



**Fragen des Arbeits-, Tier- und Umweltschutzes bei
der Schweinemast in verschiedenen Systemen unter
besonderer Berücksichtigung mikrobieller
Belastungen**

Erstellt von:

Bergische Universität Wuppertal
Fachbereich Sicherheitstechnik
Gaußstr. 20, 42097 Wuppertal
Tel.: +49 2302 926-712
E-Mail: monika.rieger@uni-wh.de
Internet: <http://www.uni-wuppertal.de>

Gefördert vom Bundesministerium
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Bundesprogramm Ökologischer Landbau

Schlussbericht: Projekt 02OE615

Fragen des Arbeits-, Tier- und Umweltschutzes bei der Schweinemast in verschiedenen Systemen unter besonde- rer Berücksichtigung mikrobieller Belastungen

Priv.-Doz. Dr. med. Monika A. Rieger

FG Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz
FB D, Abteilung Sicherheitstechnik
Bergische Universität Wuppertal
Gaußstr. 20, 42097 Wuppertal;
rieger@uni-wuppertal.de

in Zusammenarbeit mit

Prof. Dr. med.vet. A. Sundrum

FG Tierernährung und Tiergesundheit
FB Ökologische Agrarwissenschaften
Universität Kassel
Nordbahnhofstraße 1a
37213 Witzenhausen

Prof. Dr. T. Jungbluth

Priv.-Doz. Dr. sc.agr. habil. E. Hartung

Institut für Agrartechnik
Universität Hohenheim
Garbenstr. 9
70599 Stuttgart

Dr. rer.nat. M. Lohmeyer

Mikrobiologisches Labor
Gildenstr. 34
48157 Münster

Inhalt

1	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	4
1.1	Planung und Ablauf des Projekts.....	5
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand	9
1.2.1	Arbeitsschutz	9
1.2.2	Umweltschutz	14
1.2.3	Tiergesundheit	22
2	Material und Methoden.....	30
2.1	Methoden für den Bereich Arbeitsschutz.....	30
2.2	Methoden für den Bereich Umweltschutz	33
2.3	Methoden für den Bereich Tiergesundheit.....	38
3	Ergebnisse.....	43
3.1	Ergebnisse für den Bereich Arbeitsschutz.....	43
3.1.1	Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – PGP-System	43
3.1.1.1	Vergleich stationärer Messungen zwischen den Stallsystemen	45
3.1.1.2	Vergleich der Messungen über die Mastdurchgänge	48
3.1.1.3	Analyse von möglichen Einflussfaktoren	52
3.1.1.3.1	Bivariate Modelle – konventionelle Ställe	52
3.1.1.3.2	Bivariate Modelle – Tiefstreustall.....	54
3.1.1.3.3	Bivariate Modelle – EU-ÖkoVO-Stall.....	54
3.1.1.3.4	Multivariates Modell.....	55
3.1.1.4	Vergleich personengetragener Messungen	56
3.1.1.5	Vergleich der BVT-Ställe.....	60
3.1.2	Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – Impaktor.....	61
3.1.3	Materialproben	65
3.1.3.1	Stroh	65
3.1.3.2	Futtermittel	68
3.1.4	Staubmessungen	73
3.2	Ergebnisse für den Bereich Umweltschutz	76
3.2.1	Fütterung	76
3.2.2	Vergleich der Haltungssysteme	78
3.2.3	Vergleich Haltungssystem über alle Mastdurchgänge.....	83
3.2.4	Vergleich Haltungssystem und Mastdurchgang	90
3.3	Ergebnisse für den Bereich Tiergesundheit.....	101
3.3.1	Schlachthof	101
3.3.1.1	Befunde an Organ und Tierkörper	101
3.3.1.2	Kategorische Bewertung der Organ- und Tierkörperbefunde	104
3.3.2	Analyse auf Antikörper gegen Erreger von Atemwegserkrankungen	105
3.3.3	Parasitologische Untersuchung der Kotproben	107
3.3.4	Futteranalyse	108
3.4	Diskussion	109
3.4.1	Material und Methoden	109
3.4.2	Ergebnisse.....	112
3.5	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	130
4	Zusammenfassung.....	137
5	Gegenüberstellung der geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen.....	143
6	Literaturverzeichnis	144
7	Anhang	155
7.1	Anhang Methoden	155
7.2	Anhang Ergebnisse Arbeitsschutz.....	157
7.3	Anhang Ergebnisse Umweltschutz	174

Abkürzungsverzeichnis

APP.....	Actinobacillus Pleuro-Pneumonie
BAL.....	Bronchoalveoläre Lavage
BIA.....	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz
DL.....	Deutsche Landrasse
ELISA.....	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
EP.....	Enzootischen Pneumonie
EU.....	Endotoxin-Units
FM.....	Frischmasse
GfE.....	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
ggr.	geringgradig
GSP.....	Gesamtstaub-Probenahmesystem
GVE.....	Großvieheinheiten
Ha/Du.....	Hampshire x Duroc
hgr.	hochgradig
IP.....	Interstitielle Pneumonie
KBE.....	Kolonienbildende Einheiten
LAL.....	Limulus-Amöbozyten Lysat
LOAEL.....	Lowest Observed Adverse Effect Level
LW.....	Lebenswoche
M. hyo.	Mycoplasma hyopneumoniae
M. hyorh.....	Mycoplasma hyorhinis
MD.....	Mastdurchgang
MDS.....	Magen-Darmstrongylideneiern
ME.....	Metabolisierbare Energie
mgr.	mittelgradig
MJ.....	Mega Joule
NAL.....	Nasallavage
NDIR.....	Nicht Dispersiven Infrarotspektroskopie
NOEL.....	Non-Effect-Level
p. inf.	post infektionem (nach Infektion)
PCV2.....	Porcines Circovirus 2
Pit.....	Piétrainschein
PGP.....	Personenbezogenes Gefahrstoff-Probenahmesystem
PM.....	Particulate Matter
PRRS.....	Porcines Reproduktives und Respiratorisches Syndrom
PSE.....	Pale, Soft and Exudative
SI.....	Influenza
TBC.....	Tuberkulose

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Ziel des Forschungsvorhabens war die umfassende vergleichende Betrachtung der mit der Schweinemast zusammenhängenden Belastungen von Mensch (Beschäftigte), Tier und Umwelt unter besonderer Berücksichtigung der aus Sicht der ökologischen Landwirtschaft bzw. der artgerechten Tierhaltung vorgeschlagenen Schweinehaltungssysteme sowie die Ableitung von Vorschlägen zur Beratung der Politik (Diskussion „Beste Verfügbare Techniken“, Optimierung Ökologische Tierhaltung) und der betroffenen Landwirte.

Im Vordergrund der Untersuchung standen hierbei – der aktuellen Diskussion in der Arbeitsmedizin entsprechend - die sogenannten biologischen Belastungen (d.h. Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte) ergänzt um Staub- und Schadgaswirkungen.

Der Themenkomplex „Arbeitsschutz“ ist gekennzeichnet durch den Gesundheitsschutz und die menschengerechte Gestaltung der Arbeitswelt, die ausdrückliche Ziele des aktuellen BMWA-Programmes „Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA)“ darstellen.¹ Die Bedeutung einer Untersuchung zum Thema „Arbeitsschutz“ wird auch dadurch untermauert, dass aktuell die Umsetzung der arbeitsmedizinischen Betreuung in der Landwirtschaft von Seiten der Berufsgenossenschaften vorangetrieben wird. Die seit April 1999 in den Betrieben umzusetzende BioStoffV ist hierbei von besonderer Bedeutung. Da davon auszugehen ist, dass mit Ausweitung der Ökologischen Landwirtschaft die Zahl der Beschäftigten in diesem Bereich steigt (SPAHN, 2001), ist die Betrachtung möglicher tätigkeitsbedingter Gesundheitsgefährdungen unbedingt erforderlich. Zugleich werden derzeit im Rahmen der anstehenden Umsetzung der TA Luft (ANONYMUS, 2002) und der IVU-Richtlinie (ANONYMUS, 1996) so genannte „Beste Verfügbare Techniken Intensivtierhaltung“ diskutiert, die zum jetzigen Zeitpunkt die Faktoren Arbeitsschutz und Tierschutz/Tiergesundheit nicht bzw. nur sehr eingeschränkt berücksichtigen (KTBL, 2001).

¹ BMWA-Programm „Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA)“: <http://www.inqa.de>

- Wissenschaftliche und/oder technische Arbeitsziele des Vorhabens

Ziel des Projektes war es, die Bandbreite der Belastungen (für den arbeitenden Menschen, die Tiere und die Umwelt) in verschiedenen, in der konventionellen und in der Ökologischen Landwirtschaft praxisüblichen Schweinemast-Haltungssystemen zu beschreiben. Hierbei wurden bewusst auch die in der Praxis der Ökologischen Tierhaltung häufig anzutreffenden, jedoch wenig einheitlichen Haltungsbedingungen in Altgebäuden mit Tiefstreu betrachtet. Auf der Grundlage von standardisiert gewonnenen Messwerten sollten Referenzsysteme der verschiedenen Produktionsbedingungen untersucht und Empfehlungen ausgesprochen werden für Veränderungen im Bereich der Verfahrenstechnik. Nach der Bewertung der untersuchten Systeme aus Sicht a) des Arbeitsschutzes, b) der Tiergesundheit und c) des Umweltschutzes wurden die Systeme in der Zusammenschau der Befunde gegenübergestellt.

1.1 Planung und Ablauf des Projekts

Die Untersuchungen fanden in vier verschiedenen Stallsystemen statt, davon waren zwei konventionelle Stallsysteme ohne Verwendung von Einstreu (Stall A, Stall B) und zwei ökologische Stallsysteme mit Verwendung von Einstreu (Stall C, Stall D).

Haltungssystem A und Haltungssystem B (Tabelle 1-1) entsprachen zwei Abteilen in einem Versuchsstall der Universität Hohenheim auf der Versuchsstation für Tierhaltung, Tierzucht und Kleintierzucht „Unterer Lindenhof“ in Eningen u. Achalm, Landkreis Reutlingen. Der Versuchsstall entsprach den BVT-Kriterien sowie weitestgehend den Anforderungen des vorliegenden Entwurfs der Ergänzung der Tierschutznutztierhaltungsverordnung für Schweine (TIERSCHNUTZV, 2000).

Die beiden Abteile des Stalls verfügten über Spaltenboden. 50 % des Spaltenbodens war mit einem reduzierten Schlitzanteil von 6 % ausgestattet (Abbildung 1-1). Die Lüftung erfolgte über eine Unterflurabsaugung (Zwangsbelüftung). Pro Abteil befanden sich zwei Buchten mit jeweils 27 Mastplätzen (0,9 m²/Tier), jede Bucht war mit einem Porky-Play-Beschäftigungsautomaten ausgestattet. Die Tiere wurden vierphasig gefüttert, das Futter stand ad libitum zur Verfügung. Die Abteile waren aufgrund von Konzeption, Umgebungsbedingungen, Tierbetreuung und Routinearbeiten als gleich anzusehen und unterschieden sich lediglich in der Art der Fütterungsanlage

(vgl. Tabelle 1-1). Um bei den Untersuchungen einen vom Stallabteil unabhängigen Effekt der Fütterungstechnik auf die Höhe der Partikelmassenkonzentration herausarbeiten zu können, wurde zwischen dem Mastdurchgang 2 und Mastdurchgang 3 die Art der Fütterung gewechselt, so dass das Abteil 1 in den Mastdurchgängen 1 und 2 mit einer Breifütterungsanlage ausgestattet war, im Mastdurchgang 3 wurde eine Sensor-Flüssigfütterung aus Abteil 2 installiert. Im Abteil 2 wurde dementsprechend im Mastdurchgang 1 und 2 über eine Sensor-Flüssigfütterung gefüttert, im Mastdurchgang 3 die Breifütterung aus Abteil 1 eingebaut. Dies bedeutet, dass Haltungssystem A jeweils durch die Fütterung mittels Breiautomaten in den Abteilen 1 und 2 und Haltungssystem B jeweils durch die Fütterung mit einer Sensor-Flüssigfütterung in den Abteilen 2 und 1 definiert war.

Das Management erfolgte im Rein-Raus-Prinzip, so dass die Mastdurchgänge in definierte Mastabschnitte unterteilt werden konnten. Abbildung 1-1 zeigt den Grundriss des Versuchsstalls für Mastschweine der Universität Hohenheim.

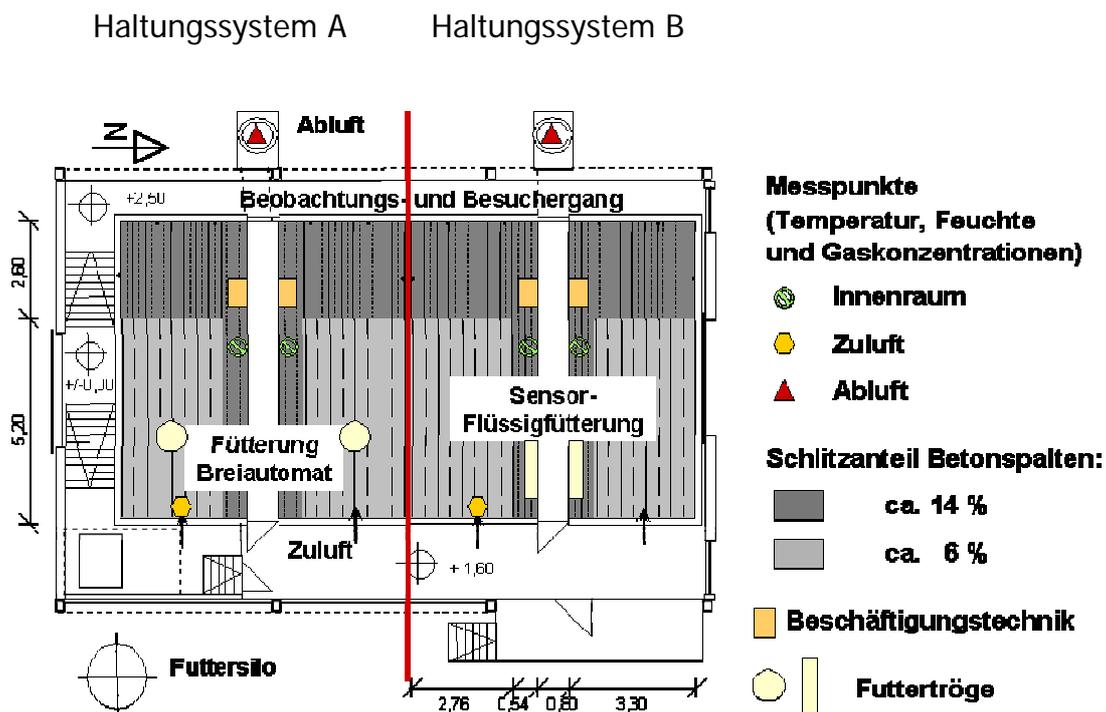


Abbildung 1-1: Grundriss des Versuchsstalls für Mastschweine der Universität Hohenheim. Hier: Haltungssystem A (Flüssigfütterung) im Abteil 1, Haltungssystem B (Breifütterung) im Abteil 2

Bei den Mastschweinehaltungssystemen C und D (Tabelle 1-1) handelte es sich um Praxisställe im Großraum Fulda. Beide Ställe waren frei belüftet und mit Stroh einge-

streut. Das Management erfolgte nach guter fachlicher Praxis im kontinuierlichen Mastbetrieb. **Haltungssystem C** war ein Tiefstreustall in einem Altbau mit 60 Mastplätzen (Altbauumnutzung). Der Stall war in ein Abteil mit drei Buchten mit je 20 Tieren aufgeteilt (1,3 m²/Tier). Die Fütterung erfolgte einphasig und ad libitum über Trockenfütterungsautomaten. Die Buchten wurden dem Prinzip nach frei belüftet. Der Luftwechsel konnte nur durch manuelles Kippen oder Herausnehmen der Fenster beeinflusst werden.

Das **Haltungssystem D** war ein Stall nach den Vorgaben der EG-Öko-Verordnung (EG-ÖKO-VERORDNUNG, 2003) mit getrennten Klimabereichen. Jede Bucht war mit 22 m² Innenbereich mit Stroheinstreu und mit 18 m² Auslauf ausgestattet, der gesamte Stall hat ca. 500 Mastplätze. Je nach Mastabschnitt befanden sich 20 bis 40 Tiere in einer Bucht. Die zweiphasige Fütterung erfolgte je nach Bucht bzw. Alter der Tiere über Trockenfütterung oder Breifütterung. Die Lüftung war eine Trauf-First-Lüftung mit Spaceboards und Windbrechnetzen an beiden Seiten der Stallanlage (Tabelle 1-1).

Bezeichnung	Messtage	Beschreibung
Haltungssystem A	MD 1: 09.10.2002	Mastschweinstall, Bodengestaltung: 50 % Vollspalten (14 % Schlitzanteil), 50 % reduzierter Schlitzanteil (6 %), „Porky-Play“-Beschäftigungsautomat, 54 Mastplätze, zwei Buchten mit je 27 Tieren, 0,9 m ² /Tier, Rein-Raus-Verfahren, vierphasige Breifütterung ad libitum, zwangsbelüftet
	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	
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	Tiefstreustall, Altbaunutzung, 60 Mastplätze, drei Buchten mit je 20 Tieren, 1,3 m ² /Tier, kontinuierlicher Mastbetrieb, einphasige Trockenfütterung ad libitum, freibelüftet, Lüften durch Kippen bzw. Herausnehmen der Fenster
Haltungssystem D	MD 2: 17.03.2003 03.04.2003 28.04.2003 MD 3: 24.07.2003 18.08.2003 04.09.2003	Stall nach EU-Öko-Verordnung mit getrennten Klimabereichen, jede Bucht 22 m ² Innenbereich mit Stroh und 18 m ² Auslauf, 500 Mastplätze, je nach Mastabschnitt 20 bis 40 Tiere pro Bucht (1,3 m ² /Tier), kontinuierlicher Mastbetrieb, teils Trockenfütterung, teils Breifütterung, zweiphasige Fütterung, freibelüftet über Trauf-First-Lüftung und Spaceboards, Windbrechnetze beidseitig

Tabelle 1-1: Zeitliche Aufteilung der Messtermine auf den untersuchten Betrieben und Betriebsbeschreibung

Jedes Stallsystem wurde an sechs Messterminen beprobt, davon lagen jeweils drei in kalter und drei in warmer Jahreszeit (Abbildung 1-2). In den beiden konventionellen Ställen wurden 2 Mastdurchgänge durch jeweils drei Messtermine abgebildet (Messtermin jeweils Anfang, Mitte und Ende des Mastdurchganges), zusätzlich wurde in finanzieller Eigenleistung eine Mastzeit zwischen Juli und September 2003 mit verringertem Probenumfang gemessen.

Da die beiden Ställe C und D im kontinuierlichen Verfahren betrieben wurden und die Buchten jeweils räumlich nicht voneinander getrennt waren, waren keine Messungen möglich, die einzelne Mastdurchgänge abbildeten. Trotzdem wurden die Messtermine analog einer Mastbegleitung zeitlich determiniert (Abbildung 1-2).

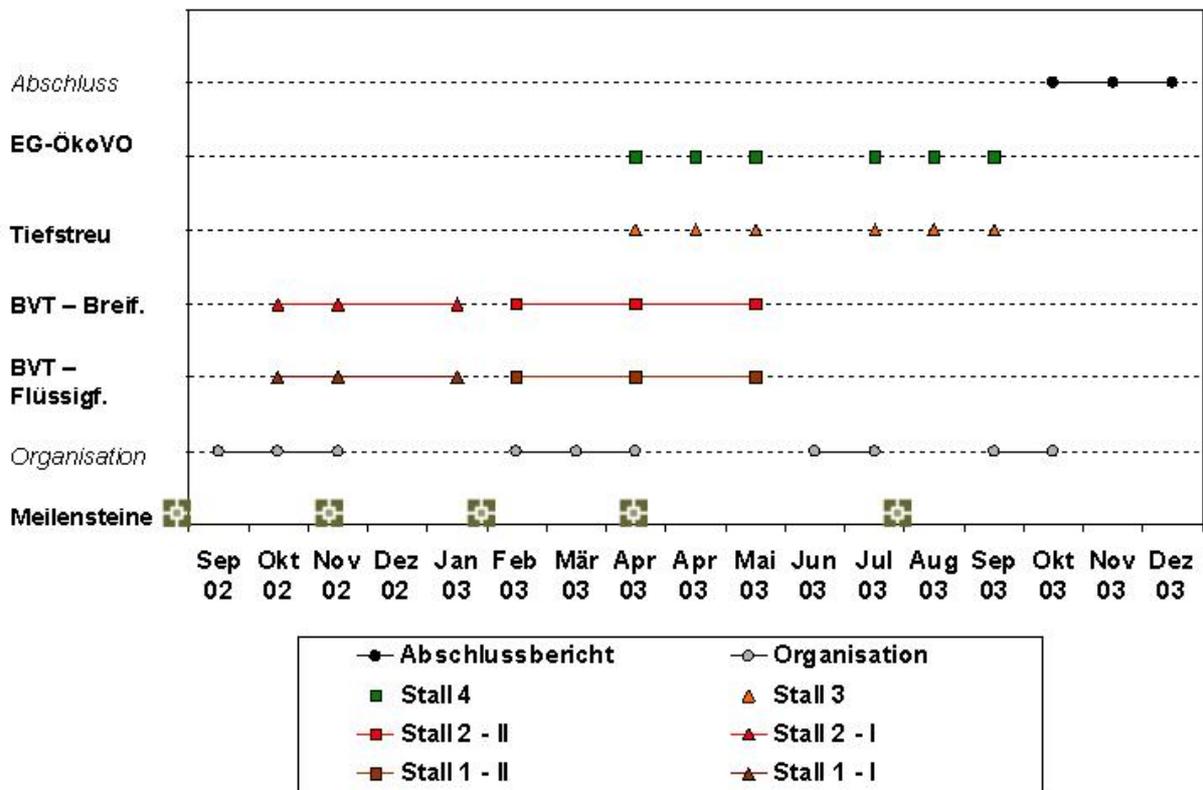


Abbildung 1-2: Messplan

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

1.2.1 Arbeitsschutz

Gesundheitsschädliche Folgen der (Intensiv-)Tierhaltung auf Mensch und Tier sind bereits seit längerem bekannt. So konnte in Reihenuntersuchungen an konventionell erzeugten Schweinen mit 50% ein hoher Anteil von Atemwegserkrankungen bei den Tieren beschrieben werden (HARTUNG & SEEDORF, 1999). Bei den Beschäftigten in der Landwirtschaft wird die epidemiologische Bedeutung der Atemwegserkrankungen unter anderem in den Daten zum Berufskrankheitengeschehen deutlich. Hierbei zeigt sich, dass – auf der Basis der gemittelten Angaben aus den Jahren 1995-1999 – die Berufskrankheiten aufgrund inhalativer Belastungen (BK 4301: Obstruktive Atemwegserkrankungen durch allergisierende Stoffe; BK 4201: Exogen-allergische Alveolitis; BK 4302: Obstruktive Atemwegserkrankungen durch chemisch-irritativ oder toxisch wirkende Stoffe) unter den zehn häufigsten Erkrankungen zu finden sind.

