

Einfluss des Lüftungssystems auf die Gesundheit von Mastschweinen

Eduard Zentner,^{1*} Birgit Heidinger¹ und Thomas Guggenberger¹

Zusammenfassung:

Die Abteilung Stallklimotechnik und Nutztierschutz führt im Rahmen ihrer Tätigkeit stallklimatische Untersuchungen in Kooperation mit den betreuenden Veterinären für ganz Österreich durch.

Im Rahmen einer ab dem Jahr 2006 durchgeführten Kooperation mit der Schirnhofner GesmbH. wurden in einem ersten Durchgang (Sommerdurchgang) jene Betriebe stallklimatisch untersucht, welche im Hinblick auf die Lungenbefunde verstärkt und in höherem Maße negativ beurteilt wurden. In einem dafür erstellten Protokoll wurden die erhobenen Daten und die festgestellten Mängel festgehalten. Zusätzlich wurden entsprechende Gespräche mit den Betreibern abgehalten. Die diagnostizierten Mängel und Möglichkeiten zur Verbesserung oder Behebung der Mängel wurden erläutert.

In einem zweiten Durchgang (Winter) wurde auf die veränderten Bedingungen in der kalten Jahreszeit abgestellt und entsprechende Untersuchungen mittels künstlichen Nebels und Wärmebildaufnahmen durchgeführt. Die Ergebnisse sind deckungsgleich mit den jahrelangen Erfahrungen im Bereich der Schweinehaltung.

Gesundheitliche Probleme bei Mastschweinen führen in vielen Fällen zu Leistungsdepressionen und sind daher von besonderer wirtschaftlicher Relevanz. Die Weitergabe von Schlachtbefunddaten an die Landwirte – wie sie von der Fa. Schirnhofner praktiziert wird – stellt für die Betriebsleiter eine wichtige Informationsquelle bezüglich des Tiergesundheitsstatus dar. Auf Grund dieser Informationen können in Abstimmung mit den jeweiligen BetreuungstierärztInnen und durch das Hinzuziehen von Stallklima-ExpertInnen betriebsindividuelle Konzepte zur Verbesserung des Tiergesundheitsstatus erstellt werden. Die eingehende Beratung bei stallklimatischen Problemen und die nachfolgende korrekte Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen können erheblichen Einfluss auf die Tiergesundheit nehmen, wie die Untersuchung zur Lungengesundheit bei Mastschweinen zeigt: Hierbei konnten in den Jahren nach der entsprechenden

Beratung und Umsetzung signifikante Unterschiede des Ausmaßes erhobener Lungenbefunde verglichen mit den ursprünglichen (hohen) Werten festgestellt werden. Zur Absicherung der erzielten Erfolge und zur weiteren Optimierung der Tiergesundheit ist eine Fortführung derartiger Betreuungsmaßnahmen in vordefinierten Zeitintervallen oder auch anlassbezogen unbedingt zu empfehlen.

Zusammenfassend sei zum Thema Zuluftsysteme erwähnt, dass im Zusammenhang mit Vollspaltensystemen weder eine Unterflur-Betriebsganglüftung, weder eine Türanglüftung noch die verschiedenen Loch- und Vliesdeckenbelüftungen ohne entsprechende Zuluftkonditionierung bzw. –vorwärmung funktionieren können! Einzigartig für dieses Projekt und für diese Untersuchungen war die dankenswerter Weise begleitende Zurverfügungstellung von Daten der Schlachtkörperauswertungen samt den tiergesundheitsrelevanten Parametern durch die Fa. Schirnhofner.

Summary:

Ventilation systems in animal husbandry have to fulfil manifold different tasks such as removing stale air, noxious gases and dust, bringing in fresh air without drafts and cooling down room temperature. All of this is essential for and has great influence on maintaining the health status and welfare of livestock. In the pig fattening industry one can encounter several different ventilation systems - each showing certain advantages and disadvantages. In this paper the main focus of attention lies on problems with ventilation and mistakes that can be frequently observed in practice. Methods for detecting the causes of these problems will be described and the consequences for animal health as well as potential ways of solving the problems will be discussed in the following. Correct counselling regarding stable climate and the precise implementation of the recommended measures can have significant impact on the health status of animals. Therefore these supporting measures should be continued in order to preserve these achievements.

Einleitung

Neben der vorhandenen Genetik der Tiere und den vorherrschenden hygienischen Bedingungen auf schweinehaltenen Betrieben, zählt ein tiergerechtes Stallklima verbunden mit einer artgerechten Tierhaltung, wohl zu den wichtigsten Parametern für eine wirtschaftliche und ökonomische Betriebsführung. Im speziellen ist es die Schweinehaltung,

welche enorme Anforderungen an das Betriebsmanagement, zu diesem gehört die Gewährleistung eines der Nutzungsrichtung entsprechenden Stallklimas, und damit in erster Linie auch an den Landwirt stellt.

Die Strukturänderung der österreichischen Landwirtschaft, weniger Betriebe – höhere Tierzahlen, bedingt neben den gesetzlichen Vorschriften, diese sind auf die Über-

¹ Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING

* Ansprechperson: Ing. Eduard Zentner, Email: eduard.zentner@raumberg-gumpenstein.at

gangsfristen im Bundestierschutzgesetz zurückzuführen, die Notwendigkeit, Um- bzw. Neubauten durchzuführen.

Es ist in Österreich gängige Praxis, dass diese Um- bzw. Neubauten aus wirtschaftlichen Gründen sehr oft in Eigenregie von den Landwirten selbst durchgeführt werden. Neben den erforderlichen Produkten für die Bauhülle werden auch die Aufstellungseinrichtungen und die gesamte Lüftungstechnik von den Stallbaufirmen bezogen und in Eigenregie eingebaut. Dass für den einwandfreien Betrieb einer Lüftungsanlage samt Gewährleistung der erforderlichen Luftstraten aber das Einhalten ganz entscheidender Parameter von Nöten ist, wird in vielen Fällen streng vernachlässigt. Die folgende Arbeit soll einen Ein- und Überblick über die in Österreich eingesetzten Lüftungssysteme samt den damit verbundenen Problemen in der Praxis geben.

„Die intensive Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere in geschlossenen Gebäuden macht eine Be- und Entlüftung des Stallraumes zum Schutz der Tiere und der Bausubstanz zwingend notwendig. Hohe Luftwechselraten sind im Sommer zur Gewährleistung der Wärmeabfuhr der Tiere notwendig. Häufig entsprechen jedoch im Sommer auf Grund mangelhafter Planung die tatsächlich geförderten nicht den berechneten notwendigen Volumenströmen. Die steuerungstechnische Beherrschbarkeit der einströmenden kühlen Luft führt im Winter und in der Übergangsjahreszeit häufig zu Zugluftproblemen im Tierbereich.“ (BÜSCHER, 1991)

Rechtliche Situation

Im neuen Bundestierschutzgesetz, Mindestanforderungen für die Haltung von Schweinen, welches mit 1. Jänner 2005 in Kraft getreten ist, sind folgende Definitionen, welche im unmittelbaren Zusammenhang mit dem Begriff Stallklima stehen, angeführt.

Allgemein

Grundlegende Anforderungen an Schweineställe

Buchten müssen so gebaut sein, dass die Schweine-Zugang zu einem größen- und temperaturmäßig angemessenen Liegebereich haben, der mit einem angemessenen Ableitungssystem ausgestattet und sauber ist und so viel Platz bietet, dass alle Schweine gleichzeitig liegen, normal aufstehen und abliegen, sowie bei Einzelhaltung andere Schweine sehen können.

Stallklima

In geschlossenen Ställen müssen natürliche oder mechanische Lüftungsanlagen vorhanden sein. Diese sind dauernd entsprechend zu bedienen oder zu regeln und so zu warten, dass ihre Funktion gewährleistet ist. In geschlossenen Ställen muss für einen dauernden und ausreichenden Luftwechsel gesorgt werden, ohne dass es im Tierbereich zu schädlichen Zuglufterscheinungen kommt.

Licht

Steht den Tieren kein ständiger Zugang ins Freie zur Verfügung, müssen die Ställe Fenster oder sonstige offene

oder transparente Flächen, durch die Tageslicht einfallen kann, im Ausmaß von mindestens 3 % der Stallbodenfläche aufweisen. Im Tierbereich des Stalles ist über mindestens acht Stunden pro Tag eine Lichtstärke von mindestens 40 Lux zu erreichen.

Die Bedeutung des Stallklimas für das Tier

Speziell Schweine reagieren wegen ihrem eingeschränkten Thermoregulationsverhalten mit typischen Verhaltensmerkmalen auf mangelhafte Stallklimabedingungen. Das Liegeverhalten der Tiere gibt sehr deutlich Aufschluss über die Behaglichkeit von Buchten samt Über- oder Untertemperatur. Sehr deutlich ist dies bei Ferkeln in den ersten Lebenswochen zu beobachten. Die gestreckte Seitenlage würde von den Temperaturen gesehen Optimalbedingungen, Haufenlage allerdings starke Untertemperatur darstellen.

Die Lüftungsanlagen samt Heizungstechnik sollten so gesteuert werden, dass sich die Tiere, ihrer Art entsprechend, wohlfühlen und ihr genetisches Potential bestmöglich ausschöpfen können. Zu den absoluten Mindestanforderungen zählen die damit verbundene Ausschaltung von Zugluft oder hohe Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich. Diese Anforderungen sind in allen Nutztierschutznormen und Gesetzen verankert und stellen bei Nichteinhaltung sogar eine Verwaltungsübertretung dar.



Abbildung 1: Haufenlage ist sicheres Indiz für Untertemperatur im Ferkelnest

Einzelne Stallklimafaktoren

Temperatur

Egal ob Schweinemast, Ferkelaufzucht oder Sauenhaltung, die für die Leistung, die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere optimale Temperatur oder Temperaturspanne ist sicherzustellen. Sie verändert sich mit dem Alter und der Größe der Tiere und ist in hohem Maße vom Haltungssystem abhängig. Die Folgen des Über- oder Unterschreitens der thermoneutralen Zone sind meist wirtschaftliche Nachteile, durch schlechte Leistungen und vermehrtes Auftreten von Krankheiten.

