Stallluftqualität und Arbeitsplatzbelastungen in unterschiedlichen Mastschweinehaltungsverfahren

Eberhard Hartung[1)], Katrin Ollesch[1)], Angelika Häußermann[1)], Monika A. Rieger[2)], Heiko Diefenbach[2)], Albert Sundrum[3)], Marlene Ebke[3)], M. Lohmeyer[4)]

[1)] Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Stuttgart
[2)] Bergische Universität Wuppertal, FG Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz
[3)] Universität Kassel, FG Tierernährung und Tiergesundheit
[4)] Mikrobiologisches Labor Dr. Balfanz – Dr. Lohmeyer GbR, Münster

Der aktuellen Diskussion in der Arbeitsmedizin entsprechend standen bei der Untersuchung unterschiedlicher Mastschweinehaltungsverfahren die Belastungen durch Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte (sog. biologische Belastungen) ergänzt um Staub- und Schadgaseinwirkungen im Vordergrund. Anhand der umfassenden Untersuchungen konnten keine deutlichen haltungssystemspezifischen Unterschiede im Hinblick auf Schadgas- und Staubkonzentrationen ermittelt werden. Die biologischen Belastungen wie auch Parameter der Tiergesundheit differierten zwischen den Ställen. Die gewonnenen Ergebnisse legen die Schlussfolgerung nahe, dass das Ausmaß der Belastungen nicht ursächlich einem spezifischen Haltungssystem zugeschrieben werden kann, sondern in erster Linie von dessen individueller Ausgestaltung und der spezifischen Betriebsführung bestimmt wird.

Schlüsselwörter
Arbeitsschutz, Schadgas, Staub, Bioaerosole, Endotoxin, Tiergesundheit, Schweinemast

Einleitung

Vor dem Hintergrund einer hohen Prävalenz von Atemwegserkrankungen bei Beschäftigten in der Schweinehaltung sowie auffälliger Lungenbefunde bei Mastschweinen sollten im Rahmen eines interdisziplinären Verbundprojektes die in der Schweinemast auftretenden Belastungen von Mensch, Tier und Umwelt erfasst werden. Dazu wurden Untersuchungen in repräsentativen Haltungssystemen für Mastschweine unter besonderer Berücksichtigung ökologischer Systeme im Vergleich zu konventionellen Haltungssysteme durchgeführt. Der aktuellen Diskussion in der Arbeitsmedizin entsprechend standen die Belastungen durch Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte (sog. biologische Belastungen) ergänzt um Staub- und Schadgaseinwirkungen im Vordergrund [1].). Das Hauptziel dieser Untersuchungen war es, zum Einen den Status Quo bezüglich der Stallluftqualität und der Höhe biologischer Belastungen in verschiedenen Mastschweinehaltungssystemen (mit und ohne Stroh als Einstreu) zu erfassen. Zum Anderen sollte versucht werden, Ursache-Wirkungsbeziehungen sowie wesentliche Einflussfaktoren auf die Höhe und Dynamik der untersuchten Parameter zu beschreiben, um daraus Minderungsmaßnahmen und/oder weiteren Forschungsbedarf abzuleiten.

Untersuchte Betriebe

Die Untersuchungen des vorliegenden Projektes wurden in vier unterschiedlichen Mastschweinehaltungssystemen bzw. Ställen A, B, C und D durchgeführt.

Die vier Haltungssysteme wurden ausgewählt, da sie repräsentative praxistypische Stallbaulösungen darstellen, welche ohne (Systeme A und B) und mit Stroh (Systeme C und D) als Einstreumaterial betrieben werden und somit eine Erhebung zur Einschätzung des Staus Quo bzgl. Stallluftqualität und Arbeitsplatzbelastungen in der landwirtschaftlichen Praxis ermöglichten. Die beiden Haltungssysteme bzw. Abteile A und B entsprechen den BVT-Kriterien [2, 3] sowie weitestgehend den Anforderungen des vorliegenden Entwurfs der Ergänzung der Tierschutznutztierhaltungsverordnung für Schweine [4]. Die beiden Abteile verfügen über Spaltenboden mit einem reduziertem Schlitzanteil (50 % mit 6 % Schlitzanteil), und jede Bucht ist mit einem Porky-Play-Beschäftigungsautomaten ausgestattet (27 Tiere/Bucht; 0,90 m^2/Tier). Das Haltungssystem C ist ein Tiefstreustall (Altbauumnutzung), der nach Bioland-Richtlinien betrieben wird und bei dem der Luftwechsel nur durch Kippen oder Herausnehmen der Fenster beeinflusst werden kann (20 Tiere/Bucht; 1,3m^2/Tier). Das Haltungssystem D ist ein Stall nach den Vorgaben der EG-ÖKO-VERORDNUNG [5] mit getrennten Klimabereichen; er ist mit einer Trauf-First-Lüftung mit Spaceboards und Windbrechnetzen an beiden Seiten der Stallanlage ausgeführt (1,3 m^2/Tier Stallinnenfläche und 1,0 m^2/Tier Außenfläche).

Haltungs-system	Stroheinsatz	getrennte Klima-bereiche	Lüftung	Fütterung	Stallmana-gement
A	Beschäftigung	nein	zwangsbelüftet nach DIN 18910	vierphasige Breifütterung	Rein-Raus
B	Beschäftigung	nein	zwangsbelüftet nach DIN 18910	vierphasige Flüssig-Sensorfütterung	Rein-Raus
C	Einstreu für Tiefstreu	nein	frei belüftet „Fensterlüftung“	einphasige Trockenfütterung	Kontinuierlich
D	Minimal-Einstreu	ja	frei belüftet Außenklimastall	zweiphasige Trocken- und Breifütterung	Kontinuierlich

Versuchsdurchführung

Jedes Haltungssystem wurde an sechs Messterminen beprobt; davon lagen jeweils drei in der kalten und drei in der warmen Jahreszeit. In den beiden Systemen A und B wurden die Mastdurchgänge jeweils durch drei Messtermine (Anfang, Mitte und Ende des Mastdurchganges) abgebildet. Da die beiden Systeme C und D im kontinuierlichen Verfahren betrieben wurden und die Buchten nicht räumlich getrennt waren, war eine den Mastdurchgang abbildende Messung nicht möglich. Aus Stall A und B wurden zusätzlich Daten eines dritten Mastdurchganges gewonnen (**Tabelle 1**).

