

Untersuchungen über den Keimgehalt der Stallluft in steirischen Schweinemastbetrieben unter Berücksichtigung verschiedener Zuluftsyste-me

U. NAIMER und E. ZENTNER

Ergebnisse eines Projekts der BAL Gumpenstein in Zusammenarbeit mit

- der Vet. Abt. des Landes Steiermark,
- der Veterinärmed. Universität Wien,
- der Landwirtschaftskammer Steiermark,
- der Styriabrid GesmbH in Leibnitz und
- der Fachtierpraxis Irgang in St. Georgen a. d. Stiefing

Laufzeit des Projekts:

2000 bis 2002

Zielstellung des Projekts:

In der Schweinehaltung hat sich in den letzten Jahren vor allem aus hygienischen Erfordernissen das sogenannte Rein/Raus Verfahren durchgesetzt. Dabei werden alle Buchten eines Stallabteils gleichzeitig belegt und nach dem jeweiligen Produktionsdurchgang gründlich gereinigt und desinfiziert. Es muss gewährleistet sein, dass alle Krankheitserreger vor einer neuerlichen Belegung wirksam eliminiert worden sind, um mögliche Infektionsketten tatsächlich und effektiv zu unterbrechen.

Bei vielen Lüftungsanlagen und vor allem bei den meisten Zuluftanlagen können aber herkömmliche Reinigungs- und Desinfektionsverfahren nicht zur Anwendung kommen, weil die Zugänglichkeit auf der einen Seite und die mechanische Belastbarkeit der gängigsten Materialien andererseits dem entgegensteht.

Besonders für die Porenlüftung, die von den meisten Autoren in einer Gesamtbeurteilung als das beste Stalllüftungssystem überhaupt angesehen wird (ANONYM 1993, BARTUSSEK et al. 1997, HAUSLEITNER 1999, WILD 1999) trifft dies zu. Diese bislang fehlende Desinfektionsmöglichkeit führt zu erheblichen

Vorbehalten diesem System gegenüber.

Ein ganz wichtiger Ansatz ist in diesem Zusammenhang aber zu beachten: Die ständige Durchlüftung einer Porendecke von der Außen- zur Stallseite könnte dazu führen, dass Staub entgegen der Frischluftströmung gar nicht in die Konstruktion eindringen kann, bzw. dass sich in Ermangelung des erforderlichen Nährbodens (Feuchtigkeit) Keime überhaupt nicht entsprechend vermehren können. Die ständige Frischluftdurchspülung hätte demnach keimhemmende Wirkung (BARTUSSEK 1995).

Bislang wurde die wichtige Frage, ob durch die im klassischen Sinne mangelhafte Reinigung und Desinfektion der Zuluftanlagen mit einem Staubeintrag und damit verbunden mit einem erhöhten Keimdruck durch Bakterienfreisetzung im Stall beim Wiedereinstellen zu rechnen ist, nicht untersucht. Es bestand aber größtes Interesse an einer wissenschaftlichen Abklärung, weil in jedem Fall damit weitreichende Konsequenzen für die Tierhalter verbunden sind.

Das vorrangige Ziel des Projekts bestand darin, die extrem wichtige Frage der hygienischen Bewertung von unterschiedlichen Lüftungsanlagen in modernen Produktionsverfahren abschließend zu beantworten. Darüber hinaus wurde anhand von begleitenden Stallklimaanalysen das Lüftungsmanagement repräsentativer Schweinehaltungsbetriebe ermittelt und mit den geltenden nutztier-schutzrechtlichen Normen verglichen.

Stallklimaanalyse

Bedeutung des Stallklimas:

Die Summe aller Klimabestandteile bilden eine zentrale Funktion für Gesund-

heit, Leistung und Wohlbefinden der Nutztiere. Zentrales Anliegen muss sein, den Tieren stets ein gutes Stallklima anzubieten.

Zu den absoluten Mindestanforderungen zählt jedoch die Einhaltung des physiologisch notwendigen Luftbedarfes der Tiere und die damit verbundene Ausschaltung von Zugluft oder hohen Luftgeschwindigkeiten im unmittelbaren Tierbereich. Diese Anforderungen sind in allen anzuwendenden Nutztierschutznormen enthalten und stellen bei Nichteinhaltung sogar eine Verwaltungsübertretung dar.

Sommer- und Winterluftstraten:

Tiere	Lufrate pro kg Lebendgewicht in m ³ /Std.	
	Winter	Sommer
Mast bis 50 kg	0,3	1,5
Mast über 50 kg (Bsp. 100 kg)	0,2	1,0

Ein geringfügiges Unterschreiten dieser Werte bei günstigen Bedingungen (große Speichermassen, günstige Anordnung der Zuluft) ist vertretbar, bei Vorhandensein eines richtig dimensionierten Erdspeichers kann die Sommerluftstrate sogar um bis zu 40 % unterschritten werden.

Heizung

Eine Heizung ist in der Schweinemast bei bestimmten Systemen unbedingt erforderlich, jedoch nicht immer anzutreffen. Zusätzliche Probleme bereiten die falsche Anordnung und Über- oder Unterdimensionierung der Wärmequellen. Einzig beim System Porenlüftung kann in der Mast ohne zusätzliche Zuluftvorwärmung das Auslangen gefunden werden, weil ein zugluftfreier Lufteintritt gewährleistet ist. Häufig wird nur in den

Autoren: Mag. Ursula NAIMER, Zösenbergweg 75, A-8045 GRAZ, Eduard ZENTNER, Abt. für Mechanisierung, BAL Gumpenstein, A-8952 IRDNING

ersten Tagen nach dem Einstellen geheizt oder die Zuluft vorgewärmt. Hauptsächlich kommen dabei Heizkanonen in den Zentralgängen zur Anwendung.

Stallklimafaktoren

Temperatur und Temperaturschwankungen

Die Stalltemperatur setzt sich aus verschiedenen Faktoren wie Zulufttemperatur, Wärmeabgabe durch die Stoffwechselaktivität der Tiere, Wärmeabgabe der raumumschließenden Teile etc. zusammen. Die für die Leistung und das Wohlbefinden der Tiere optimale Temperatur oder der Temperaturbereich wird als „Thermoneutrale Zone“ bezeichnet. Sie verändert sich mit dem Alter und der Größe der Tiere und ist in hohem Maße vom Haltungssystem abhängig. Die Folgen bei Über- oder Unterschreiten der thermoneutralen Zone sind meist wirtschaftliche Nachteile durch schlechte Leistungen und vermehrtes Auftreten von Krankheiten.