Im Sommer und Winter werden an eine Lüftungsanlage unterschiedliche Anforderungen gestellt. Während im Winter die spezifisch schwerere und sehr viel kältere Au-

ßenluft nicht unmittelbar in den Tierbereich gelangen soll und das Hauptaugenmerk bei der Minimierung der Wärmeverluste durch die Lüftung liegt, versucht man im Sommer gerade mittels Luftbewegung im Tierbereich den Wärme(ab)transport zu verbessern, um zu großen Hitzestress für die Tiere zu verhindern. Besonders die hohen Temperaturen führen oft zu bedrohlichen Situationen, weil speziell Schweine über eine äußerst geringe Hitzetoleranz gegenüber einer relativ großen Toleranz gegenüber Kälte verfügen. Ob es in einem Stall zu Zuglufterscheinungen kommt, hängt in erster Linie von der Zuluftführung, also den Zuluftleitungen ab.

Sie ist ein nicht zu unterschätzender Faktor hinsichtlich der Leistungen und der Gesundheit der Tiere. Speziell Schweinen ist es bei gleichzeitigem Eintreten von hoher Temperatur und hoher Luftfeuchte kaum mehr möglich, Körpertemperatur an die Umwelt abzugeben. Erhöhte Feuchtigkeitsgehalte bieten zusätzliche Nährböden für Krankheitserreger, während im Gegensatz dazu speziell in beheizten Abteilen die rel. Luftfeuchte oft unter 40 % abfällt, und es dadurch zu vermehrter Staubbelastung kommt. Diese stellt wiederum eine zusätzliche Belastung der Schleimhäute und des Lungentraktes dar. Der Optimalbereich liegt zwischen 60% und 80%.

Luftbewegungen

Die optimalen Luftströmungen, wie sie in Verbindung mit verschiedenen Lüftungssystemen immer wieder dargestellt und versprochen werden, sind in den meisten Fällen in der Praxis kaum oder gar nicht vorzufinden. Das Zusammenspiel von vielen Faktoren wie Temperaturschwankungen der Zuluft, Energieabgabe der Tiere, Öffnungen oder Querschnitte der Zuluftöffnungen und die verschiedenen Aktivitätsphasen der Tiere, machen einen kontrollierten und vorhersehbaren Strömungsverlauf fast unmöglich. Zusätzliche Brisanz erhält diese Thematik mit der meist nicht optimalen Anordnung von Zu- und Ablufteinheiten. Luftkurzschlüsse und eine ungleichmäßige Abluftströmung sind nicht selten vorzufinden.

Luftkurzschlüsse sind speziell im Sommer vermehrt zu beobachten. Die Ventilatoren fahren auf voller Leistung und saugen ungenutzt die Frischluft ab bevor sie überhaupt in den Tierbereich gelangen kann.

Schadgase – Fremdgase

Das Hauptaugenmerk neben mehr als 100 weiteren Stoffen in der Stallluft gilt in erster Linie den relevanten Gasen wie Ammoniak, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff, Methan und Kohlenmonoxid.

Während das Kohlendioxid vorwiegend durch die Atmung der Tiere auftritt, entsteht Ammoniak durch die Umsetzung von Kot und Harn. Die Konzentration variiert durch die

Tabelle 1: Optimalbereiche für die Lufttemperatur

Tierart und -kategorie	Gewicht (kg)	Optimalbereich (°C)
Rindvieh		
Kälber	50-150	5-20
Jungvieh	150-500	5-20
Mastmuni	150-500	0-15
Milchkühe (10-20 kg Milch pro Tag)	500-700	0-15
Zuchtstiere	um 1000	0-15
Schweine		
Ferkel ²⁾	2-25	33 → 22 ¹⁾
Vormasttiere ²⁾	25-60	22 → 15 ¹⁾
Ausmasttiere ²⁾	60-100	18 → 9 ¹⁾
Zuchtsauen und Eber ²⁾	150-350	8-15
Säugende Sauen (Ferkel siehe oben) ²⁾	150-250	5-15
Schafe		
Lämmer	4-15	22 → 12 ¹⁾
Mastlämmer	15-40	10-16
Zucht- und Wollschafe	60	0-15
Ziegen		
Gitzi	4-20	15-20
Jungtiere und adulte Tiere	20-70	8-15
Pferde		
Alle	100-600	5-15
Kaninchen ³⁾		
Zuchtstiere		10-15
Masttiere		16-20
Hühner		
Küken und Mastgeflügel ²⁾	0,05-0,3	34 → 21 ¹⁾
Junghennen	0,5-1,5	17-21
Legehennen	1,5-2,0	15-22
Truthühner		
Küken ²⁾	0,08-2,0	34 → 21 ¹⁾
Masttiere	2-18	16-18
Anmerkungen:		
¹⁾ → Mit zunehmender Entwicklung der Tiere vom höheren auf den tieferen Wert allmählich abfallend.		
²⁾ Mikroklima: Gilt für Nischen, Örtlichkeiten im Stall, die lokal ein der entsprechenden Tierkategorie angepasstes Klima garantieren.		
³⁾ Für Käfigtiere in Innenräumen ohne Einstreu.		

(Quelle: Bundesamt für Veterinärwesen in der Schweiz Inf. 800.106.01, Seite 6)

Tabelle 2: Grenz- bzw. Empfehlungswerte für Fremdgase in

Gas	MAK - Werte	CIGR* (1984)	Empfehlung
Ammoniak	50 ppm	20 ppm	max. 20 ppm
Kohlendioxid	5000 ppm	3000 ppm	2000 – 3000 ppm
Schwefelwasserstoff	10 ppm	0,5 ppm	0 ppm

verschiedenen Haltungssysteme, Entmistungsverfahren und Lagerzeiträume in den Stallungen. Ammoniak stellt das am häufigsten vorkommende Schadgas dar, das die klinisch relevanten Grenzwerte am häufigsten überschreitet. Schwefelwasserstoff erhält seine Brisanz meist erst bei Ablassen oder Um- bzw. Abpumpen des Flüssigmistes. Die Freisetzung von Schwefelwasserstoff kann für Mensch und Tier tödlich sein. Problematisch in dieser Hinsicht sind sehr lange Entmistungsintervalle und dem damit verbundenen Auftreten von Schwimmdecken.

Aufgaben der Lüftung

Die Be- und Entlüftung eines Stallgebäudes, egal in welcher Nutzungsrichtung, sollte immer einer Gesamtbetrachtung im Hinblick auf Gebäude – Nutzung – Heizung- Lüftung unterzogen werden. Neben der Gewährleistung der erforderlichen Luftraten, wie in Tabelle 4 angeführt, kommen der Lüftung und Luftführung vor allem in den letzten Jahren auf Grund zunehmender Probleme im Zusammenhang mit dem Konflikt Tierhaltung – Anrainer, große Bedeutung im Hinblick auf Emissionen und den daraus entstehenden Immissionen zu. Die angesprochenen Konflikte führen dazu, dass vielfach der Ruf nach Abluftreinigung bzw. Abluftfilterung lauter wird, ja sogar in einigen Bundesländern in Deutschland mittlerweile gesetzlich vorgeschrieben ist. In der Berechnung für die erforderlichen Luftraten ist aus diesem Grund verstärktes Augenmerk auf die Druckstabilität der eingesetzten Ventilatoren zu legen. Die Abluft hat in diesen Fällen enorme Widerstände, sprich Drücke, zu bewältigen. Geht man davon aus, dass neben den Umlenkungen der Abluft in einer Zentralabsaugung auch noch dicke Schichten eines Biofilters, egal mit welchen Materialien befüllt, zu überwinden sind, so wird die Frage der End- und Belüftung vor allem eine Frage der Wirtschaftlichkeit im Hinblick auf den Energiebedarf.

Im Sommer und Winter werden an eine Lüftungsanlage unterschiedliche Anforderungen gestellt. Während im Winter die spezifisch schwerere und sehr viel kältere Außenluft nicht unmittelbar in den Tierbereich gelangen soll und das Hauptaugenmerk bei der Minimierung der Wärmeverluste durch die Lüftung liegt, versucht man im Sommer gerade mittels Luftbewegung im Tierbereich den Wärme(ab)transport zu verbessern, um zu großen Hitzestress für die Tiere zu verhindern. Besonders die hohen Temperaturen führen oft zu bedrohlichen Situationen, weil die meisten Tiere über eine äußerst geringe Hitzetoleranz gegenüber einer relativ großen Toleranz betreffend Kälte verfügen. Ob es in einem Stall zu Zuglufterscheinungen kommt, hängt in erster Linie von der Zuluftführung, sprich den Zuluftteinrichtungen ab.

Völlig konträr zur Abluftführung ist die unmittelbare Wirkung und auch Auswirkung verschiedener Zuluftführungen, sprich Lüftungssysteme, im Hinblick auf die Tiergesundheit zu sehen. Dem Erfordernis eines gleichmäßigen und impulsarmen Luftetrags bis in den Tierbereich werden nicht alle Lüftungssysteme gerecht. Die heute am Markt befindlichen Systeme im In- und Ausland entsprechen mehr oder weniger den gesetzlichen und damit vor allem theoretischen Vorgaben. Dass verschiedene Systeme in den Wintermonaten nur mit Zuluftvorwärmung oder Heizung ordnungsgemäß funktionieren, bleibt sehr oft unberücksichtigt.

Die wichtigsten Aufgaben der Lüftung in einer Zusammenfassung aufgelistet:

- Ausreichende Frischluftversorgung der Tiere je nach Alter und Gewicht
- Gleichmäßige Zuluftverteilung über das gesamte Abteil
- Zugluftfreies Einbringen mit Vermeiden von hohen Luftgeschwindigkeiten bis in den Tierbereich
- Optimales Zusammenspiel Lüftung – Heizung
- Ablüften von Schadgasangereicherter Stallluft
- Ablüften der von den Tieren erzeugten Körperwärme

Für die Nutzungsrichtung Schwein sei erwähnt, dass der zugluftfreien Einbringung der Frischluft, im Hinblick auf die Tiergesundheit, größte Bedeutung zukommt. Allein der Temperaturunterschied von kalter Zuluft zu Stallluft kann bewirken, dass die Frischluft bis in den Tierbereich enorm an Geschwindigkeit aufnimmt, und diese Geschwindigkeiten wesentlich über der Empfehlung von unter 2 Meter/Sekunde liegen können.

Zu diesem Faktor Temperaturunterschied gesellt sich ein starker Einfluss der unterschiedlichen Zuluftsysteme im Zusammenhang mit Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich. Der als impulsarmen Zuluftsystem bekannten Porenlüftung stehen Systeme mit hohen Eintrittsgeschwindigkeiten wie der Strahl- oder Ständerlüftung gegenüber. Die mit diesen Systemen entstehenden Luftwalzen in den Abteilen können während einer Hitzeperiode für eine durchaus angenehm zu empfindende Luftbewegung während der Sommermonate sorgen. Bei einem Wetterumschwung, in den Übergangsmo-naten der Jahreszeiten Frühjahr und Herbst bereiten diese Umstände aber bereits Probleme mit der Tiergesundheit und sind ohne das Installieren von Heizsystemen nicht ordnungsgemäß und zugluftfrei zu betreiben.