Nach Angaben der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin leiden bis zu 10% aller Landwirte unter einer exogen-allergischen Alveolitis und bis zu 24% unter chronischer Bronchitis. Unter den in der Getreidewirtschaft tätigen Personen leiden bis zu 30% unter toxischen Symptomen, mehr als die Hälfte aller Schweinehalter (55%) entwickeln eine chronische Bronchitis (LINSEL, 2001).

Die herausragende Bedeutung der Endotoxine innerhalb der inhalativen Gesamtbelastung im Schweinestall für die Entwicklung von Atemwegsbeschwerden wurde in mehreren Untersuchungen deutlich (ZEJDA ET AL., 1994; VOGELZANG, 1998; KIRYCHUK, 1998). Auch für die Exposition gegenüber Getreidestäuben scheinen die Endotoxine im Hinblick auf die Einschränkungen der respiratorischen Funktionen eine besondere Rolle zu spielen (HURST & DOSMAN, 1990; SCHWARTZ ET AL., 1995; VON ESSEN, 1997). Allerdings ließen sich in einigen Untersuchungen die Einschränkungen der Lungenfunktion bei Schweinehaltern nicht in jedem Fall auf die Endotoxinexposition zurückführen (HEEDERIK ET AL., 1990; DONHAM ET AL., 1995). Neben der Endotoxin-Wirkung scheint in jedem Fall die Exposition gegenüber Ammoniak in der Schweinehaltung von Bedeutung zu sein. Grundsätzlich sind die inhalativen Belastungen und die Entwicklung entsprechender Beanspruchungssymptome (z.B. Husten, Auswurf) nicht auf die Schweinehaltung beschränkt. Eine Übersicht der bisherigen in der Literatur beschriebenen Untersuchungen ist in Tabelle 1-2 wiedergegeben.

Autor	Fragestellung – wichtigste Befunde
<i>Kösters & Müller, 1970</i>	<i>Beobachtung: MMIS und ODTs bei Beschäftigten in Geflügelmassentierhaltung Vermutete Ursache: Keime, Ammoniak</i>
<i>Theelin et al., 1984</i>	(Schweden) 47 Arbeiter – Hühnerhaltung (Schweden): FEV ₁ -Reduktion; 1/3: Reizung der oberen Atemwege, 10%: Brustenge Ursache: hohe Gesamtstaub- und Endotoxinbelastung
<i>Manfreda et al., 1986</i>	bevölkerungsbezogene Querschnittstudie (Kanada) n=800 aktuelle und n=450 frühere Landwirte (Getreideproduktion) Prävalenz von Atemwegssymptomen (Männer): 69% (aktuell) – 46% (früher) häufigstes Symptom: tätigkeitsbedingte Atemnot Auslöser: v.a. Gerste, Hafer
<i>Terho et al., 1987</i>	Longitudinalstudie (3 Jahre; n=9.483 Landwirte) (Finnland) chronische Bronchitis: Prävalenz 8,0 %, mittlere jährliche Inzidenz: 2,02/100.000 Milchviehhaltung: EAA: 1,7% Prävalenz, mittlere jährliche Inzidenz: 540/100.000 <i>Chronische Bronchitis – Atopie/Rauchen: additiver Effekt (Inzidenz / Prävalenz)</i>
<i>Barzo et al., 1989</i>	N= 57 Landwirte mit EAA zwischen 1976-1986 (Ungarn) Inzidenz (10 Jahre): 0,08/1.000 Beschäftigte in Land- und Forstwirtschaft Einzelne Regionen: 0,5/1.000 Beschäftigte in Land- und Forstwirtschaft
<i>Marx et al., 1990</i>	<i>Prävalenz von EAA (Beschäftigte 90 Milchviehbetriebe) 4,2/1.000 (USA)</i>
<i>Hofmann, 1991</i>	<i>N=364 Schlepperfahrer (DDR) Erhöhte Prävalenz von Husten und Pfeifen/Brummen, v.a. langjährige Tätigkeit</i>
<i>Schimberg et al., 1992</i>	<i>Pelztierhaltung (Deutschland): ODTS und MMIS bei Exposition (Reinigung der Nester, Häuten der Tiere)</i>

Autor	Fragestellung – wichtigste Befunde
Schwartz et al., 1992	<p> <i>Fall-Kontroll-Studie bei Schweinehaltern innerhalb Longitudinalstudie (USA)</i> <i>n=37 Schweinehalter mit tätigkeitsbezogenen Atemwegssymptomen, gematchte gesunde Kontrollen (Schweinehalter – andere Landwirte – andere Arbeiter)</i> <i>Fälle: verstärkte Antwort im Methacholintest, mikroskopisch fassbare Schädigung der Atemwege (nicht des Parenchyms)</i> </p>
Nowak, 1994	<p> <i>Entzündungsreaktion nach Exposition mit Schweinestallstaub in der Nasenschleimhaut nachweisbar (NAL), auslösende Endotoxinkonzentration: $\geq 2\mu\text{g/g}$ Staub (pyrogenfreier Staub: keine Reaktion)</i> </p>
Subirats Bayego et al., 1994	<p> Landwirte haben häufiger chronische Bronchitis (9,2%) und Asthma (4,8%) als Allgemeinbevölkerung (Spanien) <i>Häufigkeit der EAA: Landwirte 1% - Allgemeinbevölkerung 0,2%</i> </p>
Wendel et al., 1994	<p> Querschnittstudie Beschäftigte in Tierfüttermühle (Niederlande) n=303 Exponierte, n=102 Kontrollen (Verwaltung) allgemeine Prävalenz von Atemwegsbeschwerden: 20% (bd. Gruppen) signifikant mehr: Pfeifen/Brummen, Fehlzeiten wegen Atemwegserkrankung </p>
Schwartz et al., 1995	<p> <i>Exposition gegenüber Getreidestaub (Kanada): negative Beeinflussung Lungenfunktion: FEV₁, FEV₁/FVC, FEF₂₅₋₇₅</i> </p>
Varslot et al., 1995	<p> n = 1.580 Landwirte (Nutztierhaltung) – n=655 Kontrollen (Norwegen) MMIS: 19% vs. 10%; Enge auf der Brust: 7% vs. 4%; Atemnot: 4% vs. 1% Husten mit Auswurf: 25% vs. 22%; ODS: kein Unterschied Faktoren: Arbeitsstunden pro Tag, Jahre Tätigkeit mit Tieren <i>Rinder-, Schweine-, Geflügelhaltung: erhöhte Prävalenz</i> </p>
Carvalho et al., 1995	<p> 76 Landwirte (Nichtraucher) vs. Kontrollen: Anamnese, Metacholintest (Portugal) Pflanzenbau – Tierproduktion ohne Schweine – Tierproduktion mit Schweinen Erhöhte Prävalenz: ODS, MMIS, chronischer Bronchitis (Landwirte mit Tieren) <i>In der Regel: normale Lungenfunktion-Basiswerte, aber bronchiale Reagibilität in Abhängigkeit von einer positiven Anamnese hinsichtlich MMIS oder ODS</i> </p>
Reynolds et al., 1996	<p> Longitudinalstudie (2 Jahre; 207 Schweinehalter) (USA) FEV₁-Verminderung durchschnittlich 2% Faktoren: Gesamtstaub, Endotoxin und Ammoniakgehalt. Gesamtstaub – chronische Effekte, Endotoxin - subakute Effekte </p>
Prior et al., 1996	<p> Schüler: Landwirtschaftsschule vs. Allgemein bildende Schule (Österreich) FEV₁: Landwirtschaft < Nicht-Landwirtschaft; Erfassung allergischer Reaktionen: IgE-vermittelt: kein Unterschied; IgG-vermittelt: signifikanter Unterschied; Höhere Reaktivität: größere Betriebe, fehlende Heutrocknung, Verwendung von verschimmeltem Heu, positive Familienanamnese </p>
Vogelzang et al., 1997	<p> Schweinehalter: 96 mit, 100 ohne chronische Atemwegssymptome (Niederlande) Bronchiale (Hyper-)Reagibilität assoziiert mit Jahren der Tätigkeit in der Schweinehaltung und Haltungsbedingungen der Schweine </p>
Wang, 1997	<p> Exposition gesunder nicht-landwirtschaftlich tätiger Probanden (Schweden) Schweinestallstaub: FEV₁-, FVC-Verminderung Erhöhung von Zytokinen in Serum, in mononukleäre Zellen (peripheres Blut), in Plasma, BAL und NAL Veränderungen korrelieren v.a. mit Endotoxinen, weniger mit Gesamtstaub </p>
von Essen et al., 1998	<p> 24 Beschäftigte Schweinehaltung - 14 gesunde Kontrollen (USA) Landwirte: signifikant häufiger Giemen, Husten, Sinusitis Landwirte: Hinweis auf Erkrankung der tiefen Atemwege: Makrophagenzahl (induziertes Sputum), Stickoxidkonzentration (Ausatemluft) Befunde nicht typisch für reines Asthma bronchiale oder chronische Bronchitis. </p>
Melbostad et al., 1998	<p> Querschnittstudie, n=8.482 Landwirte (Norwegen) Lebenszeitprävalenz für Asthma: Risikofaktor: positive Familienanamnese, Nutztierhaltung, Rauchen. </p>
Kiryuchuk et al., 1998	<p> Longitudinalstudie – Beschäftigten in Schweinehaltung (Kanada): Verminderung der FEV₁ und der FVC über eine Arbeitsschicht ist ein guter Prädiktor für das Ausmaß der respiratorischen Einschränkungen über Jahre </p>

Autor	Fragestellung – wichtigste Befunde
<i>Radon et al., 1999</i>	Querschnittstudie, n=3.599 Landwirte (Norddeutschland) Prävalenz arbeitsplatzbezogener Atemwegssymptome: Niedersachsen 18,3% - Schleswig-Holstein 25,8%, Brandenburg 31,7% Risikofaktoren: Schweinehaltung, Schafhaltung
<i>Opravil et al., 1999</i> <i>Radon et al., 1999</i>	Querschnittstudie, n=1.735 Landwirte (n=1.468 Rinderhalt.) (Schleswig-Holstein) Prävalenz arbeitsplatzbezogener Atemwegssymptome: 40,3%, Anstieg mit Alter Risikofaktoren (Rinderhaltung): keine Entlüftung über die Wand, mehrmals tägliche Fütterung, keine zusätzliche Grünlandbewirtschaftung, Binnenlage des Hofes
<i>von Essen et al. 1999</i>	<i>Pflanzenproduktion (USA)</i> <i>Zurückliegendes ODTs: Prävalenz 36%; Risikofaktoren: Brustenge/Husten</i>
<i>Sjögren et al., 1999</i>	<i>Exposition gesunder Probanden gegenüber Schweinestallstaub (Schweden)</i> <i>Anstieg IL-6 (Blut), Fibrinogen (Blut) (2 Probanden erhöhte Körpertemperatur)</i>
<i>Cormier et al., 2000</i>	Exposition gesunder Probanden im Schweinestall (Kanada): <i>FEV₁ und FVC: signifikante Verminderung, Anstieg IL-8 (NAL), IL-6 (Blut)</i>
<i>Monso et al., 2000</i>	n=4.793 Landwirte (Pflanzenproduktion, Vollerwerb): Fragebogen (Europa) 15% Pfeifen/Brummen, 3,2% Asthma, 14,5% allergische Rhinitis, 12,2% chronischer Husten mit Auswurf; k. erhöhte Prävalenz vs. Allgemeinbevölkerung aber besondere Risikogruppen (signifikant im Vergleich zum Rest) Blumen: Pfeifen/Brummen 20,1%, Asthma 5,4%, Auswurf 16,1%, ODTs 19,4% Ölsaaten: ODTs 18,3%, tätigkeitsbezogene Symptome 26,5% <i>Getreide: ODTs 16,1%, Bodenfrüchte: ODTs 17,8%</i>
<i>Radon et al., 2000</i>	n=100 Schweinehalter (Vollerwerb) mit Atemwegssymptomen (Niedersachsen) häufigste Symptome: (Jahresprävalenz) Pfeifen/Brummen 69%, (tätigkeitsbezogen) Husten ohne Auswurf 76% Verschlechterung Lungenfunktionsparameter bei Füttern: morgens>nachmittags Risikofaktoren für schlechtere Basis-Lungenfunktion: manuelle Fütterung, Einstreumaterial, Lüftung über Wand, Heizung, Beschäftigungsdauer, Tierzahl Risikofaktoren für arbeitsbedingte Verschlechterung der Lungenfunktion: schlechte Lüftung, hohe Ammoniakkonzentrationen, Beschäftigungsdauer
<i>Radon et al., 1999</i> <i>Radon et al., 2001</i>	Querschnittstudie, n=7.904 bzw. n=7.496 Landwirte (Europa) Analysengrundlage: n=6.156 Landwirte; Rinderhalter als Referenz - Schweinehalter: höchste Prävalenz arbeitsplatzbezogener Atemwegssymptome - Dosis-Wirkungs-Beziehung: Kurzatmigkeit, Husten mit Auswurf, grippeähnliche Symptome – tägliche Dauer des Aufenthalts im Schweinestall - tätigkeitsbezogene Symptome der Nasenschleimhaut assoziiert mit Auswurf - Tierhalter: geringere Prävalenz allergischer Rhinitis als Allgemeinbevölkerung - Landwirte: höhere Prävalenz für Auswurf (Winter) als Allgemeinbevölkerung
<i>Radon et al., 2001</i>	Vergleich: Schweinehalter (n=40, Dänemark) - Geflügelhalter (n=36, Schweiz) Belastung der Beschäftigten: Geflügel > Schwein: Gesamtstaub, Endotoxin im Gesamtstaub, Gesamtbakterien, NH ₃ , CO ₂ Schwein > Geflügel: Gesamtschimmel, Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit Beanspruchung der Beschäftigten: Lungenfunktion (FEV ₁ und FVC) Einschränkungen: Geflügel > Schwein; Assoziation mit Stallcharakteristika

Tabelle 1-2: Epidemiologische Befunde zur Beeinträchtigung der respiratorischen Funktion bei oder aufgrund der landwirtschaftlichen Tätigkeit

Aus einigen der genannten wissenschaftlichen Untersuchungen wurden Grenzwerte für die Luft am (landwirtschaftlichen) Arbeitsplatz abgeleitet. Die Spannweite der - je nach Studienansatz diskutierten Endotoxinkonzentrationen – reicht in der Literatur von 9 ng/m³ bis 200 ng/m³ als Grenzwert für den Menschen geht bis 150 ng/m³ für das Schwein (HARTUNG & SEEDORF, 1999). Im europäischen Ausland nennen offizielle Empfehlungen einen Grenzwert für die Endotoxin-Konzentration am Arbeitsplatz in

Höhe von 50 EU/m³ (DECOS)². In Deutschland wird derzeit von der Einführung eines allgemeinen Grenzwertes für Endotoxine in der Luft an Arbeitsplätzen abgesehen, da zum einen die messtechnische Basis der in der Vergangenheit durchgeführten Untersuchungen zum „Non-Effect-Level“ (NOEL) nicht ausreichend wissenschaftlich fundiert war. Zum anderen wäre ein allgemeiner und damit branchenübergreifender Richtwert aufgrund der Heterogenität der Bioaerosole und damit auch der Endotoxine nicht gerechtfertigt. In wissenschaftlichen Untersuchungen wurde zusätzlich ein sogenannter „lowest observed adverse effect level“ (LOAEL) für organische landwirtschaftliche Aerosole beschrieben (REYNOLDS et al., 1996). Dieser beträgt in einer Zusammenschau verschiedener Untersuchungen zwischen 2,8-3,0 mg/m³ (BAUR ET AL., 1998). Einzelne Autoren nennen eine Gesamtstaubkonzentration von 2,5 mg/m³ für die Schweinehaltung, wobei sie zur Vermeidung respiratorischer Erkrankungen zusätzlich die Beachtung einer maximalen Ammoniakkonzentration von 7,5 ppm vorschlagen (REYNOLDS et al., 1996).

In vergleichenden Messungen in verschiedenen Tierställen wurde deutlich, dass die Verwendung von Einstreumaterialien allgemein zu einer Erhöhung der Luftkeim- / -Endotoxinkonzentrationen führt (RIEGER, 2001). Hieraus wurde die Hypothese abgeleitet, dass artgerechtere Haltungsformen (u.a. definiert im Erlass zur Schweinehaltung NRW und der EG-Ökoverordnung) zu einer erhöhten Exposition der Beschäftigten gegenüber biologischen Arbeitsstoffen bei Tätigkeiten im Stall führen könnte (RIEGER, 2002). Dieser Frage sollte im Rahmen des vorgestellten Forschungsvorhabens unter Einbeziehung der Faktoren Tiergesundheit / Tierschutz und Umweltschutz nachgegangen werden. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass unterschiedliche bauliche und organisatorische Bedingungen (z.B. Lüftungssystem, Nutzung von Stallaußenflächen, offene Haltungsformen) den beschriebenen Effekt der Einstreuverwendung deutlich modifizieren können. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die Schweinemast unter ökologischen Bedingungen vor allem in kleinen Einheiten praktiziert wird, wobei die Schweine gemäß EG-Verordnung im Stall mit Zugang zu einem Auslauf gehalten werden (RUBELOWSKI & SUNDRUM, 1999).

² Dutch Expert Committee on Occupational Standards

Neben der vergleichenden Quantifizierung der Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen in der verschiedenen Formen der Schweinemast sollten sich aus der vorliegend durchgeführten Untersuchung Anhaltspunkte zu deren Minimierung in den jeweiligen Stallsystemen ableiten lassen.

1.2.2 **Umweltschutz**

Partikeln

Neben der Umweltbelastung durch Schadgase und Gerüche gelangen auch die partikelförmigen Freisetzungen in Form von Aerosolen immer mehr in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses, da durch die Immission von Stäuben und Mikroorganismen eine Gesundheitsgefährdung bei Tieren, Stallpersonal und Anwohnern bereits nachgewiesen wurde bzw. stark vermutet wird (HARTUNG & SEEDORF, 1999; SEEDORF, 2000; TAKAI ET AL., 1998).

Aerosole sind Gase (z.B. Luft), in denen flüssige und/oder feste Partikeln über einen längeren Zeitraum in feinst verteilter Form vorliegen. Diese luftgetragenen Partikeln können sowohl belebt als auch unbelebt sein (HARTUNG & SEEDORF, 1999; SEINFELD & PANDIS, 1997).

Unter **belebten Partikeln** werden lebende Mikroorganismen oder feste und flüssige Partikeln verstanden, welche mit Mikroorganismen assoziiert sind (CARPENTER ET AL., 1986).

Feste Partikel, welche durch mechanische Prozesse in Gase oder in die Luft gelangen oder von dieser aufgewirbelt werden, werden in der Regel als Staub(-partikel) bezeichnet. Staub gehört somit zu den Aerosolen wie z.B. Rauch oder Nebel. Stäube decken einen weiten Bereich unterschiedlichster Größenklassen ab und können luftgetragen als Schwebstaub oder, bereits abgesetzt, als Sedimentstaub vorkommen (HARTUNG & SEEDORF, 1999; SEINFELD & PANDIS, 1997).

Die primäre gesundheitsgefährdende Wirkung geht von dem durch Mensch und Tier aufnehmbaren **Schwebstaub** aus. Eine indirekte gesundheitsgefährdende Wirkung geht vom Sedimentstaub aus, wenn dieser z.B. durch Aufwirbeln wieder zu Schwebstaub wird. Darüber hinaus haben wissenschaftliche Arbeiten gezeigt, dass unter praktischen Bedingungen nur sehr bedingt von der Menge an Sedimentstaub auf die

jeweilige, im Allgemeinen von einer starken Dynamik geprägten Schwebstaubkonzentration rückgeschlossen werden kann (ADRIAN, 1993; MAYER, 1999). Daher wird im Nachfolgenden im Wesentlichen auf die luftgetragenen Partikel eingegangen. In Anlehnung an die Einteilung der allgemeinen Größenverteilung von Aerosolen können die in landwirtschaftlichen Ställen betrachteten Partikel in der Regel dem sogenannten „coarse mode“ zugerechnet werden, d.h. Partikel im Mykrometerbereich (SEINFELD UND PANDIS, 1997).

Die **luftgetragenen Partikeln (Schwebstaub) in und aus Nutztierställen** werden zu den komplex zusammengesetzten Stäuben gezählt und lassen sich zusammenfassend durch vier wesentliche Besonderheiten charakterisieren:

- Vorhandensein unbelebter und belebter oder biologisch aktiver Partikeln (bilden mit Gas/Luft die Bioaerosole) d.h. einer großen Bandbreite von Mikroorganismen (Bakterien, Hefen, Pilze, Viren, Protozoen, Milben, etc.) aber auch von Endo- und Mykotoxinen, welche teilweise pathogen bzw. infektiös sind (COX UND WATHES, 1995);
- luftgetragene Partikeln kommen meist nicht isoliert als Staubpartikel, Mikroorganismen oder Bioaerosolkomponenten vor, sondern letztere sind mit und an Staubpartikeln, in sogenannten Clustern, assoziiert, die stark variierende Belastungen aufweisen können (SEEDORF, 2000);
- sehr hohe und von einer starken Dynamik geprägte Partikelkonzentrationen, die in der Regel die in Arbeits- oder Wohngebäuden vorhandenen Konzentrationen um ein Vielfaches übersteigen (HARTUNG, 1999; ZHANG, 1999);
- Staubpartikel sind Träger von Geruchs- und/oder Schadstoffen (SEEDORF, 2000; TAKAI ET AL., 1998; ZHANG, 1999).

Die **Partikelgröße** ist, unabhängig davon, welche Partikelart vorliegt, von wesentlicher Bedeutung für den Depositionsort und damit auch für ihre Wirkung. Je kleiner der aerodynamische Durchmesser (d_{ae}) der Partikel ist, desto tiefer können diese in den respiratorischen Apparat von Mensch und Tier eindringen und desto länger dort verbleiben. Von besonderem gesundheitlichen Interesse sind die Konzentrationen an einatembaren (engl. inhalable) Staub (Gesamtstaub) und alveolengängigen (engl.

respirable) Staub (Feinstaub). Eingeatmete Partikel sind folgendermaßen definiert (DFG, 2000):

- $d_{ae} > 15 \mu\text{m}$ werden nahezu ausschließlich in Nase, Rachen und Kehlkopf deponiert, und deren Reinigung von den Partikeln ist spätestens nach einigen Stunden abgeschlossen;
- $d_{ae} < 15 \mu\text{m}$ und $d_{ae} > 7-8 \mu\text{m}$ werden vornehmlich im Tracheo-Bronchialbaum/-bereich abgelagert und werden innerhalb eines Tages wieder eliminiert. Partikeln $d_{ae} < 7-8 \mu\text{m}$ stehen in begründeten Verdacht, sich dort bis zu mehreren Wochen aufzuhalten;
- $d_{ae} < 5-7 \mu\text{m}$ sind alveolengängig (Feinstaub) und verbleiben dort mit Halbwertszeiten von einigen Monaten bis Jahren (DFG, 2000; EN 481, 1993; MAYER, 1999; SEEDORF, 2000).