Zusätzliche Probleme bereiten Temperaturschwankungen (in Kelvin gemessen) im Tierbereich innerhalb von sehr kurzen Zeiträumen. Sie gehen meist mit erhöhten Luftgeschwindigkeiten (> 0,2m/sec) einher, welche die Tiere als Zugluft empfinden. Temperaturschwankungen innerhalb eines längeren Zeitraumes (z. B. 24 Std.) könnten sogar eine Verbesserung der Tiergesundheit und Robustheit durch die Temperaturreize hervorrufen. Größtes Problem dabei sind allerdings die installierten Regelungen in den Abteilen, die derartige Einstellungen in den meisten Fällen nicht zulassen.

Luftfeuchtigkeit

ist ein nicht zu unterschätzender Faktor hinsichtlich der Leistungen und der Gesundheit der Tiere. Erhöhte Feuchtgehalte 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 und diese wiederum eine zusätzliche Belastung der Schleimhäute und des Lungentraktes darstellt.

Luftbewegungen

Die optimalen Luftströmungen, wie sie in Verbindung mit den verschiedenen

Lüftungssystem immer wieder dargestellt und versprochen werden, sind nicht nur in diesem Projekt 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 zu beobachten.

Die Luftkurzschlüsse sind speziell im Sommer vermehrt zu beobachten, die Ventilatoren fahren auf voller Leistung und saugen die Zuluft verstärkt ab, bevor sie überhaupt in den Tierbereich eindringen können. Bei sehr hohen Temperaturen entfällt dadurch oft die letzte Möglichkeit einer wenigstens geringfügigen Kühlwirkung.

Gase - Fremdgase

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

Während das Kohlendioxyd vorwiegend durch die Atmung der Tiere auftritt, entsteht Ammoniak durch Verdampfung aus Kot und Harn. Die Konzentration variiert durch die verschiedenen Haltungssysteme, Entmistungsverfahren und Lagerzeiträume in den Stallungen (*Tabelle 1*). Schwefelwasserstoff erhält seine Brisanz meist erst bei Ablassen oder Um- bzw. Abpumpen des Flüssigmistes. Problematisch in dieser Hinsicht sind sehr lange Entmistungsintervalle mit dem damit verbundenen Auftreten von Schwimmdecken.

Tabelle 1: Grenzwerte für Fremdgase in der Stallluft

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

* International Commission of Agricultural Engineering

Untersuchungen – Ergebnisse

Die untersuchten Betriebe gliedern sich bei den verschiedenen Lüftungssystemen in

- 24 Porenlüftungen
- 20 Zuluftdecken (Lochfolie, Vlies)
- 2 Strahllüftungen
- 7 Futterganglüftungen
- 1 Ständerlüftung
- 2 Außenklimaställe

In der Auswertung der Ergebnisse (Stallklima) wurde das System Zuluftdecke mit dem System Strahllüftung und das System Futterganglüftung mit der Ständerlüftung zusammengefasst.

Die Ergebnisse resultieren aus 4 bzw. 8 Messpunkten je Abteil und geben so einen guten und repräsentativen Querschnitt jeder Einheit.

Untersuchungsparameter – Stallklima

- Außenklimadaten
- Witterung
- Abteilgrößen
- Buchtengrößen
- Tiergewicht
- Belegverfahren
- Belegdichte
- Tier-Fressplatzverhältnis
- Fütterungssystem
- Futtermittel
- Fütterungszeiten
- Beschäftigungsmaterial
- Entmistungssystem
- Entmistungsintervall
- Kanaltiefe (Flüssigmist)
- Bodengestaltung
- Fensterflächen
- Bauweise (Gebäude)
- Lüftungssystem (Art)
- Lüftungssystem - Ausführung und Funktionalität

- Lüftungssystem - Alter
- Regelungssystem (Solltemperatur, Regelbereich, Luftraten)
- Raumfühlerposition
- Zulufteinheiten (Anzahl, Anordnung)
- Ablufteinheiten (Anzahl, Anordnung)
- Strömungsbild
- Ventilatoren (Drehzahl, Leistung, Luftraten)
- Drosselklappe
- Kaminhöhe
- Heizungssystem (Art, Regelung)
- Zentralgangtemperatur und -luftfeuchte
- Wasserverfügbarkeit
- Stallklima
 - Kohlendioxyd (CO₂)
 - Ammoniak (NH₃)
 - Schwefelwasserstoff (H₂S)
 - Sauerstoff (O₂)
 - Temperatur - Tierbereich
 - Temperatur - Deckenbereich
 - Luftfeuchte - Tierbereich
 - Luftfeuchte - Deckenbereich
 - Bodenoberflächentemperatur
 - Wandoberflächentemperatur
 - Deckenoberflächentemperatur
 - Luftgeschwindigkeit im Tierbereich (min, max)
 - Belichtung, Beleuchtung
 - Allgemeine Beurteilung
 - Skizze des Abteils

Außenklimadaten - Ergebnisse

Temperaturen:

Sommer:	min:	14,2 °C
	max:	34,4 °C
Winter:	min:	- 3,1 °C
	max:	15,5 °C

Luftfeuchte:

Sommer:	min:	33,8 %
	max:	86,3 %
Winter:	min:	11,4 %
	max:	94,0 %

Abteilgrößen

min:	30 m ²
max:	218 m ²

Die Anzahl der Tiere/Abteil schwankte zwischen 34 und 208 Tieren.

Buchtengrößen

min:	4,9 m ²
max:	19,6 m ²

Die Anzahl der Tiere/Bucht schwankte zwischen 5 und 30 Tieren.

Tiergewicht

Mit den zu untersuchenden Betrieben wurden die Untersuchungszeitpunkte terminlich dahingehend vereinbart, dass in jedem Fall die Untersuchung Mitte der Mastperiode (ca. 70 kg), bestenfalls aber in der Endmast (bis 110 kg) stattfindet.

Belegverfahren

Kontinuierlich:	10 Betriebe
Rein/Raus:	46 Betriebe

Belegdichte

Rechtliche Mindestanforderungen:

lt. Stmk. Nutztierhaltungsverordnung 123/2002: für Mastschweine auf Vollspaltenböden mit einem Gewicht von 60 bis 110 kg gilt ein Mindestmaß von 0,70 m², über 110 kg gelten 1,00 m².