Als Variante zwischen Impulsarm und Impulsstark sind die so genannten Zuluftdecken, wie die Loch- bzw. Foliendecken, zu bezeichnen. Sie finden wie die Porendecke starke Verbreitung in der Schweinehaltung. Die Zuluft gelangt über mehr oder weniger große Öffnungen in den verschiedenen Materialien in das Abteil. Zum Einsatz gelangen Kunststofffolien, Textilgeflechte oder auch Hartschaumplatten. Im Gegensatz zur Porendecke in der Schweinemast haben diese Systeme eines gemeinsam, sie benötigen für einen einwandfreien Betrieb die Installation eines Heizsystems.

Zwangslüftungsverfahren

Überdrucklüftung

Sie findet in der Schweinehaltung weniger Verbreitung und funktioniert auf dem System der Luftverdrängung. Die Frischluft wird über die in den Zuluftkanälen installierten Ventilatoren eingeblasen, die Stallluft wird in die dafür vorgesehenen Ablufschächte verdrängt. Die Überdrucklüftung ist schwerer regelbar, sie hat unmittelbaren Einfluss auf die Temperatur im Abteil und benötigt einen aufwendigen und großzügig dimensionierten Aufbau des Zuluftschachtes.

Gleichdrucklüftung

In diesem Fall sorgen zwei Ventilatoren für einen Gleichdruck im Abteil. Während der Zuluftventilator die Frischluft einbringt sorgt der zweite Ventilator für die Abluft. Eigent-

Tabelle 3: Wärmeabgabe von Nutztieren

Tier	Körpergewicht (kg)	Wärmeabgabe (Watt/h)
Kalb	100	261
Junggrind	300	621
Mastbulle	400	766
Kuh	600	986
Mastschwein	60	139
Sau, tragend	150	269
Sau + 10 Ferkel	200	341

Quelle: TU MÜNCHEN, Skriptum Tierhygiene S. 6

Tabelle 4: Erforderliche Mindest- bzw. Sommerluftraten für Nutztiere

	Mindestluftrate pro kg	Sommerluftrate pro kg	Luftrate für 100 Tiere in m ³ /h	
	Tiergewicht in m ³ /h	Tiergewicht in m ³ /h	Mindestluftrate	Sommerluftrate
Rinder				
Kälber bis 180 kg	0,140	1,00	2520	18000
Kälber bis 220 kg	0,130	0,95	2860	21000
Jung- und Mastvieh bis 400 kg	0,120	0,90	4800	36000
Jung- und Mastvieh bis 500 kg	0,110	0,85	5500	42500
Jung- und Mastvieh bis 600 kg	0,100	0,80	6000	48000
Jung- und Mastvieh über 600 kg (bis 800 kg)	0,100	0,75	8000	60000
Kühe 700 kg (15 l/Tag)	0,100	0,75	7000	52500
Kühe 700 kg (25l/Tag)	0,120	0,85	8400	59500
Stier 1000 kg	0,070	0,45	7000	45000
Schweine				
Ferkel bis 10 kg	0,300	2,00	300	2000
Ferkel bis 30 kg	0,250	1,75	750	5250
mast bis 50 kg	0,200	1,50	1000	7500
Mast über 50 kg (bis 110 kg)	0,150	1,00	1650	11000
Leere Sauen 200 kg	0,080	0,60	1600	12000
Säugende Sauen 250 kg	0,100	0,75	2500	18750
Eber 200 kg	0,080	0,60	1600	12000
Pferde				
Kleinpferd (135 cm STM) 450 kg	0,100	0,60	4500	27000
Großpferd (über 165 cm STM) 650 kg	0,100	0,55	6500	35750
Schafe				
Mastlamm bis 40 kg	0,120	1,00	480	4000
Mutterschaf 80 kg	0,120	0,60	960	4800
Bock 100 kg	0,120	0,60	1200	6000
Ziegen				
Geiß 55 kg	0,120	0,50	650	2750
Bock 75 kg	0,120	0,60	900	4500
Geflügel				
Masthähnchen bis 1 kg	0,500	4,50	50	450
Masthuhn bis 2,5 kg	0,500	3,50	125	875
Junghennen bis 2 kg	0,300	2,50	60	500
Legehennen über 2 kg (bis 4 kg)	0,300	2,00	120	800
Puten bis 25 kg	0,300	2,00	750	5000
Truthühner weiblich 9 kg	0,300	2,50	270	2250
Truthühner männlich 20 kg	0,300	2,20	600	4400
Enten bis 3,5 kg	0,300	3,00	105	1050

Quelle: HAUSLEITNER A., Abteilung für Stallklimotechnik und Nutztierschutz, HBLFA Raumberg-Gumpenstein - Praxisempfehlung

lich eine Kombination aus Über- und Unterdrucksystem. Diese Variante bedingt eine aufwändige Steuerung um den Ausgleich zwischen Zu- und Abluft zu gewährleisten und ist energietechnisch aus diesem Grund auch schlechter zu bewerten.

Unterdrucklüftung

Mit großem Abstand das am weitesten verbreitete System. Die Ventilatoren sitzen mit saugender Wirkung entweder direkt im Abluftschacht des jeweiligen Abteils oder sind in der zentralen Abluft positioniert. Entweder einzeln oder zentral gesteuert sorgen sie für den nötigen Luftaustausch. Neben dem Ventilator sitzt vielfach auch eine temperaturgesteuerte Drosselklappe im Abluftschacht. Im Verfahren der zentralen Abluft kommt der Drosselklappe entscheidende Bedeutung bei der Gestaltung der Stalltemperatur zu. Sie soll vor allem in der Wintersituation, bei niedriger Luftrate, ein Auskühlen der Abteile auf Grund der Schwerkraft verhindern.

Als Zusatzausstattung werden Messventilatoren angeboten, sie sollen Aufschluss über die tatsächlich geförderten Luftraten geben.

Bei allen Zwangslüftungsverfahren gilt die Gewährleistung einer kontrollierten Lufteinbringung in das Abteil. Undichtigkeiten im Zuluftsystem, die Luft geht immer den Weg des geringsten Widerstandes, sind auf alle Fälle zu vermeiden.

Aus Gründen der bereits erwähnten Probleme mit Anrainern im Genehmigungsverfahren kommt vielfach nur die Unterdruckvariante zum Tragen.

Verschiedene Zuluftsysteme in der Praxis

Allgemeines

Die angebotenen Systeme sind vielfältig und darum auch völlig unterschiedlich zu bewerten. Jedes Zuluftsystem hat seine typischen Eigenschaften und diese können auch mit späteren Adaptierungen nicht umgekehrt werden. Hohe Lufteintrittsgeschwindigkeiten bewirken eine dementsprechende Luftbewegung in den Abteilen. Dass damit

auch Luftbewegung und Luftwalzen im Güllebereich mit Aufsteigen und Eintrag von Luft aus diesem Bereich wahrscheinlich sind, sollte bereits in der Planung berücksichtigt werden und dem Landwirt klar sein. Den Tieren steht damit nicht nur Frischluft sondern auch verbrauchte und mit Schadgasen, wie Ammoniak, Kohlendioxid oder Schwefelwasserstoff, angereicherte Luft zur Verfügung.

Aus diesem Grund sollten mit dem gelieferten und zu installierenden Lüftungssystem auch auf die dementsprechenden Merkmale und Montageprobleme hingewiesen werden. Dass allein eine unzureichende Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile, wie kalte Außenmauern oder die Abgabe von Körperwärme der Tiere (Tab.3), für zusätzliche Luftbewegung sorgen kann, ist oft nicht bekannt.

Strahl Lüftungssysteme

Wie der Name bereits ausdrückt, wird bei diesem System versucht, die Zuluft durch wenige und kleine Öffnungen in das Abteil einzustrahlen oder einzublase. Die Raumluft selbst wird durch diesen Impuls der Frischluft in Bewegung versetzt. Der Gewichtsunterschied von kalter Zuluft und der wärmeren Stallluft macht es notwendig, an den Einströmöffnungen verstellbare Klappen zu montieren. Diese Klappen sollen gewährleisten, dass die Zuluft nicht sofort in den Tierbereich abfällt, sondern mit Hilfe des Phänomens „Coanda Effekt“ sich an die glatte Deckenkonstruktion anlehnt und sich während des Einströmens anzuhängen versucht. Dies bedingt allerdings auch in der Wintersituation eine minimale Eintrittsgeschwindigkeit von 1 Meter/Sekunde. Das erfordert wiederum auf alle Fälle den Einsatz einer Raumheizung, ansonsten würde das Abteil innerhalb sehr kurzer Zeit auskühlen, die eingestellte Solltemperatur ist auf keinen Fall zu halten und die Tiere würden schwere gesundheitliche Schäden erleiden.

Die Strahl Lüftung kann innerhalb ihres Systems unterteilt werden in:

- Wandseitige Einströmdüsen mit verstellbarem Querschnitt
- Zentral angeordnete Elemente mit oder ohne Wärmerückgewinnung
- Kanalelemente mit ein- oder beidseitigen Öffnungen mit verstellbaren Lamellen

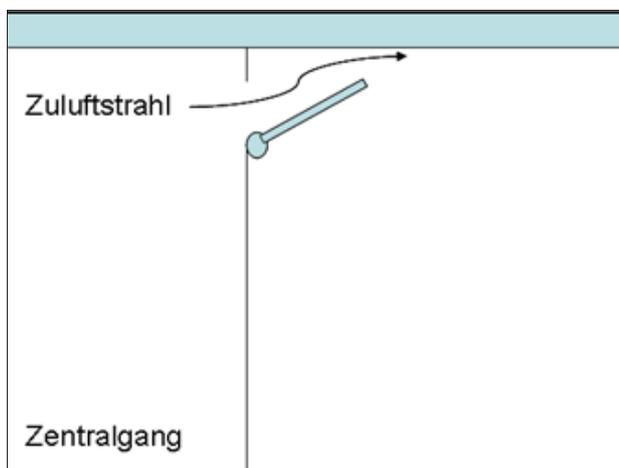


Abbildung 2: Strahl Lüftung mit verstellbarer Einströmklappe

Wandseitige Einströmdüsen

Die Zuluft gelangt über den Zentralgang in das Zuluftsystem. Die verstellbaren Pendelklappen sind längs der Abteilwand zum Zentralgang montiert. Je näher zur Deckenkonstruktion umso höher das Eintreten des Coanda Effekts im Abteil selbst.