In der Literatur werden im deutschen und englischen Sprachgebrauch und in Bezug auf ältere Regelungen weiterhin folgende Bezeichnungen zur Differenzierung von Größenklassen verwendet:

- PM 100: Gesamtstaub (*Total Dust*);
- PM 20: Inhalierbarer Staub (*Inhalable Dust*);
- PM 4: Alveolengängiger Staub, Feinstaub (*Respirable Dust*);
- PM 5: Alveolengängiger Staub, Feinstaub (*Respirable Dust*);
- PM 0,1: Ultrafeiner Staub (GALLMANN, 2003).

In zahlreichen Veröffentlichungen werden die verschiedenen Bezeichnungen und speziell die Begriffe "*inhalable*, Feinstaub, alveolengängiger Staub, *respirable*" parallel verwendet, wobei jedoch nicht genau angegeben wird, für welche Größenfraktion (PM 100, PM 10; PM 5, PM 4, PM 2,5) die Messungen durchgeführt wurden bzw. welche Begriffsdefinition (alt oder neu) zugrunde liegt (GALLMANN, 2003). Dies schränkt zum einen die Vergleichbarkeit verschiedener Messungen in erheblichem Maße ein und erschwert die eindeutige Zuordnung von Größenfraktionen zu den in der Literatur verwendeten Begriffen. Zum anderen führt es dazu, dass in der Literatur nur eine sehr begrenzte Anzahl von Angaben bzgl. der durchschnittlichen Partikelmassenkonzentrationen (PM 10) in Haltungssystemen für Mastschweine gefunden

werden konnte, welche den im vorliegenden Projekt untersuchten Haltungssystemen entsprechen (Tabelle 1-3).

Haltungssystem	Partikelmassen-konzentration [mg/m ³]	Quelle
Tiefstreu Offenfrontstall mit Abluftventilator	0,19 bis 0,39	GÖTZ, 2003
Spaltenboden zwangselüftet	0,40	HAINZL, 2002
Vollspaltenboden Zwangselüftet	0,46	GALLMANN, 2003
Vollspaltenboden zwangselüftet	0,3 bis 0,38	RIEGER, 2001
Außenklimastall (getrennte Klimabe- reiche)	0,17	GALLMANN, 2003

Tabelle 1-3: Literaturübersicht durchschnittlicher Partikelmassenkonzentrationen (PM 10) in vergleichbaren Haltungssystemen für Mastschweine

In der Industrie ist eine maximale Arbeitsplatzkonzentration von 1,5 mg m⁻³ der alveolengängigen Partikeln (früher: Feinstaub) und von 4 mg m⁻³ des einatembaren Anteils (früher: Gesamtstaub) zulässig (DFG, 2000). Spezielle gesetzliche Regelungen über die zulässige Partikelmassenkonzentration im Schweinestall sind bisher nicht formuliert worden. Die Empfehlungen verschiedener Autoren (MAYER, 1999; SEEDORF & HARTUNG, 2002) zur maximalen Gesamtpartikelkonzentration (PM 100) im Stall variieren zwischen 2,5 bis 8 mg m⁻³. Für respirable (alveolengängige) Partikeln empfehlen DONHAM & CUMRO (1999) eine maximale Konzentration von 0,23 mg m⁻³ (zitiert in GALLMANN, 2003).

Schadgaskonzentrationen

Sollen Haltungssysteme der Nutztierhaltung hinsichtlich ihrer Umweltgerechtigkeit bewertet werden, sollten bei der Betrachtung der Schadgasfreisetzung neben Ammoniak (NH₃) auch klimawirksame Schadgase wie z.B. Kohlendioxid (CO₂) oder Methan (CH₄) einbezogen werden (AMON, 1998; BROSE, 2000; GRONAUER ET AL., 2001; HARTUNG & MONTENY, 2000; KAISER, 1999).

Die Umweltwirkung dieser Gase sowie Angaben zu deren Bildung, Freisetzung und ihren regionalen oder globalen Anteilen sind in der Literatur bereits umfangreich beschrieben und zusammengefasst, wie eine selektierte Auswahl nationaler und internationaler Forschungsarbeiten zeigt (AARNINK, 1997; AMON, 1998; BOUWMAN ET AL., 1997; BROSE, 2000; CIGR, 1984; CRUTZEN ET AL, 1986; DAVIDSON, 1991; FERM, 1998; GRONAUER ET AL., 2001; GROOT KOERKAMP & UENK, 1997; GROOT KOERKAMP, 1998; HARTUNG & MONTENY, 2000; HOLTER & YOUNG, 1992; HÜTHER, 1999; IPPC, 1992; KAISER, 1999; KECK, 1997; KIRCHGESSNER ET AL., 1994; MONTENY ET AL., 2000; SCHÖN- WIESE, 1996; SEIPELT, 1999; SNEATH ET AL., 1997).

Tabelle 1-4 bis Tabelle 1-6 geben einen Überblick der durchschnittlichen NH₃- (Tabelle 1-4), CO₂- (Tabelle 1-5) und CH₄-Konzentrationen (Tabelle 1-6) in Mast- schweinehaltungssystemen, welche den im vorliegenden Projekt untersuchten Hal- tungssystemen entsprechen.

Haltungssystem	Konzentration [ppm]	Temperatur [°C]	Quelle
Außenklimastall (Nürtinger System)	2,3 bis 9,4	k.A.	NIEBAUM, 2001
Außenklimastall (Teilspalten und Ruheboxen)	3,2 bis 9,2 *	6 bis 18 **	RATHMER, 2002
Außenklimastall (Nürtinger System)	3 bis 5	20 bis 22	KAISER ET AL., 1998
Außenklimastall (getrennte Klimabereiche)	6 bis 9	6 bis 9	GALLMANN, 2003
Kistenstall Offenfrontstall	10 bis 30	-2 bis 28	MAYER, 1999
Vollspalten zwangsbelüftet	10 bis 22	21 bis 27	KECK, 1997
Vollspalten zwangsbelüftet	5 bis 13	21 bis 24	HEBER ET AL., 2000
Vollspalten zwangsbelüftet	7	27	NAVAROTTO ET AL., 2000
Vollspalten zwangsbelüftet	10 bis 20	17 bis 25	MAYER, 1999
Vollspalten zwangsbelüftet	6 bis 12	6 bis 12	GALLMANN, 2003
Teilspalten zwangsbelüftet	28 bis 46 *	18 bis 22 **	RATHMER, 2002
Teilspalten zwangsbelüftet	7 bis 17	19 bis 23	AARNINK, 1997

Teilspalten zwangsbelüftet	16	22	VRANKEN ET AL., 2002
Teilspalten zwangsbelüftet	13	16	NI, 1998
Teilspalten zwangsbelüftet	bis 25	19,5 bis 20,55	HINZ & LINKE, 1998
Teilspalten zwangsbelüftet	3 bis 23	14 bis 24	MAYER, 1999

Tabelle 1-4: Literaturübersicht durchschnittlicher NH₃-Konzentrationen sowie durchschnittlicher Stall- bzw. Abteilinnenraumtemperaturen in vergleichbaren Haltungssystemen für Mast-schweine

* Konzentrationsdifferenz zwischen Zuluft und Abluft

** Ablufttemperatur

Wie aus Tabelle 1-4 ersichtlich befinden sich die durchschnittlichen NH₃-Konzentrationen im Tierställen bzw. Stallabteilen in einem Bereich von wenigen ppm bis hin zu Werten, welche über dem Grenzwert von 20 ppm (SCHHAVO, 2000) liegen. Tendenziell wurden in frei belüfteten Ställen (z.B. Außenklima- oder Offenfrontställen) geringere NH₃-Konzentrationen im Stallinnenraum als in zwangsbelüfteten Ställen gefunden, welches in der Regel durch höhere durchschnittliche Luftwechselraten in Verbindung mit niedrigeren durchschnittlichen Innenraumtemperaturen (vgl. Tabelle 1-4) in den frei belüfteten Ställen erklärt wird.

In zwangsbelüfteten Haltungssystemen liegen die NH₃-Konzentrationen in den meisten Fällen unterhalb von 20 ppm mit im Allgemeinen geringeren Werten in warmen Jahreszeiten bei höheren Volumenströmen. Höhere Konzentrationen treten meist bei geringen Luftraten auf, d.h. unter Winterbedingungen. Um die Häufigkeit von Grenzwertüberschreitungen zu verringern, schlagen HINZ & LINKE (1998) eine Anpassung der Lüftungssteuerung vor, die eine direkte Kontrolle der NH₃-Konzentration im Innenraum ermöglicht (GALLMANN, 2003). Die sehr hohen Konzentrationen bei RATHMER (2002) sind vor allem auf eine starke Verschmutzung der Liegefläche sowie auf nicht optimale Luftführung zurückzuführen. In Kombination mit zu hohen Proteingehalten im Futter werden diese Faktoren als Hauptursachen für die ebenfalls im Vergleich zu den anderen Autoren sehr hohen NH₃-Emissionen genannt (RATHMER, 2002 zitiert in GALLMANN, 2003).

Aus stallklimatischer Sicht muss bei Haltungssystemen mit getrennten Klimabereichen zwischen den unterschiedlichen Funktionsbereichen und deren klimatischer Ausgestaltung unterschieden werden, wie z.B. einem außerhalb des Stallgebäudes

liegendem Auslauf als Aktivitäts- und Eliminationsbereich und dem im Stallgebäude befindlichen Fress- und Liegebereich. Die Temperaturen im Aktivitätsbereich sind im Wesentlichen abhängig von der Außentemperatur bzw. Jahreszeit und der Art und Ausführung des jeweiligen Haltungssystems. Im Liegebereich sind im Winter durch die Tierbelegung in der Regel ausreichend warme Temperaturen vorhanden. Im Sommer können die Temperaturen dort jedoch auf sehr hohe Werte ansteigen (MAYER, 1999).

Die NH_3 -Raumkonzentrationen im Liegebereich sind tendenziell geringer als bei Ställen mit Zwangslüftung und ohne getrennte Klimabereiche, da der mit Harn und Kot verschmutzte Eliminationsbereich lüftungstechnisch und/oder räumlich vom Funktionsbereich Liegen/Fressen getrennt ist. Im Liegebereich sind die Gaskonzentrationen im Winter akzeptabel, wenn dieser von den Tieren ausschließlich als Liegefläche genutzt und sauber gehalten wird, d.h. eine Trennung der Funktionsbereiche gewährleistet ist. Im Sommer kann es durch eine starke Verkotung der Liegeflächen zu enorm hohen NH_3 -Konzentrationen insbesondere dann führen, wenn diese als abgedeckte Liegebereiche „Kisten“ ausgeführt sind (MAYER, 1999).

Die Erfassung der CO_2 -Konzentration im Stallinnenraum hat bisher seine wesentliche Bedeutung als Indikator für die Höhe und das Ausmaß des Luftwechsels und damit für die Qualität der Stallinnenluft. Die durchschnittlichen CO_2 -Konzentrationen liegen im Allgemeinen unterhalb von 3000 ppm (SCHHAVO, 2000, Tabelle 1-5) und verhalten sich umgekehrt proportional zum Volumenstrom bzw. zur Luftwechselrate, welche wiederum vor allem in zwangsbelüfteten Ställen temperaturbedingt (die Höhe des Luftwechsels wird über die Stallinnenraumtemperatur geregelt) im Winter geringer ist als im Sommer. In zwangsbelüfteten Ställen kann unter Winterbedingungen die geringe Luftaustauschrate zu Grenzwertüberschreitungen der CO_2 -Innenraumkonzentration führen. In frei belüfteten Ställen ist die durchschnittliche CO_2 -Konzentration tendenziell geringer als in zwangsbelüfteten Ställen, was auch im Zusammenhang mit oftmals höheren durchschnittlichen Volumenströmen gesehen werden muss (s.o.; Tabelle 1-5). Die CO_2 -Hintergrundkonzentration beträgt in der Umgebung von Ställen zwischen 350 bis 450 ppm (GALLMANN, 2003).

Haltungssystem	Konzentration [ppm]	Quelle
Außenklimastall (Nürtinger System)	658 bis 1163	NIEBAUM, (2001)
Außenklimastall (Teilspalten und Ruhekisten)	313 bis 555 *	RATHMER, (2002)
Außenklimastall (Trauf-First-Lüftung)	300 bis 1500	CHIUMENTI ET AL., (1989)
Außenklimastall (getrennte Klimabe- reiche)	620 bis 730	GALLMANN, (2003)
Kistenstall Offenfrontstall	300 bis 3000	MAYER, 1999
Vollspalten Zwangselüftet	3131 bis 3189	NI ET AL., 2000
Vollspalten Zwangselüftet	700 bis 3200	MAYER, 1999
Vollspalten Zwangselüftet	1180 bis 1800	GALLMANN, 2003
Teilspalten Zwangselüftet	2000	NI, 1998
Teilspalten Zwangselüftet	957 bis 2223 *	RATHMER, 2002
Teilspalten Zwangselüftet	i.d.R. >3000	HINZ & LINKE, 1998
Teilspalten Zwangselüftet	500 bis 2000	MAYER, 1999

Tabelle 1-5: Literaturübersicht durchschnittlicher CO₂-Konzentrationen in vergleichbaren Haltungssystemen für Mastschweine

* Konzentrationsdifferenz zwischen Zuluft und Abluft

Die Literaturdatenbasis zu CH₄-Konzentrationen für unterschiedliche Mastschweinehaltungssysteme ist relativ begrenzt, wie Tabelle 1-6 zeigt. Auffallend ist die große Spannweite der zitierten Angaben zu CH₄-Konzentrationen aus insbesondere zwangselüfteten Ställen. Die Werte weichen teilweise bis um das fünffache voneinander ab. RATHMER (2002) weist auf die enorm hohen eigenen Werte und einen untypischen Verlauf der CH₄-Konzentrationen im untersuchten Warmstall hin. Als Gründe hierfür werden eine starke Verschmutzung der Liegefläche sowie die nicht optimale Luftführung angegeben, die in diesem Stall ebenfalls zu sehr hohen NH₃-Emissionen geführt haben (vgl. Tabelle 1-4).

Im Vergleich zu den zwangsbelüfteten Haltungssystemen liegen die in den frei belüfteten Systemen gemessenen CH₄-Konzentrationen in der Regel niedriger und weisen eine geringere Spannweite auf. Dieses wird im Wesentlichen mit den niedrigen Jahresdurchschnittstemperaturen im Stallinnenraum erklärt (Tabelle 1-6).

Haltungssystem	Konzentration [ppm]	Quelle
Außenklimastall (Nürtinger System)	7,7 bis 11	NIEBAUM, 2001
Außenklimastall (Teilspalten und Ruheboxen)	3,4 bis 6,1 *	RATHMER, 2002
Außenklimastall (Nürtinger System)	8,5	BREHME, 1997 - ZITIERT IN NIEBAUM, 2001
Außenklimastall (getrennte Klimabereiche)	3 bis 5	GALLMANN, 2003
Vollspalten Zwangsbelüftet	10 bis 25	AHLGRIMM & BREFORD, 1998
Vollspalten Zwangsbelüftet	6 bis 10	GALLMANN, 2003
Teilspalten Zwangsbelüftet	19 bis 94 *	RATHMER, 2002
Teilspalten Zwangsbelüftet	45 bis 74	HÖRNIG ET AL., 2000
Teilspalten Zwangsbelüftet	55	GROOT KOERKAMP & UENK, 1997

Tabelle 1-6: Literaturübersicht durchschnittlicher CH₄-Konzentrationen in vergleichbaren Haltungssystemen für Mastschweine

* Konzentrationsdifferenz zwischen Zuluft und Abluft

1.2.3 Tiergesundheit

In Untersuchungen zur Bewertung der ökologischen Schweinemast aus Sicht des Tierschutzes konnten – neben bestehenden Schwierigkeiten z.B. im Bereich der Infektionsgefährdung der Tiere und der Aminosäuren-Versorgung - eine Fülle positiver Effekte auf die Tiergesundheit dokumentiert werden (SUNDRUM 2001B). Diese schließen auch die niedrigere Prävalenz von Atemwegserkrankungen bei Mastschweinen im Vergleich zu Tieren aus konventioneller Produktion ein (LEEB & BAUMGARTNER, 2000).

Die häufigsten nachgewiesenen Organveränderungen bei Schlachtschweinen sind Schäden am Respirationstrakt, die auf Lungen-, Brustfell- und Herzbeutelentzündun-

gen zurückzuführen sind (STRAW ET AL., 1989; BOYD ET AL., 1993; ELBERS, 1991; TIENEN, 1991). Angaben über die Häufigkeit von Lungenveränderungen reichen von 0,7% (ELBERS ET AL., 1992) bis zu 80% (WOLF, 1986). Weltweit sollen mehr als 50% aller Schlachtschweine von pneumonischen Veränderungen befallen sein (GUERREIRO, 1990). Faktoren, welche bei der Entstehung von Atemwegserkrankungen eine Rolle spielen, sind vor allem die Aufstallbedingungen, Anzahl der Tiere pro Stalleinheit bzw. Bucht und Parameter des Stallklimas, wie Luftfeuchtigkeit, Fremdgase und Temperatur (SCHUH, 2001).

Eine erhöhte Prävalenz von Lungenentzündungen konnten FLESJA & ULVESAETER (1980) nachweisen, wenn mehr als 12 Tiere pro Bucht aufgestallt wurden. Buchten, welche einen Kontakt der Schweine zu Nachbarbuchten ermöglichen, begünstigen die Ausbreitung respiratorischer Krankheitserreger (PIJOAN, 1986; MORRIS, 1995). Bei mehr als 200 bis 300 Schweinen im gleichen Luftraum erhöht sich die Anzahl der luftgetragenen Teilchen und darin eingeschlossen die Zahl der potentiellen pneumotropen Krankheitserreger (POINTON ET AL, 1985). Die Bedeutung des Stallklimas bei der Ausprägung von Atemwegserkrankungen wurde in vielen Untersuchungen nachgewiesen (BACKSTRÖM & BREMER; 1978; KELLEY, 1985; MEHLHORN & HOY, 1986).

Relevante Erkrankungen der Atemwege in der Schweinemast

Die für wirtschaftlichen Verluste bedeutendsten Krankheitserreger des Respirationstraktes des Schweines sind einerseits Viren (Influenza, PRRS, PCV 2) und andererseits Bakterien (APP, Pasteurella, Bordetella, Streptokokken) sowie Mycoplasmen (DEE, 1997; GROÙE BEILAGE, 1999). In Tabelle 1-7 sind die Auswertungen von Untersuchungsmaterial zur Häufigkeit einzelner respiratorischer Erkrankungen in positiven Schweinebeständen und positivem Untersuchungsmaterial dargestellt.

Respiratorische Erkrankungen	Mycoplasma hyopneumoniae (M. hyo.)	Influenza (SI)	Porcine reproductive respiratory syndrome (PRRS)	Porcine Circovirus (PCV2)	Actinobacillus Pleuropneumonie (APP)	Mycoplasma hyorhinis (M. hyorh.)
Untersuchungsmaterial positiv, n=1439	32,3%	12,3%	20,7%	52,8%	33,9%	44,4%
Bestände positiv, n=511	24,7%	6,44%	20,2%	40,5%	29,8%	31,5%

Tabelle 1-7: Respiratorische Erkrankungen (Jan. 2000 – Feb. 2003), (Quelle: Auswertung von Untersuchungsmaterial mit positivem Erregernachweis, Labor Bioscreen, Münster)

Die klinischen Erscheinungen von Atemwegserkrankungen wie Husten, erschwerte Atmung, Fressunlust, Niedergeschlagenheit und Fieber sind für das Einzeltier meist unspezifisch (SCHUH, 2001). Oft handelt es sich bei diesen Erkrankungen um Kombinationen verschiedener Erreger. Den nicht klar zuzuordnenden Krankheitsbildern liegen dann meist Krankheitskomplexe (z.B. Porcine Respiratory Disease Complex) zu Grunde (OHLINGER ET AL., 1999). In Tabelle 1-8 sind die Häufigkeiten der Beteiligung einzelner Erreger oder Erregerkombinationen bei interstitieller Pneumonie (IP) aufgeführt. Als Primärerreger des Respirationstraktes gelten vor allem die Viren oder Mycoplasmen, die sowohl die lokalen als auch die systemischen Abwehrmechanismen vermindern und so die Besiedelung mit Bakterien als Sekundärerreger ermöglichen (CRISTENSEN & MOUSING, 1992; GALINA, 1995). Insgesamt sind klinisch manifeste Erkrankungen aber weitaus seltener als subklinische Erkrankungen (CRISTENSEN & MOUSING, 1992; HENNING-PAUKA, 1999).

PCV2	PRRS	SI	M. hyo	APP	PCV2+ PRRS
90,5 %	60,3%	8,2%	10,3%	7,3 %	58,7%

Tabelle 1-8: Beteiligung einzelner Erreger oder Erregerkombinationen beim Auftreten von IP, (Quelle: Auswertung von Untersuchungsmaterial, Labor Bioscreen, Münster, n = 63)

Porcines Reproduktives und Respiratorisches Syndrom (PRRS):

Der Erreger ist das PRRS-Virus (PRRS-V). Dessen Übertragung erfolgt direkt von Tier zu Tier oder aerogen. Die Inkubationszeit beträgt bis zu 10 Tage. Eine respiratorische Form tritt vor allem bei Mastschweinen auf, weniger bei Zuchtsauen. Die Symptomatik bei Mastschweinen kann sich zeigen in Form einer fieberhaften Pneumonie, einem wechselnden Krankheitsverlauf über 3-5 Wochen, geschwollenen Augenlidern, Nasenausfluss, Apathie, wechselndem Fieber und gestörtem Allgemeinbefinden. Für den Landwirt auffällig ist das Auseinanderwachsen der Mastgruppe. Die Morbidität kann 100% erreichen, die Mortalität bis zu 10%. In der Sektion findet man eine interstitielle Pneumonie, welche makroskopisch nur bedingt diagnostizierbar ist. Eine Serokonversion findet bereits nach einer Woche statt; maximale Titer werden nach 3-5 Wochen erreicht (ZIMMERMANN & PLONAIT, 2001). Niederländische Untersuchungen ergaben, dass eine reine PRRS-Virusinfektion mit hoher Wahrscheinlichkeit keine akuten Atemwegserkrankungen beim Mastschwein hervorrufen (LOEFFEN,

1996). Genetische Disposition, Immunstatus, antigenetisch unterschiedliche Virusstämme, Umweltfaktoren sowie Interaktionen mit anderen Krankheitserregern werden als Ursache für verschiedenartige Reaktionen von Seiten der betroffenen Tiere angeführt (DONE & PATON, 1995).