Ergebnis:

Das absolute Minimum an Bewegungsfläche stellte ein Betrieb mit 0,45 m²/Tier dar. 24 weitere Betriebe blieben unter der tierschutzrechtlichen Mindestfläche von 0,7 m², nur 5 der untersuchten Betriebe stellen den Tieren mit 1 m²/Tier ausreichende Flächen zur Verfügung (*Abbildung 1*).

Tier- Fressplatzverhältnis

Rechtliche Mindestanforderungen:

lt. Stmk. Nutztierhaltungsverordnung 123/2002:

für Mastschweine von 60 bis 110 kg gilt ein Mindestmaß für den Fressplatz von 33 cm/Tier, über 110 kg 40 cm/Tier.

Für die Vorratsfütterung gelten 4 Tiere je Fressplatz, für Breiautomaten 8 Tiere/Fressplatz.

Ergebnis:

Das Minimum stellen 8 cm/Tier bei sechsmaliger Fütterung pro Tag dar.

Ein Betrieb stellt den Tieren 13 cm Fressplatz bei zweimaliger Fütterung je Tag zur Verfügung. Mehr als 20 Betriebe liegen unter 33 cm/Tier. Bestes Ergebnis waren gemessene 40 cm je Tier.

Fütterungssystem

Flüssigfütterung:	36 Betriebe
Trockenfütterung:	20 Betriebe

Futtermittel

90 % CCM
10 % Pellets und Getreide

Fütterungszeiten

42 Betriebe füttern 2x/Tag
12 Betriebe füttern 3x/Tag
2 Betriebe füttern 6x/Tag

Beschäftigungsmaterial

Rechtliche Mindestanforderungen:

Stmk. Nutztierhaltungsverordnung 123/2002:

Die Haltung von Schweinen ohne ausreichendes Beschäftigungsmaterial, das sie untersuchen und bewegen können, wie zum Beispiel Stroh, Heu, Holz, Sägemehl, Pilzkompost, Torf oder eine Mischung dieser Materialien, durch die die Gesundheit der Tiere nicht gefährdet werden kann, ist verboten. Ungeeignet sind jedenfalls Ketten, Gummireifen, Kunststoffgegenstände oder ähnliche Materialien, an denen nicht gewühlt werden kann oder die nicht fressbar sind. Schweine müssen ständig Zugang zu diesen Materialien haben.

In den insgesamt 56 Untersuchungen wurden in 20 Fällen Beschäftigungsmaterial in Form von Ketten, alten Autoreifen, Weich- und Hartholz oder Spielbällen vorgefunden. Stroh fand man nur



Abbildung 1: Unzureichendes Tier-/ Fressplatzverhältnis

in einem Betrieb, und in diesem auch nur im Sommerdurchgang. In 35 Fällen war kein Beschäftigungsmaterial vorzufinden, obwohl die Steiermärkische Nutztierhaltungsverordnung dies seit Oktober 1996 verpflichtend vorsieht.

Entmistungssysteme

- 80 % Flüssig – Stauverfahren
- 15 % Flüssig – Treibverfahren
- 5 % Flüssig – Umspülverfahren

Kanalniefen:

- 17 Betriebe ≤ 75 cm
- 16 Betriebe > 75 cm ≤ 100 cm
- 18 Betriebe > 100 cm ≤ 150 cm
- 2 Betriebe > 150 cm (Gülle Keller)
- min: 40 cm
- max: 250 cm

Entmistungsintervalle

- 3 Betriebe entmisten 1x/Jahr
- 13 Betriebe 2x/Jahr
- 19 Betriebe 3x/Jahr
- 7 Betriebe 4x/Jahr
- 14 Betriebe öfter als 4 mal

Bodengestaltung

- Vollspalten: 51 Betriebe
- Teilspalten: 5 Betriebe

Fensterflächen – Belichtung

Rechtliche Mindestanforderungen:

lt. Stmk. Nutztierhaltungsverordnung 123/2002:

Tiere dürfen nicht dauernd im Dunkeln oder unter Dauerlicht gehalten werden, die Lichtphase muss mindestens 8 Stunden, darf aber nicht mehr als 18 Stunden betragen.

Im Tierbereich ist eine Beleuchtungsstärke von mind. 40 Lux erforderlich. Für Neu- oder Umbauten müssen die Fensterflächen mindestens 3 % der Fußbodenfläche betragen.

Ergebnisse:

16 Betriebe erreichen mehr als 3 % Fensterfläche, 10 Betriebe erreichen zumindest 5 % Fensterfläche. Die untersuchten Außenklimaställe wurden hierbei nicht berücksichtigt.

Sommerdurchgang: In 4 Betrieben wurden bei absoluter Dunkelhaltung nur

0 Lux gemessen. 11 Betriebe erreichen weniger als 15 Lux.

Winterdurchgang: 23 Betriebe erreichen weniger als 15 Lux.

Bauweise – Gebäude

- 2 in Leichtbauweise
- 54 Massivbauten

Lüftungssysteme

Porenlüftung:

Sie weist in der Ausführung oft sehr große Mängel auf, sodass die Funktionalität der Porenlüftung im eigentlichen Sinn nicht gewährleistet ist. In einem Betrieb wurde nur die Tragschicht, also keine Dämmung vorgefunden, welche doch die eigentliche Funktion (Luftbremse, Rieseleffekt) beinhaltet. Bei einem Großteil der Betriebe, vor allem aber bei neuen Einheiten ist eine nicht ordnungsgemäße Verlegung der Dämmung zu beobachten (*Abbildung 2*). Vor allem im Bereich von Elektroinstallationen (Leuchten, Fühler) und bei direkten Anschlüssen zu den sogenannten T-Trägern ist eine unsachgemäße (lückenhafte) Verlegung festzustellen. Hinsichtlich der Luftdurchlässigkeit wurden vor allem ältere Einheiten (bis 18 Jahre) genauer untersucht. Dabei war bei richtiger Anordnung der Zuluft keine Beeinträchtigung der Durchlässigkeit festzustellen, obwohl bei einigen Betrieben bereits Verfärbungen durch Staubeintrag zu sehen waren. Einzig die Kombination von Staub und Feuchte beeinträchtigt die

Funktionsweise durch die damit verbundene Krustenbildung. Sie macht den Austausch der Dämmeinheit unerlässlich, die Tragschicht (Heraklith, Streuschalung) kann natürlich belassen werden.

