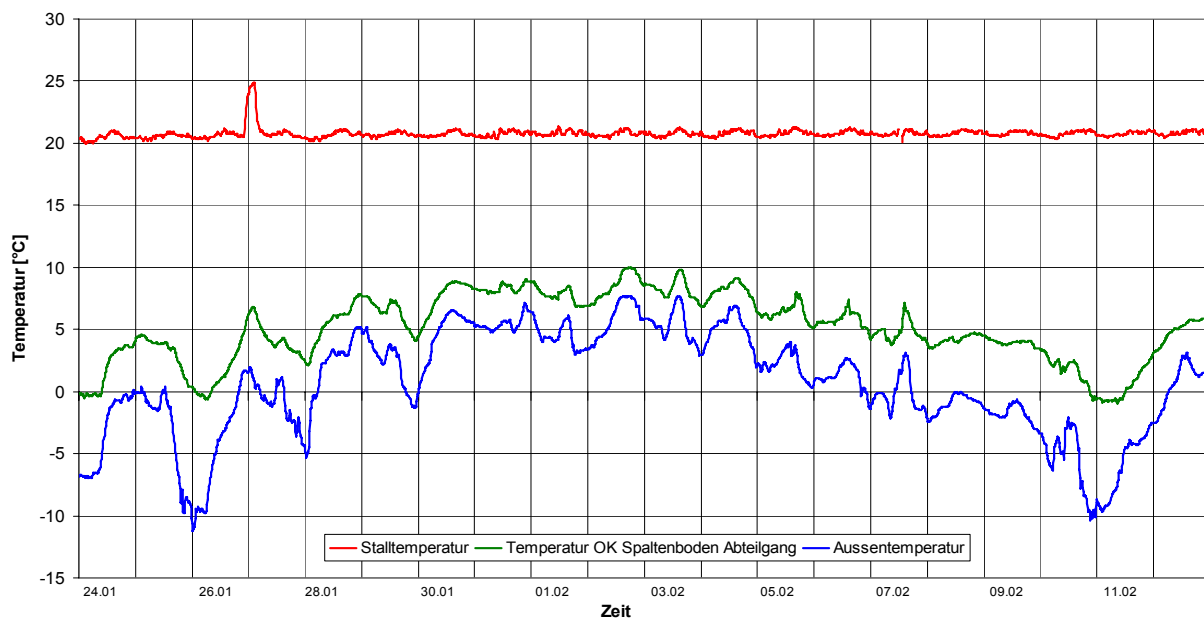


Abbildung 6: Charakteristischer Verlauf der Außentemperatur, der Temperatur bei Lufteintritt in das Stallabteil (OK Spaltenboden) und im Stallabteil in der kalten Jahreszeit in einem Stall mit Unterflur-Zuluftführung

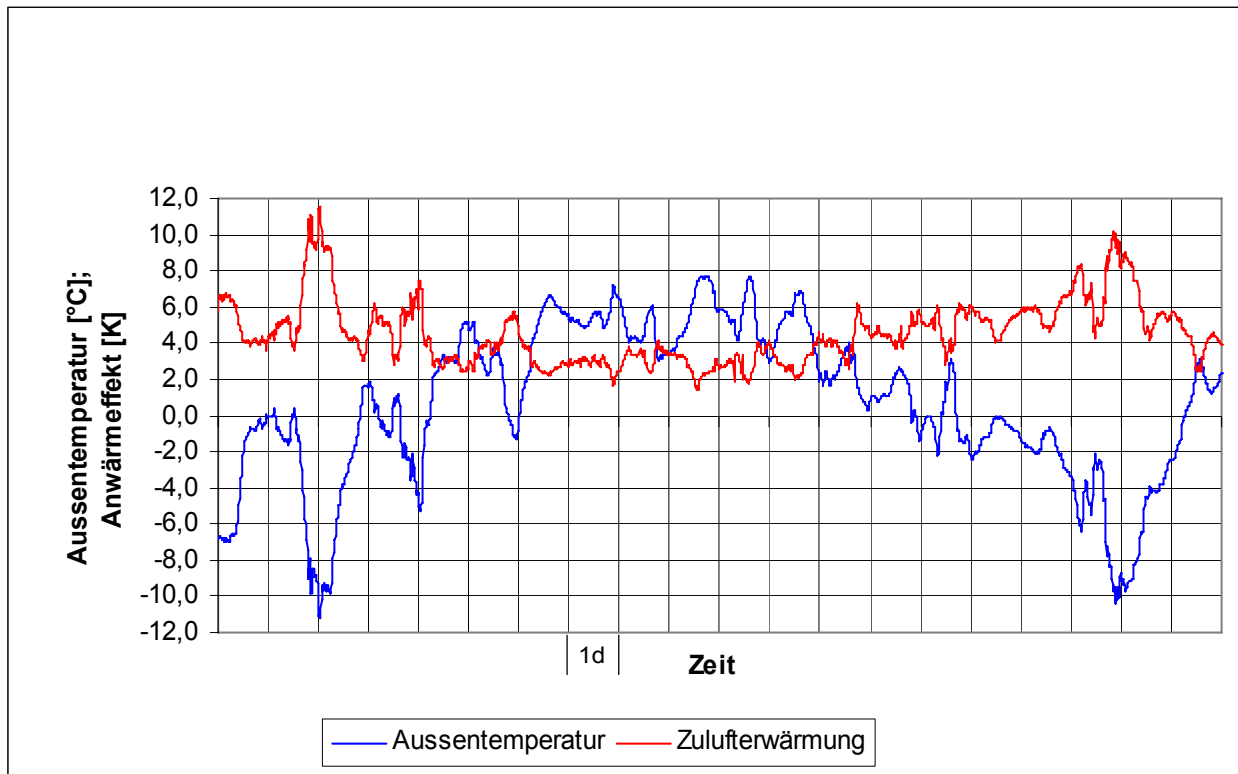


Abbildung 7: Beispiel für Verlauf von Außentemperatur [°C] und Anwärmeeffekt der Zuluft [K] bei einem Mastschweineestall mit Unterflur-Zuluftführung in der kalten Jahreszeit

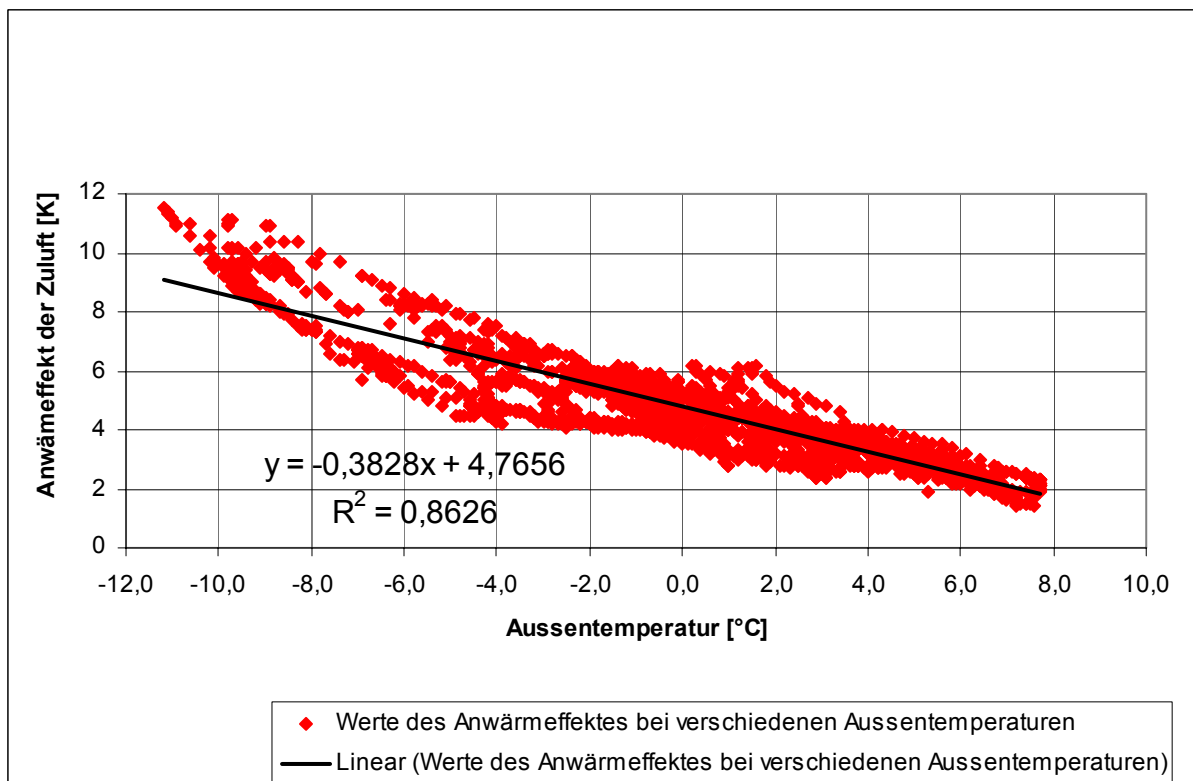


Abbildung 8: Anwärmeeffekt der Zuluft [K] in Abhängigkeit von der Außentemperatur [°C] bei einem Mastschweineestall mit Unterflur-Zuluftführung in einem ausgewählten Zeitabschnitt der kalten Jahreszeit

