

Anpassungsmöglichkeiten von Schweinen an stallklimatische Gegebenheiten

P. IRGANG

Einleitung

Das Stallgebäude hat aus tierhygienischer Sicht die Aufgabe, für die Tiere eine optimale Behausung und für die im Stall tätigen Menschen befriedigende Arbeitsbedingungen zu schaffen (HILLIGER, 1990). Die Stallluft nimmt hierbei erheblichen Einfluss auf die Leistung und die Gesundheit der Tiere. Dieser Einfluss ist allgemein bekannt und basiert auf physikalischen, chemischen und biologischen Komponenten.

Diese Hauptkomponenten sind:

- Temperatur der Stallluft
- Feuchte der Stallluft
- Luftbewegung
- Gase der Stallluft
- Staub und Keime der Stallluft

Der Komplex dieser Komponenten oder Faktoren wird im Sprachgebrauch als Stallklima zusammengefasst. Eine den Tatsachen wesentlich besser entsprechende Bezeichnung wäre der Begriff Stallwetter (BOSSOW, 1996) wegen der sich sehr kurzfristigen Änderungen der Gegebenheiten und der Einflüsse von außen durch die Wetterlage.

In den folgenden Darstellungen soll eine Übersicht der zur Zeit vorhandenen wissenschaftlichen Ergebnisse in Bezug zur direkten und indirekten Einflussnahme einzelner Klimafaktoren auf die Gesundheit der Tiere gegeben werden.

Stallklimafaktoren

Diese umfassen den größten Teil der messbaren Merkmale und eignen sich deshalb auch für die Erarbeitung einer repräsentativen Aussage in Bezug auf Einflüsse auf das Tier. Da viele dieser zu messenden Merkmale voneinander abhängen bzw. sich gegenseitig beeinflussen ist vor allem bei Interpretationen in Bezug auf Beeinflussung der Tiere Vorsicht geboten. Im folgenden werden einige dieser Zusammenhänge aufgezeigt

und deren praktische Relevanz dargestellt.

1. Lufttemperatur

Die Temperatur im Stall kommt zum einen durch die Umgebungstemperatur bzw. Zulufttemperatur und zum anderen durch die Wärmeabgabe der Tiere zustande. Die Wärmeabgabe der Tiere erfolgt über

- Wärmeleitung durch Kontakt (Liegeflächen)
- Wärmekonvektion
- Wärmestrahlung
- Ausscheidungen (Kot, Harn)
- Wasserverdunstung (über die Hautoberfläche)

Die Menge der Wärmeabgabe ist von einigen Faktoren abhängig:

- Vom Fütterungsniveau der Tiere (je höher die Futteraufnahme um so mehr Verbrennungswärme wird freigesetzt).
- Vom Gewicht der Tiere (je kleiner die Tiere um so weniger Wärme wird produziert), (BRUCE, 1981).

Bei der Reaktion der Tiere auf die Umgebungstemperatur unterscheidet man deshalb eine Zone thermischer Neutralität. Der darunter liegende Bereich wird als zu kalt und der darüber liegende als zu warm empfunden. Entsprechend der Wärmemenge welche die Tiere produzieren und den entsprechenden baulichen Voraussetzungen ist diese Zone der thermischen Neutralität in einen höheren Temperaturbereich oder in einen niedrigeren Bereich verschoben. Abgesehen von den vorher erwähnten Faktoren wird dieser Bereich auch von folgenden Faktoren bestimmt:

- vom Zustand des Haarkleides
- vom Haltungsverfahren

Innerhalb der thermoneutralen Zone liegt der Behaglichkeitsbereich, in dem optimale Leistungen erzielt werden können. Dieser Bereich ist ebenfalls von den vor-

hin genannten Faktoren abhängig. Interessant in diesem Zusammenhang ist, dass die Temperatur für optimale tägliche Zunahmen bei Mastschweinen etwa um 4°C tiefer liegt als die Temperatur für optimale Futterverwertung (HAHN und NIENHABER, 1988).

Besonders niederländische Autoren weisen darauf hin, die Optimalbereiche auch nach dem Haltungsverfahren zu differenzieren.