Enzootischen Pneumonie der Schweine (EP):

Mycoplasma hyopneumoniae ist der primäre Erreger der EP. Sie ist eine bedeutende Faktorenkrankheit. Die Manifestierung klinischer Symptome ist abhängig von der durch Kontakt oder aerogen übertragenen Erregermenge sowie dem Einfluß verschiedener Umweltfaktoren wie u.a. Stallklima, Hygiene und Management. Die Inkubationszeit beträgt bei akuter Erkrankung bis zu drei Wochen, der Erreger kann enzootisch vorkommen und in seiner akuten Form jede Altersgruppe befallen. Von einer chronischen Ausprägung sind vor allem die Tiere betroffen, welche in der 3. LW bis zum 6. Monat infiziert werden. Klinisch tritt trockener Husten v. a. nach dem Auftreiben der Tiere auf. In den chronischen Fällen kommt es neben dem Husten zu Leistungsdepressionen. Bei Verschlechterung der Situation durch sekundäre Infektionen können Fieber und hochgradiger Dyspnoe auftreten. Die Krankheitsdauer hält in der Regel einige Wochen an. Die Morbiditätsrate beträgt bei akuten Fällen etwa 60% bei chronischen 30%. Die Mortalitätsrate kann bei akuten Fällen bis zu 10% betragen. In der Sektion findet man eine katarrhalische Bronchopneumonie und lobuläre konfluierende pneumonische Veränderungen. Antikörper sind 14-21 Tage p. inf. nachzuweisen (ZIMMERMANN & PLONAIT, 2001). Das Auftreten von Husten aller Altersklassen wird nur nach Neuausbrüchen von vorher EP-freien Beständen beobachtet (ZIMMERMANN ET AL., 1989).

Influenza-Virus-Infektion:

Diese Erkrankung hat insofern große Bedeutung, als eine Übertragung des Erregers zwischen Tier und Mensch möglich ist und sie daher als Zoonose gilt. Phylo- und molekulargenetische Untersuchungsergebnisse lassen darauf schließen, dass die meisten bei Mensch und Säugetieren festgestellten Virusstämme aviären Ursprungs sind (BROWN, 1998). Erreger der Schweineinfluenza sind die Influenza-A-Virus-Subtypen H1N1 und H3N2. Die Übertragung des hochkontagiösen Erregers findet aerogen statt. Die Inkubationszeit beträgt nur 1-2 Tage; es sind in der Regel alle Altersgruppen betroffen. Symptome sind Apathie, eine hochfrequente Atmung, Fieber

z.T. bis 42°C und anfallsweise schmerzhafter Husten, z.T. Maulatmung, Wachstumsdepression und Gewichtsverlust. Der Krankheitsverlauf beschränkt sich auf 3-6 Tage, die Morbidität beträgt dann bis zu 100% und die Mortalität 2-3%. In der Sektion findet man das Bild einer Rhinitis, Tracheitis und multifokaler Pneumonie. Maternale Antikörper sind bis zum 35. Tag nachweisbar und nach einer Infektion findet man 7 Tage später erste humorale Antikörper (ZIMMERMANN & PLONAIT, 2001).

Respiratorische Erkrankung durch das Porcine Circovirus 2 (PCV2):

Erreger ist das Porcine Circovirus 2 (PCV2). Zur Übertragung und zur Inkubationszeit sind keine Daten bekannt. Betroffen sind vor allem Läufer und Mastschweine. Die Krankheit zeigt sich durch Schniefen, Nasenausfluss, Konjunktivitis und Kümmern. Bei zusätzlichen sekundären Infektionen kann es zu Husten, Dyspnoe und Fieber kommen. Die Erkrankung an sich dauert 3-5 Wochen. Die Morbidität kann bis zu 50% betragen, die Mortalität ist dabei sehr hoch. Pathologisch-anatomisch findet man eine interstitielle Pneumonie bis hin zu einer nekrotisierenden und proliferativen Pneumonie. Eine Serokonversion findet 2-3 Wochen nach Infektion statt.

Leberveränderungen durch Spulwurmbefall und Folgen für die Lungengesundheit

TEXDORF (1981) und auch HOY (1994) messen den Leberveränderungen durch Spulwurmbefall (*Ascaris suum*) eine besondere Bedeutung zu. Bei Befall mit Spulwürmern sind bezüglich der Schadwirkung zwei Phasen zu unterscheiden:

Wanderlarven

Die aus den aufgenommenen Eiern schlüpfenden Larven begeben sich nach Durchbohren der Darmwand auf eine Körperwanderung, bei der sie über Leber und Herz in die Lunge gelangen, bevor sie wieder in den Dünndarm zurückkehren. Dabei kommt es zu Leberschwellung und -blutungen sowie zu einer erheblichen Störung der Stoffwechsellistung.

Bei der Fleischuntersuchung wird die Leber stark befallener Schweine bei Vorhandensein einer Vielzahl sogenannter Milchflecken (Milk Spots) verworfen. Da über 90% aller Leberveränderungen parasitär bedingt sind, entsteht somit ein ganz erheblicher materieller Schaden. Im Lungengewebe ergeben sich nach dem Durchbohren der Larven von der Blut- zur Luftseite punktförmige Blutungen. Als klinische Erschei-

nungen treten zu diesem Zeitpunkt Dyspnoe mit ausgeprägter Bauchatmung, Husten, Fieber, Abgeschlagenheit und Freßunlust auf.

Darüber hinaus können sich in dem so geschädigten Lungengewebe wesentlich leichter bakteriell bedingte Infektionen manifestieren. Ein sehr enger Zusammenhang besteht zwischen parasitär bedingten Lungenveränderungen und dem Entstehen der Enzootischen Pneumonie, die bei Spulwurmbefall mit erheblichen Komplikationen abläuft.

Auswertungen von TIELEN (1974) und FLESJA & ULVESAETEER (1980) zeigen, dass ein vermehrtes Auftreten von verwurmt Lebern mit einer höheren Lungenbefundrate verbunden ist. Zum gleichen Ergebnis kam BÄCKSTRÖM ET AL. (1975). Sie beobachteten eine positive Beziehung zwischen der Häufigkeit von Lungenentzündungen in einem Betrieb und Erkrankungen der Leber.

Erwachsene Würmer im Darm

Im Dünndarm legen die erwachsenen Spulwurmweibchen täglich bis über 1 Million dickschalige und daher extrem widerstandsfähige Eier. Je nach Wurmzahl können sich die auftretenden Schäden in Form von Darmkatarrh und Entwicklungsstörungen mit unbefriedigenden Gewichtszunahmen bis hin zum wurmbedingten Darmverschluss mit tödlichem Ende für das Wirtstier darstellen. In einer Untersuchung, die von der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe durchgeführt wurde, zeigte sich, dass spulwurminfizierte Mastschweine im Gegensatz zu wurmfreien Kontrolltieren eine um ca. 30 Tage längere Mastdauer bei etwa 100 g geringerer täglicher Gewichtszunahme sowie einen um ca. 250 g höheren Futteraufwand pro Kilogramm Gewichtszuwachs aufwiesen. Die Häufigkeit von Leberveränderungen bei Schlachttieren in verschiedenen Erhebungen ist in Tabelle 1-9 dargestellt.

Anteil [%]	Autor
0,2 bis 1,7	Harbers et al., 1992
9,6	Predoiu & Blaha, 1993
1,7 bis 11,2	Hoy, 1994
8,9	Menzies et al., 1995
11,0	Wittmann et al., 1995
26,5	Mählmann, 1996
12,9	Vogt, 1996

Tabelle 1-9: Häufigkeit von Leberveränderungen bei Schlachttieren

Organbefundung

Eine Voraussetzung für die Beurteilung der Bestandsgesundheit anhand von Organbefunden ist die Vereinheitlichung der Befunderfassung wie sie in Tabelle 1-10 dargestellt wird und inzwischen auch in einigen deutschen Schlachthöfen praktiziert wird (BLAHA, 1995).

Veränderung	Symbol	Ausdehnung
Pneumonie		
-geringgradig	Pn 1	<10%
-mittelgradig	Pn 2	11-30%
-hochgradig	Pn 3	>30%
Pleuritis		
-geringgradig	PI 1	> 5-Mark-Stück-groß
-mittelgradig	PI 2	5-Mark-Stück- bis handflächengroß
-hochgradig	PI 3	>handflächengroß
Pericarditis	Pc	Ja
Milkspots		
-geringgradig	L 1	Leber „ausputzen“
-hochgradig	L 2	Leber verwerfen

Tabelle 1-10: Befundschlüssel für die Erhebung von pathologisch-anatomischen Organveränderungen beim Schlachtschwein (BLAHA, 1995)

Die Tabelle 1-11 stellt einen Bewertungsschlüssel da, der durch ein Punktesystem eine Vergleichbarkeit der Betriebe ermöglicht. Dieser Schlüssel gibt die Erfahrungen einiger Untersuchungen wieder, wonach mittel- und hochgradige Lungenveränderungen einen größeren Einfluss auf die Tierleistung zeigen als Pleuritiden und Pericarditiden (BLAHA, 1995).

Pn 2 + Pn 3	Punkte	PI 2 + PI 3	Punkte	Pc	Punkte	L1 + L2	Punkte
<1%	0	<1%	0	>1%	0	<1%	0
1-20%	2	1-10%	1	1-5%	1	1-10%	2
21-40%	4	11-30%	2	6-10%	2	11-30%	4
41-70%	6	31-50%	3	11-15%	3	31-50%	6
>70%	8	>50%	4	>15%	4	>50%	8

Tabelle 1-11: Bewertungsschlüssel für die Nutzung der Organveränderungs- Modifiziert / PIQ, Häufigkeit pro Bestand als Indikator der Bestandsgesundheit (SCHÜTTE, 1999; BLAHA & NEUBRAND, 1994).

Die aus dem Bewertungsschlüssel entstehende Skala von 0 bis 16 bzw. 24 Punkten kann in Tabelle 1-12 durch die durchgeführte Klassenbildung in eine verbale Bewertung übergeführt werden.

Schlüssel nach BLAHA & NEUBRAND, 1994	Schlüssel Modifiziert –PIQ, 1995	Tiergesundheit des Bestandes
0-3 Punkte	0-4 Punkte	Sehr gut
4-6 Punkte	5 –8 Punkte	Gut
7-9 Punkte	9 – 12 Punkte	Mäßig
10-12 Punkte	13 – 16 Punkte	Schlecht
13-16 Punkte	17 – 24 Punkte	Sehr schlecht

Tabelle 1-12: Klassenbildung der „Bestandsgesundheitspunkte“ zur verbalen Bewertung der Tiergesundheit (BLAHA & NEUBRAND, 1994)

Im Rahmen eines FuE-Vorhaben zur Einführung eines Verfahrens für integrierten Tierschutz und Qualitätssicherung bei Schlachtschweinen wurden anhand dieses Schlüssels an einem EG-Schlachthof in Niedersachsen insgesamt die Gesundheit von 756.090 Schweine aus vier unterschiedlichen Erzeugergruppen bewertet. Gruppe 1: Erzeugergemeinschaften mit vorrangiger Marktorientierung (55 Betriebe / 61733 Schweine); Gruppe 2: Erzeugergemeinschaften mit betont tiergerechter, umweltschonender, qualitätsorientierter und bäuerlicher Landwirtschaft (27 Betriebe / 9798 Schweine); Gruppe 3: Mäster ohne Erzeugergemeinschaft (29 Betriebe, 21194 Schweine); Gruppe 4: Alle sonstigen am Schlachthof angelieferten Schweine (ca. 650000 Schweine).

Durchschnittliche Betriebsbenotung nach	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
BLAHA & NEUBRAND, 1994	3,90	3,34	3,8	3,32
Modifiziert PIQ, 1999	6,22	7,43	8,37	6,34

Tabelle 1-13: modifiziert nach PIQ (1999), Einschätzung der Bestandsgesundheit nach Bewertungsschlüsseln

2 Material und Methoden

2.1 Methoden für den Bereich Arbeitsschutz

Für die Beurteilung der Haltungssysteme aus Sicht des Arbeitsschutzes wurden die Parameter

- Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – PGP-System
- Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – Impaktor
- Staub
- Material

erfasst. Messmethodik und Analytik werden nachfolgend beschrieben.

Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – PGP-System

Die luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffe, kurz Bioaerosole, wurden mit dem vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz (BIA) empfohlenen personengetragenen Gefahrstoffprobenahme-System (PGP-System) erfasst. Hierbei handelt es sich um ein Pumpensystem, das auf 3,5 l/min geeicht und mit einem Filterkopf betrieben wird. Es wurde ein GSP-Filterkopf (Gesamtstaub Probenahme) ausgewählt, in dem die einatembare Staubfraktion auf Polycarbonat-Membranfiltern (Schimmelpilze, Bakterien) bzw. Borosilikat-Glasfaserfilter (Endotoxine) abgeschieden wird.

Dieses System wurde parallel dreifach betrieben, somit konnten gleichzeitig Proben zur Erfassung der luftgetragenen Konzentration von Endotoxinen, Schimmelpilzen und Bakterien genommen werden. Das PGP-System wurde teilweise personengetragen, teilweise stationär benutzt. Mit den personengetragenen Messungen konnten die Emissionen bei typischen Arbeitsvorgängen wie Einstreuen, Misten, Ausställen etc. erfasst werden; die stationären Messungen gaben die Grundbelastung durch luftgetragene biologische Arbeitsstoffe des Stalles wieder.

Die Endotoxin- und Schimmelpilzkonzentrationen wurden pro Messtermin aus je drei personengetragenen und je drei stationären Proben bestimmt. Die Bakterienkonzentrationen wurden pro Messtermin aus je fünf personengetragenen und fünf stationären Proben ermittelt. Zusätzlich wurden je Messtermin ein bis zwei Referenzaußenluftmessungen durchgeführt.

Aufgrund der hohen Mikroorganismenkonzentrationen wurde für die Analyse der Schimmelpilz- und Bakterienkonzentrationen das indirekte Analyseverfahren ausge-

wählt. Im Rahmen der Analyse der Schimmelpilz- und Bakterienproben erfolgte eine Differenzierung der Mikroorganismen laut Tabelle 2-1.

Probe	Differenzierungen
Endotoxine	Gesamtendotoxine
Schimmelpilze	Gesamtpilze A. fumigatus Schimmelpilz-Spezies
Bakterien	Gesamtkeimzahl Staphylokokken Bacilli Thermophile Actinomyceten

Tabelle 2-1: Differenzierung der Luftproben aus dem PGP-System

Zudem erfolgte eine Zuordnung der Gesamtpilze auf 80 Pilzfamilien bzw. –spezies. Die Analyse der Endotoxin-Proben erfolgte mit dem chromogen-kinetischen Limulustest. Probenahme, Proben transport und Analyse der Luftproben erfolgte entsprechend deutscher für den Arbeitsschutz standardisierten Messvorschriften:

- Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 405, 430
- Merkblätter des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz (BIA-Merkblätter) 9410, 9411, 9417, 9420, 9430, 9450

Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – Impaktor

Zusätzlich zur Probenahme mit dem PGP-System erfolgte eine Probenahme der Stallluft mit einem Impaktor der Firma MERCK® (MAS-100), um seltene Keime in der Stallluft zu erfassen. Der MAS-100 beruht auf dem Prinzip des Andersen Air Samplers, wobei die Luft durch eine perforierte Platte (400 Löcher) angesaugt wird. Der daraus resultierende Luftstrom, welcher Partikel enthält, wird auf die Agaroberfläche einer Petrischale geleitet. In der vorliegenden Untersuchung wurde mit einer Luftmenge von 50 l gearbeitet und spezielle Selektivnährmedien beaufschlagt. Anschließend wurden die Probe entsprechend bebrütet. Die Selektivnährmedien und die gesuchten Mikroorganismen finden sich in Tabelle 2-2.

Probe	Differenzierungen	Nährmedien
Impaktor	Enterobakterien E. coli Coliforme Pseudomonas Staphylokokken	VRBD-Agar (im Anaerobenbeutel) Chromocult-Agar (Merck) Chromocult-Agar (Merck) CN-Agar Baird-Parker-Agar

Tabelle 2-2: Differenzierung der Impaktorproben

Je Messtermin wurden pro differenziertem Mikroorganismus vier bis sechs Proben genommen.

Staubmessung

Parallel zu den PGP-Messungen erfolgte die Erfassung der Partikelmassenkonzentrationen nach den arbeitsmedizinischen Staubklassen entsprechend DIN EN 481 (einatembar, thorakal, alveolengängig) als Ein-Minuten-Wert. Das genutzte Messgerät war das Aerosolspektrometer 1.108 der Firma GRIMM®, welches mit 90° Laser-Streulicht arbeitet.

Materialproben

Um nähere Informationen über die Herkunft der luftgetragenen Mikroorganismen zu bekommen, wurden zusätzlich Proben des Futters und der Einstreumaterialien genommen und, wie in Tabelle 2-3 dargestellt, differenziert. Zusätzlich erfolgte wie auch bei den Luftproben eine standardisierte Untersuchung auf 80 Schimmelpilzspezies.

Probe	Differenzierungen
Futter/ Einstreu/ Beschäftigungsmaterial	Gesamtpilze A. fumigatus Hefen Schimmelpilz-Spezies Gesamtkeimzahl Enterobakterien E. coli Coliforme Pseudomonas aeruginosa Pseudomonas Staphylococcus Staphylococcus aureus Bacilli Lactobacilli

Tabelle 2-3: Differenzierung der Materialproben

Entgegen den Planungen konnten die Materialproben aufgrund von starken Kreuzreaktionen mit den Glucanen in den Proben im LAL-Test nicht auf Endotoxin untersucht werden.

Statistik

Die Statistische Auswertung erfolgte unter der Verwendung von SPSS Version 11.0.1. Aufgrund der teilweise geringen Fallzahlen erfolgte die Grundauswertung deskriptiv über Boxplots. Zusätzlich wurden Mittelwertsvergleiche durchgeführt. Diese waren jedoch nur bedingt bewertbar, da die ermittelten Werte teilweise weit streuten, so dass Mittelwert und Median stark voneinander abwichen. Spezielle Zusammenhänge wurden über bi- und multivariate Analysen betrachtet.

Die bivariate Analyse der Einflussfaktoren auf die Endotoxin- und Schimmelpilzkonzentration in der Stallluft erfolgte unter Verwendung einer logarithmisierten Messwertdarstellung, da hiermit die größte Annäherung an die Normalverteilung erreicht werden konnte. In die multivariate Analyse wurden Prädiktoren aufgenommen, die in der bivariaten Analyse mit einem $p < 0,2$ als modifizierende Faktoren differenziert werden konnten. Die Signifikanzgrenze der multivariaten Analyse selbst lag bei $p < 0,05$.

2.2 Methoden für den Bereich Umweltschutz

Messgeräte

Die **Staubmessungen**, d.h. die Bestimmung der Partikelmassenkonzentrationen, wurden teils mit Streulichtphotometern der Firma TSI, Modell DustTrack 8520, teils mit Aerosolspektrometern der Firma GRIMM AEROSOL TECHNIK, Modell 1.108 durchgeführt. Die Geräte waren bei allen Untersuchungen im Stallinnenraum auf 1,50 m Höhe platziert. Diese Höhe entspricht in arbeitmedizinischem Sinne der Einatemhöhe des Menschen. Tabelle 2 beschreibt die zeitliche und örtliche Zuordnung der verschiedenen, eingesetzten Geräte.

Bei den verwendeten **Streulichtphotometern** der Firma TSI (Abb. 2; Tab. 6) wird die in das Messgerät eingeleitete Probenluft mit Streulicht (Laserdiode mit 90° Licht-

streuung) beleuchtet. Aufgrund von Brechungsindex, Partikelgröße und –form wird die Partikelmassenkonzentration [mg/m^3] berechnet. Der Messbereich der genutzten Geräte liegt zwischen $0,001 \text{ mg}/\text{m}^3$ und $100 \text{ mg}/\text{m}^3$. Es können je nach eingesetztem Vorabscheider Partikel der Größenklasse $1 \text{ }\mu\text{m}$, $2,5 \text{ }\mu\text{m}$ oder $10 \text{ }\mu\text{m}$ gemessen werden. Die Klassifizierung erfolgt nach dem aerodynamischen Durchmesser (D_{ae}) des Partikels, wobei der 50-prozentige Abscheidegrad ausschlaggebend ist (D_{50}). Die Fraktionen werden als *Particulate Matter* (PM) bezeichnet. Für dieses Projekt wurden Vorabscheider für Partikel der Größe $\leq 10 \text{ }\mu\text{m}$ (PM 10) eingesetzt. Der Volumenstrom der Probenluft ist einstellbar zwischen $1,4 \text{ l}/\text{min}$ und $2,4 \text{ l}/\text{min}$. In den hiesigen Untersuchungen wurde ein Volumenstrom von $1,7 \text{ l}/\text{min}$ eingestellt. Abbildung 2-1 zeigt ein DustTrack Streulichtphotometer der Firma TSI.



Abbildung 2-1: Streulichtphotometer des Modells DustTrack der Firma TSI (Hainzi, 2002)

Im Gegensatz zu den TSI-Geräten sind mit den **Aerosolspektrometern** der Firma GRIMM, die hier verwendet wurden, zusätzlich Einzelpartikelzählungen und eine Größenklassifizierung der Partikeln möglich (Tabelle 2-4). Bei diesen Geräten werden die unterschiedlich großen Partikel in der Probenluft nach der Passage durch das Streulicht von einer Photodiode erfasst, die einen Impuls an einen integrierten Impulshöhenanalysator sendet. Die Impulse werden nach der Analyse in 15 verschiedene Größenbereiche (von $>0,3 \text{ }\mu\text{m}$ bis $>20 \text{ }\mu\text{m}$) klassifiziert und gezählt. Aus der Anzahl der Partikel pro Größenbereich kann die Partikelmasse berechnet und das Ergebnis als Partikelmassenkonzentration [mg/m^3] dargestellt werden. In den vorliegenden Untersuchungen wurde ausschließlich mit der Partikelmassenkonzent-

ration gearbeitet. Der Wert für die Größenklasse PM 10 wurde durch Differenzbildung ermittelt.

Zur **Konzentrationsbestimmung von NH₃, CO₂ und CH₄** wurden in den Haltungssystemen A und B mehrere Geräte eingesetzt (Tabelle 2-4). Die NH₃-Konzentration wurde mit einem Gerät der Firma ROSEMOUNT, Modell Binos 4b gemessen, welches nach dem Prinzip der nicht dispersiven Infrarotspektroskopie (NDIR) arbeitet. Die CO₂- und CH₄-Konzentrationen wurden mit Geräten der Firma MAIHAK, Modell UNOR 610 ermittelt, welche ebenfalls nach dem NDIR-Messprinzip arbeiten.

Bei der **nicht dispersiven Infrarotspektroskopie (NDIR)** wird Infrarot (IR) - Strahlung in einem weiten Wellenlängenbereich ausgegeben, die dann von einem Spiegel reflektiert und durch optische Filter geleitet wird. Die optischen Filter reduzieren die Strahlung auf die zur Bestimmung des spezifischen Gases notwendige Wellenlänge und leiten diese in die Messkammer. Den optischen Filtern ist ein Zerhacker vorgeschaltet, der die IR-Strahlung periodisch in die mit dem Messgas gefüllte Messkammer eintreten lässt. Bei der Bestrahlung erhöht sich durch die Absorption in der Messkammer die Gastemperatur; ist der Lichtstrahl unterbrochen, kühlt das Gas sofort wieder ab. Das sich ausdehnende Gas strömt bei der NDIR zum Teil durch einen Verbindungskanal in eine Ausgleichskammer. Diese Strömung wird von einem Strömungsfühler erfasst und in ein elektrisches Spannungssignal umgesetzt. Die Intensität der Strömung ist dabei proportional zur Konzentration des Gases in der Messkammer.