Versucht man den Zusammenhang zwischen Zulufterwärmung (K) und Außentemperatur (°C) mit Hilfe der linearen Regression (Abb. 8, schwarze Gerade) zu erklären, so ergibt sich in diesem Falle ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,8626$. Es lassen sich somit 86,26 % der gemessenen Werte durch den Zusammenhang zwischen Zulufterwärmung (Δt) und Außentemperatur erklären. Der Regressionskoeffizient liegt in diesem Falle mit (-) 0,9286 ebenfalls nahe an (-) 1, was eine Erklärung dieses Zusammenhanges mit Hilfe der linearen Regression als sinnvoll erscheinen lässt.

2.4. Ermittlung der Heizenergie und der Heizleistung

In Tabelle 1 ist eine Beispielrechnung auf Basis der eigenen Messungen und Erfahrungswerte, bezogen auf einen Beispielstall mit 1000 Mastplätzen zum ersten für die Variante „Klassischer Erdwärmetauscher“ und zum zweiten für die Variante „Unterflur-Zuluftführung“ (jeweils in Klammern gesetzt) zusammenfassend dargestellt. Dabei wurde in dem Berechnungsansatz von 120 Wintertagen = 2880 h mit spürbarem „Anwärmeeffekt“ pro Jahr ausgegangen. Aus den eigenen Langzeitmessungen wurde ein mittlerer spezifischer Luftvolumenstrom von 32,0 (22,1) $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{Tier}$ errechnet, was bei 2880 Stunden und 1000 Tieren einen Gesamtluftdurchsatz in dieser Zeit von 92.160.000 (63.648.000) m^3 ausmacht. Weiterhin wurde aus den eigenen Messungen ein mittlerer Anwärmeeffekt der Zuluft (Δt) von 4,03 (3,22) K errechnet (Tab. 1).

Die mittlere Temperaturdifferenz Δt zwischen Außentemperatur und angewärmter Zuluft, hier auch als Anwärmeeffekt bezeichnet, betrug also 4,03 (3,22) K.

Nach der üblichen Formel zur Berechnung der Wärmeenergie ergab das für den Stall mit „Klassischem Erdwärmetauscher“ eine Heizenergie von 134.463 kWh und für den Stall mit „Unterflur-Zuluftführung“ eine Heizenergie von 74.198 kWh (Tab. 1). Immerhin bedeutet diese Größenordnung der Heizenergie ein Mengenäquivalent von rund 13.400 (7.400) l Heizöl pro 1000-er Maststall und Jahr oder 13,4 (7,4) l Heizöl pro Mastplatz und Jahr.

Somit ergeben sich als mittlere Heizleistung des jeweiligen Zuluftsystems 46,7 (25,4) W/Tierplatz an den 120 kalten Tagen des Jahres. Die geringere Heizleistung der „Unterflur-Zuluftführung“ gegenüber dem „Klassischen Erdwärmetauscher“ leitet sich aus derzeitiger Sicht vor allem aus der geringeren Ansaugtiefe/Bautiefe ab (vgl. auch Abb. 1 + 2).

Tabelle 1: Beispielberechnung der Größenordnung der Heizleistung der Zuluft bei Erdwärmetauschern der Bauarten „Klassischer Erdwärmetauscher und „Unterflur-Zuluftführung, bezogen auf einen 1000-er Schweinemaststall, Unterflur-Zuluftführung = Werte in () gesetzt

Parameter entsprechend Messergebnissen und Erfahrungen

- Geschätzte Anzahl der Tage pro Jahr mit „Anwärmeeffekt“: ~ 120 d = 2880 h
- Ø spezifischer Abluftvolumenstrom lt. Messung : 32,0 (22,1) [m³/h*Tier], bei 2880 h und 1000 Tieren = 92.160.000 (63.648.000) m³
- Errechneter Ø Anwärmeeffekt der Zuluft : 4,03 (3,22) K

Berechnung der Wärmeenergie nach:

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c_p \cdot \Delta t \\ &= 119.162.880 (82.296.864) \cdot 0,00028 \cdot 4,03 (3,22) \\ &= 134.463 (74.198) \text{ kWh} \end{aligned}$$

Legende und Hilfszahlen:

Q = Wärmemenge in kWh

m = Masse in kg = 92.160.000 (63.648.000) m³ * 1,293 kg/m³
= 119.162.880 (82.296.864)

c_p = spezifische Wärmekapazität (hier für Luft) in kWh/kg*K = 0,00028

Δt = Temperaturerhöhung der Zuluft in K = 4,03 (3,22)

Masse von Luft unter Normalbedingungen : 1,293 kg/m³ [Wikipedia, net.]

Für einen Mast Schweinestall mit 1000 Tierplätzen und „Klassischem Erdwärmetauscher (Unterflur-Zuluftführung) ergibt sich somit eine „**Heizenergie**“ in der Größenordnung von ~ **134.000 (74.000) kWh/a**.

Als **Heizleistung** des jeweiligen Zuluftsystems ergeben sich
134.000.000 (74.000.000) Wh : 2880 h*1000 Mastplätze
= **46,5 (25,7) W/Mastplatz**.

2.5. Einordnung der Ergebnisse

Über Heizeffekte von Erdwärmetauschern in Schweineställen wurde in der Literatur in der Vergangenheit aus den eingangs genannten Gründen wenig berichtet.

Im Rahmen der DLG-Prüfung eines nach dem Erdwärmetauscherprinzip arbeitenden Opti-Klima-Stalles mit 1100 Mastplätzen wird eine deutliche Erwärmung der Zuluft an Wintertagen attestiert. Die Abteile werden bei extrem kalten Temperaturen lediglich in den ersten Tagen der Vormast zusätzlich beheizt. Ansonsten wird die Abteilstemperatur durch die Körperwärme der wachsenden Schweine und die entsprechend geregelte Luftrate konstant gehalten [5].

Für einen nach dem Erdwärmetauscherprinzip arbeitenden Opti-Klima-Maststall mit 2000 Plätzen werden nach Messungen an einem Wintertag und darauf aufbauenden Berechnungen 57 kW als Heizleistung für diesen Tag genannt, was 28,5 W pro Mastplatz entspricht [4].

Von Büscher u. a. an einem Wintertag in einem Opti-Klima-Stall durchgeführte Messungen ergaben in der aktuellen Wärmebilanz einen leichten Überschuss [6].

Van Caenegem beziffert bei einem Stall mit 20 Abferkelbuchten die durch die Zuluft zugeführte Wärme in der Winterperiode 2005/06 auf 8400 kWh [3]. Pro Abferkelbucht und Winter entspricht das also 525 kWh. Geht man rein hypothetisch in diesem Falle ebenfalls von 2880 „Anwärmstunden/a“ aus, so ergibt sich durch die Zuluft eine Heizleistung in der Größenordnung von 182 W pro Abferkelbucht. Da eine Abferkelbucht das ca. fünf- bis sechsfache der Fläche eines Mastplatzes ausmacht, kann man hier vergleichsweise auf eine mittlere Heizleistung in der Größenordnung von ca. 30 bis 36 W pro Mastplatz in der kalten Jahreszeit schlussfolgern.