Temperaturschwankungen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes werden in °Kelvin (K) angegeben. Die Auswirkungen von Temperaturschwankungen auf Schweine sind von folgenden Bedingungen abhängig:

- dem Leistungsniveau und Gewicht der Tiere
- dem Haltungsverfahren
- den Anpassungsmöglichkeiten der Tiere
- dem Zeitraum in welchem sie stattfinden

2. Feuchte der Stallluft

Diese wird vor allem durch die Wasserdampf-abgabe der Tiere und der Feuchte der Zuluft bestimmt. In modernen Stallsystemen spielt die Wärmezufuhr durch Heizung eine zusätzliche Rolle. Die relative Luftfeuchte spielt vor allem als Messgröße eine Rolle. Sie wird als Wassergehalt der Luft bei bestimmter Lufttemperatur im Verhältnis zur maximalen Aufnahmemenge bei dieser Temperatur angegeben. Der Taupunkt ist der Temperaturpunkt bei welchem die absolute Sättigungsfeuchte erreicht ist und die Feuchtigkeit kondensiert (vor allem bei schlecht isolierten Gebäuden und hoher relativer Luftfeuchtigkeit ein Problem).

3. Luftbewegung

Im Stall treten Luftbewegungen als gerichtete und turbulente Strömungen auf. Vor allem im Bereich der Eintrittsöffnun-

Autor: Dr. Peter IRGANG, Fachtierarzt für Schweine, A-8413 ST. GEORGEN AN DER STIEFING 100, Email: irgang@netway.at

gen von Frischluft (bei Strahlöffnungen) ist mit gerichteten Strömungen zu rechnen. Ob Zugluft vom Tier als solche empfunden wird hängt vor allem von der Temperatur der Luft, aber auch vom Gewicht der Tiere ab. Je höher die Temperatur der Zuluft um so höher kann die Luftgeschwindigkeit sein (TÜLLER und ALLMENDINGER, 1987). Bei Messungen dieses Faktors ist vor allem in Betracht zu ziehen, dass Zugluft häufig nur über kurze Zeitperioden bei bestimmten Lüftungsbedingungen auftreten kann und daher sehr schwer als Ursache zu obektivieren ist.

4. Gase der Stallluft

Die Basis der Stallluft ist die Außenluft. Sie enthält neben einer variablen Wasserdampfmenge folgende Gase mit einem relativ konstanten Anteil:

- Stickstoff 78 %
- Sauerstoff 21 %
- Spurengase 1 %

Zu den Spurengasen zählt man die Edelgase (Argon) und Kohlendioxid und weitere Gase, welche man als Fremdgase zusammenfasst. Mehr als 100 verschiedene Komponenten wurden im Bereich Fremdgase identifiziert (HARTUNG, 1988).

Während das Kohlendioxid hauptsächlich bei der Atmung entsteht (nur ca 5 – 10 % der Menge wird zusätzlich aus Kot und Harn freigesetzt), stammen die Fremdgase vor allem aus den Umsetzungen in Harn und Kot.

Die Menge der Freisetzung ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Haltungsverfahren (bei Festmist mehr Freisetzung), (SALLEI, 1973)
- Dauer der Lagerung im Stall
- PH-Wert der Gülle (SALLEI, 1973)
- Temperatur in der Umwelt
- Tialter
- Luftumsatz im Stall (je mehr Luftumsatz um so mehr Freisetzung)

Zwischen der Konzentration der verschiedenen Bestandteile dieses Gasgemisches bestehen keine Korrelationen, die es erlauben würden, von der Konzentration einer Komponente (Leitkomponente) auf die einer anderen Komponente oder auf die Summe der Spurengase als Ganzes zu schließen. Daher eignen sich

in der Tierhaltung weder Kohlendioxid noch Ammoniak noch ein anderes Gas als Leitkomponente für alle Spurengase oder gar für den Geruch.