Erfasste Parameter

Die in den vier Systemen eingesetzten Futtermittel und Stroh wurden nach den offiziellen Methoden auf die Rohnährstoffzusammensetzung untersucht und Angaben zur Futterverwertung, täglichen Zunahme und Zahl der Masttage erfasst. Als weitere Randparameter wurden in allen Ställen bzw. Abteilen die Innenraumlufttemperatur und -luftfeuchte bestimmt (Fa. ROTRONIC, Modell Hygroclip).

Die Messungen im Bereich des Stallklimas umfassten die Konzentrationsbestimmung von NH_3, CO_2 und CH_4 über NDIR Spektroskopie (ROSEMOUNT, MAIHAK) bzw. photoakustische Infrarotspektroskopie (INNOVA) sowie Staubmessungen.

Die Untersuchungen zur Partikelkonzentration und -verteilung wurden unter den Gesichtspunkten des Umwelt- (PM 10) und Arbeitsschutzes [6] durchgeführt. Die PM 10-Bestimmung erfolgte teils mit Streulichtphotometern (Fa. TSI, Modell DustTrack 8520), teils mit Aerosolspektrometern (Fa. Grimm Aerosol Technik, Modell 1.108). Letzteres Gerät kam auch für die Messung der arbeitsmedizinischen Partikelfraktionen zum Einsatz. Zur Bestimmung der luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffe (Endotoxine, Schimmelpilze und Bakterien inklusive Differenzierung) wurde das Gesamtstaub-Probenahmesystem (PGP-System) teilweise stationär (zur Erfassung der Belastung im Stall) und teilweise personengetragen (zur Erfassung tätigkeitsbezogener Belastungen) eingesetzt. Probenahme, Probentransport und Analyse erfolgten entsprechend der für den Arbeitsschutz standardisierten Messvorschriften (TRBA 405 [7] und TRBA 430 [8] sowie der BIA-Merkblätter (in BIA Arbeitsmappe [9]) 9410, 9411, 9417, 9420, 9430, 9450. Bakterien, die nur in geringen Konzentrationen vorkamen, wurden mittels Impaktorproben erfasst. Des Weiteren wurde eine Analyse von Materialproben (Futter und Einstreu) zur Differenzierung möglicher Emissionsquellen für Mikroorganismen vorgenommen.

Der Tiergesundheitsstatus der Mastschweine wurde durch Adspektion der Tiere und über die Analyse von serologischen und koprologischen Proben sowie über Organ- und Schlachtkörperbefundung beurteilt. Neben der Seroprävalenz von Antikörpern gegen Influenza-, PRRS- und Circovirus sowie Mycoplasma hyopneumoniae wurden Parasitenbefall und weitere auffällige Organbefunde standardisiert dokumentiert (Befundschlüssel nach Blaha und Neubrand [10] bzw. PIQ).

Eine detailliertere Beschreibung sowohl der benutzten Untersuchungsmethoden, der Probenahmen und der Vorgehensweise bei der Datenanalyse als auch des wissenschaftlichen und technischen Standes zur Stallluftqualität, den Arbeitsplatzbelastungen und der Tiergesundheit im Bereich der Schweine- bzw. Mastschweinehaltung ist Rieger et al. [1] zu entnehmen.

Ergebnisse und Diskussion

Die in den untersuchten Haltungssystemen verwendeten **Fütterungssysteme** spiegelten ebenso wie die Anzahl der Fütterungsphasen und die entsprechenden Futterzusammensetzungen das typische breite Spektrum der Praxisbedingungen wider. Da die Menge und Form der in den Futtermitteln vorliegenden Nährstoffe sowie deren Umsetzung im Tier entscheidend für das mögliche Ausmaß der späteren Schadgasfreisetzung ist, wurden die Futtermittel analysiert. Zur besseren Vergleichbarkeit der vier Ställe bzw. Abteile wurde nur der Mittelwert der Stichproben (es wurden jeweils drei Mischfutterproben pro Betrieb und Mastdurchgang analysiert und in die Mittelwertberechnung mit einbezogen) verglichen und auf eine Gegenüberstellung der einzelnen Phasen dieser Betriebe verzichtet. Wie aus **Tabelle 2** ersichtlich, lag die Versorgung mit Rohfaser und Energie bei allen Haltungssystemen während des gesamten Versuches etwa auf gleichem Niveau. Deutliche Unterschiede zeigten sich jedoch bei der Versorgung mit Rohprotein. Während in den Haltungssystemen A und B die Futtermischung im Schnitt 155 bzw. 153 g/kg Frischsubstanz (FS) enthielten, lagen die Werte in Haltungssystem C mit 125 bzw. 121 g/kg FS und Haltungssystem D mit

Tabelle 1: Übersicht der zeitlichen Aufteilung der Messtermine auf die unterschiedlichen Versuchsbetriebe

Bezeichnung	Messtermine
Haltungssystem A	**MD 1:** 09.10.2002; 25./26.11.2002; 08./09.01.2003
	MD 2: 18./19.02.2003; 02./03.03.2003; 14./15.05.2003
	MD 3: 02.07.2003; 13.08.2003; 29.09.2003
Haltungssystem B	**MD 1:** 10.10.2002; 14./15.12.2002; 08./09.01.2003;
	MD 2: 18./19.02.2003; 02./03.03.2003; 14./15.05.2003
	MD 3: 02.07.2003; 13.08.2003; 29.09.2003
Haltungssystem C	**MD 2:** 13.03.2003; 07.04.2003; 24.04.2003
	MD 3: 28.07.2003; 14.08.2003; 08.09.2003
Haltungssystem D	**MD 2:** 17.03.2003; 03.04.2003; 28.04.2003
	MD 3: 24.07.2003; 18.08.2003; 04.09.2003

MD = MASTDURCHGANG

Tabelle 2: Mittelwerte der analysierten Mischfuttermittel (n = 3 Stichproben pro Betrieb und Durchgang) für die Haltungssysteme A, B (identisches Futter) sowie C und D während der Mastdurchgänge MD 2 und MD 3

Haltungssystem / Mastdurchgang	Rohfaser g/kg FS	Energie MJ ME/kg	Rohprotein g/kg FS
A und B / MD 2	42,2	12,7	155,1
A und B / MD 3	38,0	12,7	153,1
C / MD 2	43,7	12,4	125,4
C / MD 3	37,4	12,5	121,8
D / MD 2	37,4	12,4	101,7
D / MD 3	37,1	12,7	111,4

nur 102 bzw. 111 g/kg FS deutlich darunter (Tabelle 2).