Zuluftdecke:

Speziell im Winterdurchgang ergeben sich für die Landwirte große Probleme im direkten Zuluftbereich. Hier kommt es durch die Temperaturunterschiede und die kurze Verweildauer der Zuluft im Zwischendeckenbereich zu direktem Kaltlufteintrag und durch die fehlende Dämmschicht (kalte und warme Luft treffen direkt an der Folie aufeinander) zu starker Kondenswasserbildung.

Großteils helfen sich die Landwirte mit einem Abdecken der Folie im Zuluftbereich mit Styroporplatten oder ähnlichen Materialien. Großer Nachteil dabei ist die Verringerung der Zuluftgesamtläche und damit verbunden höhere Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich.

Fazit: Das Vorwärmen der Zuluft ist unerlässlich.

Strahl Lüftung:

Wie bei der Zuluftdecke, allerdings kommt es durch den verengten Querschnitt der Zuluftseinheiten zu hohen Geschwindigkeiten in den Abteilen. Die gewünschte rasche und zugluftfreie Vermischung von Frisch- und Stallluft ist im Winter ebenfalls nicht zu beobachten.

Zusätzlich sind die Jalousien an den Zuluftseinheiten innerhalb kurzer Zeit durch



Abbildung 2: Undichte Lüftungsdecke

starkes Auftreten von Kondenswasser nicht mehr funktionstüchtig.

Futterganglüftung:

Die gewünschte Vermischung von Frischluft mit Stallluft, bevor sie in den Tierbereich eintritt, wurde vor allem im Winterdurchgang in keinem Betrieb beobachtet. Mit Nebel sichtbar gemacht zeigt sich, dass die Zuluft bei der ersten Gelegenheit über die Futtergangtrennwand in den Tierbereich fällt. Noch problematischer wird dies, wenn die Trennwände nicht geschlossen sind oder sehr geringe Höhen aufweisen (*Abbildung 3*). Damit verbunden ist ein unmittelbarer Kontakt der Tiere mit kälterer Zuluft, und zusätzlich ist sehr oft ein Abtauchen der Frischluft unter den Spaltenboden zu beobachten, welche mit Gasen angereichert an anderer Stelle wieder in den Tierbereich aufsteigt.

Fazit: Die Funktion der Futterganglüftung ist nur dann gewährleistet, wenn die Zuluft in einem sehr hohen Maße vorgewärmt wird und die Heizungsregelung bedarfsgerecht und proportional zur Anforderung erfolgt. Nachdem einige Betriebe aber nicht heizen (nur 1 Betrieb im untersuchten Projekt) sind Probleme dahingehend unausweichlich.

Ständerlüftung:

Ähnlich der Futterganglüftung; allerdings ist die Zuluft Einheit durch ihren geschlossenen Körper über den Tierbereich hinweg als besser einzustufen. Ein Vorwärmen der Zuluft ist aber speziell bei

kleinen Einheiten oder Abteilen unbedingt notwendig. Verbunden mit hohen Zuluftgeschwindigkeiten kann in sehr großen Einheiten ohne Heizen das Auslangen gefunden werden.

Außenklimastall:

Eigentlich erstaunlich und durch den direkten Vergleich in diesem Projekt noch augenscheinlicher, wie die Tiere trotz niedriger Temperaturen keine Anzeichen einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens zeigen. Versucht man in anderen Systemen verzweifelt konstante und nicht selten auch (zu) hohe Temperaturen zu erreichen sind die Tiere im Außenklimastall einem natürlichen Temperaturreiz ausgesetzt der wahrscheinlich wesentlich zur Gesundheit und Robustheit beiträgt.

Regelungssystem

ist ein Bestandteil der Lüftung, der den Betreibern größte Probleme bereitet. Die Landwirte sind in einem hohen Maße mit den Einstellungsmöglichkeiten der Geräte überfordert. Dies liegt aber nicht nur an den Landwirten, sondern vor allem an den komplizierten Regelungen und den oft mangelhaft beschriebenen Gebrauchsanweisungen. An nur einem Betrieb findet man meistens auch noch mehrere Typen und Fabrikate. Nicht selten laufen die Regelungen noch mit den Werkseinstellungen, die bei der Montage vorgenommen wurden.

Die Einstellungen der Solltemperatur schwankten zwischen 14° und 30°, die

Bandbreite (Spreizung) zwischen 0,5 und 8 Calvin. Die Absenkautomatik, falls vorhanden, wird kaum eingesetzt.

Die Höhe der angebrachten Fühler, welche eigentlich die Bedingungen im Tierbereich wiedergeben sollten, schwankt zwischen 1,2 m und 2,0 m. Die Fühler sind aber nicht nur hinsichtlich der Höhe sondern auch im Abteil selbst falsch montiert. Nicht selten findet man Fühler an den Außenwänden oder in der Nähe von Ablufteinheiten. Die Messungen ergaben auch Unterschiede zwischen den Fühlern und der Anzeige an der Regelung von bis zu 4 Calvin.

Zu- und Ablufteinheiten

Bei ungünstig angeordneten Zuluft Einheiten kommt es zu ungleichmäßigen Lufteträgen. Dabei wurden große Temperaturunterschiede in den Abteilen von bis zu 6 Calvin gemessen. Verbesserungen durch bessere Anordnung der Zuluft ist vor allem in den Zentralgängen möglich.

Nicht selten dringt die Zuluft direkt in die Abteile ein, ohne sich vorgewärmt oder abgekühlt zu haben. Die besten Werte, hervorgerufen durch die längere Verweildauer (Dämmung) der Zuluft erzielt vor allem die Porenlüftung, die im Sommer einen Kühleffekt von mehr als 4 Calvin ergab. Das heißt, dass die tatsächliche Zulufttemperatur im Tierbereich niedriger ist als die Außentemperatur.

Strömungsbild

In jedem Betrieb wurden sowohl im Winter als auch im Sommer mittels Nebelgerät die Strömungen der Luft in den Abteilen und Buchten festgehalten. (siehe Lüftungssysteme)

Stallklima

Die Ergebnisse der Kohlendioxid- und Ammoniakmessungen sowie der Temperaturen und Luftgeschwindigkeiten sind in den *Tabellen 2 - 5* ersichtlich.

Schwefelwasserstoff

Bezüglich H₂S gab es im gesamten Projekt keine Auffälligkeiten. Die Werte lagen zwischen 0 und 1 ppm.

Sauerstoff

Keine Auffälligkeiten im gesamten Projekt. Werte zwischen 20,4 und 20,9 Vol.%.