2.6. Diskussion der Ergebnisse

- Zur geforderten effektiven und gleichzeitig umweltfreundlichen Schweineproduktion gehört natürlich auch die inzwischen äußerst wichtige Seite der energieeffizienten Schweinehaltung, letztendlich mit der Zielstellung ohne zusätzliche Energie/Heizenergie von außen etc. Zur Erreichung dieses Zieles ist die Nutzung des „Prinzips Erdwärmetauscher“, wie die vorliegenden Ergebnisse zeigen, ein möglicher praktischer Beitrag/Schritt.
- Auf der Grundlage eigener jeweils in der kalten Jahreszeit über mehrere Wochen dauernder Messungen ergeben sich bezogen auf einen 1000-er Maststall mit „Klassischem Erdwärmetauscher“ 46,7 W pro Tierplatz und bei dem Stall mit dem Typ „Unterflur-Zuluftführung“ 25,4 W pro Tierplatz als mittlere Heizleistung.
- Trotz der geringeren mittleren Ansaugtiefe gegenüber dem „Klassischen Erdwärmetauscher“ (0,9 m zu 2,5 m) ergibt sich für die Unterflur-Zuluftführung ein beachtlicher Heizeffekt. Dies ist besonders beachtenswert, da bei dieser Bauart des Erdwärmetauschers keine zusätzlichen finanziellen Aufwendungen im Vergleich zu einem Stall mit „konventioneller“ Unterdrucklüftung auftreten.
- Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Leistungsfähigkeit des Systems „Erdwärmetauscher“ im Bereich des durchschnittlichen Wärmebedarfes von Schweineställen liegt. Bei richtiger bzw. weiter verbesserter Lüftungs- und Stallges-

taltung dürfte man unter Berücksichtigung dieser Punkte nur noch an besonders kalten Tagen „zuheizen“ müssen. Auf diese Weise ist die Möglichkeit der deutlichen Heizenergieeinsparung durch das Zuluftprinzip Erdwärmetauscher in seinen verschiedenen Ausführungsvarianten praktisch gegeben.

- Diesen „Anwärm“-Effekt der Zuluft gilt es bei der Konzipierung von energiesparenden und umweltgerechten Schweineställen entsprechend zu berücksichtigen.

Die Anwendung von Erdwärmetauschern in Schweineställen bietet also insgesamt drei wesentliche Vorteile:

1. Senkung der Stalltemperaturen, insbesondere der Temperaturspitzen in der warmen Jahreszeit in Verbindung mit gleichmäßigerem Temperaturverlauf [1; 2]
2. Verringerung der Emissionen um mindestens 25 % gegenüber konventioneller Stalllüftung [1; 2] und schließlich
3. Realisierung einer mittleren Heizleistung zwischen 25 und 46 Wh/Mastplatz, je nach Bauart, in der kalten Jahreszeit.

Dies sind erhebliche Vorteile, die aus derzeitiger Sicht bei noch keiner anderen Lüftungsvariante und zu dem Preis realisiert werden konnten. Da stellt sich einem die Frage: Durch welches Lüftungssystem ist der EWT eigentlich noch zu übertreffen? Entscheidend ist offensichtlich, dass der EWT weniger Luftdurchsatz pro Jahr und Mastschwein/Mastplatz benötigt als die „konventionelle“ Stalllüftung in Verbindung mit tendenziell niedrigeren Stalltemperaturen in der warmen Jahreszeit.

2.7. Literatur:

[1] Müller, H.-J., Stollberg, U., Venzlaff, F.-W.: Erdwärmetauscher in der Sauenaufzucht – eine Möglichkeit zur Verbesserung des Stallklimas und zur Emissionsminderung, Landtechnik; Münster(2005) Heft 4, S. 212-213

[2] Müller, H.-J., Venzlaff, F.-W.: Untersuchung einer Unterflur-Zuluftführung in der Schweinemast – Einfluss auf Stallklima und Ammoniak-Emission; Landtechnik; Münster (2007) Heft 4, S. 226-227

[3] Van Caenegem, L. : Zuluft aus dem Hohlraum unter dem Stall; ART-Bericht Nr. 672; 2007

[4] Niklaus, H. : Komfortklima mit Supereffekt, Bauernzeitung 2008, Nr. 26, S.38-39

- [5] Häuser, S.; Gramatte, W.: Erdwärmetauscher „Opti-Klima“;DLG-Prüfbericht Nr. 5520F, Groß-Umstadt, September 2005
- [6] Büscher, W.; Nannen, Ch.; Schneider, T. : Wärmetechnische Zusammenhänge in einem Modulstall, Landtechnik 62(2007)5, S. 340-341
- [7] Feller, B. : Heizenergie – Welche Systeme sind zu empfehlen?; Vortrag auf dem 14. BB Stallbautag am 16.04.2008, Seddiner See
- [8] Koch, F. : Baulicher Wärmeschutz – Kosten und Nutzen; Vortrag auf dem 14. BB Stallbautag am 16.04.2008, Seddiner See

3. Großgruppenhaltung in der Schweinemast – Untersuchungen zu Umweltschutz und Tiergerechtigkeit

Dr. F.-W. Venzlaff (LVLF); Dr. H.-J. Müller (ATB)

3.1. Einleitung

In unserer Gesellschaft ist ein wachsendes Interesse an Produktionsmethoden zur Erzeugung von Lebensmitteln zu verzeichnen. Die Fragen der Bevölkerung sind gerichtet auf die Gebiete der Tiergesundheit und der Haltungsbedingungen, der Produktqualität sowie der Beeinflussung der Umwelt durch die Tierhaltung. Die damit im Zusammenhang stehenden neuen gesetzlichen Regelungen erfordern die Untersuchung und Entwicklung tiergerechter und umweltverträglicher Haltungssysteme. In diesem Zusammenhang geht die Entwicklung der einstreulosen Mastschweinehaltung von der Kleingruppe mit 10-15 Tieren tendenziell hin zur Großgruppe mit 35-60 Tieren. Dabei wird bei dieser Haltung vor allem eine Verbesserung der Tiergerechtigkeit durch eine klarere Strukturierung der Großbucht durch die Tiere gesehen und gleichzeitig damit eine Verringerung der Emissionen klimarelevanter Gase angestrebt. Zum einen soll die größere Gesamtfläche pro Bucht so den Tieren verbesserte Aktivitäts- und Ruhemöglichkeiten schaffen, andererseits den Anteil der verschmutzten Buchtenzonen im Vergleich zur Kleingruppe einschränken. Gleichzeitig stellt sich damit die Frage nach den dabei auftretenden Emissionen. Die hier vorgestellten Untersuchungen sollen einen Beitrag zur Klärung dieser Probleme und zur Weiterentwicklung dieses Haltungssystems für Mastschweine erbringen.

3.2. Methoden

Die Untersuchungen erfolgten in zwei Stallabteilen der Ruhlsdorfer Versuchsanlage. In Stall 3 ist die Großgruppenbucht für 40 bis 45 Mastschweine eingerichtet. Im Vergleichsabteil Stall 2 ist dieselbe Großbucht durch zwei Trennwände so unterteilt, dass drei gleiche Buchten für 13 bis 15 Mastschweine (Normalgruppe) vorhanden sind. Die Wasserversorgung erfolgt mit Tränkenippeln und die Fütterung ad libitum über Trockenfutterautomaten. Tierspezifische Parameter wie Herkunft der Tiere, Futterzusammensetzung, Einphasenmast ohne zwischenzeitliches Umstallen usw. wurden für die Ställe 2 und 3 gleich gehalten. Die Haltung erfolgt in beiden Ställen auf Teilspaltenboden. Die Stallabteile sind über einen Kanal an ein Unterdruck-Lüftungssystem angeschlossen. Die Zuluft strömt jeweils über einen Lochkanal von oben in den Stallraum. Die Steuerung des Luft-Volumenstromes konnte getrennt für

jedes Stallabteil erfolgen. Die klimatischen Randbedingungen wurden durch Temperatur-/Feuchte-Datenlogger aufgezeichnet. Der Luftvolumenstrom der beiden Ställe wurde auf drei unterschiedliche Arten bestimmt.