In den Haltungssystemen C und D wurden die Gaskonzentrationen von NH₃, CO₂ und CH₄ mit einem Multigasmonitor B&K 1302 INNOVA der Firma BRÜEL & KJÆR analysiert, welcher nach dem Prinzip der photoakustischen Infrarotspektroskopie arbeitet.

Bei der **photoakustischen Infrarotspektroskopie** ist im Unterschied zu der bereits oben beschriebenen NDIR-Methode die Druckkammer geschlossen, so dass durch das ständige Erwärmen und Abkühlen des Gases permanent Druckimpulse entstehen. Die Intensität dieser Druckimpulse ist proportional zu den in der Messkammer vorhandenen Gaskonzentrationen. Diese Druckimpulse werden von dem in die Messkammerwand integrierten Messmikrofon in elektrische Signale umgesetzt, so dass die Höhe des elektrischen Signals proportional zur Gaskonzentration ist.

Die **Anordnung der Messstellen** im beprobten Stall unterscheidet sich je nach Haltungssystem und eingesetzter Technik. Die Messung der Partikelmassenkonzentration erfolgte mit dem Gerät der Firma TSI in den Haltungssystemen A und B in einem „Messkäfig“, der in unmittelbarer Nähe zu der auf ca. 1 m Höhe liegenden Messstelle für die Gase und die Stallklimaparameter angebracht war (vgl. Abbildung 1-1). Der Messort beim Einsatz der GRIMM-Aerosolspektrometer lag aus Gründen der schlechteren Handhabbarkeit der Geräte an der Stallwand am Ende des Buchtenanges.

In den Haltungssystemen C und D war die Messstelle für die Gase in einem Käfig auf ca. 0,50 m Höhe direkt unterhalb des gemeinsamen Messortes von Partikeln und den Stallklimaparametern angebracht. Durch Teflonschläuche wurde die Probenluft aus der unmittelbaren Nähe der Partikelmessgeräte zu den jeweiligen Gasanalysegeräten geleitet.

Messgröße	Messbereich / Messgenauigkeit	Messgerät und Messprinzip	Messhäufigkeit pro Messstelle	Abtastrate
NH ₃ [ppm] HS A / B	0 - 100 ppm ± 1 ppm (ca. 80 ppm*)	„ROSEMOUNT“ NDIR-Spektroskopie	Alle 15 Minuten	1 Sek.
NH ₃ [ppm] HS C / D	ca. 80 ppm*	„INNOVA“ Photoakustische Infrarotspektroskopie	Alle vier Minuten	4 Min.
CO ₂ [ppm] HS A / B	0 - 10000 ppm ± 10 ppm (ca. 6500 ppm*)	„MAIHAK“ NDIR-Spektroskopie	Alle 15 Minuten	1 Sek.
CO ₂ [ppm] HS C / D	ca. 4000 ppm*	„INNOVA“ Photoakustische Infrarotspektroskopie	Alle vier Minuten	4 Min.
CH ₄ [ppm] HS A / B	0 - 300 ppm ± 3 ppm (ca. 50 ppm*)	„MAIHAK“ NDIR-Spektroskopie	Alle 15 Minuten	1 Sek.
CH ₄ [ppm] HS C / D	ca. 100 ppm*	„INNOVA“ Photoakustische Infrarotspektroskopie	Alle vier Minuten	4 Min.
PM 10** [mg/m ³] HS A / B	0,0001 – 100 mg/m ³ ± 0,0001 mg/m ³	„GRIMM“ Opt. Partikelzähler + „TSI“ Streulichtphotometer	Jede Minute	1 Sek.
PM 10 [mg/m ³] HS C / D	0,001 – 100 mg/m ³ ± 0,001 mg/m ³	„TSI“ Streulichtphotometer		
Lufttemperatur [°C] HS A / B	-30 bis +70 °C ± 1 °C	„ROTRONIC“ PT°100 (Widerstand)	Alle 15 Minuten	1 Sek.
HS C / D			Jede Minute	2 Min.

Rel. Luftfeuchte [%] HS A / B	0 bis 100 % \pm 1 %	„ROTRONIC“ Kapazi- tive Feuchte-sensoren	Alle 15 Minuten	1 Sek.
HS C / D			Jede Minute	2 Min.

Tabelle 2-4: Übersicht der eingesetzten Messgeräte

HS = Haltungssystem

*kalibrierter Messbereichsendwert

**bei GRIMM-Gerät errechneter Wert (Geräteangaben kumulativ)

MW = Mittelwert

Die **Lufttemperatur** und **Luftfeuchte** wurden in den jeweiligen Ställen bzw. Abteilin-
nenräumen mit Hilfe von Sensoren der Firma ROTRONIC, Modell Hygroclip kontinu-
ierlich und zeitgleich zur Bestimmung der Partikelmassen- und Gaskonzentrationen
erfasst. In den Haltungssystemen A und B waren die Sensoren an die zentrale Da-
tenerfassung und -speicherung angeschlossen. In den Haltungssystemen C und D
wurden die Messwerte der Temperatur- und Feuchtesensoren mit Hilfe eines sensor-
spezifischen Datenloggers, Modell HYDROLOG D gespeichert.

In Ergänzung zu den beschriebenen Parametern wurden für die Haltungssysteme A
und B im Rahmen einer Projektzusammenarbeit mit dem DFG-Graduiertenkolleg
„Klimarelevante Gase“ an der Universität Hohenheim noch zusätzlich, d.h. weit über
das im Projektantrag geforderte Messprogramm hinaus, der geförderte Abluftvolu-
menstrom, die durchschnittliche Tieraktivität, das durchschnittliche Tiergewicht, die
durchschnittlichen täglichen Zunahmen, die GVE pro Abteil, die berechneten tägli-
chen Futtermengen pro Tier und pro Abteil und der Strohverbrauch pro Abteil und
Woche, pro Tag und Tier und pro Tag und GVE ermittelt.

Datenaufbereitung, -auswertung und -darstellung

Im Rahmen der wöchentlichen Umsetzung der Messgeräte von dem gerade beprob-
ten in den darauffolgenden Untersuchungsstall erfolgte die Kalibrierung, Kontrolle
und evtl. Wartung der Geräte vor Ort. Mit dem Ziel, nur zuverlässige Daten für die
Auswertung zu selektieren, umfasste die **Datenaufbereitung** die wöchentliche Kor-
rektur der Nullpunktdrift von Partikel- und Gasanalysegeräten und die Berücksichti-
gung technischer Defekte und besonderer Ereignisse, um die Plausibilität der Daten-
sätze zu überprüfen. Unplausible Datensätze wurden nicht weiter aufbereitet. Die für
den vorliegenden Bericht verwendete Datenbasis ist der jeweilige 24-Stunden-

Ausschnitt bzw. Messtag aus der Datenmenge der jeweiligen Messwoche. Der Ausschnitt orientiert sich an den gemeinsamen Messterminen aller Projektpartner (vgl. Tabelle 2-4).

Die **Datenauswertung** erfolgte durch die Berechnung von Mittelwert, Minimum, Maximum, Standardabweichung, Varianz und Median (beschreibende Statistik) mit dem Datenbearbeitungsprogramm EXCEL.

Die grafische **Datendarstellung** und der Vergleich der Kenngrößen verschiedener Datensätze erfolgt als Box-Plots. Die Box-Plot-Abbildungen im vorliegenden Bericht sind alle nach dem gleichen Schema bzw. Einstellungen aufgebaut (Abbildungen 3 bis 72). Die horizontale Linien der Box zeigen die 25-, 50- (Median) und 75-Perzentile an. Das quadratische Symbol in der Box steht für den Mittelwert. Der Begrenzungsstrich am Fehlerbalken außerhalb der Box symbolisiert die 5- und 95-Perzentile. Das Kreuz und der Strich außerhalb des Fehlerbalkens stehen für die 1- und 99-Perzentile bzw. 0- und 100-Perzentile.

2.3 Methoden für den Bereich Tiergesundheit

Im Rahmen der vorliegend geschilderten Untersuchung sollte die Häufigkeit von Erkrankungen und Infektionen erfasst sowie Risikofaktoren im Bereich von Haltungssystem (Verfahrenstechnik) und Management herausgearbeitet werden.

Die Stallcharakteristika, die - über die Merkmale des Stallsystems (Tabelle 1-1) hinaus – den Gesundheitszustand der Tiere modifizieren können, sind in Tabelle 2-5 zusammengefasst. Erfasst wurde die Genetik der Schweine sowie der Impfstatus, die täglichen Zunahmen, die Futtermittelverwertung, die Masttage und die Mastform bzw. Ferkelherkunft.

Betrieb	Ausrichtung	Genetik	Futtermittelverwertung	Masttage	Impfstatus	Mastform/ Ferkelherkunft
Stall A	Konventionell	DL x Pit	3,06	91	M. hyo	Geschlossenes System
Stall B	Konventionell	DL x Pit	3,05	91	M. hyo	Geschlossenes System

Stall C	Ökologisch/ Bioland	Nicht bekannt	4,11		146	keine	unterschiedliche Ferkelherkünfte
Stall D	Ökologisch/ GÄA	DL x Ha/Du	Keine gaben	An-	130	M. hyo	unterschiedliche Ferkelherkünfte

Tabelle 2-5: Beschreibung der Betriebe

Untersuchung der Schweine aus dem ersten Mastdurchgang

Die Schweine aus dem ersten Mastdurchgang wurden am 20.01.2003 geschlachtet. Es kamen nur Tiere der Ställe A und B zur Schlachtung. Diese zum Versuchsstall der Universität Hohenheim gehörenden Systeme ermöglichten, in einer ersten Messperiode die praktische Durchführung der Messungen zu erproben. Erhoben wurden parasitologische, serologische, histopathologische sowie mikrobiologische Daten.

Untersuchung der Schweine aus dem zweiten Mastdurchgang (Winter/Frühjahr)

Der zweite Mastdurchgang, beispielhaft für die klimatischen Verhältnisse Winter/Frühjahr, wurde im Zeitraum vom 19.05.2003 bis zum 16.06.2003 beendet.

Die Schweine aus Stall A und B wurden in einem dem Versuchsstall der Universität Hohenheim direkt angegliedertem Schlachthaus geschlachtet. Für die Tiere aus Stall C und D wurde die Schlachtung am Schlachthof Fulda durchgeführt. Von jedem Stall wurden jeweils 10 Schweine einer weiterführenden Untersuchung unterzogen.

Kotprobennahme

Vor der Schlachtung wurden von jeweils 5 Tieren eines Stalles Kotproben gesammelt. Die Proben wurden entweder direkt rektal entnommen oder direkt nach beobachtetem Absetzen in die dafür vorgesehenen Behältnisse verbracht. Die Proben wurden bei Raumtemperatur gelagert und innerhalb der nächsten 24 h im Labor der Universität Kassel, FG Tierernährung und Tiergesundheit, untersucht.

Blutprobenentnahme

Die Blutproben wurden mit speziellen Blutentnahmesystemen (Monovette®, Fa. Sarstedt) zur Serumgewinnung entnommen. Dazu wurden beim Entbluten der Schweine am Schlachtband die Röhrchen direkt unter der Einstichstelle (Arteria carotis com-

munis) angesetzt und das abfließende Blut aufgefangen. Die Behältnisse wurden gekennzeichnet und nach Vergabe einer Schlachtnummer den einzelnen Tieren zugeordnet.

Befunderfassung

Die makroskopische Bewertung der Befunde an Schlachtkörper und Organen war in den Schlachtablauf integriert und wurde anhand eines ausgearbeiteten Befunderfassungsbogens standardisiert (siehe Anhang A1-1 und A1-2).

Untersuchung der Schweine aus dem dritten Mastdurchgang (Sommer/Herbst)

Die Schweine aus dem dritten Mastdurchgang wurden im Zeitraum vom 06.10.2003 bis zum 27.11.2003 geschlachtet. Die Datenerhebung wurde wie bei der Schlachtung des zweiten Mastdurchgangs durchgeführt.

Durchgeführte Untersuchungen	Stall A MD 1	Stall B MD 1	Stall A MD 2	Stall B MD 2	Stall C MD 2	Stall D MD 2	Stall A MD 3	Stall B MD 3	Stall C MD 3	Stall D MD 3
Serologie	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Organbefundung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Parasitologie	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Futter- u. Strohanalyse		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mikrobiologie	X	X								
Histologie	X	X								

Tabelle 2-6: Übersicht der durchgeführten Untersuchungen

Laborarbeiten

Kotprobenanalyse

Untersucht wurden die Proben im Labor der Universität Kassel, FG Tierernährung und Tiergesundheit. Die Prüfmethode ist angelehnt an die SOP (Standard Operation Procedure) für das Kombinierte Sedimentations- und Flotationsverfahren des Staatlichen Untersuchungsamtes Hessen. Die Auswertung erfolgte mikroskopisch gemäß der Methodenbeschreibung von BOCH & SUPPERER (1992) durch koproskopische Untersuchung. Ausgewertet wurden Parasiteneier bzw. Oozysten der Gattungen bzw. Arten: *Ascaris suum*, *Trichuris suis* und Magen-Darm-Strongyloiden sowie Kokzidien.

Die Einteilung der Ausscheidungsintensität von Parasiteneiern in die Klassen vereinzelt (+), mäßig (++) oder zahlreich (+++) erfolgte unter Berücksichtigung der jeweiligen nachgewiesenen Parasitenart oder -gattung. Sie wird grob mit vereinzelt (< 10 Eier (*Ascaris suum*, MDS) < 50 Oozysten (Kokzidien), mäßige (10-50 Eier (*Ascaris suum*, MDS); 50-100 Oozysten (Kokzidien) oder zahlreiche (>50 Eier (*Ascaris suum*, MDS) > 100 Oozysten (Kokzidien) Ausscheidung beschrieben. Zum Auszählen wurde jede Probe meanderförmig in 9 Zügen ausgezählt.

Futterprobenanalyse

Untersuchung der Futtermittel bzw. des Stroh auf Roh Nährstoffzusammensetzung nach den amtlichen Methoden (NAUAUMANN & BASSLER, 1988). Berechnung des ME-Gehaltes mit der Schätzgleichung (Mischfutterformel) nach § 14 Abs.2 der Futtermittelverordnung (GRÜNE BROSCHÜRE 1999) unter Einbeziehung der Rohfaserfraktion.

Blutprobenanalyse

Die in Serumröhrchen gewonnenen Blutproben wurden noch am selben Tag bei 3500 rdm zentrifugiert. Das so gewonnene Serum wurde abpipetiert und jeweils 3 Proben à 1 ml sofort bei -20 °C tiefgefroren. Nach Beendigung eines Abschnittes wurden alle Proben in spezielle Kühlboxen verpackt und an das Labor Bioscreen, Münster verschickt. Hier erfolgte die Analyse der Proben auf Mycoplasmen-, PRRS-, Influenza- und Circo- Antikörper mittels eines ELISA-Verfahrens.

Mycoplasmen-Antikörper

Einteilung der Seren in *Mycoplasma hyopneumoniae* negativ bzw. positiv im Sinne eines Antikörpertiters, welcher auf eine erfolgte Infektion mit Mycoplasmen hinweist.

Positive Befunde von bei der Schlachtung untersuchten Tiere lassen auf eine Feldinfektion schließen.

PRRS-Antikörper

Einteilung der Seren in PRRS negativ bzw. positiv (Titerhöhe 1 – 6, ermöglichen Aussagen über erfolgte Immunreaktion). Dabei sind akute Infektionen im Betrieb vor allem dann zu erwarten, wenn negative und positive Befunde mit hohen Antikörpertitern vorherrschen. Bei negativen und positiven Befunden mit niedrigen Antikörpertitern (Titerhöhe 1 – 2) ist eher von einer Bestandsimmunität und somit stabilen Beständen auszugehen (OHLINGER, 2003).

Influenza-Antikörper

Einteilung der Seren in Influenza A negativ bzw. positiv (Antikörper vorhanden, bzw. nicht vorhanden).

Circovirus-Antikörper

Einteilung der Seren in porz. Circovirus II negativ bzw. Antikörpertiter $\geq 1:1280$

Ergebnis - Auswertung

Die erhobenen Daten werden deskriptiv dargestellt. Aufgrund der geringen Anzahl der untersuchten Betriebe und Tierzahlen wird darauf verzichtet, Zusammenhänge zwischen einzelnen Fragestellungen statistisch auszuwerten. Prozentuale Darstellungen werden vor allem dann gewählt, wenn diese zum Zweck eines Vergleiches mit anderen Untersuchungen zweckmäßig erscheinen.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Folgenden erst einzeln für die Bereiche Arbeitsschutz, Tiergesundheit und Umweltschutz betrachtet und im Anschluss zusammenfassend diskutiert.

3.1 Ergebnisse für den Bereich Arbeitsschutz

3.1.1 Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – PGP-System

Insgesamt wurden 707 Proben mit dem PGP-System genommen. Daraus resultierten inklusive der Differenzierungen 1643 verarbeitete Fälle, darin inbegriffen 268 Referenz-Außenmesswerte (Tabelle 3-1). Die Aufteilung auf die untersuchten Mikroorganismen, stationäre und personengetragene Messungen und auf die Stallsysteme findet sich in Tabelle 3-2

		Häufigkeit
Gültig	BVT-Stall	183
	Tiefstreu-Stall	45
	EU-ÖkoVO-Stall	40
	Gesamt	268

Tabelle 3-1: Anzahl Außenluft-Referenzproben nach Stallsystem

Anzahl		Fütterungsart			Gesamt		
KBE/m ³ Luft	Personengetragen	Breifütterung	Flüssigfütterung	Trockenfütterung			
Endotoxine	stationär	Stallsystem	BVT-Stall	27	27	25	54
			Tiefstreu-Stall			25	25
			EU-ÖkoVO-Stall	27			27
		Gesamt		54	27	25	106
	personengetragen	Stallsystem	BVT-Stall	18	22		40
			Tiefstreu-Stall			13	13
EU-ÖkoVO-Stall			9			9	
	Gesamt		27	22	13	62	
Gesamtpilze	stationär	Stallsystem	BVT-Stall	27	26		53
			Tiefstreu-Stall			24	24
			EU-ÖkoVO-Stall	27			27
		Gesamt		54	26	24	104
	personengetragen	Stallsystem	BVT-Stall	18	22		40
			Tiefstreu-Stall			13	13
EU-ÖkoVO-Stall			9			9	
	Gesamt		27	22	13	62	
Bakterien	stationär	Stallsystem	BVT-Stall	30	35		65
			Tiefstreu-Stall			46	46
			EU-ÖkoVO-Stall	49			49
		Gesamt		79	35	46	160
	personengetragen	Stallsystem	BVT-Stall	30	37		67
			Tiefstreu-Stall			15	15
EU-ÖkoVO-Stall			11			11	
	Gesamt		41	37	15	93	
A. fumigatus	stationär	Stallsystem	BVT-Stall	25	23		48
			Tiefstreu-Stall			24	24
			EU-ÖkoVO-Stall	27			27
		Gesamt		52	23	24	99
	personengetragen	Stallsystem	BVT-Stall	18	22		40
			Tiefstreu-Stall			13	13
EU-ÖkoVO-Stall			9			9	
	Gesamt		27	22	13	62	
thermophile Actinomyceten	stationär	Stallsystem	BVT-Stall	23	20		43
			Tiefstreu-Stall			20	20
			EU-ÖkoVO-Stall	23			23
		Gesamt		46	20	20	86
	personengetragen	Stallsystem	BVT-Stall	17	22		39
			Tiefstreu-Stall			11	11
EU-ÖkoVO-Stall			6			6	
	Gesamt		23	22	11	56	
Bacilli	stationär	Stallsystem	BVT-Stall	30	35		65
			Tiefstreu-Stall			46	46
			EU-ÖkoVO-Stall	49			49
		Gesamt		79	35	46	160
	personengetragen	Stallsystem	BVT-Stall	30	37		67
			Tiefstreu-Stall			15	15
EU-ÖkoVO-Stall			11			11	
	Gesamt		41	37	15	93	
Staphylococcen	stationär	Stallsystem	BVT-Stall	32	35		67
			Tiefstreu-Stall			38	38
			EU-ÖkoVO-Stall	42			42
		Gesamt		74	35	38	147
	personengetragen	Stallsystem	BVT-Stall	28	37		65
			Tiefstreu-Stall			13	13
EU-ÖkoVO-Stall			7			7	
	Gesamt		35	37	13	85	

Tabelle 3-2: Anzahl Stallluftproben (PGP-System), unterschieden nach Mikroorganismen, stationäre und personengetragene Messungen und Stallsystem

Um im Folgenden eine bessere graphische Beurteilung der Boxplots vornehmen zu können, sind die Skalen so gewählt, dass Ausreißer und Extremwerte teilweise abgeschnitten werden. Die Boxplots mit allen Ausreißern und Extremwerte sind in Anhang A2 dargestellt. Ebenfall im Anhang sind die Kennwerte der jeweiligen Verteilungen aufgeführt.

Die Mittelwertsvergleiche sind nur bedingt bewertbar, da die Werte teilweise große Streuungen innerhalb des Stallsystems aufwiesen und die Mittelwerte und Mediane stark voneinander abwichen.

Die analytisch bedingten unteren Nachweisgrenzen einzelner Mikroorganismen fließen als 2/3-Werte der Nachweisgrenze in die Darstellung und Berechnung der Ergebnisse ein.

3.1.1.1 Vergleich stationärer Messungen zwischen den Stallsystemen

Da der Vergleich der beiden BVT-Stallsysteme (Breifütterung, Flüssigfütterung) keinen Unterschied ergab (s.u.), werden sie für den Vergleich der Stallsysteme als ein Boxplot dargestellt. Die Darstellung der Boxplots mit allen Ausreißern findet sich in Anhang, Abbildung A2-1. Mediane und Mittelwerte sowie Mittelwertsvergleiche der Messungen finden sich in Anhang, Tabellen A2-1 und A2-2.

Im Vergleich der mit dem PGP-System erfassten Messwerte fiel der Tiefstreustall durch die höchste Belastung mit luftgetragenen **Endotoxinen** auf (Abbildung 3-1). Der Median lag beim Tiefstreustall bei 14.495 EU/m³ Luft, der Median der BVT-Ställe bei 5.544 EU/m³ Luft und der Median des EU-ÖkoVO-Stalls bei 2.876 EU/m³ Luft. Die Streuung war beim EU-ÖkoVO-Stall geringer als bei den anderen Stallsystemen, Ausreißer gab es bei den ökologischen Stallsystemen (siehe Anhang, Tab. A2-1). Stellte man trotz der genannten Einschränkungen einen multiplen Mittelwertsvergleich an, so ergab sich im Vergleich der BVT-Ställe mit dem Tiefstreustall ein signifikanter Unterschied ($p < 0,001$). Der Vergleich des EU-ÖkoVO-Stall mit dem Tiefstreustall ergab einen hochsignifikanten Unterschied ($p < 0,01$). Der Mittelwertsvergleich von BVT-Ställen und EU-ÖkoVO-Stall ergab keine signifikanten Unterschiede.