5. Staub- und Keimgehalt der Luft

Unter Staub versteht man in der Luft schwebefähige, kleine Teilchen fester Stoffe. Besonders organischer Staub enthält stets auch Gase und Flüssigkeiten. Zum Staub zählen auch die meist daran anhaftenden Keime. Der Staubgehalt in Stallungen hängt von einigen Faktoren ab:

- Tierart
- Alter der Tiere
- Jahreszeit
- Tageszeit
- Haltungsverfahren

Dieser Staub wird hauptsächlich von den Oberflächen der Tiere in Form von Hautschuppen, Haaren, und Schmutz freigesetzt. Als weitere Quellen sind das Futter, die Einstreu und die Fäkalien zu nennen. Die mittlere Verweilzeit von Partikeln und Keimen beträgt 15 bis 45 Minuten. Der Staubgehalt der Luft entsteht also aus einem ständigen Gleichgewicht von Freisetzung und Eliminierung. Die Eliminierung erfolgt über Sedimentation und Lüftung.

Der Durchmesser der Staubpartikel bestimmt die Weite seiner Eindringungsmöglichkeit in die Bronchien. Sogenannter Feinstaub mit einem Durchmesser zwischen 5 – 7 μm , welcher ca 9 – 12 % des Stallstaubes ausmacht, ist auch lungengängig (HINZ und KRAUSE, 1987).

Stallstaub besteht bei einem Wassergehalt von 10 – 17 % bis zu 80 – 90 % aus organischer Substanz.

Die meisten **Mikroorganismen** in der Stallluft sind nichtpathogen und kommen wie der Staub von den Oberflächen der Tiere, den Ausscheidungen, der Einstreu und dem Futter. Die meisten Mikroorganismen in der Stallluft sind tot, weniger wie 1% des Gehaltes ist lebensfähig. Es sind mit sehr großen Streuungsbreiten vor allem (70 – 80 %) gram positive Bakterien mit einer durchschnittlichen Konzentration von 10^7 – 10^8 Keimen pro g analysiert worden (AENGST, 1984) welche hauptsächlich zur Spezies *Micrococcaceae* gehören (BAEKEBO, 1990). Als Indikatorkeime für Belastungsversu-

che wurden *E. coli*, häm. Staphylokokken und häm. Streptokokken verwendet. Meist wurde bei diesen Keimen auch eine Multiresistenz gegen verschiedenste Antibiotika festgestellt, welche in dem Stall verwendet wurden (MÜLLER und WIESER, 1987). An pathogenen Infektionserregern sind *Pasteurella multocida* zwar in niedrigen Konzentrationen von 144 KBE pro m^3 gefunden worden, doch konnte die Übertragung durch die Luft in dieser Studie bewiesen werden (BAEKEBO und NIELSEN, 1988). Auch *Aktinobacillus Pleuropneumoniae* wurde in einer anderen Studie in 15 % der Proben von Herden gefunden (NIELSEN et al., 1998).

An Pilzen sind nur wenige Prozent als lebensfähig zu identifizieren. Weiters wird auch dem Gehalt an Endotoxinen eine immer größere Rolle bei der Entstehung von Lungenerkrankungen bei Mensch und Tier zugeordnet und ist auch deshalb in den letzten Jahren Grund für intensive Forschung.

Tiergesundheit

Um zu ergründen warum Tiere bei bestimmten Umweltbedingungen erkranken muss man zuerst den Begriff Gesundheit näher definieren.

Generell haben Tiere drei Möglichkeiten um auf umweltbedingte Einflüsse zu reagieren (MOBERG, 1985):

- durch Verhaltensanpassung
- durch Funktionsanpassung (Aktivierung der Hypophyse – Nebennierenachse - Kortisonfreisetzung – Änderung der biologischen Funktionen (z.B. Fortpflanzung wird eingestellt)).
- durch pathologische Veränderungen (Gewebsveränderungen)

Wenn die Umgebung genügend Stress auszulösen imstande ist, dann kommen die Tiere in einen pathologischen Status. WEBSTER (1988) beschreibt drei Strategien wie die Umwelt zur Entstehung von Pneumonien beitragen kann:

- die Lebensbedingungen von pathogenen Erregern werden positiv beeinflusst, sodass der Infektionsdruck steigt.
- Umweltfaktoren beeinflussen Mechanismen durch welche Tiere der Besiedelung durch pathogene Erreger standhalten können (Schleimhautbarriere).