- Messung der Luftgeschwindigkeit mit einem Flügelrad im Abluftkanal (Kurzzeitmessungen durch „Abfahren“ des Querschnittes bzw. Verlaufsmessung in der Mitte des Abluftkanales.
- CO₂ – Bilanzmethode [1].
- Tracergasmessung unter Verwendung von SF₆ als Tracergas. Die kontinuierlich zugeführte und gemessene Tracergasmenge ermöglichte durch Konzentrationsverlaufsmessung die Ermittlung des Verlaufs des Volumenstromes.

Der Verlauf der CO₂-, NH₃- und SF₆-Konzentrationen wurde mit einem Multigasmonitor ermittelt. Der Emissionsmassenstrom eines Gases ergibt sich als Produkt aus dem Volumenstrom und der parallel dazu gemessenen Konzentration des Gases. Da sich sowohl der Volumenstrom als auch die Konzentration ständig ändern, variiert auch der Emissionsmassenstrom. Damit man eine Aussage über die Ammoniakemission bei der Schweinehaltung machen kann, ist über längere Zeitabschnitte der Emissionsmassenstrom zu bestimmen und zu integrieren.

3.3. Ergebnisse

Die Nettobuchtenfläche pro Tier lag bezogen auf 42 Tiere in der Großgruppe und bei 14 Tieren in der Normalgruppe bei 0,87 m². Diese Fläche ist größer als die bisher üblichen Buchtenflächen pro Tier. Dadurch haben die Schweine bessere Möglichkeiten der Strukturierung der jeweiligen Bucht in Bereiche zur Futteraufnahme, zum Exkrementabsetzen und zum Liegen. Bonitierungen in den Versuchsabteilen zeigten im Sommer für die Normalgruppenbuchten mit 31,7 % einen höheren Anteil feuchter und verschmutzter Buchtenfläche als in der Großgruppenbucht mit 25,9 %. Für die Messperiode im Herbst lagen diese Werte etwas niedriger (Normalgruppenbucht 28,9 %; Großgruppenbucht 23,8 %), aber die Tendenz ist dieselbe. Die typische Verteilung der verschmutzten Flächen ist in der Abbildung 1 für beide Ställe dargestellt. Die typische Verteilung der verschmutzten feuchten Flächen in der Großgruppenbucht zeigt, dass der mittlere Buchtenbereich verstärkt als Liegefläche genutzt wird, während beispielsweise gegenüber den Futterplätzen und an der linken Buchtenwand vor allem die Exkremente abgesetzt werden. Bei den Normalbuchten sind die feuchten verschmutzten Flächen vor allem an den Buchtenseitenwänden zu beo-

bachten. Eine ausgeprägte Buchtenstrukturierung wie in der Großgruppenbucht ist bei der Normalgruppenbucht nicht erkennbar. Ebenso ist tendenziell ein höherer Verschmutzungsgrad der Tiere in den Normalgruppenbuchten festzustellen. Im Hin-

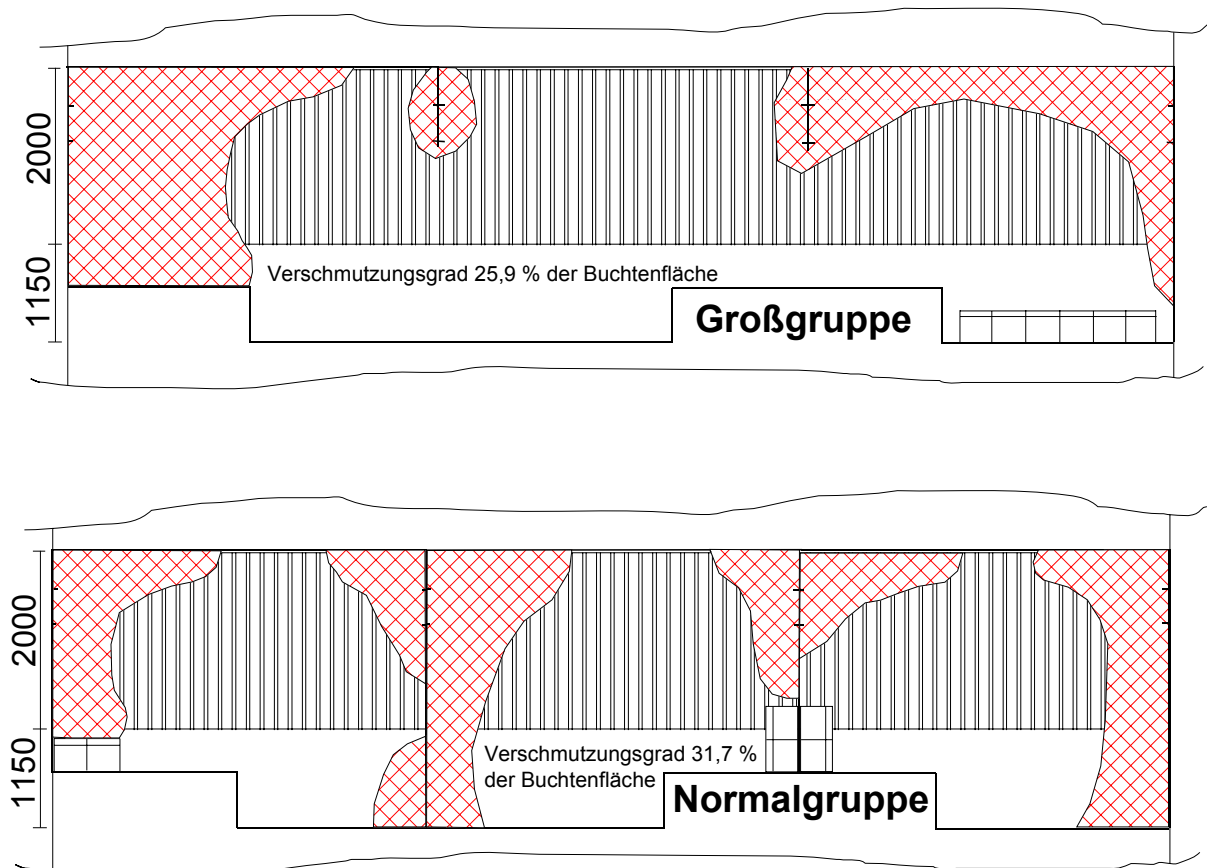


Abbildung 1: Typische Verteilung der feuchten verschmutzten Flächen in den Ställen 2 und 3

blick auf die tierspezifischen Parameter wie tägliche Zunahme, spezifischer Futterverbrauch und Muskelfleischanteil waren keine signifikanten Unterschiede festzustellen [2]. In den Messperioden sind die Stalltemperaturen fast identisch – hier am Beispiel einer Sommer- und einer Herbstmessperiode aufgezeigt (Abb. 2). In der Abbildung 2 werden weiterhin die tagesrhythmischen Schwankungen deutlich. Dabei sind die Schwankungen der Innentemperatur gegenüber der Außentemperatur gedämpft. Entsprechend den Temperaturschwankungen führt die Lüftungssteuerung zu starken Schwankungen des Luftvolumenstromes (Abb. 3). In Abbildung 3 ist lediglich ein Beispiel hinsichtlich der zeitlichen Verläufe von Ammoniak-Emissionsstrom, Ammoniak-Konzentration und Luftvolumenstrom gegeben. Es wurden jeweils die stündlichen