Beim Vergleich der o. g. analysierten Werte mit den Normwerten für Einzel- und Mischfuttermittel der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie [11] zeigte sich, dass in allen untersuchten Rationen der geforderte durchschnittliche Energiegehalt von 12,5 MJ ME / kg enthalten war. Eine deutliche Unterversorgung mit Rohprotein (mindestens 15,5 % der Frischsubstanz), vor allem zu Beginn der Mast ergab sich für die Fütterung in den Betrieben C und D.

Tabelle 3 gibt eine Übersicht zur **Herkunft und Genetik** der in den vier untersuchten Haltungssystemen gemästeten Schweine sowie zu deren **Mastleistungen**.

Da das **Management** der vier untersuchten Systeme unterschiedlich war (A und B Rein-Raus; C und D kontinuierlich) konnten keine Systemdifferenzen im Abhängigkeit vom Tieralter ermittelt werden.

Die in den Stall- bzw. Abteilinnenräumen der vier untersuchten Haltungssysteme registrierten **Innernraumlufttemperaturen und -feuchtegehalte** (**Bilder 1** und **2**) bewegten sich in den in der Literatur beschriebenen Bandbreiten für zwangs- und frei belüftete Stallsysteme (A/B: ca. 13-36 °C und 21-75 %; C/D: ca. 2-29 °C und 36-86 %). Bei den Haltungssystemen C und D zeigten sich, bedingt durch die direkte Abhängigkeit der Innenraumtemperatur von der Außentemperatur, stärkere Schwankungen der Temperatur- und damit auch Luftwechselrate.

Die **Innenraumkonzentrationen von CO_2 und NH_3** lagen in den untersuchten Haltungssystemen im Durchschnitt deutlich unter dem Grenzwert von 3000 ppm bzw. 20 ppm. In den frei belüfteten Systemen C und D wurden, wie erwartet, tendenziell niedrigere CO_2- und NH_3-Konzentratio-nen registriert (Mittelwert C/D: CO_2 ca. 1220/900 ppm; NH_3 ca. 7/2 ppm) als in den zwangsbelüfteten Systemen A und B (Mittelwert A/B: CO_2 ca. 1530/1600 ppm; NH_3 ca. 8 ppm). In Bezug auf CO_2 war dies im Wesentlichen durch die unterschiedlichen Lüftungssysteme und die damit verbundenen Luftwechselraten zu erklären (**Bild 3**).

Die tendenziell niedrigeren NH_3-Konzentrationen in den Systemen C und D waren vermutlich in Zusammenhang mit den durchschnittlich tieferen Stallinnenraumtemperaturen in diesen beiden Systemen und der deutlichen Rohproteinunterversorgung der Tiere zu sehen (s. o.). Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass Haltungssystem D mit getrennten Funktions- bzw. Klimabereichen ausges-

Tabelle 3: Durchschnittliche Mastleistungen in den vier untersuchten Haltungssystemen

Haltungs-system	Ferkelher-kunft	Genetik	tägl. Zunahmen	Futterver-wertung	Masttage
A	geschlossenes System	DL x Pit	880 g	3,06	91
B	geschlossenes System	DL x Pit	832 g	3,05	91
C	unterschiedli-che Ferkelher-künfte	nicht bekannt	625 g	4,11	146
D	unterschiedli-che Ferkelher-künfte	DL x Ha/Du	728 g	keine Angaben	130