In den Sommermonaten wird der Zuluftquerschnitt je nach Luftrate vergrößert. Künstlich erzeugte Widerstände wie Querbalken der Deckenkonstruktion oder quer eingebaute Beleuchtungskörper sollten auch aus energietechnischen Gründen vermieden werden.

Aus den oben angeführten Gründen sollten bei einer Strahl Lüftung folgende Planungsgrößen unbedingt beachtet werden:

- Raumtiefe nicht größer als das Vierfache der Raumhöhe
- Mindesteinströmgeschwindigkeit im Winter 1 m/sec
- Maximale Einströmgeschwindigkeit im Sommer 4 m/sec
- Einbau der Öffnung direkt unter der Stalldecke

Zuluftseitig werden diese Elemente entweder aus einem von der Decke abgehängten Zwischenraum oder direkt aus dem Dachraum versorgt. Sie bewirken je nach System eine Luftbewegung in alle Richtungen. Besonderes Merkmal dieser Varianten ist die Möglichkeit, von der Unterseite des Strahlkörpers Stallluft anzusaugen und vermischt mit Frischluft und damit leicht vorgewärmt in das Abteil abzugeben. Die rund ausgeführte 360° Variante hat den Nachteil,



Abbildung 3: Zentrale Strahl Lüftungseinheit mit 360° Öffnungen



Abbildung 4: Rechteckige Strahl Lüftungseinheit mit Öffnungen in 4 Richtungen

über keine vertikalen richtunggebenden Lamellen zu verfügen. Der Coander Effekt kommt dabei nicht zum Tragen

Strahl Lüftungskanäle

Das System kommt bei Abteilen mit einer Tiefe von mehr als 4 Meter zum Einsatz. Die Kanäle werden, wenn möglich, zuluftseitig ebenfalls aus dem Zentralgang versorgt. Im Gegensatz zu den wandseitigen Einströmdüsen, genügt eine punktuelle Zuluftöffnung in den Zuluftkanal. Im Abteil selbst ist der Kanal je nach Abteilmittelpunkt ein- oder beidseitig mit Zuluftöffnungen versehen. Um der Frischluft auch in dieser Variante eine Richtung zu geben, sind die Öffnungen mit verstellbaren Lamellen ausgestattet. Diese Lamellen sind entweder per Hand oder mechanisch je nach Zuluftgeschwindigkeit zu steuern. Das größte Problem neben der Zugluftgefahr stellt die mangelnde Möglichkeit zur Reinigung der Kanäle und Lamellen dar. Das unmittelbare Zusammentreffen von Frischluft und Stallluft führt an den Lamellen der Zuluftöffnung zu starkem Kondensat. Dieses Kondensat wiederum verkrustet mit den im Kanal anhaftenden Staubablagerungen und setzt die mechanischen Lamellen außer Funktion. In der Folge werden diese richt-



Abbildung 5: Strahl Lüftungskanal mit starkem Kondensat und entfernten Lamellen

tungsgebenden Lamellen meist entfernt, die Funktion der Strahl Lüftung ist in diesem Fall nicht mehr gewährleistet.

Loch- oder Foliendeckenlüftung

Diese Lüftung weist gegenüber der Strahl Lüftung eine stark reduzierte Eintrittsgeschwindigkeit in das Abteil auf. Sie wird entweder teil- oder vollflächig ausgeführt. Zum Einsatz gelangen die verschiedensten Materialien, von gelochten Hartschaumplatten, doppellagigen Kunststofffolien bis hin zu Textilgeflechten.

Bei ungeheizten Einheiten kommt es bei diesem System immer wieder zu großen Problemen mit Kondensat. Im Speziellen tritt dieses Problem auf, wenn kalte Zuluft direkt an der Zuluftdecke auf die warme Stallluft trifft. Zusätzlich kommt es bei Winterlüftraten zu ungleichmäßiger Verteilung der Zuluft und zu höheren Luftgeschwindigkeiten, da die kalte Luft direkt unmittelbar nach Eintritt in den Zwischenraum in das Abteil und damit in den Tierbereich abfällt. Die Frischluftversorgung beschränkt sich in diesem Fall auf das erste Drittel des Abteils. Das Zusammenwirken von Kondensat und dem in den Abteilen auftretenden Staub bewirkt, dass alle Textil- oder Vliesdecken großflächig ver-



Abbildung 6: Doppellagige Kunststofffolie als Zuluftelement



Abbildung 7: Textil- oder Kunststoffgeflecht (ACC) als Zuluftelement



Abbildung 8: Textilgeflechte haben keine lange Lebensdauer



Abbildung 9: Gelochte Kunststoffplatten als Zuluftelement

kleben und die Zuluft nur noch kleinflächig und mit hohem Energieaufwand in die Abteile befördert wird. Entscheidend ist der Temperaturunterschied zwischen Frisch- und Stallluft um das bereits angesprochene Kondensat zu vermeiden. Aus diesem Grund ist die zusätzliche Installation einer Heizung zur Zuluftvorwärmung hier unerlässlich. Vorteile hat dieses System teilweise in der einfacheren Montage und bei allfälligen Reparaturmaßnahmen. Als Nachteil sind durchaus die hohen Kosten der verschiedenen Materialien und die doch geringe mechanische Belastbarkeit der einzelnen Varianten anzusehen.

Unterflur- Betriebsganglüftung

Die Frischluft gelangt durch Öffnungen der Bodenkonstruktion im Zentralgang in den Unterbau des Bedienungsgangs des Abteils. Durch die Perforation des Gangbodens, meist mit Betonspalten ausgeführt, gelangt die Zuluft in den Tierbereich.

Die auf Grund des Unterdruckes in das Abteil aufsteigende Zuluft vermischt sich je nach Temperatur im Abteil mit der wärmeren Stallluft und fällt langsam und gleichmäßig in den Tierbereich ab. Diese Darstellung ist allerdings in der Praxis mit wenigen Ausnahmen nicht vorzufinden. Sogar bei einer Abteilstemperatur von plus 20° und einer Zulufttemperatur von plus 15° steigt die Frischluft nicht mehr auf, sondern fällt unmittelbar an der Buchtentrennwand in den Tierbereich ab. Aus diesem Grund ist das geschlossene Ausführen der Buchtentrennwand bis zur Oberkante der Aufstallung zum Bedienungsgang unerlässlich.

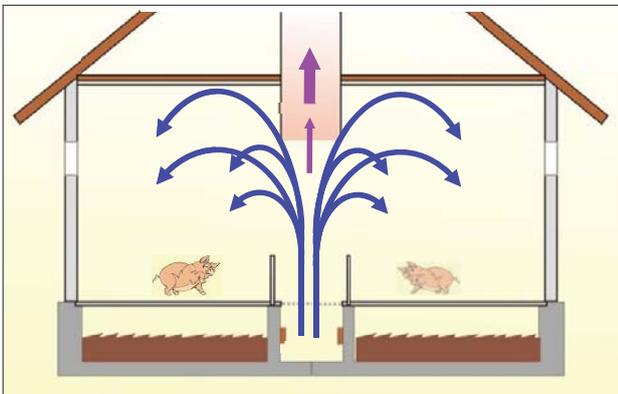


Abbildung 10: Sollsituation der Unterflur-Betriebsganglüftung

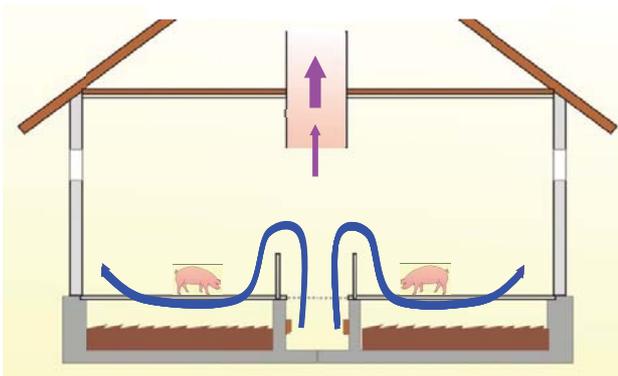


Abbildung 11: Situation bei unzureichender Zuluftvorwärmung

Neben den durch den Zuluftunterbau doch höheren Errichtungskosten fallen vor allem auch höhere Energiekosten durch die Umlenkungen der Zuluft bis in den Tierbereich an.

Futter- oder Türanglüftung

Ähnlich der zuvor beschriebenen Betriebsganglüftung erfolgt der Lufteintrag nicht über die Decke sondern bodennah. Die Zuluft wird nicht aufwendig durch einen eigens errichteten Unterbau, sondern durch eine dafür vorgesehene Öffnung in der Abteiltür, in das Abteil geleitet.



Abbildung 12: Zuluftöffnung in der Abteiltür

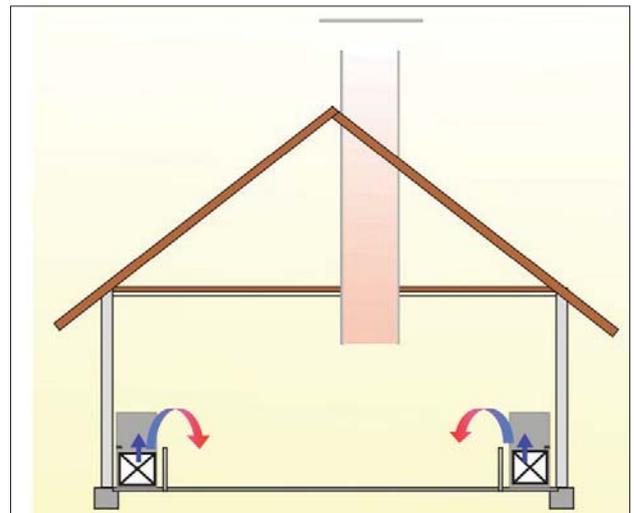


Abbildung 13: Funktionsweise der Türanglüftung



Abbildung 14: Mit Nebel versetzte Luft dringt in das Abteil ein

Die Zuluft gelangt durch einen Zentralgang oder einem vorgelagerten Raum in das Abteil. Dies schafft zusätzlich die Möglichkeit zur Vorwärmung der Luft für die Wintermonate.

Für eine einwandfreie und gleichmäßige Versorgung des Abteils mit Frischluft ist die Anordnung der Ablufteinheit entscheidend. Sie sollte links oder rechts an der Wand zu der Tür positioniert sein, durch die die Luft in das Abteil gelangt.