Auch bei der Betrachtung der luftgetragenen **Schimmelpilze** wies der Tiefstreustall mit einem Median von 4.622 KBE/m³ Luft und größter Streuung die höchsten Werte

auf (Abbildung 3-2). BVT-Ställe (Median 1.058 KBE/m³ Luft) und EU-ÖkoVO-Stall (Median 2.151 KBE/m³ Luft) zeigten eine ähnliche Streuung. Ausreißer gab es bei den BVT-Ställen und dem Tiefstreustall. Im multiplen Mittelwertsvergleich ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

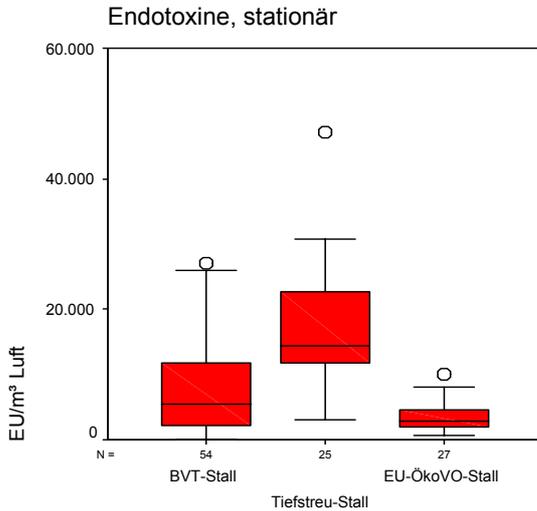


Abbildung 3-1: Endotoxine, stationär

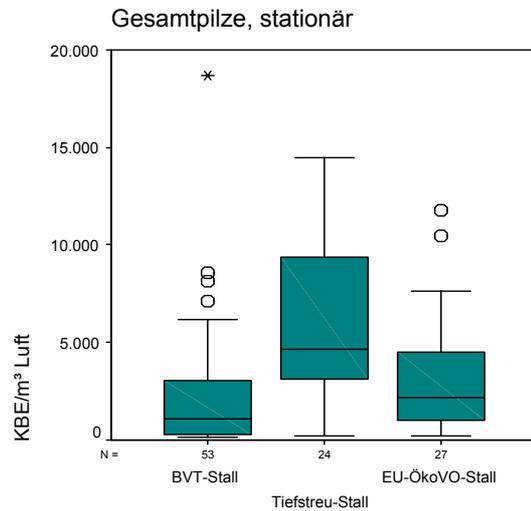


Abbildung 3-2: Gesamtpilze, stationär

Bei der Betrachtung der **Gesamtbakterienkonzentrationen** zeigte der Tiefstreustall wiederum die höchsten Werte (Median 16,1 Mio. KBE/m³ Luft) mit stärkster Streuung. Hier unterschieden sich aber auch der EU-ÖkoVO-Stall (Median 4,4 Mio. KBE/m³ Luft) und die BVT-Ställe (Median 0,2 Mio. KBE/m³ Luft) deutlich (Abbildung 3-3). Der multiple Mittelwertsvergleich ergab für den Unterschied BVT – Tiefstreu und für den Unterschied EU-ÖkoVO – Tiefstreu jeweils höchstsignifikante Unterschiede ($p < 0,001$), für den Vergleich BVT - EU-ÖkoVO ergab sich ein hochsignifikanter Unterschied ($p < 0,01$).

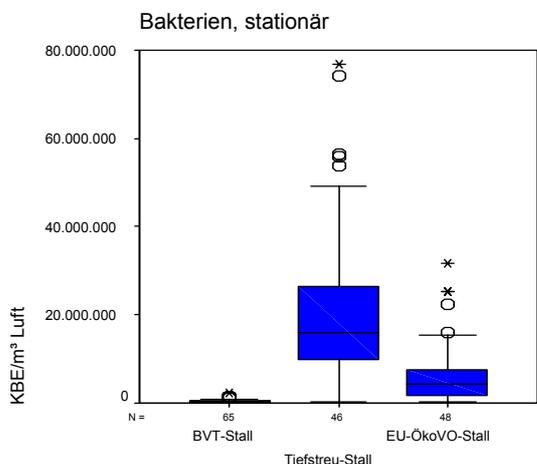


Abbildung 3-3: Gesamtbakterien, stationär

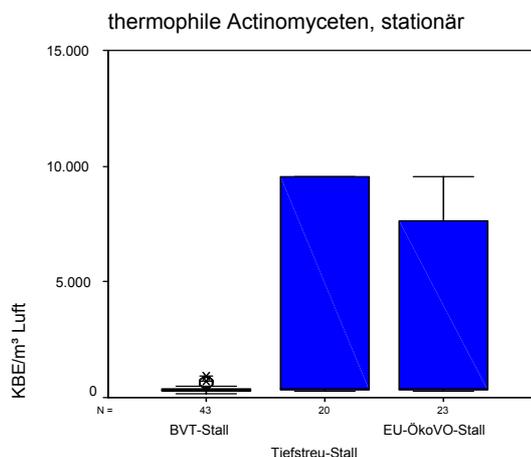


Abbildung 3-4: th.Actinomyceten, stationär

Der überwiegende Teil der Messwerte luftgetragener **Aspergillus fumigatus** in den ökologischen Ställen und fast alle Messwerte aus den BVT-Ställen lagen unter der jeweiligen unteren Nachweisgrenze der Analysen. Abgesehen von einigen Ausreißern zeigten sich also allgemein geringe Konzentrationen von *A. fumigatus* in den Stallsystemen mit der Tendenz zu höheren Werten in den ökologischen Ställen.

Das gleiche Bild ergab sich bei der Betrachtung der **thermophilen Actinomyceten** in den Stallsystemen: Nur wenige Messwerte in den ökologischen Ställen und nur ein Messwert in den BVT-Ställen lagen oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenzen (Abbildung 3-4).

Bei der stationären Erfassung der Luftkonzentration von **Bacilli** lagen etwa die Hälfte der Werte aus den BVT-Ställen und aus dem EU-ÖkoVO-Stall unter der unteren Nachweisgrenze, dagegen nur wenige aus dem Tiefstreustall. Dies deutet also, auch im Vergleich der Mediane (Tiefstreu: 5.455 KBE/m³ Luft, BVT: 1.058 KBE/m³, EU-ÖkoVO: 1.429 KBE/m³), auf eine höhere Konzentration luftgetragener Bacilli im Tiefstreustall hin (Abbildung 3-5).

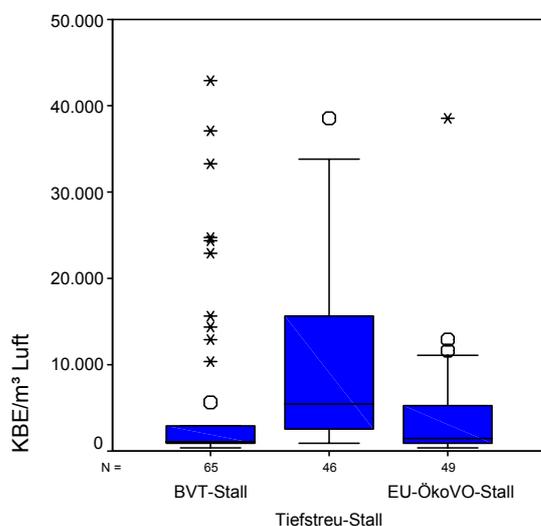


Abbildung 3-5: Bacilli, stationär

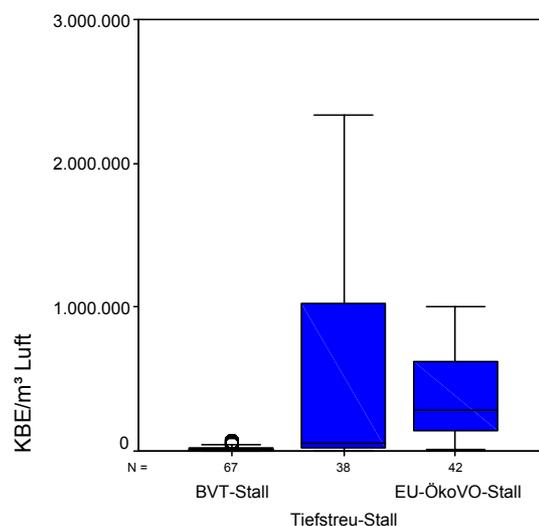


Abbildung 3-6: Staphylokokken, stationär

Die Belastungen der Ställe mit luftgetragenen **Staphylococcen** zeigten sich sehr uneinheitlich (Abbildung 3-6). Eindeutig wurde die geringste Belastung in den BVT-Ställen (Median 5.714 KBE/m³ Luft) festgestellt. Im Tiefstreustall lag der Median bei 51.948 KBE/m³ Luft) bei hoher Streuung und Ausreißern, im EU-ÖkoVO-Stall lag der Median bei 286.905 KBE/m³ Luft. Der multiple Mittelwertsvergleich zeigte einen

höchstsignifikanten Unterschied zwischen BVT- und Tiefstrestall und einen hochsignifikanten Unterschied zwischen BVT- und EU-ÖkoVO-Stall. Der Unterschied zwischen Tiefstreu und EU-ÖkoVO-Stall war ebenfalls hochsignifikant mit wesentlich höherem Mittelwert (735.000 KBE/m³ Luft zu 368.000 KBE/m³ Luft) im Tiefstrestall.

3.1.1.2 Vergleich der Messungen über die Mastdurchgänge

Konventionelle Ställe

Der Verlauf der Messungen über die einzelnen Mastverläufe wurde nur für Endotoxin- und Schimmelpilzkonzentrationen analysiert, da diese aufgrund von längeren Probennahmezeiten am ehesten die vorherrschende Keimlast der Ställe widerspiegeln.

Der Vergleich der Endotoxin- mit den Schimmelpilzmessungen zeigte, dass sich die Höhe der Messwerte im Verlauf der Messungen zwar fast immer mit gleicher Tendenz bewegten, die Schimmelpilzkonzentrationen aber weniger stark auf die Änderung möglicher Einflussfaktoren reagierten (Abbildungen 3-7 bis 3-12).

Im Mastdurchgang 1 stiegen die Konzentrationen kontinuierlich (Abbildungen 3-7, 3-8), während die Konzentrationen im Mastdurchgang 2 in der dritten Messung wieder abfielen (Abbildungen 3-9, 3-10). Der dritte Mastdurchgang war geprägt durch sehr niedrige Werte in der zweiten Messung (Abbildungen 3-11, 3-12).

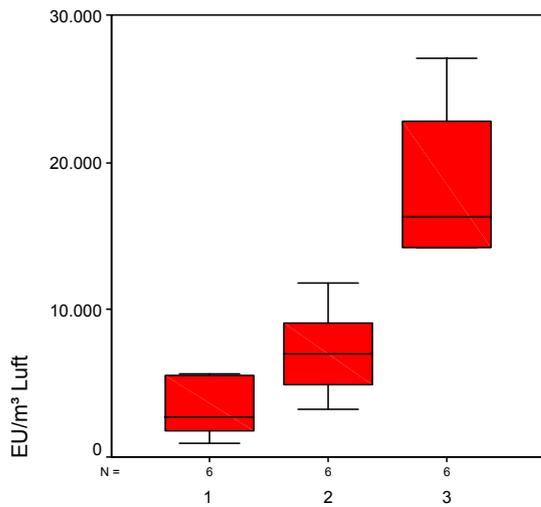


Abbildung 3-7: Verlauf der Endotoxinkonzentration in den BVT-Ställen über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 1

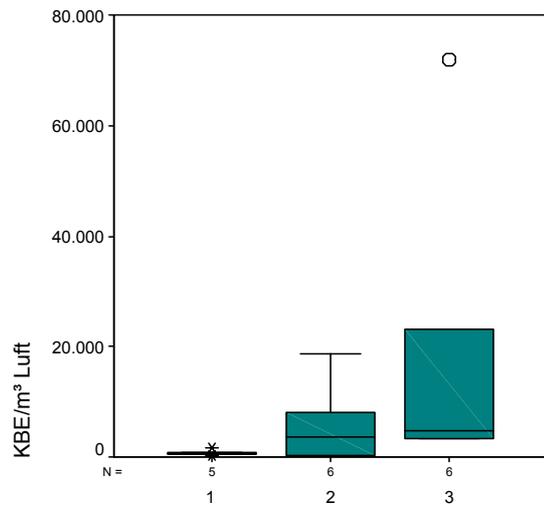


Abbildung 3-8: Verlauf der Schimmelpilzkonzentration in den BVT-Ställen über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 1

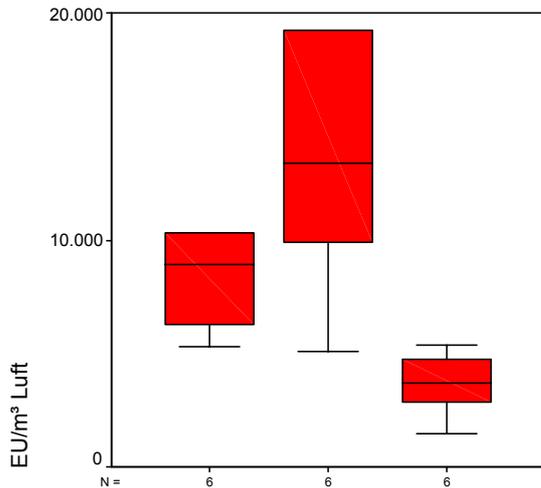


Abbildung 3-9: Verlauf der Endotoxinkonzentration in den BVT-Ställen über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 2

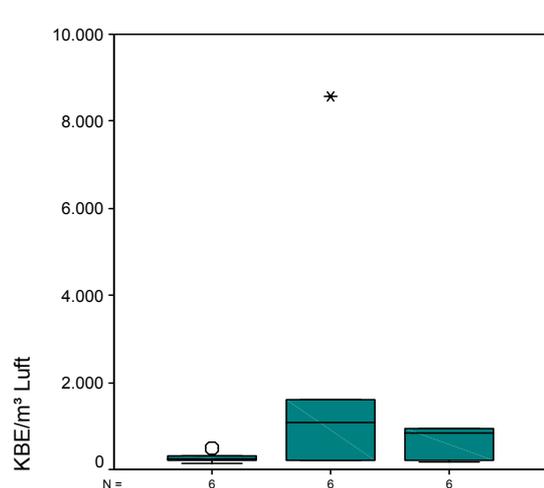


Abbildung 3-10: Verlauf der Schimmelpilzkonzentration in den BVT-Ställen über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 2

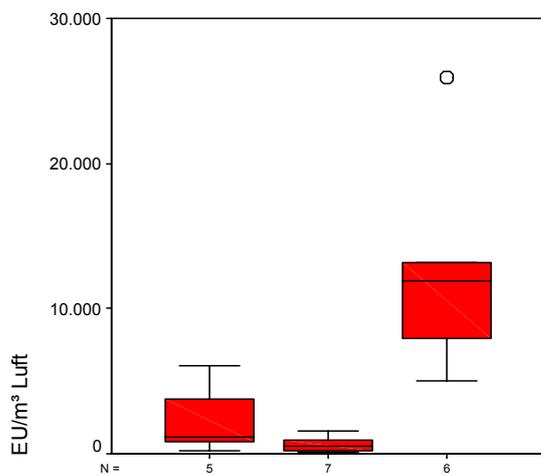


Abbildung 3-11: Verlauf der Endotoxinkonzentration in den BVT-Ställen über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 3

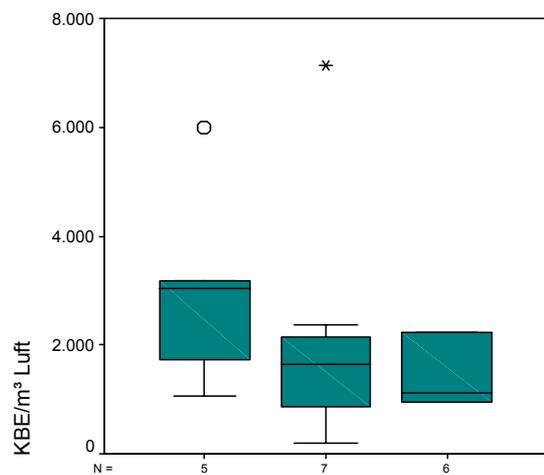


Abbildung 3-12: Verlauf der Schimmelpilzkonzentration in den BVT-Ställen über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 3

Unter den Bedingungen der zwangsbelüfteten Ställe war zu vermuten, dass diese unterschiedlichen Verläufe der Endotoxinkonzentration am ehesten auf die unterschiedliche Lüftungsrate der temperaturgesteuerten Lüftung zurückzuführen waren: Niedrige Temperaturen (z.B. MD 1, Messung 3) führten zu einer starken Drosselung der Lüftung bis zur Minimalluftfrate und somit einer Erhöhung der Endotoxinkonzentration, während die Lüftung bei hohen Temperaturen (z.B. MD 3, Messung 2) die überwiegende Zeit mit der Maximalluftfrate arbeitete und somit eine bessere Verdünnung der Bioaerosolkonzentration bewirkte. Eine Überprüfung möglicher Einflussfaktoren auf die Bioaerosolkonzentration in den Ställen erfolgte mittels bivariater und multivariater Modelle (Kapitel 3.1.1.3 Analyse von möglichen Einflussfaktoren).

Ökologische Ställe

In den ökologischen Ställen war der Verlauf von Endotoxin- und Schimmelpilzkonzentration weniger ähnlich als in den konventionellen Ställen. An manchen Punkten war der Verlauf über den Messzeitraum sogar eher gegenläufig. (Abbildungen 3-13 bis 3-20). Mastdurchgang 2 umfasste hierbei das Frühjahr 2003, Mastdurchgang 3 den Sommer 2003.

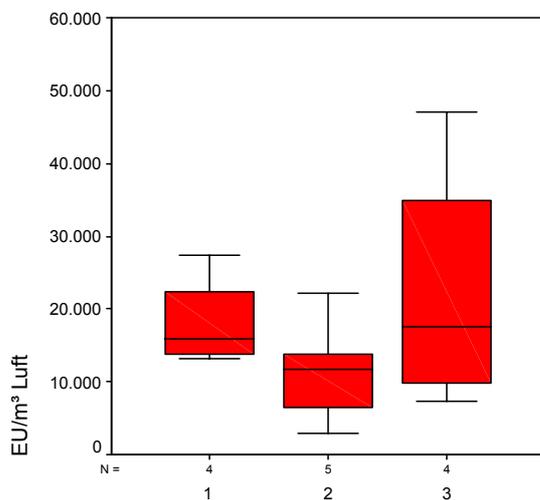


Abbildung 3-13: Verlauf der Endotoxinkonzentration im Tiefstreustall über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 2

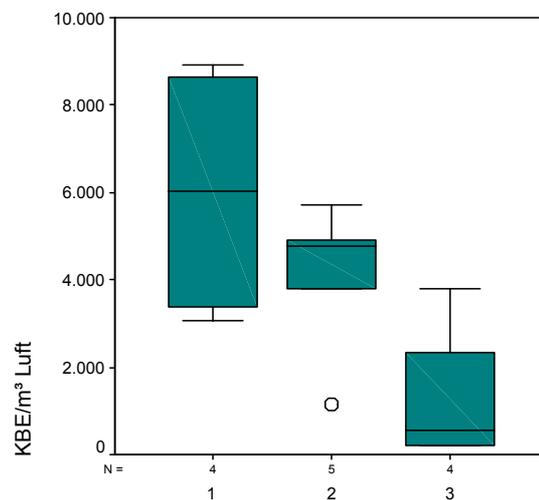


Abbildung 3-14: Verlauf der Schimmelpilzkonzentration im Tiefstreustall über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 2

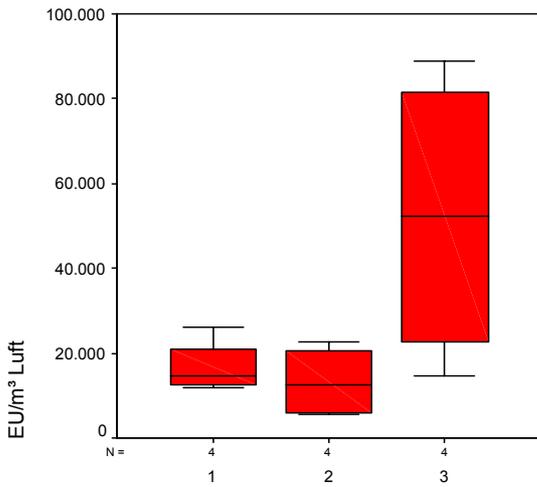


Abbildung 3-15: Verlauf der Endotoxin-konzentration im Tiefstreustall über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 3

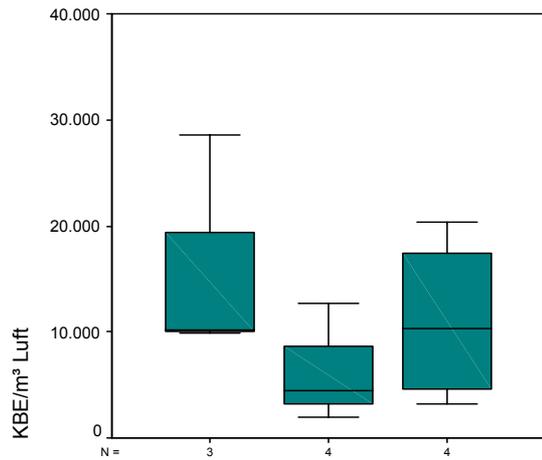


Abbildung 3-16: Verlauf der Schimmelpilz-konzentration im Tiefstreustall über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 3

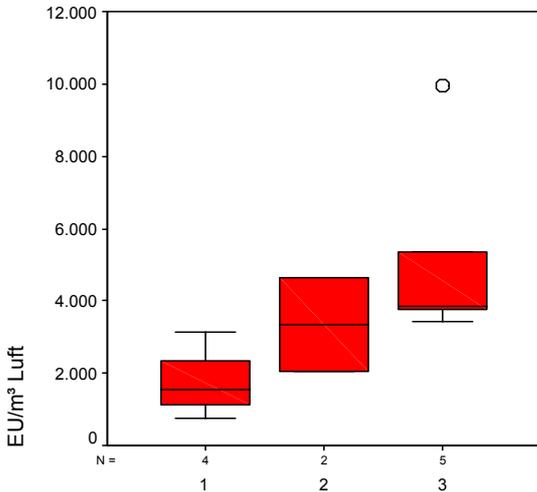


Abbildung 3-17: Verlauf der Endotoxin-konzentration im EU-ÖkoVO-Stall über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 2