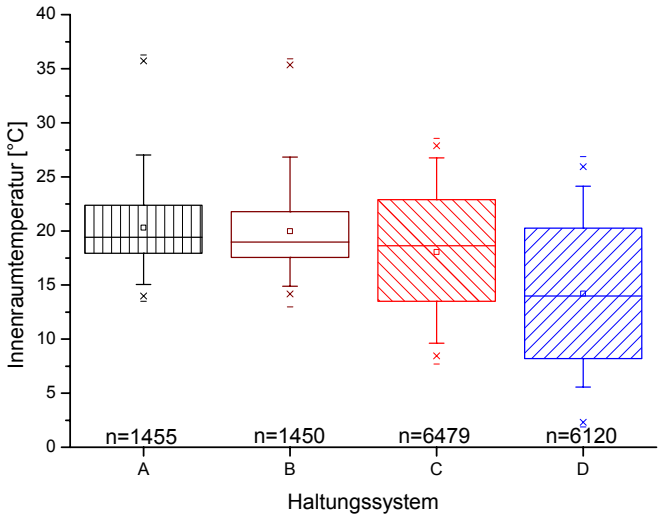


Bild 1: Innenraumtemperatur in allen Haltungssystemen über alle Mastdurchgänge

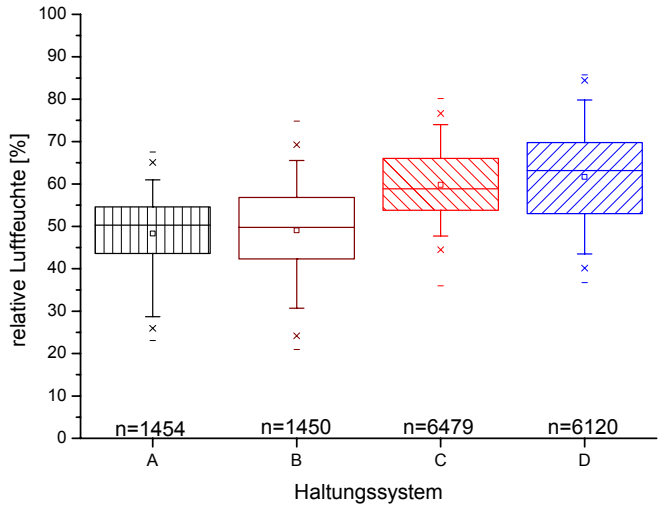


Bild 2: Rel. Luftfeuchte in allen Haltungssystemen über alle Mastdurchgänge

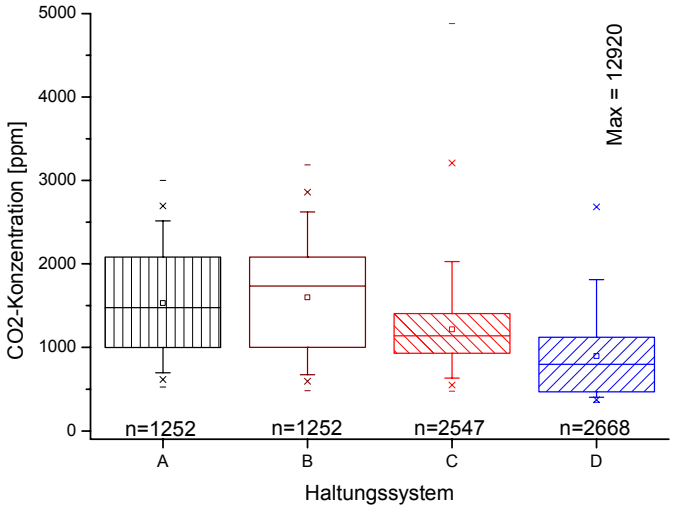


Bild 3: CO2-Konzentration in allen Haltungssystemen über alle Mastdurchgänge

tattet war und die Messungen der CO_2-, NH_3- und CH_4-Konzentrationen ausschließlich in dem nicht mit Harn und/oder Kot verschmutzten Fress-/Liegebereich im Stallinnenraum durchgeführt wurden. Insgesamt lagen die ermittelten CO_2- und NH_3-Konzentrationen im Vergleich zu Literaturangaben im unteren bis mittleren Bereich. Im Gegensatz zu den in den Haltungssystemen A und B registrierten durchschnittlichen **CH_4-Konzentrationen** lagen die Konzentrationen in den Systemen C und D deutlich höher (Peaks von über 100 ppm) und wiesen eine stärkere Streubreite auf (A/B: CH_4 ca. 0-30 ppm; C/D: CH_4 ca. 6 - 190 ppm). Für diese beiden Systeme lagen sie daher eher im oberen Bereich der Literaturangaben.

Bei der Höhe der gemessenen **Partikelmassenkonzentrationen an PM 10** bestand eine leicht abnehmende Tendenz von Haltungssystem A nach D (Mittelwert A/B: ca. 1,3/0,9 mg/m^3; C/D: ca. 0,5/0,4 mg/m^3), wobei aus den Werten der Systeme A und B die Höhe der normalen Streubreite von Messwerten aus – mit Ausnahme der Fütterung – gleichen Haltungssystemen ersichtlich wurde. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Fütterung auf die Partikelmassenkonzentrationen registriert werden. Beim Vergleich des „Maximum zu Mittelwert Verhältnisses“ der PM 10-Konzentrationen zeigte sich, dass diese Werte in den Haltungssystemen D und C sehr deutlich über denen in den Systemen A und B lagen (Peak to Mean: A/B ca. 4,3/4,1; C/D ca. 10,1/20,7). Als eine mögliche Ursache kann das kontinuierliche Nachstreuen mit Stroh in Verbindung mit den stärkeren Schwankungen der Luftwechselrate in den Haltungssystemen C und D angesehen werden. Insgesamt lagen die ermittelten PM 10-Konzentra-tionen in allen vier Haltungssystemen tendenziell leicht über den Werten in vergleichbaren Untersuchungen.

Bei der stationären Messung der Partikelmassenkonzentrationen nach den **arbeitsmedizinischen Staubklassen** (einatembar, thorakal, alveolengängig) fiel allein der etwas geringere Medianwert bei der thorakalen und der alveolaren Staubfraktion im EU-ÖkoVO-Stall auf (**Bilder 4, 6** und **8**). Aufgrund der in den Systemen C und D durchgeführten Tätigkeiten wie z. B. Einstreunen in Verbindung mit stärker wechselnden Luftraten traten bei den personengetragenen Messungen dort sehr hohe Messwerte auf (**Bilder 5, 7** und **9**).

Bei der Auswertung der unter dem Aspekt der luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffe (Endotoxine, Schimmelpilze und Bakterien) erhobenen Daten wurden keine

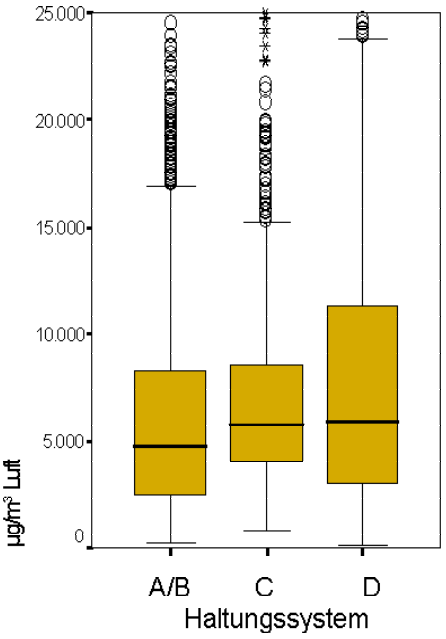


Bild 4: Einatembare Staubfraktion, stationär

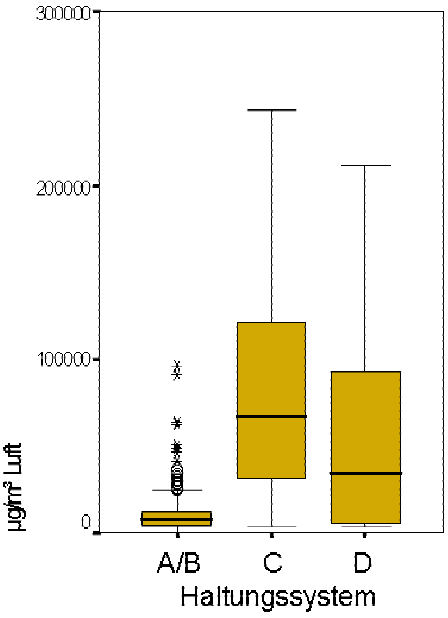


Bild 5: Einatembare Staubfraktion, personengetragen

Unterschiede zwischen den beiden Systemen A und B festgestellt. Aus diesem Grund flossen die dort gewonnenen Daten gepoolt in die Analysen ein. Im Vergleich der Stallsysteme wies der Tiefstreustall C die höchste Belastung, der nach EU-ÖkoVO gebaute Stall D die niedrigste Belastung mit luftgetragenen Endotoxinen (stationäre Messung) auf (**Bild 10**). Der Median lag im Stall C bei 14.495 EU/m^3 (EU = Endotoxineinheiten) im Vergleich zu 5.544 EU/m^3 in den beiden Systemen A und B und 2.876 EU/m^3 im Stall D. In letzterem Stall war die Streuung der Messwerte zudem deutlich geringer als in den anderen Ställen.