Porenlüftung

Die Porendecke besteht im Wesentlichen aus luftdurchlässigen Spezial- Holzwolle- Leichtbauplatten, die entweder magnesit- oder zementgebunden ausgeführt sind. Diese Materialien müssen offenporig und fein strukturiert sein. Auf diese Leichtbauplatten wird je nach Anforderung eine strömungsregulierende und geschwindigkeitsreduzierende Spezialdämmschicht aus Mineralwolle gelegt. Anstatt der Holzwolleplatte kann eine Holz-Streuschalung verwendet werden. Dabei ist aber vor allem auf genügend breite Schlitzze zwischen den Brettern zu achten, welche eine gleichmäßige Luftströmung ohne zusätzliche Druckverluste gewährleisten. Im Besonderen ist darauf zu achten, dass der Dämmstoff an keiner Stelle vollflächig auf den Brettern aufliegt, sondern mittels Holzleisten etwas abgehoben wird. Vermehrt trifft man vor allem in den letzten Jahren auf geschlitzte oder gelochte Kunststoff- oder Aluwelleplatten als Tragschicht anstelle der Holzwolleplatte. Bei all diesen

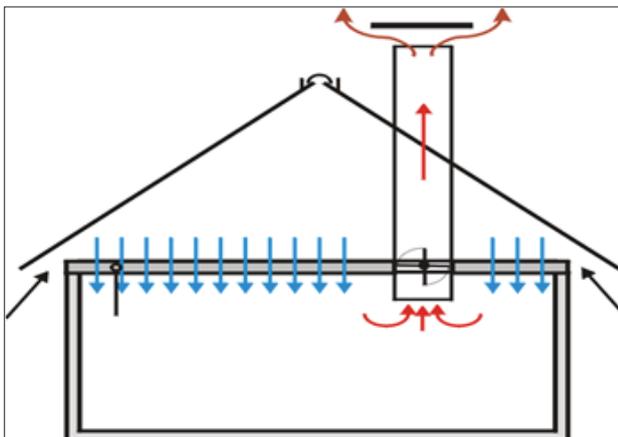


Abbildung 15: Funktionsweise der Porendecke



Abbildung 16: Klassische Porendecke mit Heraklith - Holzwolleplatte

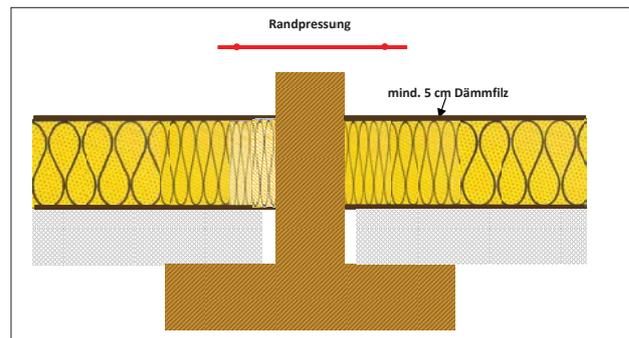


Abbildung 17: Aufbau der Klassischen Porendecke

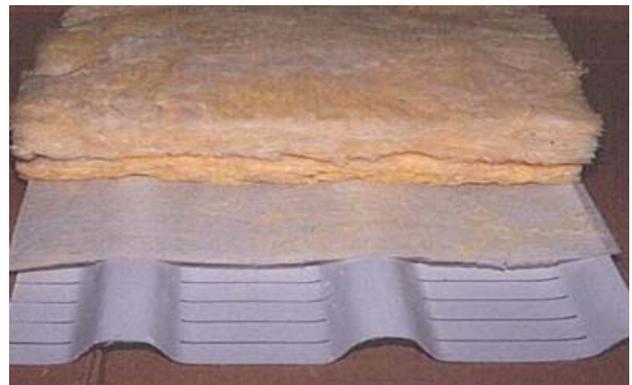


Abbildung 18: Kunststoffwellplatte (Trapezdecke) als Tragschicht, Mineralwolle mit Verstärkungsvlies

Abwandlungen der Porendecke ist das Hauptaugenmerk auf einen möglichst großen Schlitz- oder Lochanteil und auf eine absolut dichte Verlegung des Dämmstoffes, nur dieser ist die eigentliche Luftbremse, zu richten.

Die Zuluftführung über Porendecken erfolgt gleichmäßig und mit so geringer Geschwindigkeit, dass bei sachgerechter Ausführung Zugluft weitestgehend ausgeschlossen ist. Voraussetzung dafür ist natürlich eine völlig lückenlose und gleichmäßige Abdeckung der Tragschicht durch die Mineralwolle. Die Frischluftverteilung im Stall erfolgt durch die langsamen Luftumwälzungen, die durch den Wärmehauftrieb über den Tieren entstehen. Der Ablufschacht beeinflusst diese Umwälzungen kaum. Es ist weitgehend gleichgültig, wo er angeordnet ist. Um Luftkurzschlüsse zu vermeiden, empfiehlt sich aber eine Abdeckung der Mineralwolle in einem Radius von bis zu einem Meter um den Schacht oder ein Absetzen des Schachtes gegenüber der Decke um 60 bis 100 cm. Durch dieses Absetzen des Schachtes entsteht ein Luftpolster zwischen Unterkante der Decke und Unterkante der Ablufteinheit. In diesem Luftpolster kann sich die Frischluft mit der angewärmten Stallluft vermischen und anschließend in den Tierbereich abfallen.

Der installierte Temperaturfühler sollte in keinem Fall in diesem Luftpolster positioniert sein. Er hat den unmittelbaren Tierbereich zu repräsentieren die die vorherrschenden Bedingungen an die Steuereinheit weiterzugeben.

Die Porendecke ist das am meisten verbreitete Zuluftsystem in Österreich. Bei ordnungsgemäßer Ausführung ist es auch vor allem in Hinblick auf die Tiergesundheit auf Grund der impulsarmen Zuluft als das tiergerechteste zu bezeichnen.

Tiergesundheit und Stallklima

Das in modernen, automatisch klimatisierten Schweineställen auftretende Syndrom der Ohrrandnekrosen bei Ferkeln wird durch zu kalte Zugluft und dem damit verbundenen Abkühlungseffekt der Körperoberflächen wesentlich mit verursacht. Selbstverständlich steigt durch kalte Zugluft auch die Anfälligkeit für Atemwegsinfektionen und Husten. In Sauenbeständen werden vor allem die zahlreichen Herbstaborte durch Kaltlufteinwirkungen während der kühlen Nächte nach sonnigen, warmen Herbsttagen verursacht. Es reichen schon wenige Stunden mit kalter Zugluft (Zulufttemperatur sinkt nach Sonnenuntergang sofort ab) als Stressor aus, um Sauen in einem empfindlichen Trächtigkeitsstadium zum Abort zu veranlassen (SCHAFZAHN, 2010).

In Schweinebetrieben spielen Erkrankungen des Atemwegstraktes eine wesentliche Rolle und stehen an erster Stelle bezüglich wirtschaftlicher Verluste. Als wesentliche Faktoren von Atemwegserkrankungen spielen Aufstellungsbedingungen, Anzahl der Tiere pro Stalleinheit bzw. Bucht, Stallwetter, vor allem Luftfeuchtigkeit, Fremdgase und Temperatur eine entscheidende Rolle.

Die Bedeutung des Luftraumes bzw. des im Stallbereich umgebenden Luftbereiches hinsichtlich Entwicklung von Atemwegserkrankungen wurde in zahlreichen Untersuchungen dokumentiert (BACKSTRÖM u. BREMER, 1978; KELLEY, 1985). Staub, hohe Schadgaskonzentrationen, Trockenheit und extrem hohe oder niedrige Luftfeuchtigkeit erhöhen die Empfindlichkeit der Schweine gegenüber Pneumonie-Erregern. Ungünstige Umweltbedingungen können die Wirkung von Sekundärinfektionen von unter natürlichen Bedingungen entstandenen Ausbrüchen von Enzootischer Pneumonie (EP) entscheidend verschlimmern (CLARK et al., 1993).

Fremdgase

Verschiedene Gase wie Ammoniak, Schwefelwasserstoffgas, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid wurden als wichtige Kontaminanten in Schweineställen festgestellt. Ammoniak stellt das am häufigsten vorkommende Schadgas dar, das die klinisch relevanten Grenzwerte am häufigsten überschreitet (DONHAM, 1991). Der direkte Einfluss von hohen Ammoniakkonzentrationen hinsichtlich funktioneller oder morphologischer Störungen auf den Atemwegstrakt wurde in experimentellen Untersuchungen bestätigt. Die chronischen Auswirkungen geringer Ammoniakkonzentrationen über eine gesamte Lebensperiode bei Schweinen ist bisher noch nicht gelungen. POINTON et al. (1985) verglichen den durchschnittlichen Ammoniakgehalt zwischen Schweinebetrieben mit einer Prävalenz an Pneumonien über 70 % mit denen von weniger als 30 %. Die durchschnittliche Ammoniumkonzentration in dem Schweinebetrieb mit einer hohen Prävalenz an Pneumonien betrug 11,3 ppm im Vergleich zu 5 ppm bei Schweinen mit niedrigem Pneumonievorkommen. Richtlinien für maximale Konzentrationen von Luftkontaminanten in Schweineställen wurden von DE BOER und MORRISON (1988) angeführt.

Temperatur

Wenn die Stalltemperatur zu niedrig ist, verursacht Zugluft eine eklatante Abkühlung des Stallbodens. Temperatur-

schwankungen von über 12°C vermindern die natürliche Immunität und führen dadurch zu gehäuftem Auftreten von Pneumonien bei betroffenen Schweinen (TIELEN, 1978). Ebenso kommt es bei Schweinen in Freilandhaltung bei einem plötzlichen Temperaturabfall zu einer vermehrten Häufigkeit von Pneumonien. Die für wirtschaftliche Verluste bedeutendsten Krankheitserreger des Respirationstraktes des Schweines sind einerseits Viren (Influenzavirus A, Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus, Porcine Respiratory Corona Virus) und andererseits Bakterien (*Actinobacillus pleuropneumoniae* = APP, *Pasteurella multocida*, *Bordetella bronchiseptica*) sowie Mycoplasmen (*Mycoplasma hyopneumoniae* = EP).

Die klinischen Erscheinungen von Atemwegserkrankungen wie Husten, erschwerte Atmung (Dyspnoe), Fressunlust (Inappetenz), Niedergeschlagenheit (Apathie) und Fieber sind für das Einzeltier meist unspezifisch. Eine systematische Befunderhebung und Dokumentation sind Voraussetzung, um klinische Symptome von Atemwegserkrankungen in Schweinebetrieben erfassen zu können (MUIRHEAD, 1980; SCHULZE, 1970).