- Umweltfaktoren beeinflussen das Immunsystem direkt

Ausbrüche von Atemwegsinfektionen können nur passieren wenn auch ein pathologisches Agens vorhanden ist (TIELEN, 1987).

Die für das jeweilige Alter bzw Gewicht empfohlenen Stallklimawerte für den Optimalbereich sollen nur als Richtwerte Verwendung finden, weil diese Bereiche immer nur für bestimmte Gewichtsklassen bei bestimmten Haltungsbedingungen (Bodenbeschaffenheit) und Außentemperatur gelten. Sie sollten immer in Verbindung mit Verhaltensbeobachtungen der Tiere beurteilt werden.

Stallklima und Tiergesundheit

In der letzten Zeit haben sich sehr viele Studien mit den Möglichkeiten wie und in welchem Ausmaß Stallluft in der Lage ist, die Funktion des Respirationstraktes zu beeinflussen beschäftigt. Die meisten dieser Arbeiten konzentrierten sich auf Staub und Ammoniak alleine oder in Kombination mit pathogenen Mikroorganismen. Es waren meist experimentelle oder epidemiologische Studien. Die experimentellen Studien sind in drei Gruppen zu gliedern: Strukturelle Veränderungen des Respirationstraktes, Veränderungen des Clearancemechanismus und Studien an Schweinen mit respiratorischen Erkrankungen.

Strukturelle Veränderungen des Respirationstraktes

In einer amerikanischen Studie (DOIG und WILLOUGHBY, 1971) wurden Ferkel 100 ppm Ammoniak und/oder Staub (70 mg/m³) über 6 Wochen von der 1. bis 7. Lebenswoche ausgesetzt. Abgesehen von geringgradiger Konjunktivitis wurden keine klinischen Symptome beobachtet. Die Futteraufnahme und die täglichen Zunahmen wurden nicht beeinflusst. Bei der pathologisch anatomischen Untersuchung wurden keine Veränderungen festgestellt. Die histologische Untersuchung zeigte Veränderungen in der Schleimhaut der Nase und der Trachea. Charakteristische Veränderungen waren eine Verdickung des Epithels und eine signifikante Reduktion der schleimproduzierenden Zellen in der Mucosa. In einer weiteren Untersuchung

aus Amerika (DONHAM und LEININGER, 1984) wurden Schweine über 12 Monate in einer typischen Ferkelaufzuchtseinheit mit anderen Tieren aufgezogen während die Kontrolltiere unter Laborbedingungen gehalten wurden. Verglichen mit der Kontrollgruppe wurden bei der Versuchsgruppe ausgeprägte Veränderungen an den Turbinarien und der Trachealschleimhaut (epitheliale Metaplasie mit einem Verlust der Zilien), bei einigen eine interstitielle histiozytäre Pneumonie nachgewiesen. In einer anderen Studie aus Kanada wurde ein Verlust der Zilien des Schleimhautepithels bei Schweinen festgestellt, welche Getreidestaub und Schwefeldioxyd ausgesetzt wurden (MARTIN und WILLOUGHBY, 1972).

Auswirkungen von Ammoniak auf die Produktivität

Eine amerikanische Studie zeigte eine Reduktion der täglichen Zunahmen (DRUMMOND et al., 1980). Drei Gruppen von Schweinen wurden in einem Alter von 4 Wochen für 4 Wochen 50 ppm, 100 ppm oder 150 ppm Ammoniak ausgesetzt. In dieser 4-wöchigen Periode wurde eine um 12 %, 30 % oder 29 % verminderte tägliche Zunahme festgestellt. Husten wurde in der 100 ppm und 150 ppm Gruppe festgestellt. Bei der pathohistologischen Untersuchung wurden akute entzündliche Veränderungen mit Infiltration durch Entzündungszellen in der Nasen- und Trachealschleimhaut gefunden.