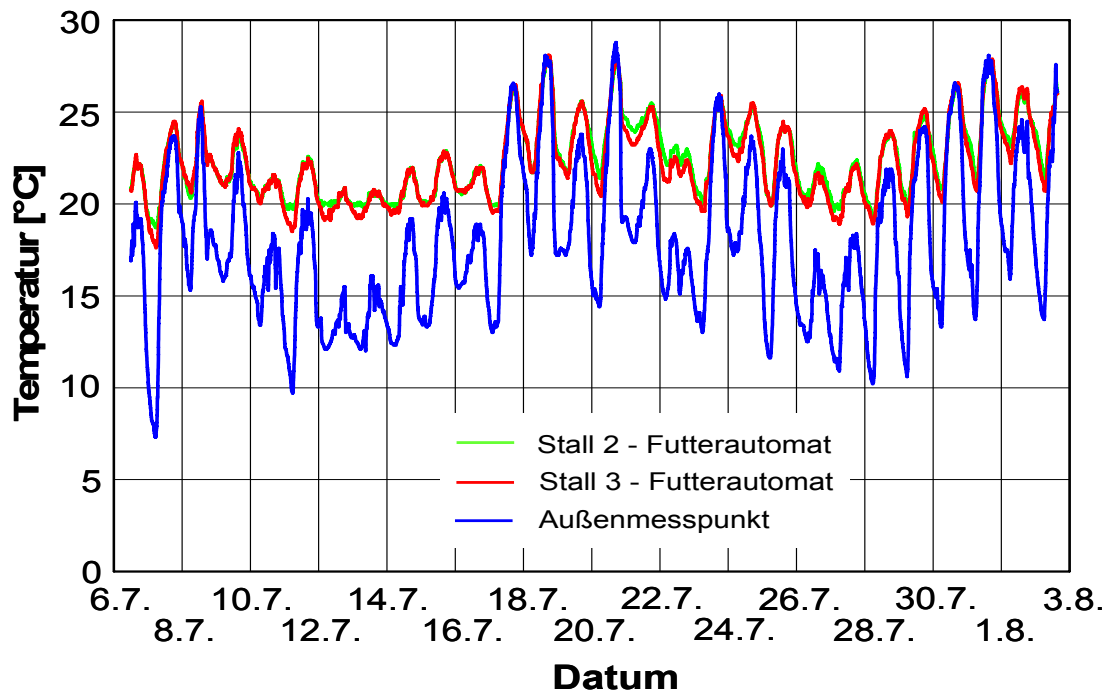


Abbildung 2: Beispiel für den Verlauf der Lufttemperaturen in den untersuchten Stallabteilungen und außerhalb des Stalles in der Sommerperiode

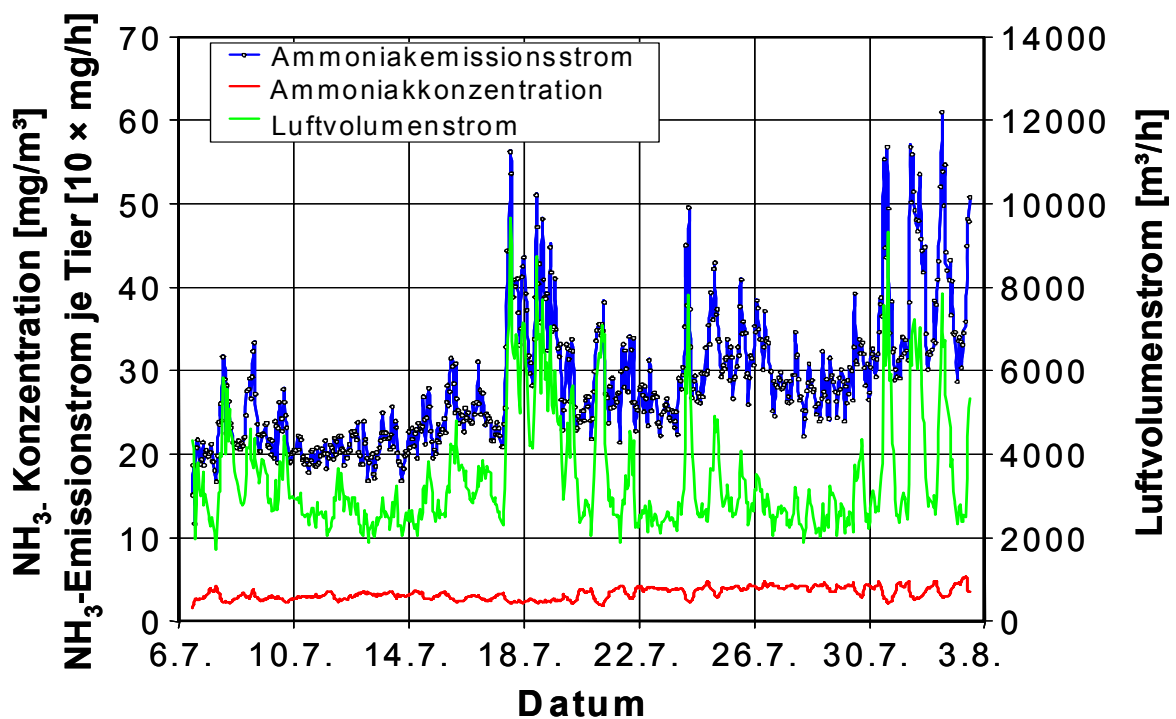


Abbildung 3: Beispiel für den Verlauf des Ammoniak-Emissionsstroms, der Ammoniak-Konzentration und des Luftvolumenstromes in Stall 3 in der Sommerperiode

Mittelwerte dargestellt. Der Volumenstrom ist in dieser Darstellung nach dem CO₂-Maßstab ermittelt worden. Vergleichende Untersuchungen mit SF₆ als Tracergas und mit der Messung der Luftgeschwindigkeit im Abluftkanal in der Herbstperiode haben ausreichende Übereinstimmung ergeben, so dass für die vergleichende Bewertung der ermittelten Emissionsmassenströme die CO₂-Bilanzmethode herangezogen werden kann. Die Ermittlung der Emissionsmassenströme erfolgt durch Integration der ermittelten Emissionsströme über die jeweiligen Messzeiträume. Eine vergleichbare Größe ist der Emissionsmassenstrom bezogen auf eine Stunde und auf eine Großvieheinheit (GV = 500 kg Tierlebendmasse). Diese Werte sind für die beiden Ställe und für die genannten Messperioden ermittelt worden (Tab. 1).

Tabelle 1: Ermittelte durchschnittliche Ammoniakemissionen in g/h*GV während drei Messperioden

Messperiode	1 (20.-30.10)	2 (18.11.-04.12)	3 (06.07.-02.08.)
Stall 3 (Großgruppe)	3,08	2,66	3,20
Stall 2 (Normalgruppe)	2,55	2,36	2,62

Die in Tabelle 1 zusammengestellten Werte spiegeln das Gegenteil von dem wider, was nach bisherigen Erkenntnissen zu erwarten wäre. Trotz der nachgewiesenen etwas geringeren Verschmutzungsfläche in der Großgruppenbucht, wurden in der Normalgruppe in allen 3 Messperioden etwas geringere Emissionen ermittelt. Das hängt sicher mit der Vielfalt der Einflussgrößen zusammen. Erklärt werden kann das Ergebnis durch die folgenden Betrachtungen. Durch die besseren Bewegungsmöglichkeiten in der Großgruppe sind hier die Tieraktivitäten gegenüber der Normalgruppe erhöht. Das kann ein Grund für die tendenziell höhere Ammoniakemission sein, denn bei mehr Tierbewegungen – treten offensichtlich auch mehr Emissionen auf. Außerdem werden Großgruppen in letzter Zeit zunehmend kritisch gesehen, vor allem wegen der geringeren - Übersichtlichkeit und Tierkontrolle, dem erhöhten Aufwand für - selektieren und behandeln von Tieren sowie der - erhöhten Ansteckungsgefahr [3].

Weiterhin ist bekannt, dass Schweine sich bis zu einer Gruppengröße von 20 Tieren untereinander kennen [4].

Mit zunehmender Gruppengröße steigt demzufolge also die Anzahl der zu klärenden Rangordnungsverhältnisse, auch bezogen auf das Einzeltier, was naturgemäß für

erhebliche Unruhe in der Gruppe sorgt. Da sich die Tiere in der Großgruppe nicht mehr sicher kennen, steigt hier die Unruhe durch „Mehrfachrangkämpfe“ überproportional.

Offensichtlich bedeutet in dem Falle: Mehr Tierbewegung und somit Unruhe in der Gruppe letztendlich auch mehr Emissionen.

3.4. Schlussfolgerungen

- Die Untersuchungen zur Haltung von Mastschweinen in unterschiedlich großen Gruppen haben gezeigt, dass mit zunehmender Gruppengröße nicht unbedingt eine Reduzierung von Ammoniakemissionen erreicht werden kann.
- Bei den durchgeführten Untersuchungen liegen die Emissionen der Großgruppe in allen drei Messkampagnen über denen der Normalgruppe. Die höheren Emissionswerte der Großgruppe lassen sich auf die größeren Bewegungsmöglichkeiten in Verbindung mit der aus der größeren Tierzahl resultierenden höheren Zahl von Rangkämpfen logisch begründen.