Abbildung 3: Buchtentrennwand zum Betriebsgang zu niedrig

Tabelle 2: Kohlendioxyd in ppm

	Sommer			Winter		
	Min	Max	Mw	Min	Max	Mw
Porendecke	600	2900	1392	900	5600	2234
Futterganglüftung	100	2300	1188	800	3400	1789
Zuluftdecke	800	2200	1406	1000	4500	2174
Außenklimastall	600	1000	800	300	400	317

Tabelle 3: Ammoniak in ppm

	Sommer			Winter		
	Min	Max	Mw	Min	Max	Mw
Porendecke	0	35	8,5	4	40	19,5
Futterganglüftung	2	23	6,6	3	19	10,1
Zuluftdecke	2	31	7,3	3	54	18,3
Außenklimastall	0	6	4	0	0	0

Tabelle 4: Temperatur im Tierbereich in °C

	Sommer			Winter		
	Min	Max	Mw	Min	Max	Mw
Porendecke	18,2	30,1	26,6	17,8	33,7	22,4
Futterganglüftung	20,5	27,1	24,6	15,2	24,2	21,2
Zuluftdecke	22,3	32,5	27,2	17,8	28	22,1
Außenklimastall	21,6	21,8	22,8	7	8,5	7,8

Tabelle 5: Luftgeschwindigkeit im Tierbereich (Angaben in m/sec)

	Sommer			Winter		
	Min	Max	Mw	Min	Max	Mw
Porendecke	0,01	0,38	0,12	0,01	0,32	0,12
Futterganglüftung	0,03	0,44	0,15	0,01	0,78	0,19
Zuluftdecke	0,01	0,48	0,16	0,02	0,6	0,13
Außenklimastall	0,05	0,22	0,14	0,06	0,33	0,15

Zusammenfassung – Stallklima

Rückblickend muss gesagt werden, dass in fast allen Betrieben (Ausnahme Außenklimaställe) mit geringfügigen Änderungen und Adaptierungen sehr große wirtschaftliche Verbesserungen zu erzielen wären. Erstaunlich ist, dass vor allem in Stallungen jüngerer Datums immer noch grundlegende Fehler sowohl in der Ausrichtung der Gebäude, als auch bei den Aufstellungen und den Ausführungen der Lüftungssysteme gemacht werden. Würde es hier eine Form der Kommissionierung vor Baubeginn und zusätzlich eine Abnahme vor dem ersten Einstellen von unabhängiger Stelle geben, wären nicht nur für die Landwirte und Firmen, sondern vor allem auch für die Tiere Verbesserungen zu erzielen.

Untersuchung auf den Keimgehalt

Material und Methode

Die Untersuchungen wurden in 56 steirischen Schweinemastbetrieben durch-

geführt. Die Auswertung der Luftkeimzahl erfolgte im Qualitätslabor der Fachabteilung für das Veterinärwesen im Amt der Steiermärkischen Landesregierung in Graz.

Der Probenumfang pro Luftkeimzahlbestimmung betrug:

- 9 Proben im Tierbereich eines Abteils
- 9 Proben im Zuluftbereich desselben Abteils

Folgende Parameter wurden untersucht:

- quantitative Ermittlung der Luftkeimzahl mittels MAS-100, Fa. Merck, Darmstadt
- aerobe und anaerobe Gesamtkeimzahl,
 - aerobe Sporenbildner,
 - grampositive Kokken (*Mikrococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp.),
 - Hefen, Schimmelpilze, *Enterococcus* spp., *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli*, sulfitreduzierende Anaerobier (*Clostridium* spp.)

Methode der Luftkeimzahlbestimmung

MAS-100 (Merck Air-Sampler, Merck, Darmstadt, Deutschland): Der MAS-100 ist ein wirkungsvoller Luftkeimsammler, der auf dem Prinzip des Andersen Air Samplers basiert (Aufprallprinzip/Impaktion) und die Luft durch eine perforierte Platte ansaugt. Der daraus resultierende Luftstrom, welcher Partikel enthält, wird auf die Agaroberfläche einer 90-mm-Standard-Petrischale geleitet. Die Aufprallgeschwindigkeit von Mikroorganismen auf der Agaroberfläche beträgt ca. 11 m/s, welche mit der Stufe 5 des Andersen Samplers übereinstimmt. Nach der Probenahme werden die Proben bebrütet, die Kolonien gezählt und als Gesamtkeimzahl (GKZ) ausgewertet.

Der MAS-100 wird im Werk auf 1000 Liter/10 min kalibriert und ermöglicht ein vom Benutzer frei definierbares Luftsammelvolumen zwischen 1 bis 1000 Liter (10, 20, 50, 100, 200, 250, 500, 750, 1000 Liter).

Das bei der vorliegenden Arbeit benutzte Gerät misst den einfließenden Luftstrom und reguliert die angesaugte Luft zu einem konstanten Luftdurchsatz von 100 Liter/min (Luftstrom-Regulation mittels Hitzedraht Anemometer, numerische Kontrolle) (*Abbildung 4*).

Die unterschiedliche Füllmenge der Petrischalen hat auf den Luftdurchsatz dank eingebauter Volumenkompensation keinen Einfluss.

Nährböden

Es wurden verschiedenste Agarplatten verwendet, die im Anschluss an die Messung unterschiedlich lange bebrütet und danach quantitativ ausgewertet wurden.

Agarliste

- GKZ-Agar: Bestimmung der aeroben/anaeroben Gesamtkeimzahl – Bebrütung bei 30 °C 48 Stunden
- Blutagar: Bestimmung von aeroben Sporenbildnern (*Bacillus* spp.), *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp. und *Mikrococcus* spp. – Bebrütung bei 37 °C 24 Stunden
- PKZ-Agar (DRBC/Dichlor-Bengalrot-Chloramphenicol): Selektivnährboden zur Bestimmung von Hefen und Schimmelpilzen – Bebrütung bei 30 °C 48 Stunden



Abbildung 4: Luftkeimgehaltsmessung

- CATC-Agar (Citrat-Azid-Tween-Carbonat): Selektivagar zum Nachweis von *Enterococcus* spp. – Bebrütung bei 37 °C 24 Stunden
- BP-Agar (Baird-Parker): Zur Isolierung von *Staphylococcus* spp. – Bebrütung bei 37 °C 48 Stunden
- VRBD-Agar: Selektivagar zur Bestimmung von Enterobacteriaceae – Bebrütung anaerob bei 37 °C 24 Stunden
- Coli ID Medium: Selektivmedium zur Bestimmung von *E. coli* und anderen coliformen Keimen – Bebrütung bei 37 °C 24 Stunden
- TSC-Agar (Tryptose-Sulfit-Cycloserin): Bestimmung von *Clostridium* spp.- Bebrütung anaerob bei 37 °C 24 Stunden.