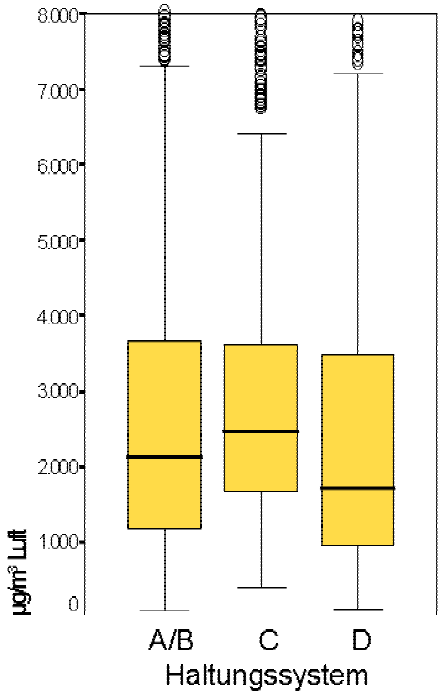


Bild 6: Thorakale Staubfraktion, stationär

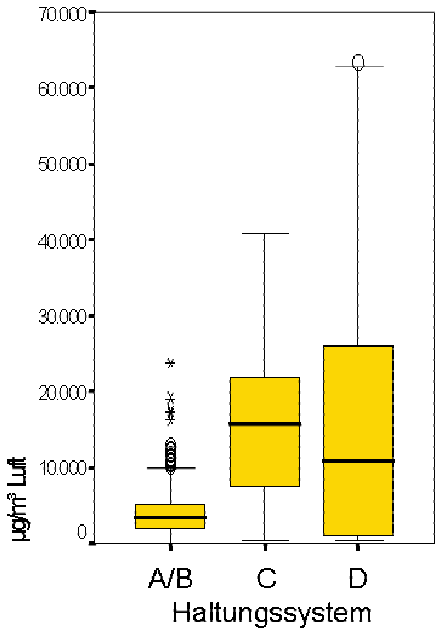


Bild 7: Thorakale Staubfraktion, personengetragen

Beim Vergleich der luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffe am Beispiel der stationären – personengetragen Endotoxinkonzentrationen in den vier untersuchten Stallsystemen wurde deutlich, dass das bereits sehr hohe Expositionsniveau im Stall C noch um ein Vielfaches überschritten wurde. Dagegen erhöhte sich die Exposition in den Ställen A und B nur geringfügig. Eine deutliche Zunahme der im Vergleich der Ställe als niedrig einzustufenden niedrigen Endotoxinkonzentration fand sich im Stall D (**Bild 11**).

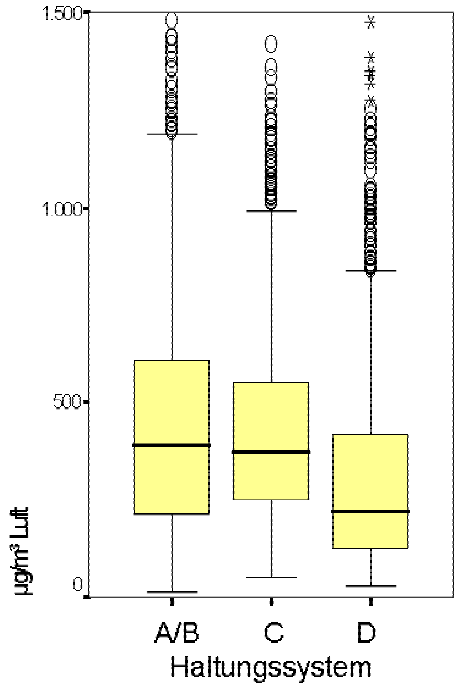


Bild 8: Alveolengängige Staubfraktion, stationär

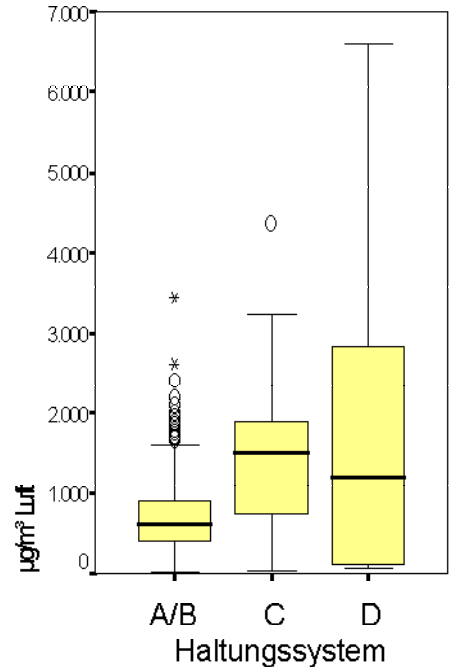


Bild 9: Alveolengängige Staubfraktion, personengetragen

Auch bei der Betrachtung der luftgetragenen **Schimmelpilze** (**Bild 12**) wies der Stall C mit einem Median von 4.622 KBE/m^3 (KBE = Koloniebildende Einheiten) Luft die höchsten Werte auf (A und B: 1.058 KBE/m^3; D: 2.151 KBE/m^3), wobei die beiden eingestreuten Ställe (C und D) größere Schwankung aufwiesen als A und B. Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Konzentration der **Gesamtbakterien** (**Bild 13**; C: 16,1 Mio. KBE/m^3, A und B: 0,2 Mio. KBE/m^3, D: 4,4 Mio. KBE/m^3).

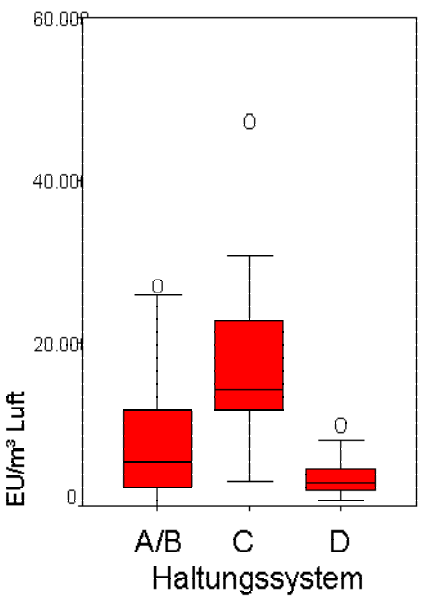


Bild 10: Endotoxine, stationär

Bei Analyse der Endotoxin- und Schimmelpilzkonzentration über den Verlauf einzelner Mastdurchgänge (Stall A und B) bzw. Messzeiträume (Stall C und D) konnten in Abhängigkeit von den klimatischen Verhältnissen deutliche Unterschiede in der jeweiligen Konzentration der biologischen Arbeitsstoffe festgestellt werden. In den Systemen A und B traten die höchsten Endotoxinkonzentrationen im Winter und Frühjahr bei vergleichsweise tiefen Außentemperaturen auf. Dies entsprach der Wirkungsweise der stalltemperaturgesteuerten Lüftung und spiegelte sich in der Analyse möglicher Prädiktoren der Endotoxinkonzentration in bi- und multivariaten Modellen wieder. Hierbei konnte die Besatzdichte als Prädiktor für die Endotoxinkonzentration in der kalten Jahreszeit, in den übrigen Mastdurchgängen jedoch die Außen- bzw. Stalltemperatur als bestimmender Faktor differenziert werden. Für die eingestreuten Ställe (C und D) konnten analoge Zusammenhänge nicht festgestellt werden, da der Abluftvolumenstrom dieser frei belüfteten Systeme nicht bestimmt wurde. Allerdings fanden sich bei den Systemen