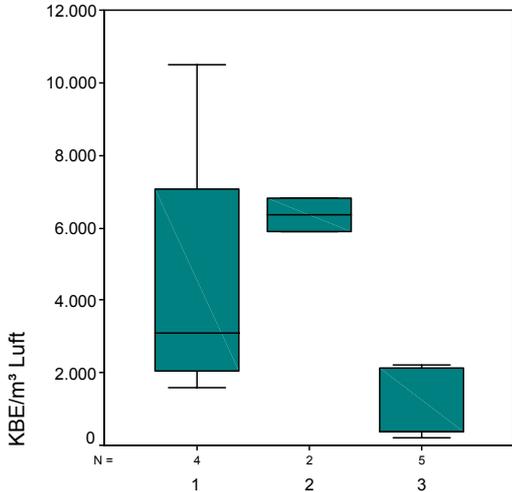


Abbildung 3-18: Verlauf der Schimmelpilz-konzentration im EU-ÖkoVO-Stall über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 2

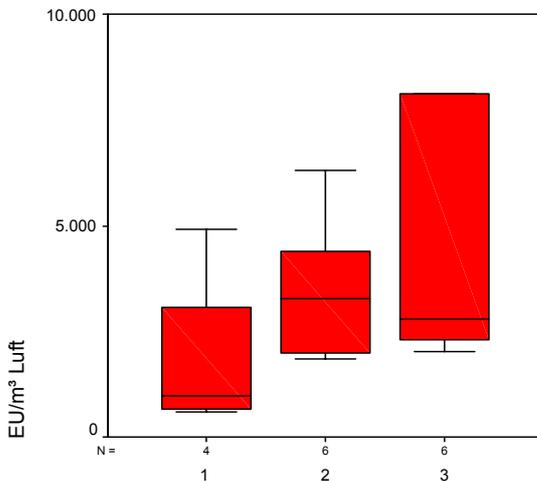


Abbildung 3-19: Verlauf der Endotoxin-konzentration im EU-ÖkoVO-Stall über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 3

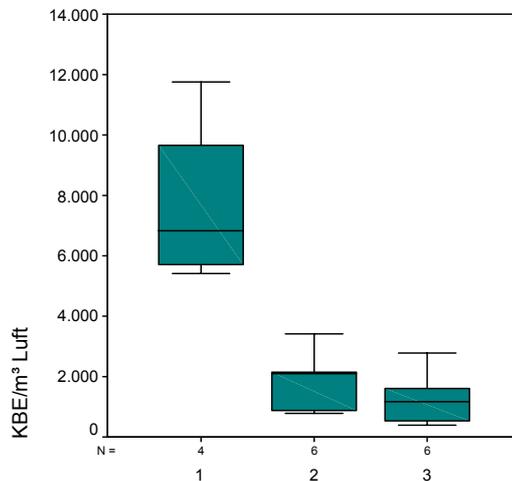


Abbildung 3-20: Verlauf der Schimmelpilzkonzentration im EU-ÖkoVO-Stall über die drei Messzeitpunkte in Mastdurchgang 3

3.1.1.3 Analyse von möglichen Einflussfaktoren

Neben dem Vergleich der Stallsysteme an sich war es von Interesse, mögliche Einflussfaktoren auf die Freisetzung von biologischen Arbeitsstoffen in den einzelnen Ställen zu differenzieren. Hierzu erfolgte die bi- und multivariate Analyse unabhängiger Variablen. Als solche wurden definiert: Stallinnentemperatur, Außentemperatur sowie – wo vorhanden – Angaben zur Besatzdichte (ermittelt über die Großvieheinheit) und Lüftungsrate. Die Analyse erfolgte ausschließlich in Blick auf Endotoxin- und Gesamtpilzkonzentrationen, da diese aufgrund der langen Messdauer am ehesten die Grundbelastung im Stall widerspiegeln. Die Konzentrationen wurden als logarithmisierte Messwerte analysiert.

3.1.1.3.1 Bivariate Modelle – konventionelle Ställe

In den konventionellen Ställen wurden folgende mögliche Einflussfaktoren untersucht:

- Stallinnentemperatur
- Außentemperatur
- Lüftungsrate
- Großvieheinheiten (GVE)³

Bei den Endotoxinen ergaben sich signifikante Unterschiede bei der Korrelation aller untersuchter Parameter (Tabelle 3-3). Negative Zusammenhänge fanden sich für Stall- und Außentemperatur sowie die Stallluftfrate, die Besatzdichte korrelierte positiv und deutlich schwächer (Abbildungen 3-21 bis 3-24)

		Stalltemperatur	Stallluftfrate	GVE/Bucht	Außentemperatur
Log (Endotoxin-konzentration)	Korrelation nach Pearson	-0,746	-0,391	0,272	-0,758
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,003	0,047	0,000
	N	54	54	54	54

Tabelle 3-3: Korrelation nach Pearson, Endotoxine im BVT-Stall

³ 1 GVE entspricht 500kg Lebendmasse

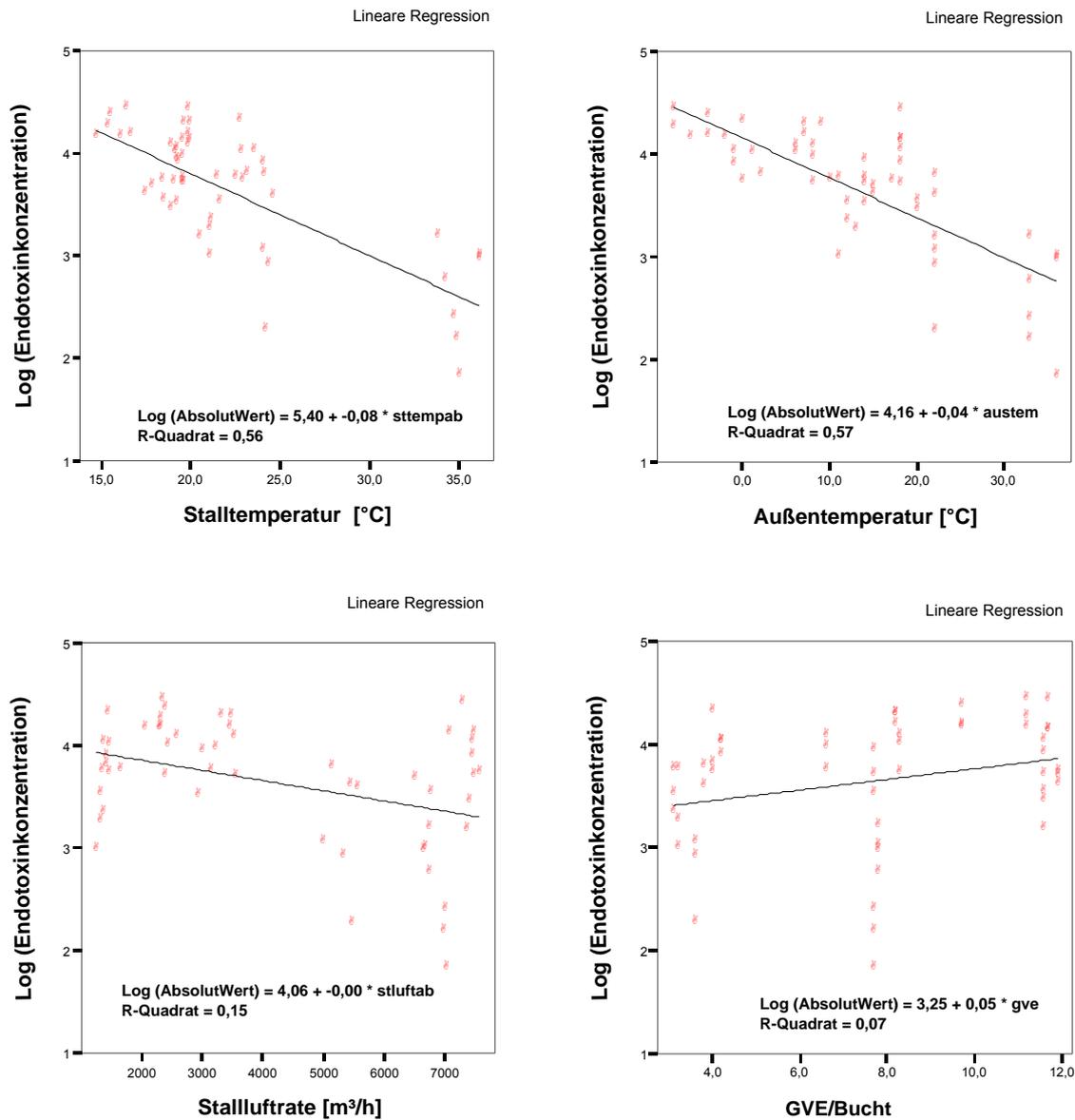


Abbildung 3-21 bis 3-24: Korrelation der Endotoxinkonzentration (log) in den BVT-Ställen mit Stalltemperatur, Außentemperatur, Stallluft rate und Besatzdichte (GVE/Bucht)

Für die Schimmelpilze ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge bei Analyse der genannten Parameter (Tabelle 3-4)

		Stalltemperatur	Stallluft rate	GVE/ Bucht	Außentemperatur
Log (Schimmelpilzkonzentration)	Korrelation nach Pearson	-0,171	0,026	0,225	-0,072
	Signifikanz (2-seitig)	0,220	0,853	0,105	0,610
	N	53	53	53	53

Tabelle 3-4: Korrelation nach Pearson, Schimmelpilze, BVT-Ställe

3.1.1.3.2 Bivariate Modelle – Tiefstreustall

Im Tiefstreustall wurden die Einflussfaktoren

- Stallinnentemperatur
- Außentemperatur

untersucht.

Hier fanden sich weder für Endotoxin-, noch für Schimmelpilzkonzentrationen signifikante Zusammenhänge (Tabelle 3-5, Tabelle 3-6).

		Stalltemperatur	Außentemperatur
Log (Endotoxinkonzentration)	Korrelation nach Pearson	0,250	0,218
	Signifikanz (2-seitig)	0,229	0,295
	N	25	25

Tabelle 3-5: Korrelation nach Pearson, Endotoxine, Tiefstreustall

		Stalltemperatur	Außentemperatur
Log (Schimmelpilzkonzentration)	Korrelation nach Pearson	0,086	0,002
	Signifikanz (2-seitig)	0,688	0,992
	N	24	24

Tabelle 3-6: Korrelation nach Pearson, Schimmelpilze, Tiefstreustall

3.1.1.3.3 Bivariate Modelle – EU-ÖkoVO-Stall

Im EU-ÖkoVO-Stall wurden ebenfalls die Einflussfaktoren

- Stallinnentemperatur
- Außentemperatur

untersucht.

Auch hier ließen sich keine signifikanten Zusammenhänge beschreiben (Tabelle 3-7, Tabelle 3-8)

		Stalltemperatur	Außentemperatur
Log (Endotoxinkonzentration)	Korrelation nach Pearson	0,209	0,201
	Signifikanz (2-seitig)	0,294	0,315
	N	27	27

Tabelle 3-7: Korrelation nach Pearson, Endotoxine, EU-ÖkoVO-Stall

		Stalltemperatur	Außentemperatur
Log (Schimmelpilzkonzentration)	Korrelation nach Pearson	-0,271	-0,285
	Signifikanz (2-seitig)	0,172	0,149
	N	27	27

Tabelle 3-8: Korrelation nach Pearson, Schimmelpilze, EU-ÖkoVO-Stall

3.1.1.3.4 Multivariates Modell

Die multivariate Modellbildung hatte das Ziel, den Einfluss aller in den bivariaten Analysen betrachteten Faktoren im Zusammenspiel zu betrachten. Alle Prädiktoren, deren möglicher Einfluss im bivariaten Modell mit einem Wert von $p < 0,2$ errechnet wurde, wurden in das multivariate Modell eingeschlossen.

Einzig für die Endotoxinkonzentration in den BVT-Ställen war die Voraussetzung von mindestens zwei Prädiktoren mit $p < 0,2$ erfüllt. In das lineare Modell wurden die beiden Faktoren Außentemperatur und Lüftungsrate als unabhängige Prädiktoren eingeschlossen. Aus dem Modell ausgeschlossen wurden die Faktoren Stalltemperatur und GVE/Bucht. Die Kenngrößen des Modells lauten $R^2 = 0,661$, $p < 0,001$ ($F = 49,623$, $df = 2$). Die Koeffizienten finden sich in Anhang A2, Tabelle A2-3.

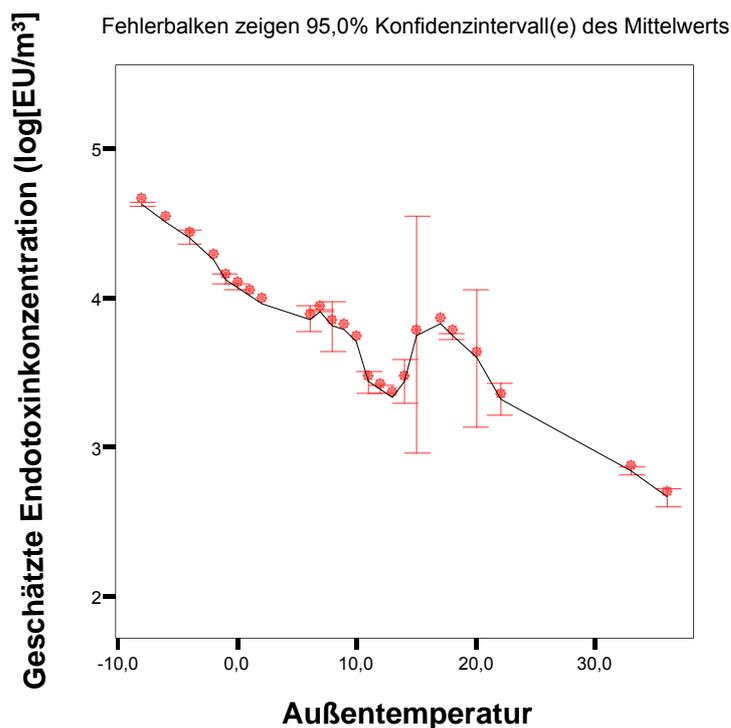


Abbildung 3-25: Geschätzte Endotoxinkonzentration in Abhängigkeit von der Außentemperatur (multivariates Modell, eingeschlossen: Außentemperatur und Stalllüftrate)

Bei Betrachtung der einzelnen Mastdurchgänge veränderten sich die Ergebnisse sowohl der bi- als auch multivariaten Analysen dahingehend, dass für die erste Mastdurchgang (kalte Jahreszeit) die Besatzdichte als bester Prädiktor für die Endotoxinkonzentration resultierte ($R^2 = 0,828$, $p < 0,001$, $F = 34,81$, $df = 1$). Im zweiten Mastdurch-

gang wurde allein die Außentemperatur ($R^2=0,681$, $p<0,01$, $F=13,81$, $df=1$) bzw. im dritten Durchgang die Stalltemperatur als Prädiktor in das multivariate Modell eingeschlossen ($R^2=0,763$, $p<0,001$, $F=22,25$, $df=1$) eingeschlossen. Die Koeffizienten der jeweiligen Modelle sind im Anhang A2 (Tabellen A2-4 bis A2-6) zusammengestellt.

3.1.1.4 Vergleich personengetragener Messungen

Der Vergleich der verschiedenen personengetragenen ermittelten Mikroorganismenkonzentrationen ergab erhebliche Unterschiede zwischen den Stallsystemen (Abbildungen 3-26 bis 3-32). Dies beruhte zum einen auf dem Unterschied der im Stall durchgeführten Tätigkeiten an sich, zum anderen auf der Intensität der Tätigkeiten. Die beprobten Tätigkeiten sind in Tabelle 3-9 aufgeführt.

Stallsystem	Tätigkeit
BVT-Ställe	Kontrollgang Ausstallen
Tiefstreustall	Einstreuen Füttern Ausmisten Ausmisten Schweine duschen
EU-ÖkoVO-Stall	Einstreuen Ausmisten Ausmisten Fegen

Tabelle 3-9: Beprobte Tätigkeiten in den Stallsystemen

Während der Einstreuvorgang im Tiefstreustall jeweils nicht länger als fünf Minuten in Anspruch nahm und die Strohlagerung in einem Vorraum des Stalles stattfand, dauerte der Einstreuvorgang im EU-ÖkoVO-Stall 20 bis 30 Minuten. Dabei wurde das über den Buchten gelagerte Stroh von oben in die Buchten geworfen, der Landwirt befand sich also dauerhaft an der Expositionsquelle. Dies bildete sich insbesondere in den hohen Schimmelpilzkonzentrationen ab (Abbildung 3-26 und 3-27).

Die im Vergleich zu den ökologischen Ställen durchweg niedrigeren Luftkonzentrationen bei den personengetragenen Messungen in den BVT-Ställen waren in erster Linie darauf zurückzuführen, dass stark Bioaerosol emittierende Tätigkeiten wie Einstreuen (Stall C und D) oder manuelles Futter Nachfüllen (Stall C) in Verbindung mit stärker schwankenden Luftwechselraten nicht anfielen. Zudem wurde das wö-

chentliche Befüllen der Beschäftigungsautomaten in den Stallsystemen A und B messtechnisch nicht abgebildet.

Die Darstellung der Boxplots mit allen Ausreißern findet sich in Anhang A2, Abbildung A2-2. Mediane und Mittelwerte sowie Mittelwertsvergleiche der Messungen finden sich in Anhang, Tabellen A2-7 und A2-8.

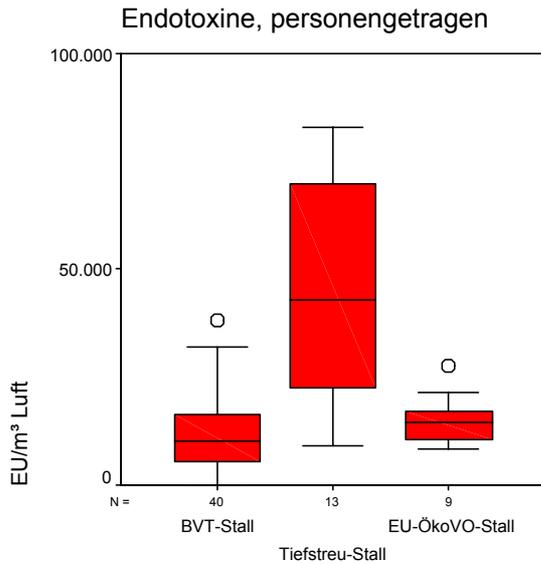


Abbildung 3-26: Endotoxinkonzentrationen, PGP-personengetragen in den Stallsystemen

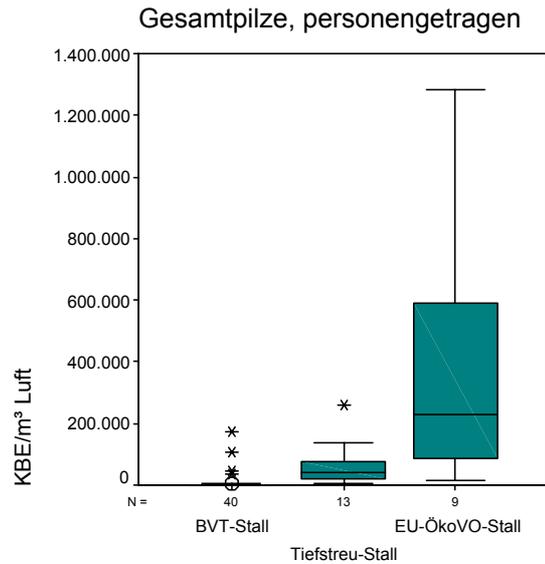


Abbildung 3-27: Gesamtschimmelpilzkonzentrationen, PGP-personengetragen in den Stallsystemen

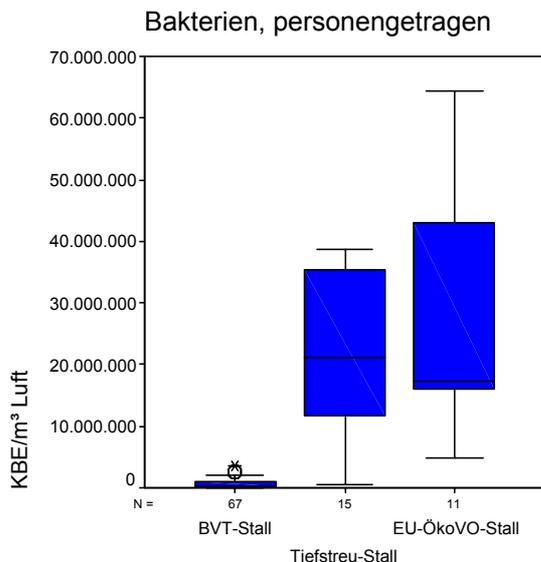


Abbildung 3-28: Gesamtbakterienkonzentrationen, PGP-personengetragen in den Stallsystemen

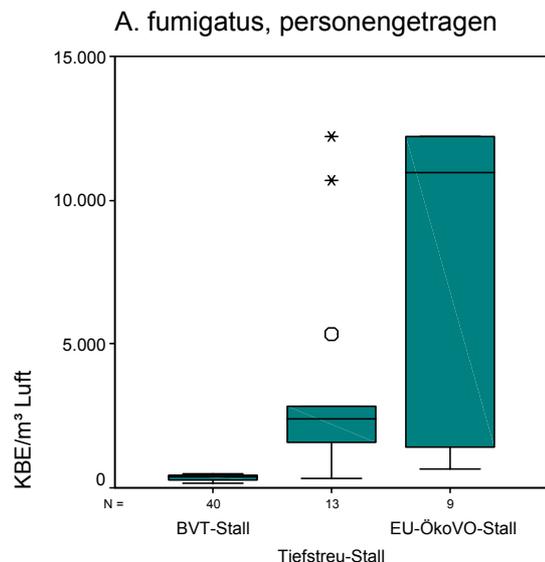


Abbildung 3-29: A. fumigatus-Konzentrationen, PGP-personengetragen in den Stallsystemen

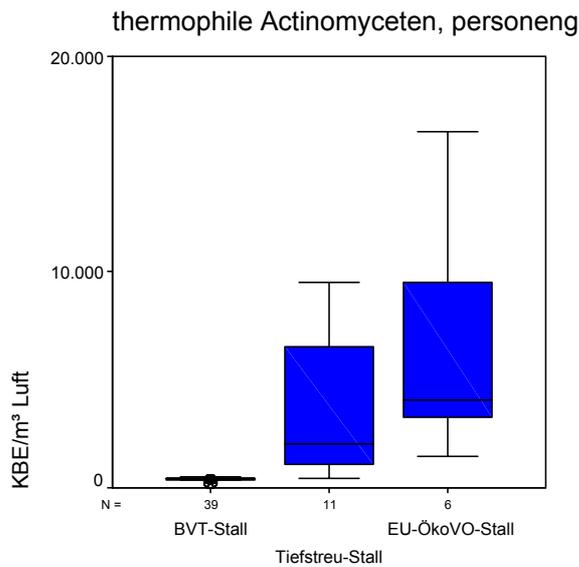


Abbildung 3-30: th. Actinomyceten-Konzentration, PGP-personengetragen in den Stallsystemen

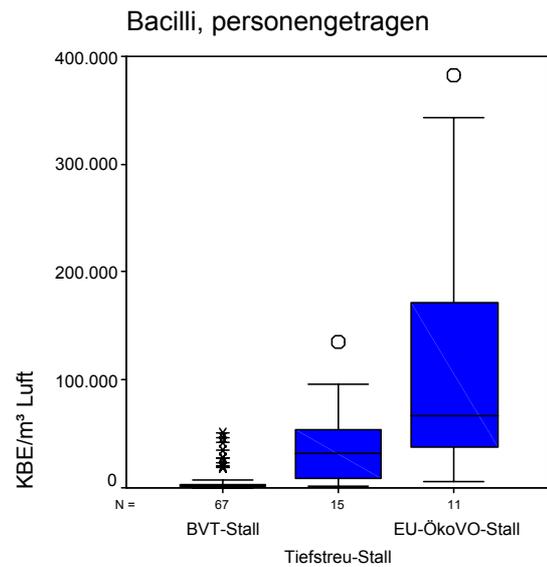


Abbildung 3-31: Bacillikonzentrationen, PGP-personengetragen in den Stallsystemen

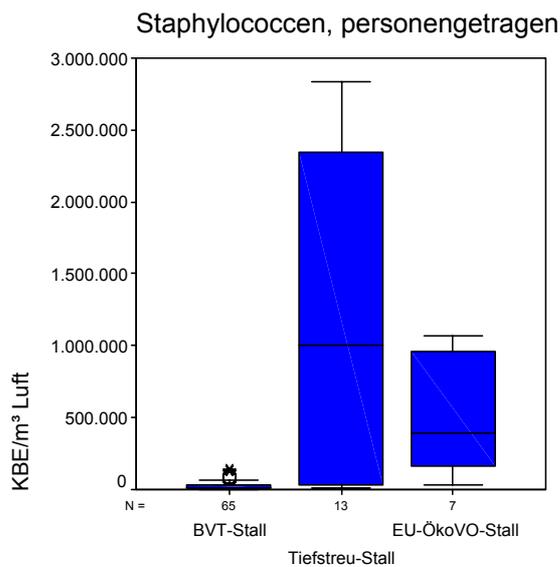


Abbildung 3-32: Staphylokokkenkonzentration, PGP-personengetragen in den Stallsystemen

Die geschilderten Zusammenhänge wurden noch deutlicher, wenn die personengetragen erfassten Bioaerosolkonzentrationen mit den stationär gewonnenen Messwerten in den einzelnen Ställen verglichen wurden.