In einer ähnlich angelegten deutschen Studie (JOHANNSEN et al., 1987) wurden keine klinischen Veränderungen und nur eine marginale Reduktion der täglichen Zunahmen bei Ferkeln festgestellt, welche für 5-6 Wochen 50 bzw 100 ppm Ammoniak ausgesetzt wurden. Es wurden keine pathologisch anatomischen Veränderungen gefunden sehr wohl aber ausgedehnte histologische Veränderungen (ggr interstitielle Pneumonie mit Lymphozyteninfiltrationen, Verlust von Typ 1 Zellen – Sauerstoffaustausch, Verlust der Zilien des Nasen und Trachealepithels, Verlust von schleimproduzierenden Zellen) vor allem in der 100 ppm Gruppe.

Clearance Mechanismus

In Situationen mit optimaler Luftqualität ist der Respirationstrakt in der Lage

Mikroorganismen aus dem System effektiv zu eliminieren. Studien an Schweinen haben gezeigt das 99 % einer bestimmten Menge an Staphylokokkus aureus innerhalb von 6 Stunden eliminiert wird (KASTNER und MEHLHORN, 1989) und das 99.9 % einer bestimmten Menge an Pasteurella multocida innerhalb von 24 h aus dem Organismus entfernt wird (HEILMANN und MÜLLER, 1987).

Überlebensstudien mit Pasteurella multocida zeigten, dass ca 45 Minuten nach Aufnahme der Erreger nur mehr wenige Prozent lebensfähig auf der Schleimhaut der Schweine gefunden wurden (THOMSEN et al., 1992).

In Situationen mit schlechter Luftqualität wird die Clearancefunktion erheblich beeinträchtigt. In einer schwedischen Untersuchung wurden Schweine einem Aerosol mit lebenden, nicht pathogenen E.coli Stämmen ausgesetzt, nach einer Phase von 4 Wochen wobei die Atemluft mit Kohlestaub (15 mg/m³) angereichert war (RYLANDER, 1969). In der dem Kohlestaub ausgesetzten Gruppe wurde eine signifikante Verminderung der Lungenclearance festgestellt.

In einer amerikanischen Studie wurden frisch abgesetzte Ferkel einem Aerosol mit E. coli Stämmen ausgesetzt (DRUMMOND et al., 1978). Danach wurden sie für 2 Stunden einem Aerosol mit 50 ppm bzw. 75 ppm Ammoniak ausgesetzt. Sogar diese kurze Zeit mit hohen Ammoniakkonzentrationen bewirkte eine Reduktion der Lungenclearance um 51 % gegenüber der Kontrollgruppe.

Respiratorische Erkrankungen

In einer amerikanischen Studie wurden Zusammenhänge zwischen Mykoplasma hyopneumoniae Infektionen und verschiedenen Ammoniak-Konzentrationen bzw Temperaturschwankungen untersucht (CLARK et al., 1993). Die Studie zeigte, daß 18 ppm Ammoniak über 15 Wochen in der Atemluft von Schweinen keinen Einfluss auf die Prävalenz von respiratorischen Erscheinungen, verursacht durch Mykoplasma hyopneumoniae, oder eine Verminderung der täglichen Zunahmen hat.

Eine dänische Arbeit mit Pasteurella multocida hat gezeigt, dass 50 ppm Ammoniak in der Luft keine derartigen Ver-

änderungen im Atmungstrakt bewirken kann, dass *Pasteurella multocida* angehen und eine Pneumonie verursachen kann (ANDREASEN et al., 1993).

Diese Studie betrachtete Zusammenhänge zwischen verschiedenen Ammoniakkonzentrationen und dem Mykoplasma *hyopneumoniae* – *Pasteurella multocida* Komplex (MIRD-Komplex).

Schweine welche für 70 Tage einer Konzentration von 50 bzw 100 ppm Ammoniak ausgesetzt wurden, hatten häufigere und massivere pathologisch anatomische Veränderungen an den Lungen und geringere Tageszunahmen als die Kontrollgruppe, welche zwar auch infiziert wurde aber nicht diesen Ammoniakkonzentrationen ausgesetzt war.