3.5. Literatur

- [1] Brunsch, R.; Hörnig, G : Zur Variation der Emissionen aus der Broilermast, 6. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 25.-27. März 2003, Vechta, Proc. 311-316
- [2] Müller, H.-J.; Venzlaff, F.-W. : Ammonia Emission from fattening Pig Houses, AgEng 2004, 12.-16. September 2004, Leuven, Belgium, Proceedings-CD Paper No. 073
- [3] Feller, B. : Anpassung der Ferkelaufzucht an steigende Anforderungen, Vortrag auf dem Fachtag Bauen und Technik am 11.03.2009, Köllitsch
- [4] Bauer, J. : (Gießen) 2005; Infomaterial zur Schweinehaltung a. d. Internet.

4. Aspekte zur Fußbodenheizung in der Schweinemast

Dr. F.-W. Venzlaff, Dr. Th. Paulke, Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg

4.1. Problemstellung

Gerade unter den aktuellen Schwerpunkten zur Weiterentwicklung von Haltungssystemen kommt immer wieder die Forderung nach Verbesserung der Tiergerechtigkeit in der Schweinemast durch eine Bucht mit planbefestigter Teilfläche - der sogenannten Teilspaltenbodenaufstallung. Solche Haltungssysteme werden von der "Öffentlichen Meinung" offensichtlich in der Regel tiergerechter eingestuft als die Vollspaltenbodenhaltung. In diesem Zusammenhang ist es zum einen von Bedeutung, dass Schweine zum einen etwa 80 % der Zeit liegend verbringen und zum zweiten wählen Schweine ihren Liegeplatz vor allem nach ihren Temperatursprüchen aus, im Winter – warm, im Sommer – kalt. Unter diesen Gesichtspunkten spielte in letzter Zeit zunehmend die Forderung nach günstigen Aufstallungslösungen mit Teilspaltenboden für die Schweinemast eine Rolle. Gleichzeitig ergibt sich bei diesem Aufstallungssystem die Frage, welche Effekte bei Haltung von Mastschweinen auf Teilspaltenfußboden durch eine Fußbodenheizung des planbefestigten Buchtenanteiles auftreten im Unterschied zur Teilspaltenbodenhaltung ohne Fußbodenheizung. Als besonders zweckmäßig hat sich dabei offensichtlich die Warmwasser-Fußbodenheizung herausgestellt, denn Warmwasser ist nahezu für alle alternativen Heizformen die Grundlage [1]. Es wird an dieser Stelle nicht auf die Unterschiede zwischen Voll- und Teilspaltenbodenhaltung in der Schweinemast eingegangen.

4.2. Untersuchungen

Zur Ermittlung des Einflusses der Fußbodenheizung auf die Tierleistungen wurde in zwei Versuchsdurchgängen je ein Abteil mit 3 Buchten zu je 14 Mastplätzen genutzt, das heißt insgesamt je 42 Mastplätze pro Variante. Dabei wurde ein Stallabteil mit Fußbodenheizung betrieben und das Vergleichsabteil mit sonst gleichen Randbedingungen ohne Fußbodenheizung. In den Abteilen ist eine Unterdrucklüftung mit Lochkanal als Zuluftelement und zentraler Ablufführung vorhanden. In beiden Versuchsabteilen erfolgte die Einphasenmast an Futterabrufstationen, ohne zwischenzeitliches Umstallen. Es kam Leistungsprüfungsalleinfutter zum Einsatz. Alle Versuchstiere stammen aus dem gleichen Ferkelerzeugerbetrieb und wurden unter Beachtung

der elterlichen Abstammung gleichmäßig auf die Gruppen verteilt. Bei den Untersuchungen war pro Mastplatz eine deutlich über der Norm liegende Nettobuchtenfläche von 1,3 m² konzipiert. Auf diese Weise stand reichlich Buchtenfläche zur Verfügung, die den Tieren ein entsprechendes Auswahlverhalten in den Buchten ermöglichte. Die planbefestigte Teilfläche mit ein- bzw. ausgeschalteter Fußbodenheizung befand sich jeweils im hinteren Buchtenbereich.

4.3. Ergebnisse

Die Tiere wurden mit einem durchschnittlichen Gewicht von 9,6 bzw. 9,7 kg in den Aufzuchtbereich angeliefert (Tab. 1). Die mittlere tägliche Zunahme lag hier bei 366 bzw. 376 g. Die Umstallung in die Versuchsabteile zur Mast erfolgte mit einem

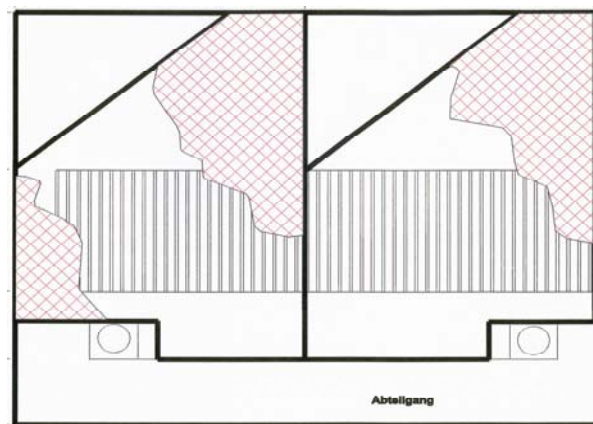
Tabelle 1: Wichtige Mast- und Schlachtleistungen mit und ohne Fußbodenheizung

		Fußbodenheizung	Vergleich
n		84	74
männl./weibl.		41/43	37/37
Anlieferungsgewicht	kg	9,6	9,7
Umstellungsgewicht	kg	25,7	26,3
Tageszunahme Aufzucht	g	366	376
Mastendmasse	kg	112	111
Masttagszunahme	g	893*	818
Futtermittelverbrauch	kg/kg	2,56*	2,67
Futterverzehr	kg/Tag	2,29*	2,17
Schlachtmasse warm	kg	92,1	91,3
Magerfleischanteil FOM	%	56,2	56,3
Seitenspeckdicke	cm	2,75	2,79
Lungenbefunde Grad I	Stück / %	8 / 9,5	24 / 32
Lungenbefunde Grad II	Stück / %	2 / 2,4	9 / 12,2
Abgänge	Stück / %	4 / 4,8	13 / 17,6
davon Entwicklung	Stück / %	1 / 1,2	7 / 9,5

durchschnittlichen Gewicht von 25,7 bzw. 26,3 kg. Das Zunahmenniveau war im Versuchsabteil mit 894 g/Tier und Tag signifikant über dem des Vergleichsabteiles (818

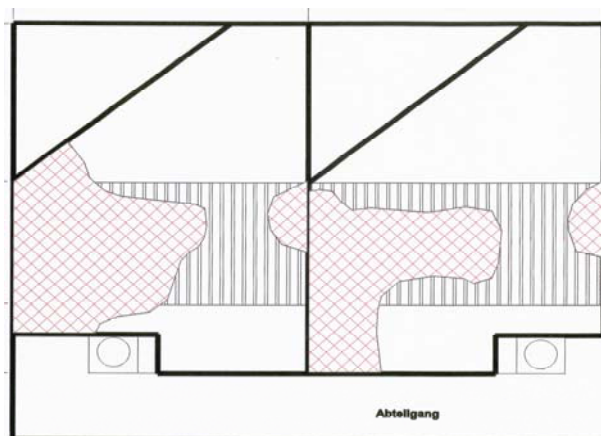
g/T*d). Der Futteraufwand je kg Zuwachs lag im Versuchsabteil mit 2,56 kg/kg ebenfalls günstiger als im Vergleichsabteil (2,67 kg/kg). Tendenziell sind bei der Kontrollvariante mehr Abgänge und schlechtere Lungenbefunde festzustellen als bei Fußbodenheizung. Im Zusammenhang mit wöchentlichen Bonitierungen zeigte sich, dass die Tiere in den Buchten mit Fußbodenheizung die planbefestigte beheizte Teilfläche verstärkt als Liegefläche nutzten. Dagegen setzten die Schweine in diesen Bereichen der Buchten mit unbeheizten planbefestigten Teilflächen tendenziell mehr Exkremamente ab. Gleichzeitig wurde diese Teilfläche von den Schweinen weniger als Liegefläche genutzt. Der beheizte Fußboden wird von den Tieren als Liegefläche offensichtlich

a.)