Untersuchung zur Schlachtkörperauswertung hinsichtlich der Lungengesundheit von Mastschweinen

Beschreibung der Mängel:

Die im Rahmen dieses Projektes untersuchten Betriebe, dies waren in einem ersten Durchgang (Sommer) 28 Betriebe, zeigen unterschiedliche Fehler bzw. Mängel in ihren Systemen. Letztendlich zeichnen sich aber insbesondere bei jenen Betrieben, die entsprechende Sanierungsmaßnahmen gesetzt haben und die damit auch in die Auswertung einbezogen wurden, einige klassische wenn auch dramatische Mängel in der Zuluftführung ab. Es sind dies zu 70% direkte oder indirekte Falschlufteinträge in den Bereich der Gülle unter dem Spaltenboden. Die restlichen 30% verteilen sich auf eine verminderte Frischluftversorgung durch Luftkurzschlüsse von Zuluft zu Abluft und auf durch die Betreiber stark verminderte Luftraten auf Grund von bereits vorherrschenden tiergesundheitslichen Problemen.

Unter direktem Falschlufteintrag in den Bereich der Gülle versteht man Undichtheiten bzw. direkte Verbindungen in



Abbildung 19: Direkter Falschlufteintrag in das Abteil

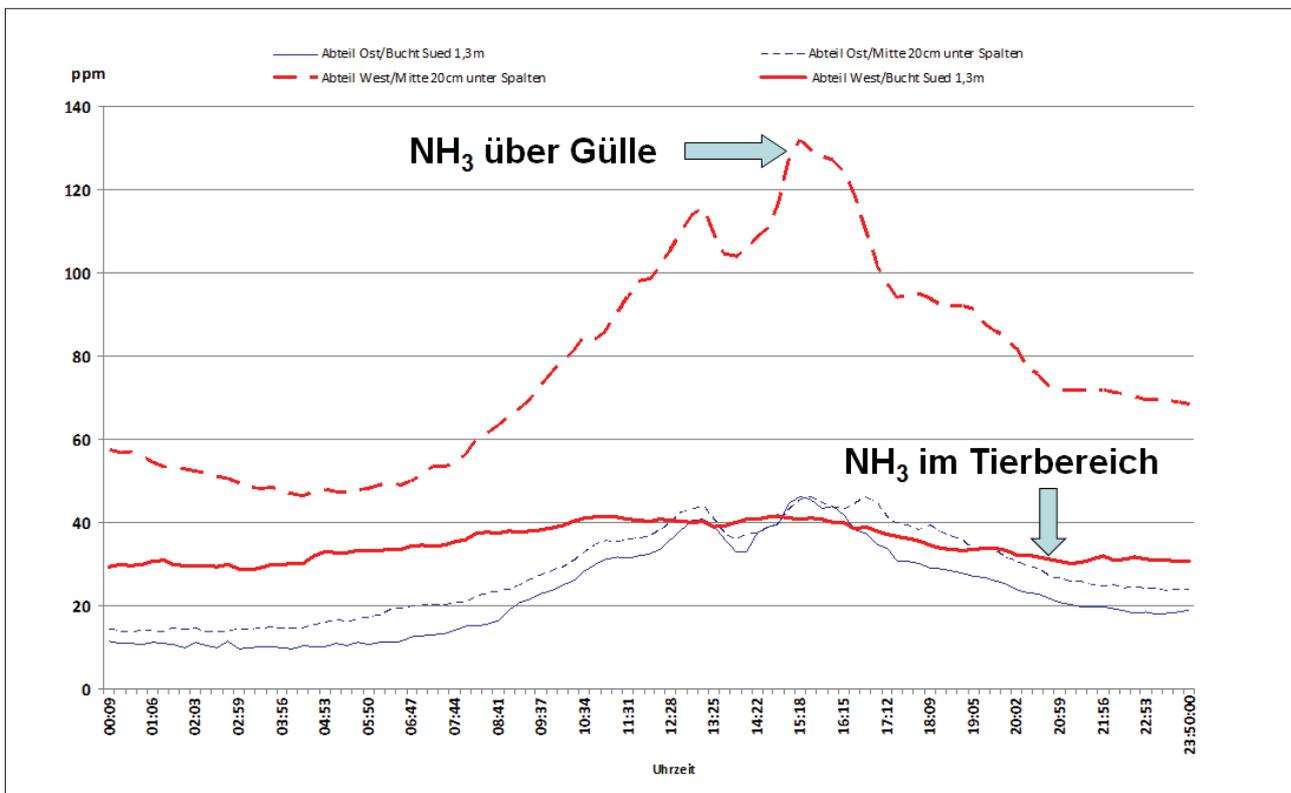


Abbildung 20: Gleichzeitige Messung von NH_3 im Tierbereich und über der Gülle



Abbildung 21: Indirekter Falschlufteintrag über eine Unterflur-Betriebsganglüftung

den Zentralgang, in das Güllelager oder in benachbarte Abteile. Das bedeutet, die Luft gelangt nicht über das eigentliche Zuluftsystem in das Abteil, sondern sie wird durch den an diesen Stellen oft geringeren Unterdruck direkt über die Gülleoberfläche in das Abteil gefördert.

Unter indirekten Falschlufteinträgen versteht man den Eintrag der Zuluft in den Güllebereich verursacht durch Mängel an den Zuluftsystemen, insbesondere durch den Temperaturunterschied von Frischluft zu Stallluft. Das bedeutet, dass aufgrund der physikalischen Eigenschaft der kälteren und damit schwereren Frischluft (Zuluft) ein permanenter Lufteintrag über den Tierbereich, durch den Schlitzanteil im Spaltenboden hindurch, in den unmittelbaren Bereich

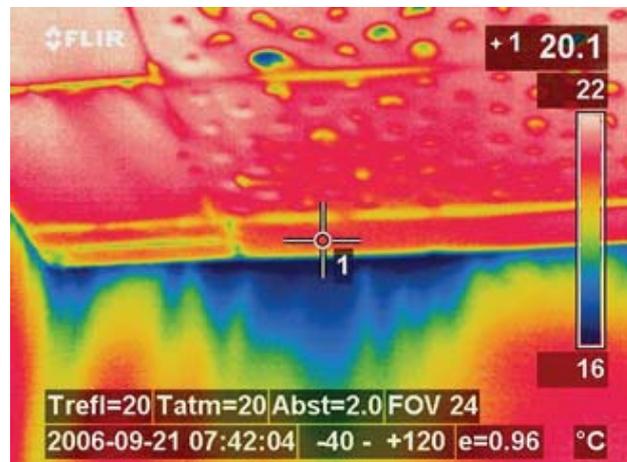


Abbildung 22: Indirekter Falschlufteintrag entlang der Wände über eine undichte Zuluftdecke

der Gülleoberfläche gegeben ist. Je nach Füllhöhe des Güllelagers im Abteil reichert sich die Luft mit hohen Anteilen von Schad- und Fremdgasen an und verliert den Charakter und die positive Eigenschaft einer Frischluft.

Durch den im Abteil vorhandenen Unterdruck gelangt diese Falschlufft unweigerlich wieder in den Tierbereich und ruft in all diesen Fällen sehr hohe Schad- bzw. Fremdgasgehalte in der Stallluft hervor. Grafik ? zeigt das hohe Potenzial an Ammoniak im Bereich der Gülleoberfläche.

Ebenfalls als Ausführungsfehler kann der Bereich der sogenannten Luftkurzschlüsse bezeichnet werden. Dabei fördert das Zuluftsystem zwar ausreichende Mengen in

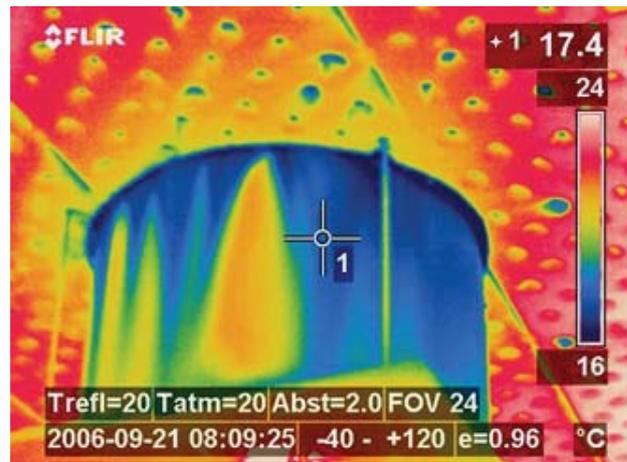


Abbildung 23 und 24: Frischluft wird unmittelbar wieder abgesaugt. Die Wärmebildaufnahme verdeutlicht diesen Mangel.

das Abteil, die Frischluft wird allerdings unmittelbar nach Eintreten in das Abteil wieder abgesaugt.

Wird ein Großteil der Zuluft wieder abgesaugt, ohne dass diese den Tieren jemals zur Verfügung stand, dann führt dies im Tierbereich selbst zu einer Unterversorgung mit Frischluft. Dies zeigte sich in der Untersuchung nicht nur durch erhöhte Ammoniakgehalte. Sogar in der Sommerperiode steigt der Kohlendioxidwert bei derartigen Mängeln im Tierbereich auf bis zu 6000 ppm.

Die Zuluftsysteme der angeführten Beispiele zeigen Ausführungs- und Planungsmängel, diese führen aber zu einem als stark nachteilig zu beurteilenden Stallklima mit unausweichlich negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit und damit auch auf die Wirtschaftlichkeit der Betrieb selbst.

Die Tierhalter versuchen diese Mängel teilweise mit einem Herabsetzen der Mindestluftstraten zu kompensieren. Damit verschlechtern sich alle für das Stallklima wesentlichen Parameter. Die Temperaturen, die rel. Luftfeuchte und alle Schadgase sind im Steigen begriffen. Die bereits vorbelasteten Tiere haben keine Möglichkeit, sich den negativen Einflüssen zu entziehen. Gleichzeitig muss dabei erwähnt werden, dass diese Bedingungen aber auch förderlich für die Entwicklung des Erregerspektrums im Hinblick auf eine Vielzahl der im Schweinebereich auftretenden Krankheiten sind.

Ergebnisse und Beschreibung der Schlachtkörperauswertung:

In Zusammenarbeit mit der Fa. Schirnhofen wurden 28 Schweinemastbetriebe ausgewählt, die erhebliche Probleme im Zusammenhang mit Beanstandungen der Schlachtkörper hinsichtlich der Lungengesundheit aufwiesen.