Der Keimgehalt der Stallluft

In der Luft von Ställen kommen regelmäßig eine Reihe von Mikroorganismen vor, die in der Zahl, abhängig von Tierarzt und Aufstallungsform, erheblichen Schwankungen unterliegen. Zu Keimen der Stallluft zählen Bakterien, Viren, Pilze einschließlich ihrer Dauerformen (Sporen).

Als Quellen für diese Keime kommen primär die Tiere, die Einstreu und das Futter in Betracht. In ihrem mengenmäßig Eintrag geringer, aber deshalb nicht zu vernachlässigen, sind die Zuluft und das Personal. Von der Tieroberfläche und über den oberen Teil des Respirationstraktes werden in erster Linie

Bakterien der Gattungen *Staphylococcus* spp., *Mikrococcus* spp. und *Streptococcus* spp. abgegeben.

Über das Futter und die Einstreu gelangen vor allem *Bacillus*arten und Pilze der Gattungen *Aspergillus*, *Penicillium* und *Fusarium* in das Stallmilieu. Pilze machen, bezogen auf die Keimzahl nur etwa 1 – 2 % der Gesamtflora aus, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass Pilzen eine wichtige Rolle als Allergene zukommt. Zweifelsfrei steht fest, dass pilzhaltige Stallluft für das Betreuungspersonal ein gesundheitliches Risiko darstellt. Als Beispiel sei hierfür die sogenannte „Farmerlunge“ erwähnt.

Über die Einstreu kommen zusätzlich coliforme Bakterien in die Stallluft, obwohl ihr Anteil in der Luft sehr gering ist, welches von einer niedrigen Widerstandsfähigkeit der Coliformen gegenüber dem luftgetragenen Zustand herührt.

Der Gesamtkeimgehalt der Luft in Schweineställen hängt von vielen Parametern ab; hiezu zählen: Belegdichte, Betriebsform, Haltungssystem (mit oder ohne Einstreu), Zuluftsystem, Futtermittel (mehlförmig/pelletiert/flüssig), Zeitpunkt der Messung (Jahreszeit/Tageszeit), Messmethode. Die höchsten Luftkeimgehalte wies ZEITLER (1988) in Geflügel- und Schweinestallungen nach. Aber nicht nur die Zahl, sondern auch die zu findenden Arten weisen erhebliche Unterschiede auf. Der Hauptanteil an in der Stallluft gefundenen Bakterien besteht aus Kokken und aeroben Sporenbildnern.

In Ställen mit Stroh Einstreu findet laut MÜLLER et al. (1989) eine Verschiebung von grampositiven Kokken zu Sporenbildnern statt. Dagegen herrschen in einstreulosen Stallungen grampositive Kokken und einige wenige aerobe Sporenbildner. Besonders MÜLLER et al. (1989) sowie MEHLHORN (1985) betonen den nachteiligen Einfluss von Einstreu auf Luftkeim- und Luftstaubgehaltswerte in Ställen. Die aerobe Fraktion der Luftkeime enthält Mikrokokken, Staphylokokken, aerobe Sporenbildner, coliforme Keime, Enterokokken, Schimmelpilze und Hefen (MEHLHORN und BEER, 1979).

Auch nach HINZ (1987) beherrschen aerobe Bakterien zu 40 bis 80 % die

Keimflora. Die Mehrzahl der Autoren berichtet, dass im Schweinestall zu 90 % grampositive Kokken dominieren.

Für die Einschätzung eines infektionshygienischen Risikos durch die Stallluft werden von einigen Autoren Indikatorbakterien, zum Beispiel *E. coli* und hämolysierende Staphylokokken vorgeschlagen (MEHLHORN, 1985).

In Ställen ist das Tier selbst als stärkste Keimquelle Gegenstand vieler Untersuchungen (GÄRTTNER, 1975; HILLIGER, 1976; MÜLLER et al., 1977; MATTHES, 1979 und ZEITLER-FEICHT, 1988).

Der Staubgehalt der Luft

Staub ist ein Gemisch feiner Feststoffteilchen (i.d.R. organische Partikel) mit Luft oder anderen Gasen. Man spricht von Partikeln oder Kernen. Zum Staub zählen auch die Luftkeime, da diese nur selten isoliert, sondern zumeist an andere Partikel angelagert, auftreten. Staub und Keime befinden sich in der Luft in ständiger turbulenter Bewegung im Sinne einer Brownschen Molekularbewegung. Man kann von „biologischen“ Stäuben sprechen, da Luftkeime und Staubpartikel in dem aus festen, flüssigen und gasförmigen Phasen bestehenden System der Stallluft über Aggregatsvorgänge miteinander verbunden sind.

Staubquellen sind Oberflächen der Tiere (Hautschuppen, Haare), Futter, Einstreu und Fäkalien. Staub besteht zum größten Teil aus organischem Material, vor allem aus Rohprotein (70 %) (AENGST, 1984), welches wie bereits erwähnt von Tieren, Futter und Einstreu stammt. ZEITLERs (1988) Meinung nach stellt der zu 70 bis 85 % aus organischem Material bestehende Stallstaub ein Nährmedium und eine Schutzhülle für Mikroorganismen und schließlich auch einen Vektor für deren Transport dar.

Der tatsächlich vorhandene Staubgehalt in der Stallluft entsteht durch ein Gleichgewicht zwischen Staubfreisetzung und Staubeliminierung. Die mittlere Verweilzeit von Partikeln und Keimen im Schwebezustand wird mit 15 bis 45 Minuten angegeben.

Die Elimination des Luftstaubes bzw. der staubhaltigen Mischkerne aus dem Stall erfolgt nach HILLIGER (1984) durch die

Abfuhr über die Lüftungsanlage, durch Diffusion und Sedimentation auf Oberflächen und durch Inhalation von Mensch und Tier.