In einer weiteren dänischen Studie wurde der Einfluss von schlechter Luftqualität auf die klinische Prävalenz von respiratorischen Erkrankungen und Produktivität untersucht (BAEKBO et al., 1996). Dabei wurden die Tiere mit 30 kg in 2 Gruppen von je 38 Tieren in zwei klimatisch kontrollierte Kammern (Klimakammern) verbracht. Der Unterschied des Klimas in beiden Kammern wurde durch unterschiedliche Luftumsatzraten (19 m³/h/Tier bzw. 52 m³/h/Tier) bewerkstelligt. Kohlendioxid (2600 bzw. 1500 ppm), Ammoniak (17 bzw. 9 ppm), Staub (2.63 mg/m³ bzw. 2.22 mg/m³) und Bakteriengehalt (2.1 bzw. 1.2 * 10⁵ KBE/m³) wurden in den beiden Kompartimenten gemessen.

In der Studie konnten keine signifikanten Unterschiede in den Tageszunahmen und der Futtermittelverwertung gefunden werden.

Die Tiere in den Kammern mit höherer Luftrate zeigten weniger deutliche Ausprägungen von subklinischer Rhinitis atrophicans und hatten auch weniger Behandlungen wegen Pneumonien notwendig.

Endotoxine

Experimentelle Studien an Läufer-schweinen (31 – 43 kg) ließen vermuten, dass Endotoxineinwirkung über die

Atemluft zur Entstehung von respiratorischen Erkrankungen beitragen können (HOLST et al., 1994). Es wurden zwar keine histopathologischen Veränderungen in den Lungen beobachtet aber eine hgr Vermehrung von Entzündungszellen (neutrophile Granulozyten) in der Lavageflüssigkeit gefunden. Dies ist in Übereinstimmung mit Studien an Minischweinen wo ebenfalls eine erhöhte Aktivierung von Alveolarmakrophagen und ein Anstieg von lysozymalen Enzymen beobachtet wurden (RYLANDER et al., 1985). Lysozymale Enzyme sind für die Alteration von Gewebe verantwortlich. In einer belgischen Studie wurde deutlich herausgearbeitet, dass Endotoxine nur bei vorheriger Einwirkung von Ammoniak (25-50 ppm) entzündliche Veränderungen der Mucosa der Nasenschleimhaut hervorrufen können (URBAIN et al., 1996).

Zusammenfassung

Die dargestellten Studien über Luftqualität bestätigen, dass größere Mengen an Ammoniak und Staub in der Lage sind den mucoziliären Apparat des Respirationstraktes negativ zu beeinflussen. Die Clearancekapazität der Lunge kann um bis zu 50 % vermindert werden. Wenn aber keine Infektionen mit lungenpathogenen Erregern im Bestand vorhanden sind, so hat dies nur eine marginale Veränderung der Leistung der Tiere aber auch der gesundheitlichen Performance zur Folge.

Als Haupteffekt schlechter Stallluft ist daher das Auftreten von respiratorischen Erkrankungen zu nennen. In diesen Situationen führt das zu einer Reduktion der Schleimhautbarriere und der unspezifischen Immunität. Vor allem *Pasteurella multocida* verursacht dann eine klinisch ausgeprägtere Rhinitis, aber auch die Kombination mit *Mykoplasma hyopneumoniae* Infektionen verursacht wesentlich häufiger massivere klinische und pathologische Veränderungen.

Daraus ergeben sich zwei Fragen:

1. Bis zu welchem Ausmaß hat zu einem bestimmten Zeitpunkt das Zusammenspiel von mehreren dieser Klimafaktoren Einfluss an der Entstehung von Pneumonien?
2. Können für jeden dieser Faktoren in diesem Zusammenspiel Maximalwerte bestimmt werden?

Zur ersten Frage geben die verschiedenen Studien Antwort: Schlechte Luftqualität mit Erhöhung verschiedener Faktoren gleichzeitig aber auch die Erhöhung einzelner Faktoren (Ammoniak bzw. Staub) kann auch bei kurzzeitiger Einwirkung die Inzidenz und den klinischen Verlauf von respiratorischen Erkrankungen negativ beeinflussen. Die Entstehung und der klinische Verlauf wird aber auch von anderen Faktoren welche nicht im Stallklimabereich liegen, beeinflusst (Infektionsdruck, spezifische Immunität).