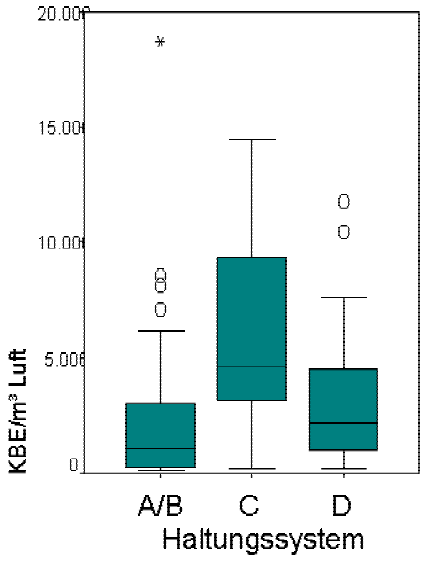


Bild 12: Gesamtpilze, stationär

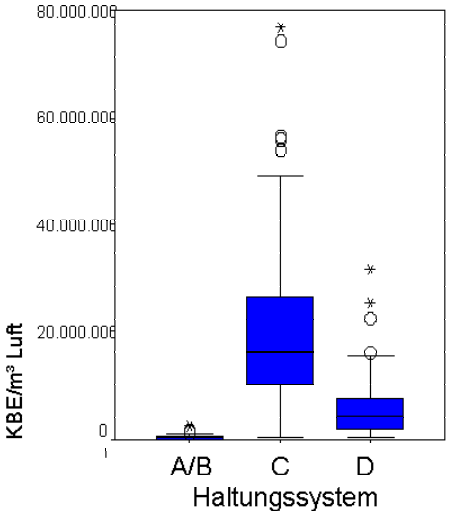


Bild 13: Gesamtbakterien, stationär

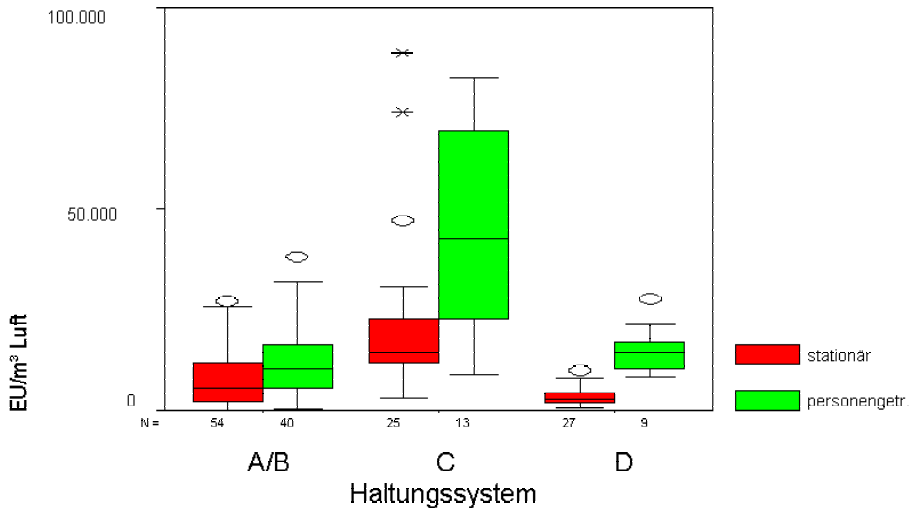


Bild 11: Vergleich der stationären und personengetragenen Endotoxinkonzentrationen

C und D Hinweise darauf (analog zu den oben beschriebenen Innenraumkonzentrationen an NH_3, CO_2 und CH_4), dass kurzfristige Konzentrationserhöhungen am ehesten in zeitlichem Zusammenhang zu klimatischen Veränderungen (z. B. Erhöhung der Außentemperatur) standen, auf die mit der freien Lüftung nicht hinreichend reagiert werden konnte.

Beim Vergleich von **stationären und personengetragenen Messungen** wurde deutlich, dass die personengetragen ermittelten tätigkeitsbezogenen Messwerte deutlich über den stationär gemessenen Werten lagen. Bei den personengetragenen Werten lagen die Luftkonzentrationen in den Systemen A und B durchweg niedriger als in den eingestreuten Ställen C und D (**Bilder 14, 15** und **16**). Dies war darauf zurückzuführen, dass stark Bioaerosol emittierende Tätigkeiten (z. B. Einstreuen, manuelles Futter Nachfüllen) hier – mit Ausnahme des wöchentlichen Befüllens der Beschäftigungsautomaten mit jedoch nur geringen Strohmengen - nicht durchgeführt wurden.

Die Untersuchungen zur **Tiergesundheit** ergaben, dass ca. 45 % der untersuchten Tiere auffällige Lungenbefunde und ca. 36 % der untersuchten Schweine krankhafte Leberveränderungen aufwiesen, die in erster Linie auf einen Wurmbefall zurückzuführen waren. Während die Lungenveränderungen in allen Haltungssystemen nahezu gleich verteilt auftraten, wurden die Leberveränderungen ausschließlich bei den Schweinen aus den beiden Systemen C und D ermittelt. Dies war jedoch vermutlich nicht ursächlich auf die eingestreuten Haltungssysteme, sondern auf das unzureichende Management (mangelhafte Hygiene, Entwurmungskonzept) zurückzuführen.

Im Hinblick auf die makroskopisch fassbaren **Lungenveränderungen** fiel auf, dass diese nach dem sommerlichen Messzeitraum (Juli-September 2003) tendenziell seltener waren als im Frühjahr. In der Zusammenschau aller Befunde in den Befundschlüsseln nach Blaha und Neubrand [10], Brustfell und Herzbeutel) wurde der Gesundheitszustand der Tiere insgesamt als mäßig bis sehr gut bewertet mit im Sommer tendenziell besseren Werten. Durch Einbeziehung der Leberbefunde (Befundschlüssel nach PIQ) wurde der Gesundheitszustand der Schweine aus Stall D mit schlecht bewertet, wohingegen die Tiere aus den anderen Ställen gute bis sehr gute Wertungen bekamen.