Wegen seiner vielfältigen Wirkungsweise nimmt der Staub unter den Stallklimafaktoren eine Sonderstellung ein. Er kann die Tiergesundheit beeinträchtigen, führt zu Verschmutzung und Funktionsbeeinträchtigungen von Haltungs- und Lüftungseinrichtungen und gilt als Emissionsfaktor von Geruchsstoffen. Zusammenhänge zwischen hohen Luftkeim- bzw. Luftstaubgehalten und Lungenerkrankungen wurden verschiedentlich beobachtet (DONHAM, 1989; BAEKBO, 1990). Es wurde bei erhöhtem Staubgehalt in der Stallluft ein Einfluss auf die Lungenclearance nachgewiesen, allerdings liegen für die Praxis wenig verwertbare Daten vor.

Das Staubvorkommen in der Stallluft ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie zum Beispiel vom Fütterungsverfahren, von der Verabreichungsform des Futters, von der Belüftungstechnik (Luft-rate, Luftführung), vom Haltungssystem (mit/ohne Einstreu), von den Reinigungsmaßnahmen, von der Besatzdichte, von der Tierart, dem Tieralter und insbesondere von der Tieraktivität, aber auch von der Jahres- und Tageszeit.

ZEITLER (1987) wies in seiner Untersuchung eine signifikant höhere Staubbelastung in Mastschweinställen im Winter nach, welche auf die stark reduzierte Belüftung der Ställe während der kalten Jahreszeit zurückgeführt wird. Die höchsten Werte wurden allerdings sowohl im Sommer als auch im Winter in Ställen mit Trockenfütterung nachgewiesen. Im Sommer konnte die durch das Trockenfutter bedingte stärkere Staubbelastung der Luft teilweise durch eine höhere Luftrate ausgeglichen werden.

Die Angaben zur durchschnittlichen Gesamtstaubkonzentration der Schweinstallluft in der Literatur variieren zwischen 0,5 und 21 mg/m³, wobei besonders in Ställen mit Einstreu und Trockenfütterung sehr hohe Konzentrationen festgestellt wurden (MEHLHORN, 1980; NILSSON, 1984).

Laut ADRIAN und HILLIGER (1988) lassen sich Angaben über die Stallstaubwerte aufgrund der unterschiedlichen Nachweismethoden nicht miteinander

vergleichen. Dabei ist auch noch zu beachten, dass der Schwebstaub nicht mit dem Absetzstaub gleichgesetzt werden kann. Obwohl von vielen Autoren keine Beziehung zwischen Staub- und Keimgehalt gefunden wurde, ist der Staubgehalt der Luft aus oben genannten Gründen ein entscheidender Faktor für die Beurteilung des Stallklimas.

Aufgrund seiner Partikelgröße wird Staub in Grob-, Mittel- und Feinstaub unterteilt. Staubpartikel unter 5µm sind lungengängig – ihr Anteil am Stallstaub beträgt ca. 10 %. Alveolengängiger Staub wird als Feinstaub bezeichnet.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Keimmessungen sind aus den Tabellen 6 und 7, getrennt in Winter- und Sommerdurchgang ersichtlich.

Zusammenfassung

Bezüglich der Keimzahlen sind die saisonalen Unterschiede vorwiegend auf die Verringerung des Luftdurchsatzes in der kalten Jahreszeit zurückzuführen. Es wurden im Winter ein Maximalwert von 800.000 KBE/m³ Luft (aerobe Gesamtkeimzahl/Porendecke/Tierbereich) und ein Minimumwert im Sommer von 20.200 KBE/m³ Luft (GKZ aerob/Futterganglüftung/Tierbereich) vorgefunden.

Zwischen den einzelnen Zuluftsystemen gibt es im Winter im Zuluftbereich kei-

ne signifikante Beziehung im Luftkeimgehalt (Ausn.: Beim Vergleich Porendecke/Futterganglüftung wurde ein signifikanter Unterschied bei der aeroben Gesamtkeimzahl und bei Streptococcus spp. vorgefunden (p-value ≤ 0,05). Jedoch handelt es sich bei der Futterganglüftung um einen geringen Stichprobenumfang von nur acht Betrieben). Die Luftkeimzahlen zeigen wesentlich größere Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben als zwischen den unterschiedlichen Lüftungssystemen. Der Beachtung von Stäuben und Keimen aus der Tierhaltung wird in Zukunft nicht nur für das Wohlbefinden und die Gesundheit von Mensch und Tier mehr Bedeutung beigemessen werden müssen, sondern auch aus anrainerrechtlichen Erfordernissen. Das Projekt hat gezeigt, dass die Keimbelastung im Tierbereich vom Lüftungssystem und vom Alter der Anlage nur marginal beeinflusst wird. Die Unterschiede zwischen den Betrieben sind wesentlich größer als die durchschnittlichen Unterschiede zwischen den Systemen. Die mangelnde Reinigungs- und Desinfektionsmöglichkeit der Porenlüftung rechtfertigt die verschiedentlich vorgenommene schlechtere hygienische Bewertung dieses Systems nicht.

Literatur

BARTUSSEK, H. (1999): Stallklima und Luftqualität bei Mastschweinen- der BAL-Versuchsan-

Tabelle 6: Keime: Mittel, Min, Max, Winter

		GKZ a	GKZ an	Sc	Mc	St sp
SYS 1	Mittel	206852	172852	54486	97438	9060
	Min	110400	30400	11200	32000	200
	Max	800000	404800	115200	268800	40960
	Stabw	137856	88820	36481	66028	10468
SYS 2	Mittel	171325	167125	26875	120563	12081
	Min	52400	13000	5600	20800	10
	Max	297600	310400	76000	224800	30080
	Stabw	74716	90044	23378	75605	9770
SYS 3	Mittel	190227	157568	46688	98756	7579
	Min	84800	21700	5600	36800	0
	Max	323200	339200	130400	204800	25120
	Stabw	51105	66420	37968	43110	7385
SYS 4	Mittel	76200	29600	17600	37000	2610
	Min	52000	17600	4800	36000	2180
	Max	100400	41600	30400	38000	3040
	Stabw	34224	16971	18102	1414	608

SYS 1 = Porenlüftung
 SYS 2 = Betriebsgang/Futterganglüftung
 SYS 3 = Strahl- und Zuluftdecke
 SYS 4 = Außenklimastall
 GKZ a = Gesamtkeimzahl aerob
 GKZ an = Gesamtkeimzahl anaerob
 Sc = Streptokokken
 Mc = Mikrokokken
 St sp = Staphylokokken