Dementsprechend schwierig ist auch die Beantwortung der zweiten Frage. Aus einer amerikanischen Studie sind Richtwerte für den Zusammenhang Stallklima – Tiergesundheit zu entnehmen welche in der Praxis als Basis verwendet werden können (Tabelle 1).

Literatur

- HILLIGER, H. G., 1990: Stallgebäude, Stallluft und Lüftung S. 2.
- BOSSOW, H., 1996: Merkblätter Stallwetter, ITB Schwein des BPT.
- BRUCE, J.M., 1981: Ventilation and Temperature control criteria for pigs. In: Clark J.A. (Hsg) Environmental aspects of housing for animal production. Butterworth London, Boston, Sydney.
- HAHN, G.L. und J. A. NIENHABER, 1988: Performance of carcass composition of grow finishing swine as thermal environment selection guide. Proc. IIIrd Int. Symp. Livestock Environment Toronto 93 – 100.
- TÜLLER, R. und A. ALLMENDINGER, 1987: Stallbau, Klima, Einrichtungen. Dtsch. Geflügelw. Schweineprod. 39, 1163 – 1168 (Teil 7), 1307 – 1310 (Teil 8).
- HARTUNG, J., 1988: Zur Einschätzung der biologischen Wirkung von Spurengasen der Stallluft mit Hilfe von zwei bakteriellen Kurzzeittests. Fortschr. Ber. VDI Reihe 15, Nr. 56. VDI Verlag Düsseldorf.
- SALLEI, E., 1973: Manure handling and the conditions of ammonia formation in the swine keeping without litter. IStasny Intern. Congr. Of animal Hygiene, Budapest 57 – 65.
- HINZ, T. und K. H. KRAUSE, 1987: Emission of respiratory biological-mixed aerosols from animal houses. EG-Meeting Aspects of respiratory diseases in pig and poultry. Aberdeen 29/30 Oct 1986, Report 81-89 10820EN.

Tabelle 1: Richtwerte der Luftqualität in Bezug zur Tiergesundheit (DONHAM, 1991)

Gesamt Staubgehalt (mg/m ³)	3,7
Atembarer Staub (mg/m ³)	0,23
Ammoniak (120 cm über dem Boden, ppm)	11
Ammoniak (20 cm über dem Boden, ppm)	25
Kohlendioxid (ppm)	1.540
Lebende Bakterien gesamt (KBE/m ³)	4.3 * 10 ⁵