Im Hinblick auf das **Infektionsgeschehen** im Bereich der Atemwege wiesen die serologischen Untersuchungen im Frühjahr auf eine PRRS-Virus-Infektion in Stall C und D, auf Circo-Virus-Infektionen in Stall A, B und D und Mycoplasmen-Infektionen in allen Ställen hin. Im Sommer hatten die Tiere aller Ställe Kontakt zu Circo-Virus sowie zu Mycoplasmen. PRRS-Virus-Infektionen traten dagegen nur in Stall D auf. Das nur geringfügig unterschiedliche Niveau des Infektionsgeschehens zwischen den Betrieben deutete darauf hin, dass vom Haltungssystem nicht die primäre Varianzursache ausgeht, sondern vorrangig andere Faktoren ursächlich sind (u. a. Impfprogramme, Kältestress, belastende septikämische oder enterale Infektionen, Transportstress oder Rangordnungskämpfe).

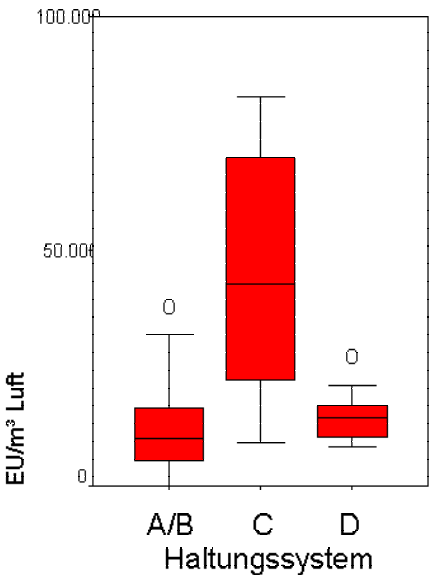


Bild 14: Endotoxine, personengetragen

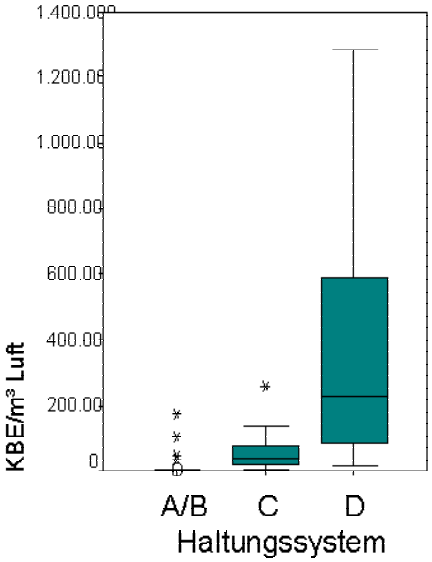


Bild 15: Gesamtpilze, personengetragen

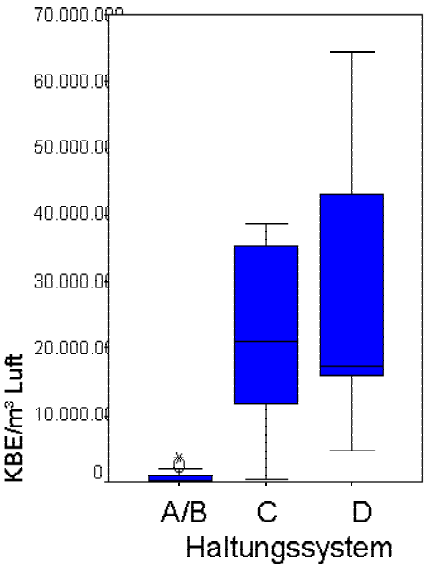


Bild 16: Gesamtbakterien, personengetragen

Fazit

Grundsätzlich ermöglichten die durchgeführten Untersuchungen eine Beschreibung des Statuts Quo bezüglich der Stallluftqualität und der Höhe und Dynamik biologischer Belastungen in praxistypischen Haltungssystemen für Mastschweine, welche mit und ohne Stroh als Einstreumaterial betrieben wurden. Hierbei zeigte sich, dass die Belastung durch luftgetragene biologische Arbeitsstoffe (Endotoxine, Schimmelpilze, Bakterien) in allen untersuchten Ställen – unabhängig vom Einsatz von Stroh als Einstreumaterial - als sehr hoch zu bezeichnen war. Dies gilt vor allem für die Endotoxinexposition, die im für die Schweinehaltung in der Literatur bekannten [1] hohen bis sehr hohen Bereich lag. Die höchsten Endotoxinkonzentrationen wurden unter Winter- und Frühjahrsbedingungen registriert, die durch niedrige Außentemperaturen und Lüftungsraten gekennzeichnet waren. Die bei der Erfassung tätigkeitsbezogener Belastungen (personengertragen) ermittelten Konzentrationen an Bioaerosolen lagen immer deutlich höher als die stationär im Stall ermittelten. Zudem zeigten die Untersuchungsergebnisse deutlich, dass die Luftkonzentrationen biologischer Arbeitsstoffe zum Teil wesentliche Unterschiede zwischen den Ställen aufwies, wohingegen sich Schadgas- und Staubkonzentrationen nur unwesentlich unterschieden, d.h. es konnten keine eindeutigen Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Schadstoffarten ermittelt werden. Bei ca. 45 % aller untersuchten Mastschweine – d.h. über alle Haltungssysteme hinweg – wurden auffällige Lungenbefunde festgestellt, die unter Winter- und Frühjahrsbedingungen tendenziell häufiger auftraten als im Sommer. Dies ist ein Indiz dafür, dass alle zur Zeit gebräuchlichen Haltungssysteme einen hohen Optimierungsbedarf hinsichtlich einer Verbesserung des Lüftungs- und Be-

triebsmanagements haben. Darüber hinaus legen die Untersuchungsergebnisse Schlussfolgerung nahe, dass das Ausmaß der Belastungen nicht ursächlich einem spezifischen Haltungssystem zugeschrieben werden kann, sondern in erster Linie von dessen individueller Ausgestaltung und der spezifischen Betriebsführung bestimmt wird. Um die von den Haltungsbedingungen ausgehenden Belastungen für Mensch und Tier einzuschätzen, ist folglich die Klassifizierung in Haltungssysteme, wie sie v. a. im BVT-Konzept verfolgt wurde, von geringer Aussagekraft bzw. müsste weitaus differenzierter erfolgen.

Mit Hilfe des gewählten Untersuchungsansatzes war es nicht möglich eindeutige Ursache-Wirkungszusammenhänge zwischen der Stallluftqualität, der Höhe und Dynamik biologischer Belastungen und der Tiergesundheit zu beschreiben. Hierfür müsste entweder der Untersuchungsumfang stark ausgeweitet oder spezielle Untersuchungen zur Dosis-Wirkungsbeziehung unter ceteris paribus Bedingungen durchgeführt werden.