Am Schlachthof wurde diesbezüglich folgende Unterteilung der erhobenen Befunde vorgenommen:

- Lungenentzündung 10-30 %
- Lungenentzündung >30 %
- Lungenentzündung < 10 %
- Lunge am Tierkörper verwachsen
- Lunge mit Brustfell verwachsen
- Brustfellentzündung < Handfläche

- Brustfellentzündung > Handfläche
- Bauchfellentzündung

Die ausgewählten Betriebe wurden im Jahr 2006 besucht und hinsichtlich ihrer stallklimatischen Gegebenheiten bzw. möglicher Problemquellen für die Tiergesundheit analysiert. Im Anschluss an diese Betriebsbesuche wurden Vorschläge und Empfehlungen zur Verbesserung der stallklimatischen Situation und somit zur Verbesserung des Tiergesundheitsstatus in den Betrieben abgegeben.

In weiterer Folge wurden jene Betriebe (in Summe zehn), die Adaptierungen, Umbauten und Änderungen gemäß den erhaltenen Verbesserungsvorschlägen vorgenommen haben, abermals Ende 2008/Anfang 2009 besucht und die empfohlenen Maßnahmen aus dem ersten Besuch auf deren Tauglichkeit bzw. Auswirkung begutachtet.

Ziel der Untersuchungen war es zu ermitteln, ob die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen einen Einfluss auf die prozentuellen Anteile der am Schlachthof erhobenen Lungenbefunde hat. Der Begriff „Lungenbefund“ umfasst hierbei sämtliche Grade von an den Schlachttieren erhobenen Lungenentzündungen (Pneumonien).

Die Datenauswertung erfolgte mit dem Programm Statgraphics Centurion XV. Der für die Auswertungen herangezogene Datensatz umfasst den prozentuellen Anteil von am Schlachthof erhobenen Lungenbefunden von zehn steirischen Betrieben aus den Jahren 2005 bis 2010 (Tabelle 1). Insgesamt sind in diesem Datensatz die Befunde hinsichtlich der Lungengesundheit von 90133 untersuchten Schlachtschweinen enthalten.

Der Mittelwert der erhobenen Lungenbefunde über alle Betriebe und Jahre hinweg beträgt 37,12 %, wobei der höchste ermittelte Wert bei 60,49 % und der niedrigste bei 5,88 % liegt.

In *Abbildung 25* ist ersichtlich, dass zwischen den Betrieben insgesamt eine starke Inhomogenität hinsichtlich der prozentuellen Anteile der erhobenen Lungenbefunde vorliegt. Auch das Potenzial der einzelnen Betriebe die empfohlenen Maßnahmen umzusetzen bzw. die daraus resultierende Veränderung der Befundwerte ist zwischen den einzelnen Betrieben sehr unterschiedlich.

Die Box beinhaltet 50 % der Werte. In *Abbildung 26* sind die Box-Plots zu den erhobenen Lungenbefunden der Jahre

Tabelle 5: In den Jahren 2005 bis 2010 auf zehn Betrieben erhobener prozentueller Anteil von Lungenbefunddaten

Betr.	Betriebsform	Lungenbefunde 2005 in %	Lungenbefunde 2006 in %	Lungenbefunde 2007 in %	Lungenbefunde 2008 in %	Lungenbefunde 2009 in %	Lungenbefunde 2010 in %
B1	Kombinierter Betrieb	55,37	57,72	39,02	48,10	42,88	40,55
B2	Kombinierter Betrieb	39,27	33,73	22,96	14,35	11,88	5,88
B3	Kombinierter Betrieb	35,00	43,63	42,66	43,14	14,88	15,41
B4	Mastbetrieb	36,53	35,79	19,02	21,21	22,86	37,62
B5	Kombinierter Betrieb	51,06	51,69	42,74	33,19	45,07	47,52
B6	Kombinierter Betrieb	46,41	38,50	30,51	33,62	19,61	27,32
B7	Mastbetrieb	41,38	41,44	39,07	29,88	20,85	20,36
B8	Kombinierter Betrieb	44,74	39,04	48,52	41,68	35,26	37,17
B9	Kombinierter Betrieb	48,68	59,17	54,94	32,51	36,13	43,83
B10	Kombinierter Betrieb	60,49	57,22	45,85	35,70	29,51	37,10

Tabelle 6: Einteilung der Betriebe in Klassen nach Lüftungssystem und Mangel

Betrieb	Lüftungssystem	Mangel
B1	a	III
B2	a	III
B3	a	III
B4	a	III
B5	b	II
B6	c	III
B7	a	I
B8	c	III
B9	a	III
B10	c	III

Lüftungssystem: a = Porendecke, b = Fensterlüftung, c = Strahl Lüftung
Mangel: I = Luftkurzschluss, II = hohe Raumtemperatur, III = Eintrag in die Gülle

Die Daten wurden auf Normalverteilung getestet und für die Analyse der Unterschiede erhobener Lungenbefunddaten zwischen den einzelnen Erhebungsjahren und Betrieben bzw. Lüftungssystemen wurde ein allgemeines lineares Modell (GLM) erstellt:

Die Daten wurden auf Normalverteilung getestet und für die Analyse der Unterschiede erhobener Lungenbefunddaten zwischen den einzelnen Erhebungsjahren und Betrieben bzw. Lüftungssystemen wurde ein allgemeines lineares Modell (GLM) erstellt:

Modell 1:

$$y_{ijkl} = \mu + B_i + J_j$$

wobei

y_{ij} = Beobachtungswert der abhängigen Variable → Lungenbefund in %

B_i = fixer Effekt des Betriebes (1,2,3,4,9)

J_j = fixer Effekt des Jahres (2005 – 2010)

Wechselwirkungen konnten in Folge linearer Abhängigkeiten nicht bewertet werden.

Modell 2:

$$y_{ijkl} = \mu + L_i + J_j$$

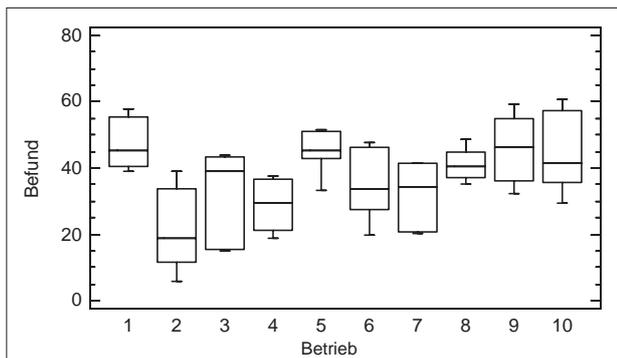
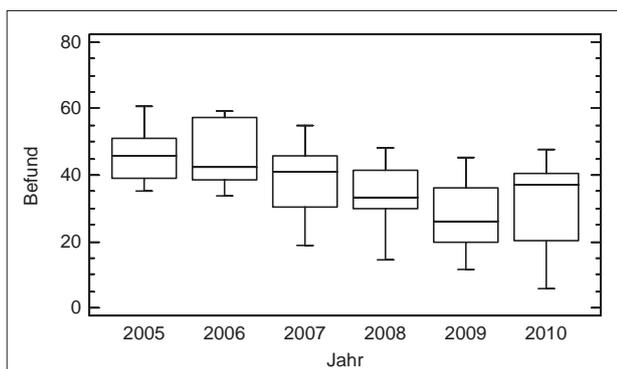
wobei

y_{ij} = Beobachtungswert der abhängigen Variable → Lungenbefund in %

L_i = fixer Effekt des Betriebes (1=Porenlüftung, 2=Strahl Lüftung)

J_j = fixer Effekt des Jahres (2005 – 2010)

Wechselwirkungen konnten in Folge linearer Abhängigkeiten nicht bewertet werden.

**Abbildung 25: Box-Plots zu den erhobenen Lungenbefunden in % differenziert nach Betrieben****Abbildung 26: Box-Plots zu den erhobenen Lungenbefunden aller Betriebe in % differenziert nach Jahren**

2005 bis 2010 ersichtlich. Hier zeigt sich in den Jahren 2005 bis 2009 ein kontinuierlicher Rückgang der prozentuellen Anteile erhobener Befunde. Im Jahr 2010 ist allerdings wieder ein Anstieg der ermittelten Befundwerte zu verzeichnen. Die Betriebe wurden entsprechend des vorhandenen Lüftungssystems und der Art des beanstandeten Mangels, welcher zu tiergesundheitlichen Problemen führt, in unterschiedliche Kategorien bzw. Klassen unterteilt (Tabelle 6).

Da in den Klassen der Mängel „Luftkurzschluss“ und „hohe Raumtemperatur“ jeweils nur ein Betrieb zugeordnet war, wurden diese Betriebe von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. In einem ersten Schritt der Analyse wurde der Parameter Lungenbefund (in %) nach dem Modell 1 geprüft. In einem weiteren Schritt wurde das Modell insofern abgeändert, dass die speziellere Klasse Betrieb durch die allgemeinere Klasse Lüftung ersetzt wurde. Diese Maßnahme ermöglicht Aussagen über die Betriebe und das Lüftungssystem. Eine gemeinsame Auswertung ist nicht möglich, da pro Betrieb nur ein Lüftungssystem vorhanden ist.

In *Tabelle 7* sind die kleinsten Quadrat-Mittelwerte (LS-Means) für die Lungenbefunde unterteilt nach Betrieb, Jahr und Lüftungssystem dargestellt. Das Gesamtmittel beträgt 36,73 % und die Mittelwerte der acht untersuchten Betriebe reichen von 21,35 % bis 47,27 % an ermittelten Lungenbefunden. Im Zeitverlauf stellen sich die Lungenbefunden folgendermaßen dar: Ausgehend von einem Plateau bei etwa 45,71 % (Jahr 2005 und 2006) sinkt der Anteil erhobener Lungenbefunde über drei Jahre auf 26,62 % ab und steigt im letzten Jahr marginal auf 30,61 % an.

Das Lüftungssystem Porendecke hat einen Mittelwert der erhobenen Lungenbefunde von 35,16 % und das System Strahl Lüftung einen Mittelwert von 39,35 %. Das Lüftungssystem Strahl Lüftung scheint demnach in dieser Untersuchung gegenüber der Porenlüftung leichte Nachteile hinsichtlich der Tiergesundheit aufzuweisen. In diesem Zusammenhang ist jedoch zu erwähnen, dass beide Systeme in den untersuchten Betrieben mangelhaft ausgeführt waren und keine fehlerfreie Funktionsfähigkeit gegeben war.