- AENGST, C., 1984: Zur Zusammensetzung des Staubes in einem Schweinemaststall. Diss. Med. vet. Tierärztliche Hochschule Hannover.
- BAEKEBO, P., 1990: Air quality in danish pig heards. Proceedings of the 11th IPVS Congress, Lausanne, Switzerland, p.395.
- MÜLLER, W. und P. WIESER, 1987: Dust and microbial emissions from animal production. In: Strauch D. Animal production and environmental health, Elsevier Sci. Publ. B.V. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo.
- BAEKBO, P. und J. P. NIELSEN, 1988: Airborne *Pasteurella multocida* in pig fattening units. Proceedings of the 10th IPVS Congress Rio de Janeiro, Brazil, p.51.
- NIELSEN, J.P., P. AHRENS, T. HAGEDORN-OLSEN, P. DAHL and P. BAEKBO, 1998: PCR detection of airborne *Actinobacillus pleuropneumoniae*, toxigenic *Pasteurella multocida* and *Mycoplasma hyopneumoniae* in fattening units. Proceedings of the 15th IPVS Congress, Birmingham.
- MOBERG, G.P., 1985: Biological Response to Stress: key to assessment of animal wellbeing? In *Animal Stress*: E.D.G.P. Moberg, Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc., p.27-29.
- WEBSTER, A.J.F., 1988: The environmental requirements of tomorrow's livestock. In Proc. 3d Int. Livest. Environm. Symp. St. Joseph, Mich.: Am. Soc. Agric. Eng. Suppl. I., p.21-29.
- TIELEN, M.J.M., 1987: Respiratory diseases in pigs. Incidence, economic losses and prevention in the Netherlands. In *Energy Metabolism in Farm Animals: Effects of Housing, Stress and Disease*, E.D.M.W.A. VERSTEGEN and A.M. HENKEN DORDRECHD: Martinus Nijhof, p. 321-336.
- DOIG, P.A. and R. A. WILLOUGHBY, 1971: Response of Swine to Atmospheric Ammonia and Organic Dust. *Journal of American Medical Association*, 159, p.1353-1361.
- DONHAM, K.J. and J. R. LEININGER, 1984: Animal studies of potential chronic lung disease of workers in swine confinement buildings. *American Journal of Veterinary Research* 45, No 5, p.926-931.
- MARTIN, S.W. and R. A. WILLOUGHBY, 1972: Organic Dusts, Sulfur Dioxide and the Respiratory Tract of Swine. *Arch. Environm. Health*, 25, p.158-165.
- DRUMMOND, J.G., E. CURTIS, J. SIMON and H. W. NORTON, 1980: Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *Journal of Animal Science*, 50, No. 6, p.1085-1091.
- JOHANNSEN, U., W. ERWERTH, S. MENGER, R. NEUMAN, G. MEHLHORN and S. SCHIMMEL, 1987: Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung einer chronischen aerogenen Schadgasbelastung des Saugferkels mit Ammoniak unterschiedlicher Konzentrationen. *Journal of Veterinary Medicine*, B 34, p.260-273.
- KASTNER, P. und G. MEHLHORN, 1989: Untersuchungen zur Deposition und Clearance inhalierter Bakterien (*Staphylococcus aureus*) in der Lunge von Ferkeln. *Arch. Exper. Vet. Med.*, 43, S.379-389.
- HEILMANN, P. und G. MÜLLER, 1987: Brochoalveoläre Clearance nach Inhalation von *Pasteurella multocida* Aerosolen bei Läufer Schweinen. *Journal of Veterinary Medicine*, B 34, P.126-137.
- THOMSEN, C.M.A., N. CHANTER and C. M. WATHES, 1992: Survival of Toxigenic *Pasteurella multocida* in Aerosols and Aqueous Liquids. *Applied and Environmental Microbiology*, 58, p.932-936.
- RYLANDER, R., 1969: Alterations of Lung Defense Mechanisms Against Airborne Bacteria. *Arch. Environ. Health*, 18, p.551-555.
- DRUMMOND, J.G., S. E. CURTIS and J. SIMON, 1978: Effects of Atmospheric Ammonia on Pulmonary Bacterial Clearance in the Young Pig. *American Journal of Veterinary Research*, 39, p.211-222.
- CLARK L.K., C. H., ARMSTRONG, A. B. and W. G. VANALSTINE, 1993: The effect of *Mycoplasma hyopneumoniae* infection on growth in pigs with or without environmental constraints. *Swine Health and Production*, 1, No 6, p.10-14.
- ANDREASEN, M., P. BAEKBO and K. NIELSEN: Effect of aerial ammonia on the MIRD-complex. Proceedings of the 13th IPVS Congress Bangkok, Thailand, p.429.
- BAEKBO, P., P. PEDERSEN, L. K. THOMSEN, 1996: Impact of air quality on respiratory diseases and productivity. Proceedings of the 14th IPVS Congress, Bologna, Italy, p.522.
- HOLST, H., L.-E. ENQUIST, H. KINDAHL and R. RYLANDER, 1994: Hematological, Blood Biochemical and Cytological Bronchoalveolar Lavage Studies in Prepubertal Gilts after Endotoxin Inhalation and Ingestion. *Journal Veterinary Medicine*, A 41, p.159-166.
- RYLANDER, R., B. FOGELMARK and M. SJÖSTRAND, 1985: Free lung cell phagocytosis and lysosomal enzyme activity after inhalation of lipopolysaccharide in guinea pig. *Agents and Actions*, 16, p.353-358.
- URBAIN, B., P. GUSTIN, D. BEERENS and M. ANSAY, 1996: Acute Effects of Endotoxin Inhalation on the Nasal Mucosa in Pigs: Interaction with Ammonia. Proceedings 14th IPVS Congress, Bologna, Italy, p.519.
- DONHAM, K.J., 1991: Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. *American Journal of Veterinary Research*, 52, 1723-1730.