Mittlerer Anteil
verschmutzter
Fläche
31,2 %

b.)



Mittlerer Anteil
verschmutzter
Fläche
23,4 %

Abbildung 1 : Charakteristische Verteilung verschmutzter Flächen

- a.) ohne Fußbodenheizung
- b.) mit Fußbodenheizung

lich besser angenommen als nicht beheizte planbefestigte Teilflächen. Während in den Vergleichsbuchten die unbeheizten hinteren Buchtenflächen verschmutzt waren (Bild 3a), befanden sich die verschmutzten Buchtenflächen bei der mit eingeschalteter Fußbodenheizung betriebenen Variante mehr im mittleren und vorderen Buchtenbereich, der überwiegend mit Spaltenböden ausgelegt war (Bild 1b). Wie die Bonitierungen zur Buchtensauberkeit weiterhin zeigten, lag der mittlere Anteil verschmutzter Buchtenfläche mit 23,4 % im Versuchsabteil mit eingeschalteter Fußbodenheizung deutlich unter dem des Vergleichsabteiles ohne Fußbodenheizung mit 31,2 %.

4. 4 Stallsysteme für Fußbodenheizung

Entsprechend der bisherigen Ergebnisse und den sich verändernden Rahmenbedingungen, könnte die Anwendung von Fußbodenheizung auch in Schweinemastställen, also nicht nur in der Aufzucht eine brauchbare Möglichkeit zur tiergerechteren Stallgestaltung sein. Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse und bisherigen Erfahrungen wurde überlegt, wie ein Schweinemaststall mit Fußbodenheizung zweckmäßigerweise aussehen und gleichzeitig auch die Grundlage für einen standardisierten Typenstall bilden könnte. Bild 2 zeigt den vereinfachten Grundriss eines solchen Stalles, der auf eine Kapazität von 1.632 Mastplätze ausgelegt ist und der als Grundkonzept für die Gestaltung konkreter Detailstallplanungen dienen kann. Das Beispiel ist als sogenannter Doppelkammstall, konzipiert mit insgesamt 17 Abteilen, zu jeweils 96 Mastplätzen, wobei pro Bucht 12 Tiere geplant sind. Bei Bedarf kann die Gruppengröße problemlos auf 24 Mastschweine erhöht werden, indem jede zweite Buchtentrennwand herausgenommen wird. Das mögliche 18. Mastabteil ist in diesem Beispiel für den Servicebereich vorgesehen. Überlegenswert wäre im vorliegenden Beispiel die Anordnung des Serviceabteiles im mittleren Stallbereich. Der Anteil der beheizten Fußbodenfläche in den Mastbuchten ist hier rot gekennzeichnet, während der Spaltenbodenanteil grün ausgeführt ist. Die Hauptmaße eines solchen Stalles betragen 81,2 x 23,1 m. Die Bewirtschaftung sollte vorzugsweise im Rein - Raus - Verfahren kompletter Abteile und im Wochenrhythmus erfolgen. Gleichzeitig ist darauf hinzuweisen, dass der Stall im vorliegenden Falle auf Flüssigmistbasis arbeitet.

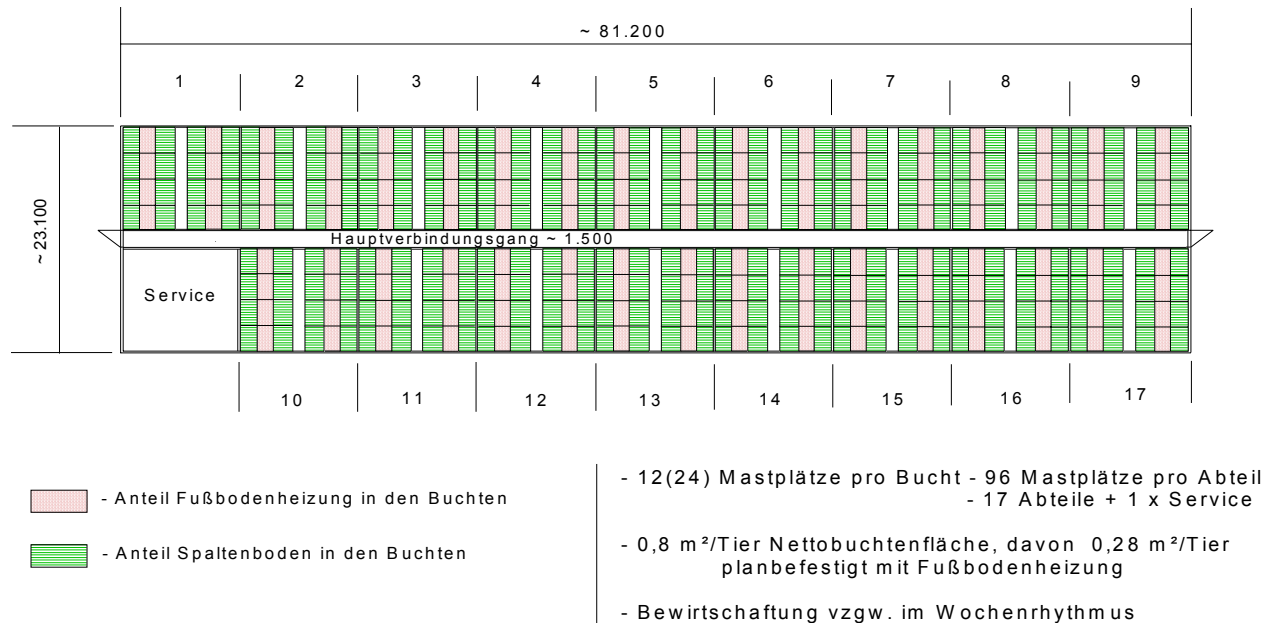


Abbildung 2: Beispiel : Vereinfachter Grundriss eines Schweinemaststalles mit Fußbodenheizung für 1.632 Tiere, Flüssigmistbasis

Die Nettobuchtenfläche pro Mastschwein beträgt gut 0,8 m², davon sind 0,28 m² mit planbefestigtem Fußboden und integrierter Fußbodenheizung ausgestattet. Das entspricht einem Anteil von 35 % an der Nettobuchtenfläche. Aus derzeitiger Sicht ergibt sich als Vorschlag für die Buchtengestaltung eine Tiefe von 4,0 m und eine Breite von 2,6 m und ist für 12 Mastschweine vorgesehen (Bild 3). Die Fütterungstechnik, in diesem Falle Rohrbreiautomaten, ist in jede zweite Buchtentrennwand integriert. So kann auf einfache Weise durch Herausnehmen der jeweils ohne Futterautomaten ausgeführten Buchtentrennwand eine Verdopplung der Gruppengröße erfolgen. Nach dem bisherigen Erkenntnisstand sollte der planbefestigte Buchtenanteil sich im mittleren Bereich befinden und nach beiden Seiten leicht abgewölbt sein. Auf diese Weise können Flüssigkeiten von der planbefestigten Teilfläche ablaufen und auftretende Verschmutzungen besser entfernt werden. Entsprechende Erfahrungen zur Anordnung der beheizten planbefestigten Teilfläche sind aus der Läuferhaltung bekannt. Diese Anordnungsweise dürfte sich aus gegenwärtiger Sicht auch für den Mastbereich am ehesten eignen. Praktisch ist die Abteilbreite durch das Temperaturgefälle des Heiz-Wassers begrenzt. Die zweckmäßige Abteilgröße bei Anwendung

des Kammstallprinzips liegt somit zwischen 95...150 Mastplätzen. Insgesamt gesehen ist jedoch zu bemerken, dass die Integration von beheizten Teilbuchenflächen in Stallkonzepte für die Mastschweinehaltung gegenwärtig sicherlich noch nicht optimal ist und weiterer Untersuchungen verschiedener Disziplinen und Partner bedarf.