Innerhalb des Modelles unterschieden sich die Klassen Betrieb und Lüftung hoch signifikant ($p = 0,000$). Die Klasse Lüftung erreicht die Signifikanzgrenze nicht ($p = 0,224$). Das Bestimmtheitsmaß erreicht einen Wert von 76,6 % – somit werden über $\frac{3}{4}$ der Streuung durch das Modell erklärt.

Es wurde ein mehrfaches Vergleichsverfahren (Fishers LSD-Methode) angewendet, um festzustellen, welche Mittelwerte sich signifikant voneinander unterscheiden. In *Tabelle 8* sind die Mittelwertvergleiche nach Jahren dargestellt – jene Jahre, die sich signifikant voneinander unterscheiden, sind mit einem Stern gekennzeichnet (mit einem 95 %igen Konfidenzniveau).

Es ist zu erkennen, dass sich zwischen den Jahren zwei Gruppen bilden, die sich hinsichtlich der erhobenen Lun-

Tabelle 7: Kleinste Quadrate-Mittelwerte (LSMeans) für die Lungenbefunde mit 95 %igem Konfidenzintervall nach Betrieb und Jahr

Stufe	Anzahl	Mittelwert	Std. Fehler	Untere Grenze	Obere Grenze
GES.					
MITTEL	48	36.7288	1.0554	34.5862	38.8714
Jahr					
2005	8	45.8114	2.5852	40.5632	51.0597
2006	8	45.6006	2.5852	40.3523	50.8488
2007	8	37.9359	2.5852	32.6876	43.1841
2008	8	33.7888	2.5852	28.5405	39.037
2009	8	26.6262	2.5852	21.378	31.8745
2010	8	30.61	2.5852	25.3618	35.8582
Betrieb					
B1	6	47.2733	2.98513	41.2132	53.3335
B2	6	21.3467	2.98513	15.2866	27.4069
B3	6	32.4537	2.98513	26.3935	38.5138
B4	6	28.8384	2.98513	22.7782	34.8985
B6	6	32.6621	2.98513	26.602	38.7223
B8	6	41.0673	2.98513	35.0072	47.1275
B9	6	45.8773	2.98513	39.8171	51.9374
B10	6	44.3117	2.98513	38.2515	50.3718
Lüftung					
Porendecke	30	35.1579	2.07643	30.9644	39.3513
Strahl Lüftung	18	39.347	2.68065	33.9333	

Tabelle 4: Mehrfachvergleich der Lungenbefunde nach Jahren; Methode 95 % LSD

Kontrast	Sign.	Differenz	+/- Grenzen
2005 - 2006		0.210877	7.42214
2005 - 2007	*	7.87558	7.42214
2005 - 2008	*	12.0227	7.42214
2005 - 2009	*	19.1852	7.42214
2005 - 2010	*	15.2014	7.42214
2006 - 2007	*	7.6647	7.42214
2006 - 2008	*	11.8118	7.42214
2006 - 2009	*	18.9743	7.42214
2006 - 2010	*	14.9906	7.42214
2007 - 2008		4.1471	7.42214
2007 - 2009	*	11.3096	7.42214
2007 - 2010		7.32585	7.42214
2008 - 2009		7.1625	7.42214
2008 - 2010		3.17875	7.42214
2009 - 2010		-3.98375	7.42214

* kennzeichnet eine statistisch signifikante Differenz

re 2005-2006 unterscheiden sich von den Jahren 2007-2010.

Diskussion und Schlussfolgerungen zur Schlachtkörperauswertung

Zwischen den untersuchten Schweinemastbetrieben lag eine große Variabilität hinsichtlich des Ausmaßes der aufgetretenen Lungenprobleme, der Möglichkeit des Betriebs die empfohlenen Maßnahmen umzusetzen und der daraus resultierenden Reduktion von im Verlauf der Jahre am Schlachthof erhobenen Lungenbefunden vor. Es ist festzuhalten, dass es im Anschluss an die Betriebsbesuche im Jahr 2006 in den darauffolgenden Jahren 2007 bis 2009 zu einem kontinuierlichen Rückgang der ermittelten Lungenbefunde kam. Auch unterscheiden sich die Lungenbefundwerte der ersten Erhebungsjahre 2005 und 2006 statistisch signifikant von den darauffolgenden Jahren 2007-2010. Daraus kann geschlossen werden, dass die Empfehlungen zur Mangelbeseitigung betreffend die stallklimatischen Gegebenheiten für die Betriebsleiter verständlich, umsetzbar und hilfreich waren und somit wesentlich zur Verbesserung der Tiergesundheit beigetragen haben.

Der abermalige leichte Anstieg erhobener Lungenbefunde im Jahr 2010 lässt sich so interpretieren, dass zwei Jahre nach den letzten Betriebsbesuchen die Empfehlungen eventuell nicht mehr so gut umgesetzt worden sind und es somit abermals zum Auftreten derselben oder auch neuer stallklimatischer bzw. tiergesundheitlicher Probleme auf einzelnen Mastbetrieben gekommen ist. Hierbei wäre es zielführend, derartige Betreuungsmaßnahmen durch Stallklima-ExpertInnen in enger Zusammenarbeit mit den betrieblichen BetreuungstierärztInnen über mehrere Jahre hinweg immer wieder nach einem vordefinierten Intervall und auch anlassbezogen fortzuführen, um die erzielten Erfolge abzusichern und weitere Optimierungsmaßnahmen vornehmen zu können.

Literatur beim Verfasser

Messpunkte:

CO ₂ <input type="checkbox"/> ppm <input type="checkbox"/> vol%	Mp 1	Mp 2	Mp 3	Mp 4	Sollwerte max. 2000
NH ₃ (ppm)					max. 20
H ₂ S (ppm)					0
O ₂ (vol%)					20,9
Temp im Tierbereich (°C)					22
rel LF im Tierbereich (%)					max 80
Temp. Boden (°C)					20
Temp Wand (°C)					20
Temp Decke (°C)					20
Temp Luft unter Decke (°C)					20
rel. LF. Deckenbereich (%)					max. 80
Luftg. min Tierbereich (m/sec)					0
Luftg. max Tierbereich (m/sec)					0,2
Licht ein in Lux waagrecht					15
Licht ein in Lux senkrecht					15
Licht aus in Lux waagrecht					15
Licht aus in Lux senkrecht					15

Staub: wenig mittel stark

Ende Messung (Uhrzeit):..... Bearbeiter:.....
Fotos von Nr. bis Nr.

Lage der Messpunkte (Skizze):

Erhebungsbogen 4

Erhebungsblatt

Projekt :

Datum: **Telefon privat:**.....
Betriebsname: **Telefon beruflich:**.....
Vorname:..... **Faxnummer:**.....
Straße:..... **e-mail Adresse:**.....
PLZ/Ort:..... **Homepage:**.....
Beschreibung:

Daten Allgemein

Abteilnummer: **Entmistungssysteme:**
 Flüssig-Stauverfahren
 Flüssig-Treibverfahren
 Flüssig-Umspülverfahren
 Festmist-Händisch
 Festmist-Schubstange

Tiergewicht min-max: planbefestigt
 Teilspalten
 Vollspalten

Belegverfahren: rein/raus kontinuierlich
Fütterungssystem: Trockenfütterung **Bodengestaltung:** planbefestigt
 Breifutterautomaten Teilspalten
 Flüssigfütterung Vollspalten

Futtermittel: Pellets, Getreide **Stroh:**
 CCM-Silage Molke **Fütterungszeiten:**

Beschäftigungsmaterial: **Beschäftigungsmaterial-Beschreibung:**.....

Abteilsdaten

Stalltyp: Außenklima Konventionell

Abteillänge in m: **Nettobuchtenlänge in m:** **Fensteranzahl:**

Abteillbreite in m: **Nettobuchtenbreite in m:** **Fensterhöhe in cm:**

Abteillhöhe in m: **Anzahl der Buchten:** **Fensterbreite in cm:**

Fressplatzlänge je Bucht in m:

Erhebungsbogen

Bauweise Wand: Massiv Leichtbau
Bauweise Decke: Leicht Massiv Lüftungsdecke
Gebäudezustand - Beschreibung:

Lüftungsdaten

Lüftung geregelt: **Alter:**.....

Lüftungssystem: Porenlüftung Strahlilüftung Ständerlüftung
 Futterganglüftung Zuluftdecke

Regelungssystem: Trafo Elektronisch Computer

Fühlerposition:.....
Lüftungsausführung:.....

Luftbedarf in m³/h: Winter:..... Sommer:.....

Zuluft:

Anzahl Zuluftöffnungen: **Anordnung Zuluftöffnungen:**.....
Zuluftöffnungsgröße in cm: **Verteilung Zuluftöffnungen:** G U*
Zuluftöffnungsweite in cm: **Himmelsrichtung:**

Zuluftöffnungshöhe in cm: (* G = gleichmäßig, U = ungleichmäßig)

Abluft:

Anzahl Abluftöffnungen: **Anordnung Abluftöffnungen:**.....
Abluftöffnungsgröße in cm: **Verteilung Abluftöffnungen:** G U
Abluftöffnungsweite in cm: **Himmelsrichtung:**

Abluftöffnungshöhe in cm:

Ventilator - Drosselklappe:

Ventilatorart: Normal - Axial Übergangstück:
 EC-Ventilator **Wirksame Kaminhöhe in m:**

Nennleistung: **Drosselklappe:**
Durchmesser in cm: **Geregelt:**
Abstand von Ventilator in cm:

Erhebungsbogen 2

Heizung:

Heizungssystem:
 Konvektoren Zuluftvorwärmung Heizkanone Deltarohre

Heizleistung:

Regelung:

Aktuelle Daten

Allgemein: **Beginn (Uhrzeit):**.....

Tiergewicht aktuell: **Solltemperatur (°C):**

Belegung aktuell: **Spreizung (°C):**

Befüllungsstand Kanal (cm):.....

Klimadaten:

Außentemperatur in °C: **Witterung:** stark bewölkt
 sonnig-heiter
 wechselnd bewölkt
 Nebel
 Regen
 Schnee

Wind: windig stürmisch

Luftraten:

Minimal Luftrate Zuluft: **Maximal Luftrate Abluft:**

Maximal Luftrate Zuluft: **Druckverlust Stall-Vorraum in pasc:**

Minimal Luftrate Abluft: **Druckverlust Stall-Außen in pasc:**

Abluftgeschwindigkeit Ventilator 1: **Abluftgeschwindigkeit Ventilator 2:**

Umdrehungen Ventilator 1: **Umdrehungen Ventilator 2:**

Luftbewegungs- und Strömungsbild:.....

Erhebungsbogen G:\Buer01_Stallklimattechnik\Protokolle\Stallerhebungsbogen.indd 3