Insgesamt unterstreichen die Untersuchungsergebnisse die Bedeutung der Ausführung, Dimensionierung und Regelung des Lüftungssystems sowie die Sauberkeit bzw. Hygiene und insbesondere das Betriebsmanagement im Stall und ihre Schlüsselrolle hinsichtlich der Freisetzungsmengen von Schadstoffen sowie der Tiergesundheit. Darüber hinaus scheint eine den Funktionsbereichen und den Bedürfnissen der Tiere entsprechende sowie der Tieraktivität und der Tätigkeit des Stallpersonals angepasste Gestaltung und Regelung des Stallklimas von großer Bedeutung. Hieraus ergeben sich vielfältige verfahrenstechnische Handlungsoptionen, die eine tages-, jahreszeitliche und ereignisorientierte Anpassung der Lüftungs-, Fütterungs-, Entmistungs- und Aufstallungsverfahren an die spezifische Haltungsumwelt unter Berücksichtigung der Bedürfnisse von Tier und Mensch zum Ziel haben sollten.

Literatur

[1] *Rieger M. A., A. Sundrum, T. Jungbluth, E. Hartung, M. Lohmeyer* (2004): Fragen des Arbeits-, Tier- und Umweltschutzes bei der Schweinemast in verschiedenen Systemen unter besonderer Berücksichtigung mikrobieller Belastungen Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Schlussbericht: Projekt 02OE615

[2] *Anonymus* (1996): Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24.09.1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung gilt nur für die Intensivhaltung von Schweinen und Geflügel.

[3] *Grimm et al.* (2002): Beste verfügbare Technik in der Intensivtierhaltung (Schweine- und Geflügelhaltung). UBA Texte 75/02, Umweltbundesamt, Berlin 2002

[4] *TierSchNutztV* (2003): Entwurf zur zweiten Verordnung zur Veränderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vom 25. Oktober 2001 (BGBL. I S. 2758), Stand 11.04.2003

[5] *EG-Öko-Verordnung* (2003): Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 199 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel (ABl. Nr. L 198 vom 22.07.1991, S. 1); Fortgeschriebene, nicht amtliche Fassung, Stand: Februar 2003; download: http://www.verbraucherministerium.de/landwirtschaft/eg-oeko-vo/

[6] *EN 481* (1993): European standard, workplace atmospheres - size fraction definitions for meas-urement of airborne particles. CEN, European Committee for Standardization, Rue de Stassart 36, 1050 Brussels, Belgique

[7] *TBRA 405* (2001): Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe TBRA 405 „Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe“, BarbBl. 05/2001 S. 2-11

[8] *TBRA 430* (1997): Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe TBRA 430 „Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz“, BarbBl. 10/1997 S. 74- 77

[9] *BIA-Arbeitsmappe* (2004): BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen, Loseblattsammlung, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld, 2004; Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssi-cherheit: Kennzahl 9410: Probenahme von Bioaerosolen am Arbeitsplatz (Lfg. 14 - II/1995); Kennzahl 9411: Anwendung von Messverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe (Lfg. 30 - IV/2003); Kennzahl 9417: Benutzerhinweise für die Auswahl von Messverfahren für Biologische Arbeitsstoffe (Lfg. 21 - X/1998); Kennzahl 9420: Verfahren zur Bestimmung der Schimmelplatzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Lfg. 30 – IV/2003); Kennzahl 9430: Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Lfg. 32 - IV/2004); Kennzahl 9450: Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Lfg. 28 - IV/2002)

[10] *Blaha, Th. und Neubrand, J.* (1994): Die durchgängige Qualitätssicherung bei der Schweinefleischproduktion. Prakt. Tierarzt.

[11] *GfE* (1987): Schweine / Ausschuss für Bedarfsnormen d. Ges. für Ernährungsphysiologie. - Frankfurt (Main): DLG-Verl., 1987. - 159 S. : graph. Darst. (Energie- und Nährstoffbedarf landwirt-schaftlicher Nutztiere / Ausschuss für Bedarfsnormen d. Ges. für Ernährungsphysiologie ; 4) ISBN 3-7690-0446-9

Danksagung

Das vorliegende Forschungsprojekt wurde im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau gefördert (Projekt Nr. 02 OE 615).

Autoren

PD Dr. habil. Eberhard Hartung
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Fachgebiet für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen
Garbenstrasse 9
70599 Stuttgart
Tel.: +49/(0)711/459-2507
Fax: +49/(0)711/459-4307
Email: vtp440ha@uni-hohenheim.de

Katrin Ollesch
(Anschrift: siehe Dr. Eberhard Hartung)
Tel.: +49/(0)711/459-2505
Fax: +49/(0)711/459-2519
Email: ollesch@uni-hohenheim.de

Dipl.-Ing. sc. agr. Angelika Häußermann
(Anschrift: siehe Eberhard Hartung)
Tel.: +49/(0)711/459-4318
Fax: +49/(0)711/459-2519
Email: haeusser@uni-hohenheim.de

PD Dr. med. Monika A. Rieger
Bergische Universität Wuppertal
FB D - Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Sicherheitstechnik
Abteilung Sicherheitstechnik
FG Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz
Gaußstr. 20
42097 Wuppertal
Tel.: +49/(0)202/ 439-3838
Fax: +49/(0)202/ 439-2068
Email: rieger@uni-wuppertal.de

Dipl.-Ing. Heiko Diefenbach
(Anschrift: siehe Dr. Monika Rieger)
Tel.: +49/(0)202/ 439-3925
Fax: +49/(0)202/ 439-2068
Email: hdiefenb@uni-wuppertal.de

Prof. Dr. med.vet. Albert Sundrum
Universität Kassel
FB 11 - Ökologische Agrarwissenschaften
Fachgebiet Tierernährung und Tiergesundheit
Nordbahnhofstr. 1a
37213 Witzenhausen
Anschrift:
Tel. +49/(0)5542/981710
Fax: +49/(0)5542/981581
Email: sundrum@wiz.uni-kassel.de

Frau Marlene Ebke
(Anschrift siehe Prof. Albert Sundrum)

Dr. rer.nat. M. Lohmeyer
Mikrobiologisches Labor
Dr. J. Balfanz – Dr. M. Lohmeyer GbR
Gildenstraße 34
48157 Münster
Tel.: +49/(0)251/14 37 65
Fax: +49/(0)251/14 37 66
Email: Info@Mikrobiologisches-Labor.DE