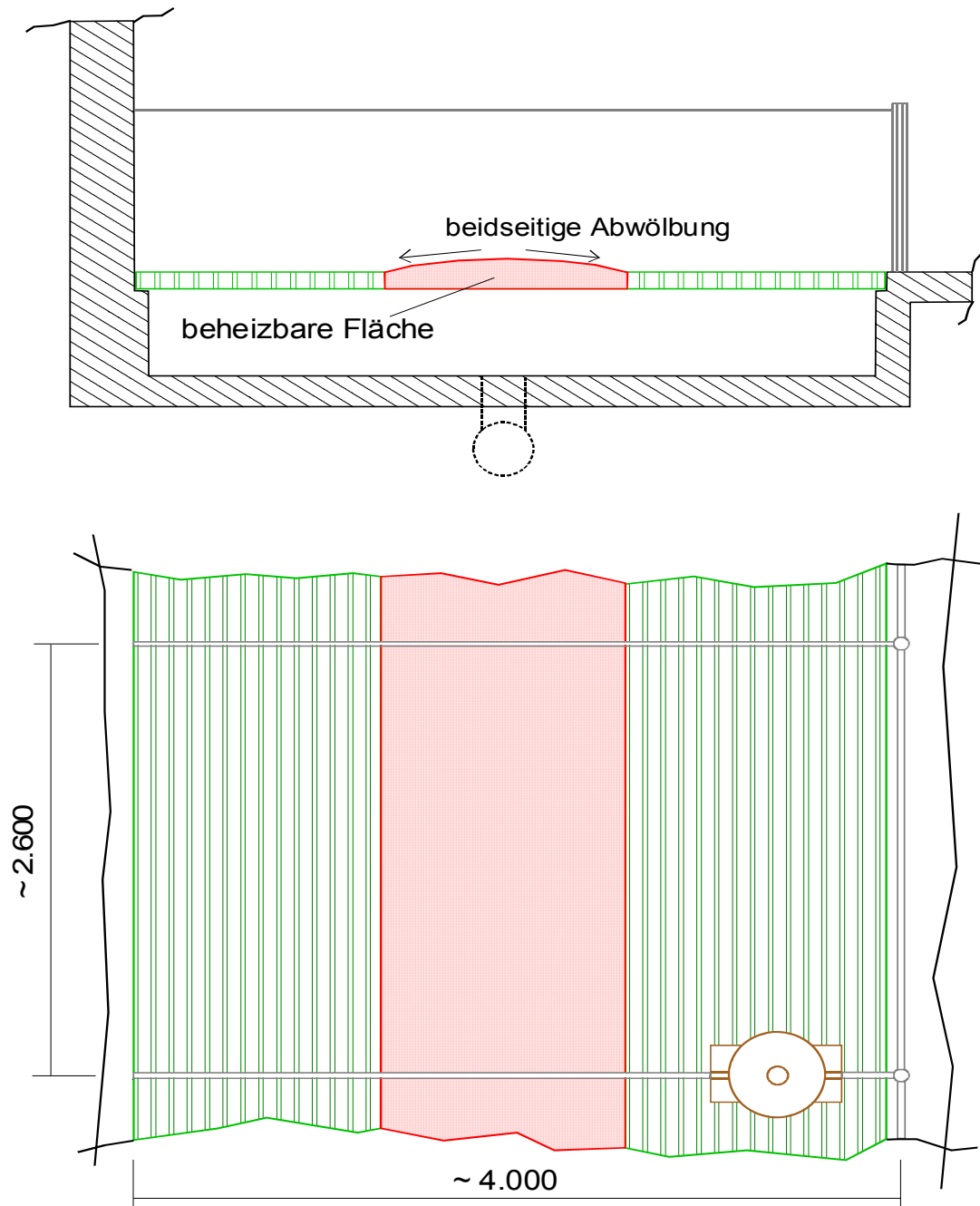


Abbildung 3: Vereinfachte Seitenansicht und Draufsicht einer Mastbucht in Teilspaltenbodenhaltung und planbefestigten, beheizbaren Liegebereich

Porendecken o.ä. als Zuluftelemente und damit kombinierte senkrechte ventilatorbestückte Abluftschächte in den Abteilen sind aus derzeitiger Sicht für dieses Aufstallungssystem weniger zu empfehlen, da die frische Luft von oben aus dem Deckenbereich nicht oder nur sehr schwer gegen die aufsteigende warme Luft nach unten zu den Tieren gelangen kann. Gut zum mittig in den Buchten angeordneten planbefestigten Fußbodenstreifen passt dagegen die Zuluftführung über Erdwärmetauscher oder Unterfluransaugung. In letzter Zeit gewinnen erneuerbare Energien an Bedeutung. Unter diesem Gesichtspunkt bietet sich die Nutzung von Wärmepumpen, z.B. Erdwärmepumpen, für Mastställe mit Fußbodenheizung an[2]. Dabei ermöglichen die in diesem Falle relativ niedrigen erforderlichen Vorlauftemperaturen von ca. 45 °C eine hohe Jahresarbeitszahl im Bereich von 4. Auf diese Weise kann aus 1 kWh_{el} / 4 kWh_{wä} erzeugt werden. Besonders umweltfreundlich ist dabei der Einsatz von Erdwärmepumpen, wenn der eingesetzte Strom durch alternative Energiequellen erzeugt wird. Erste Betriebe haben Schweineställe mit Erdwärmepumpen ausgestattet – belastbare Ergebnisse dazu werden in den nächsten Jahren vorliegen [3]. Setzt man die angesprochenen Möglichkeiten beim Neubau von Mastställen im Komplex um, so ergeben sich gegenüber dem Standardverfahren erhebliche Vorteile:

1. Verbesserung der Tiergerechtheit durch teilweise plane und warmwasserbeheizte Fußbodenflächen in den Buchten;
2. Hohe Tierleistungen;
3. Verbesserung des Stallklimas und Senkung des Heizenergieverbrauches durch Nutzung eines Erdwärmetauschers sowie
4. Einsatz von Erdwärmepumpen.

4.5. Fazit

- Warme beheizte planbefestigte Liegeflächen bei Teilspaltenbodenaufstallung werden von den Mastschweinen gut angenommen.
- Fußbodenheizung in der Schweinemast bei Teilspaltenbodenhaltung bietet die Möglichkeit überlegener Tageszunahmen bei gleichzeitig günstigerer Futterausnutzung im Vergleich zum unbeheizten Fußboden.

- Bei fachrechtlichen Forderungen nach planbefestigten Liegeflächen in der Schweinemast sollte die Variante Teilspaltenbodenaufstallung mit Fußbodenheizung als eine mögliche Vorzugslösung mit eingeordnet werden.
- Dieses Aufstallungssystem bietet, entsprechend der speziellen Anforderungen, Wärmepumpen günstig, im Bereich der Jahresarbeitszahl von 4, einzusetzen. Vor allem die relativ niedrige Vorlauftemperatur von 45 °C bietet dafür gute Voraussetzungen. Auch die Nutzung von Abwärme aus dem Biogasprozess wäre günstig.
- Aus derzeitiger Sicht sind Untersuchungen zur weiteren Entwicklung/Anpassung mit dem Ziel der Optimierung des Systems und den Aussageschwerpunkten Tiergerechtigkeit, Umweltbelastung und Wettbewerbsfähigkeit zweckmäßig.
- Die Untersuchungsergebnisse bestätigen die bisherige Einordnung als zukünftig weiterentwicklungsfähiges Verfahren der Mastschweinehaltung unter dem Blickwinkel der "Best verfügbaren Technik". Im Rahmen der zukünftigen Gestaltung dieses Aufstallungssystems spielen aus technisch-technologischer Sicht vor allem Fragen zur Weiterentwicklung der Zu- und Abluftführung, der speziellen Buchten- und Fußbodengestaltung, der Fütterungstechnik sowie die Abstimmung der Teilsysteme aufeinander eine wichtige Rolle.

4.6. Literatur

- [1] Anonymus : Warmwasser-Heizungen für jeden Stall?; Infomaterial der Fa. PAL-Bullerman vom 23.10.2007; a. d. Internet
- [2] Kämper, H. : Einsatz von Wärmepumpen für die Heizenergieversorgung von Schweineställen; (Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft; Berlin); Vortrag auf dem 15. BB Stallbautag, 16.04.2009; Seddiner See
- [3] Brügger, E. : Infobrief @ Agrar vom 12.02.2009; DLZ Ländlicher Raum Westwald-Osteifel; a. d. Internet