Tabelle 7: Keime: Mittel, Min, Max, Sommer

		GKZ a	GKZ an	Sc	Mc	St sp
SYS 1	Mittel	118883	88683	45051	104266	15509
	Min	52400	26000	1700	5500	9440
	Max	220000	172000	328800	272000	27680
	Stabw	47915	36373	64638	67771	5092
SYS 2	Mittel	107825	82450	25600	101500	17288
	Min	20200	33200	7200	26400	13600
	Max	206400	126400	63200	205600	22720
	Stabw	55416	35979	18112	53110	3426
SYS 3	Mittel	139400	122781	74600	125218	15120
	Min	22600	28800	14400	19200	3640
	Max	244800	260800	512800	336000	25600
	Stabw	62098	61296	122351	72473	6771
SYS 4	Mittel	95600	74400	25800	101200	18720
	Min	84800	63200	22800	89600	11680
	Max	106400	85600	28800	112800	25760
	Stabw	15274	15839	4243	16405	9956

SYS 1 = Porenlüftung
 SYS 2 = Betriebsgang/Futterganglüftung
 SYS 3 = Strahl Lüftung/Zuluftdecke
 SYS 4 = Außenklimastall

GKZ a = Gesamtkeimzahl aerob
 GKZ an = Gesamtkeimzahl anaerob
 Sc = Streptokokken
 Mc = Mikrokokken
 St sp = Staphylokokken

satz. In: Bericht über die Gumpensteiner Bautagung 1999.

BARTUSSEK, H. (1995): Holz und Stallhygiene sind kein Widerspruch. DLZ-Agrobonus, 4, 20-23.

BARTUSSEK, H., A. HAUSLEITNER, S. BRETT-SCHUH und J. ZAINER (1997): AKNL-Automatisch Kontrollierte Natürliche Lüftung. In: Bericht über die Gumpensteiner Bautagung, 73 - 78.

ANONYM (1993): Stalllüftung bei Mastschweinen. Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion, Nr. 45, 18 - 20.

HAUSLEITNER, A. (1997): Lüftungssysteme für die Schweinehaltung. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 8, 25-33.

HAUSLEITNER, A. (1999): Porenlüftung noch zeitgemäß? top-agrar Österreich, top Journal 10/99, 22 - 24.

HAUSLEITNER, A. (2001): Lüftungstechnik: Planungs-, Ausführungs- und Managementfehler. In: Bericht über die Gumpensteiner Bautagung 2001.

HAUSLEITNER, A. und H. BARTUSSEK (1997): 20 Jahre Porenlüftung – Entwicklung und Stand

der Technik. In: 50 Jahre Forschung für die alpenländische Landwirtschaft 1947 – 1997, BAL Gumpenstein, Irdning, 239-246.

HAUSLEITNER, A., J. ZAINER, S. BRETT-SCHUH und G. ROYER (1997): Zuluftdecke – welches System arbeitet am besten? Der fortschrittliche Landwirt, Heft 1, 6-7.

HILLIGER, H. G. (1990): Stallgebäude, Stallluft und Lüftung. Ein technisch-hygienischer Ratgeber für Tierärzte, Enke, Stuttgart.

WILD, K. (1999): 23 Jahre Porenlüftung in Oberösterreich. In: Bericht über die Gumpensteiner Bautagung.

ZEITLER, M., M. KÖNIG und W. GROTH (1987): Der Einfluss von Futterform (mehlförmig, pelletiert, flüssig) und Jahreszeit auf die Konzentration und Korngrößenverteilung luftgetragener Staubpartikel in Mastschweinställen. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 94, 420-424.

AEENGST, C. (1984): Zur Zusammensetzung des Staubes in einem Schweinemaststall. Diss. Vet. Med. Hannover 1984.

MEHLHORN, G. und K. BEER (1979): Staub in der Stallluft; In: Lehrbuch der Tierhygiene, Hrsg.: G. Mehlhorn, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 117-120.

GÄRTTNER, E. (1975): Quantitative und qualitative Untersuchungen zum Luftkeimgehalt in Schweine- und Geflügelställen. Ein Beitrag zur Aerobiologie in landwirtschaftlichen Nutztierställen; Diss agr., Hohenheim.

MATTHES, S. (1979): Art und Zusammensetzung der Luftverunreinigungen in der Nutztierhaltung und ihre Wirkung in der Stallumgebung. Dtsch. Tierärztl. Wschr., 86, 262-265.

MEHLHORN, G. (1980): Nichttoxische Stäube und Keime in der Stallluft. Wiss. Zschrft d. Karl Marx Univ., Leipzig, Math.-Naturw., 29: 487-496.

MÜLLER, W. et al. (1977): Zur Größe koloniebildender Einheiten in der Stallluft. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr., 90: 6-11.

ZEITLER – FEICHT, M. (1988): Schlechte Luft macht krank. DLG Mitt. 10: 516-518.

DONHAM, K.J. (1989): Relationships of air quality and productivity in intensive swine housing. Agri-Practice 10, 15-26.

MEHLHORN, G. (1985): Die Mikroflora im Stall – ein wichtiger tierhygienischer Faktor. Proc. V. Int. Kongress f. Tierhygiene, Hannover 10.-13.9.1985, 16-41.

BAEKBO, P. (1990): Air quality in Danish pig herds. Proc. Int. Vet. Soc. Congr. Lausanne, Switzerland, 395.

ADRIAN, U. und H. G. HILLIGER (1988): Erfahrungen mit 5 Staubmeßmethoden im Schweinemaststall. Tierärztl. Umschau 43, 657-664.

HILLIGER, H. G. (1984): Zur Bilanzierung der Bakterienflora in der Stallluft. Zbl. Vet. Med. B. 31, 493-504.

NILSSON, C. (1984): Dust Investigations in Pig Houses. In: DVG (Hrsg.): Dust in Animal Houses, Symp. der Int. Society of Animal Hygiene, Hannover 1984, 31-37.

HILLIGER, H. G. (1976): Mikroorganismen als hygienischer Faktor der Stallluft. Forum Umwelt Hygiene, 2. Jahrgang, 4, 149-151.

ZEITLER, M. H. (1988): Hygienische Bedeutung des Staub- und Keimgehaltes der Stallluft. Bayerisches. Landwirtschaft. Jahrbuch, 65, 151-165.

HINZ, T. und K. H. KRAUSE (1987): Emissions of respiratory biological mixed aerosols from animal housing. Commission of the European Community, Report EUR 10820 EN.

MÜLLER, W., P. WIESER und A. von DOSSOW (1989): Sampling airborne bacteria in stables Commission of the European Community, Report.