Vergleich luftgetragener biologischer Arbeitsstoffe stationär – personengetragen in den Stallsysteme

Am Beispiel der Endotoxinkonzentration wurde hierbei deutlich, dass das bereits sehr hohe Expositionsniveau im Tiefstreu-Stall noch um ein Vielfaches überschritten wurde. Dagegen erhöhte sich die Exposition im konventionellen Stall nur geringfügig. Eine deutliche Zunahme der im Vergleich der Ställe als niedrig einzustufenden niedrigen Endotoxinkonzentration fand sich im EU-Öko-VO-Stall (Abbildung 3-33). Im Hinblick auf die Schimmelpilzkonzentrationen bildeten sich die geschilderten Unterschiede noch weitaus deutlicher ab (Abbildungen 3-34 bis 3-36). Die Darstellung der Boxplots mit allen Ausreißern findet sich in Anhang, Abbildung A2-3.

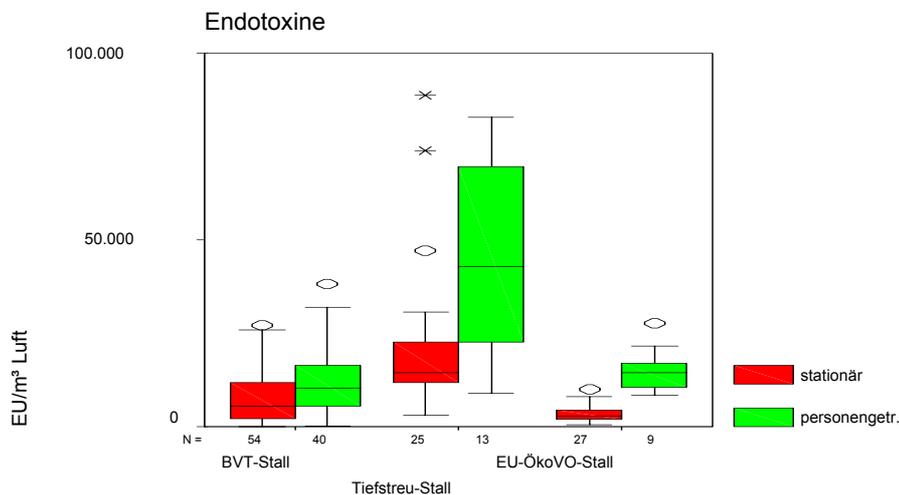


Abbildung 3-33: Endotoxinkonzentrationen; Vergleich der personengetragenen und der stationären Messungen in den Stallsystemen

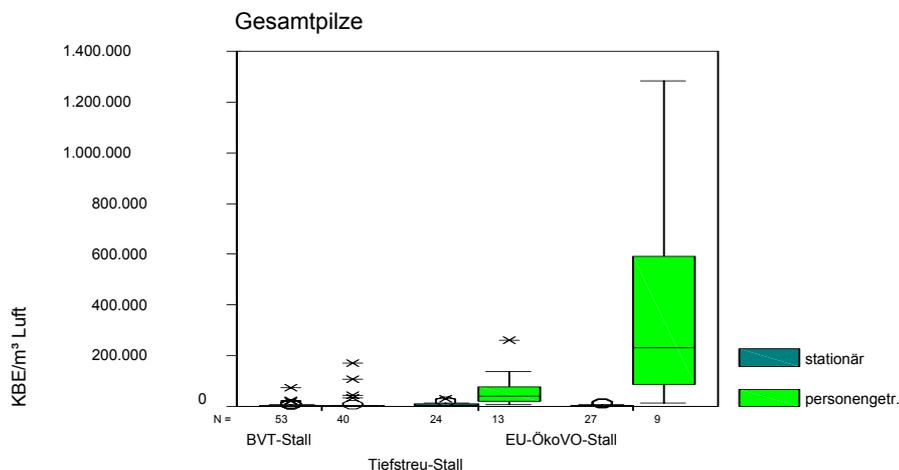


Abbildung 3-34: Gesamtschimmelpilzkonzentrationen; Vergleich der personengetragenen und der stationären Messungen in den Stallsystemen

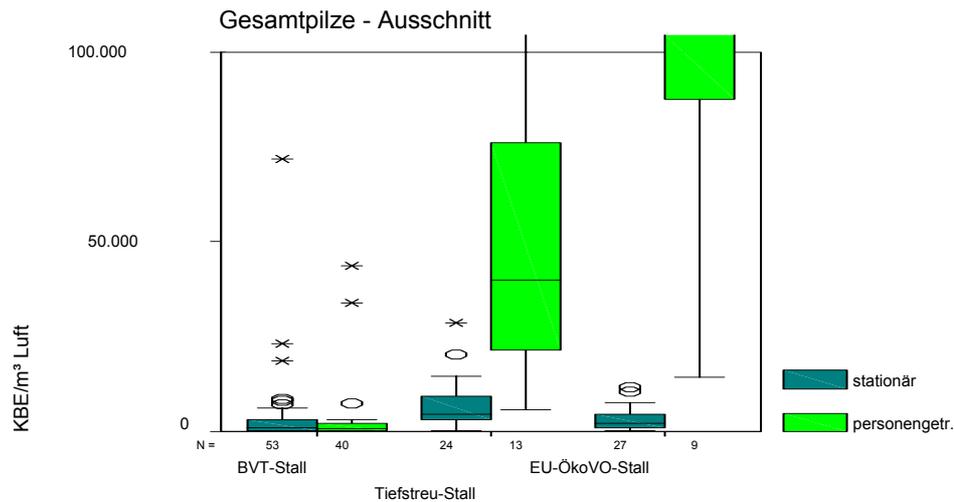


Abbildung 3-35: Gesamtschimmelpilzkonzentrationen; Vergleich der personengetragenen und der stationären Messungen in den Stallssystemen (Ausschnitt)

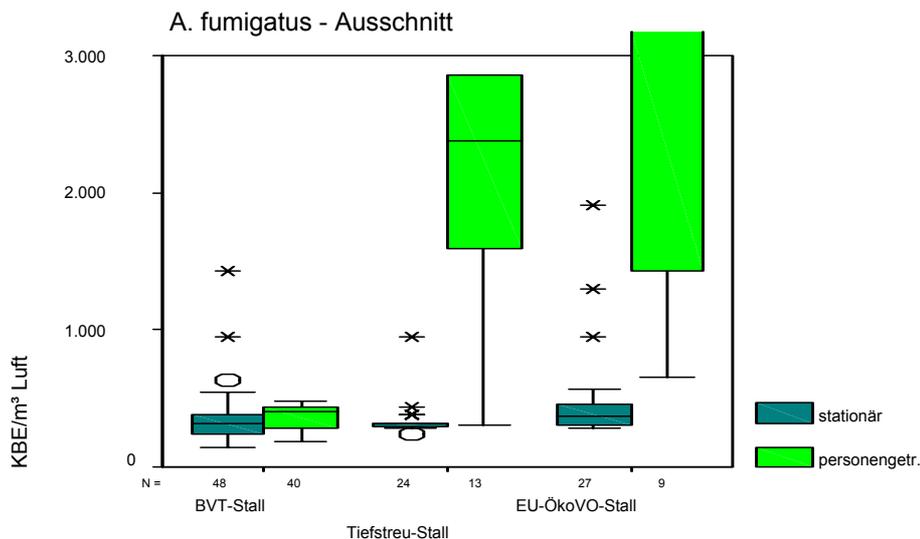


Abbildung 3-36: A. fumigatuskonzentrationen: Vergleich der personengetragenen und der stationären Messungen in den Stallssystemen (Ausschnitt)

3.1.1.5 Vergleich der BVT-Ställe

Die beiden verschiedenen Fütterungssysteme in den untersuchten konventionellen Ställen führten zu keinem Unterschied im Hinblick auf die Konzentration von Bioaerosolen. Dies sei beispielhaft anhand der stationären Endotoxin- und Schimmelpilzmessungen gezeigt (Abbildung 3-37), gilt jedoch entsprechend für die stationären Messungen der anderen Mikroorganismen sowie die personengetragenen Untersuchungen (Anhang, Abbildungen A2-5).

Die Darstellung der Boxplots mit allen Ausreißern findet sich in Anhang, Abbildung A2-4. Mediane und Mittelwerte sowie Mittelwertsvergleiche der Messungen finden sich in Anhang, Tabellen A2-9 und A2-10.

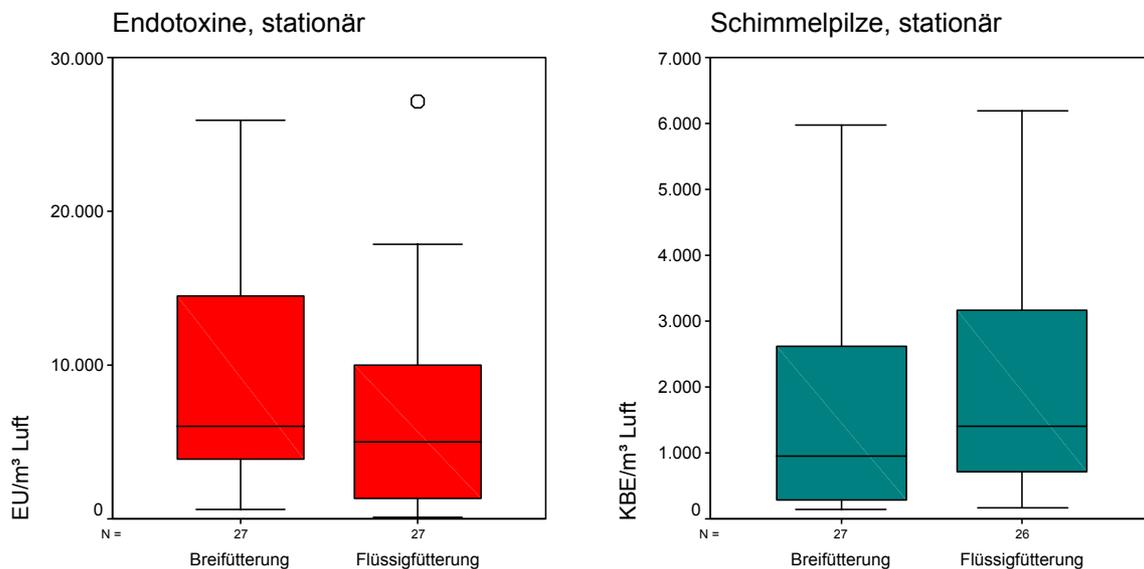


Abbildung 3-37: Vergleich der stationären Messungen der BVT-Ställe; Endotoxine, Gesamtschimmelpilze

3.1.2 Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – Impaktor

Insgesamt wurden 452 Differenzierungen aus 360 Impaktorproben durchgeführt. Die Verteilung der Differenzierungen auf die Stallsysteme wird in Tabelle 3-10 wiedergegeben.

Die Darstellung der Boxplots mit allen Ausreißern findet sich in Anhang, Abbildung A2-5.

Differenzierung			Fütterungsart			Gesamt
			Breifütterung	Flüssigfütterung	Trockenfütterung	
Coliforme	Stallsystem	BVT-Stall	22	24		46
		Tiefstreu-Stall			24	24
		EU-ÖkoVO-Stall	22			22
	Gesamt	44	24	24	92	
E. Coli	Stallsystem	BVT-Stall	22	24		46
		Tiefstreu-Stall			24	24
		EU-ÖkoVO-Stall	22			22
	Gesamt	44	24	24	92	
Enterobakterien	Stallsystem	BVT-Stall	22	24		46
		Tiefstreu-Stall			24	24
		EU-ÖkoVO-Stall	22			22
	Gesamt	44	24	24	92	
Pseudomonas	Stallsystem	BVT-Stall	22	22		44
		Tiefstreu-Stall			24	24
		EU-ÖkoVO-Stall	19			19
	Gesamt	41	22	24	87	
Staphylococcen	Stallsystem	BVT-Stall	22	23		45
		Tiefstreu-Stall			24	24
		EU-ÖkoVO-Stall	20			20
	Gesamt	42	23	24	89	

Tabelle 3-10: Zahl der differenzierten Impaktorproben nach Stallsystemen

Bei der Konzentration luftgetragener Coliformer Keime fand sich kein wesentlicher Unterschied zwischen den Stallsystemen (Abbildung 3-38). Die Werte in den BVT-Ställen streuten stärker als in den ökologischen Ställen. Der Median der Messwerte im EU-ÖkoVO-Stall lag unterhalb der 25%-Percentilwerte der anderen Ställe, es gab in diesem Stall aber einen hohen Ausreißer (über 50.000 KBE/m³ Luft, siehe Anhang, Abbildungen A2-6).

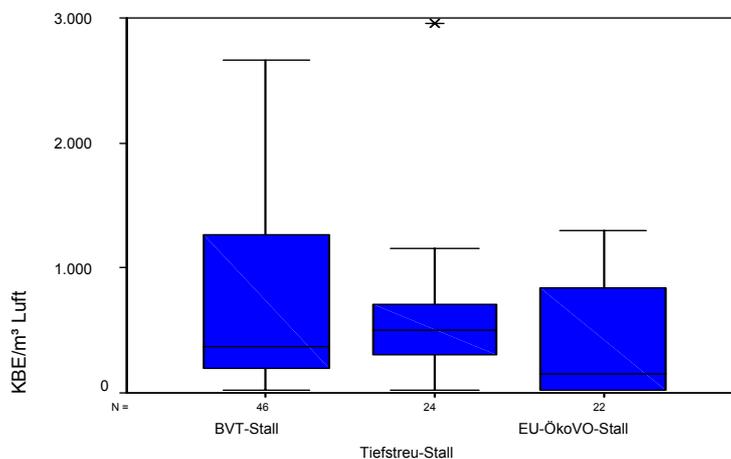


Abbildung 3-38: Impaktorproben, Coliforme Keime

Die Konzentrationen von *E. coli* lagen für die BVT-Ställe und den EU-ÖkoVO-Stall unter der unteren Nachweisgrenze (0 – 20 KBE/m³ Luft). Im Tiefstreustall lagen die Werte mit einem Median von 230 KBE/m³ Luft wesentlich höher (Abbildung 3-39).

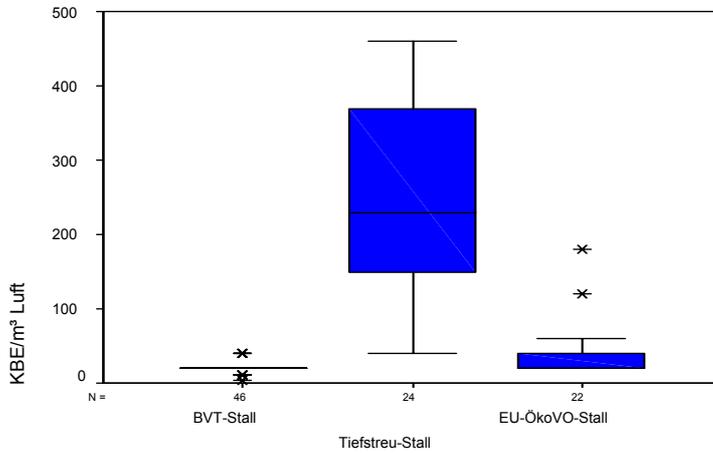


Abbildung 3-39: Impaktorproben, E. coli

Auch bei den Impaktorproben der Enterobakterien fanden sich im Tiefstreustall die höchsten Werte (Median bei 100 KBE/m³ Luft). Abgesehen von einigen Ausreißern lagen die meisten Werte bei den BVT-Ställen und dem EU-ÖkoVO-Stall unter der unteren Nachweisgrenze (Abbildung 3-40).

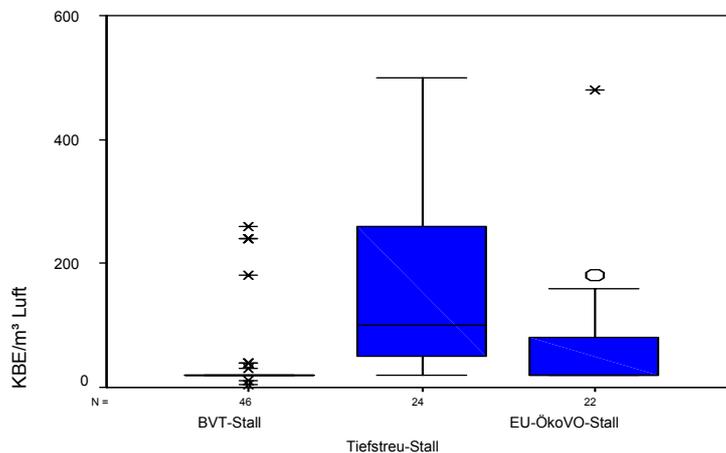


Abbildung 3-40: Impaktorproben, Enterobakterien

Die Impaktorproben zum Nachweis von Pseudomonaden ergaben bis auf einen Ausreißer beim EU-ÖkoVO-Stall in allen Stallsystemen keine Werte über der unteren Nachweisgrenze (Abbildung 3-41).

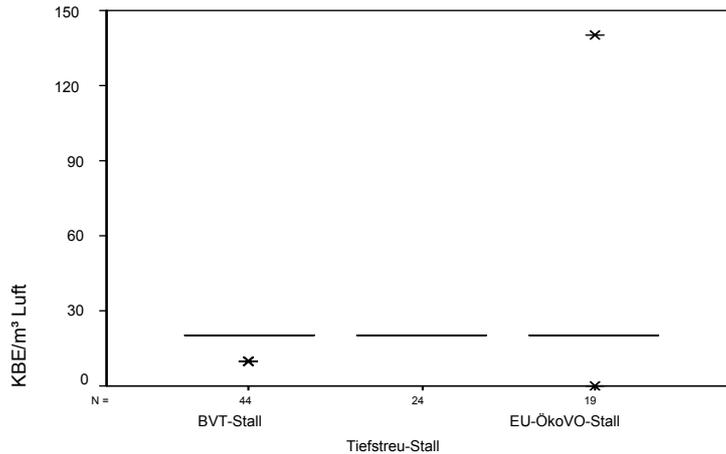


Abbildung 3-41: Impaktorproben, Pseudomonas

Bei der Erfassung luftgetragener Staphylokokken mit dem Impaktor lag die obere Nachweisgrenze bei 50.000 KBE/m³ Stallluft. Abgesehen von wenigen Ausreißern lagen alle Messwerte in den ökologischen Ställen in diesem Bereich. Auch die Mehrheit der Messwerte in den BVT-Ställen waren entsprechend hoch, die Werte streuten aber mehr nach unten (Abbildung 3-42).

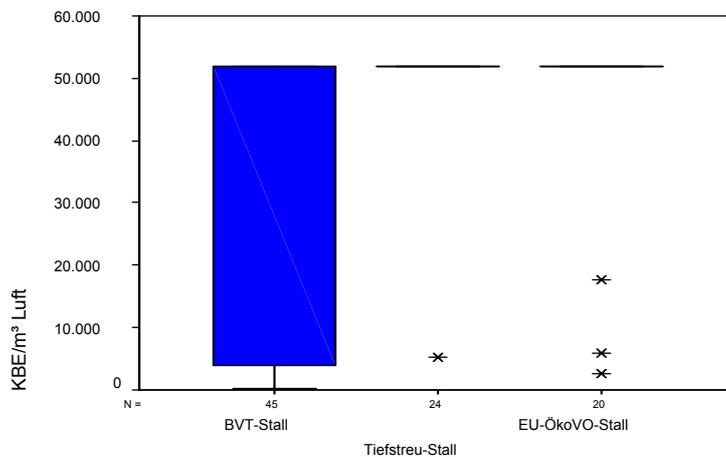


Abbildung 3-42: Impaktorproben, Staphylokokken

Zusammenfassend lässt sich für die Impaktorproben festhalten, dass im Tiefstreustall vergleichsweise hohe Werte an luftgetragenen E. coli und Enterobakterien gefunden wurden. In allen Stallsystemen waren die Luftkonzentrationen coliformer Keime und luftgetragener Staphylococci hoch bis sehr hoch.

3.1.3 Materialproben

Um Aussagen über die Herkunft der luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffe machen zu können, wurden Stroh- und Futtermittelproben auf ihre Mikroorganismenkonzentrationen untersucht. Die Darstellung der Materialproben mit allen Ausreißern findet sich in Anhang, Abbildungen A2-6 bis 2.8.

3.1.3.1 Stroh

Die Untersuchung der Strohproben auf Mikroorganismenkonzentrationen ergab bei sehr großer Streuung der Werte wesentlich höhere Konzentrationen des im BVT-Stall als Beschäftigungsmaterial genutzten Strohs bei den Gesamtbakterien (Abbildungen 3-43, 3-44) und bei den Pseudomonaden (Abbildungen 3-45 bis 3-47) als bei den Einstreu-Strohproben aus dem Tiefstreu- und EU-ÖkoVO-Stall. Die Proben der ökologischen Ställe dagegen waren für alle Mikroorganismen sehr ähnlich bei einer allerdings zumeist größeren Streuung beim EU-ÖkoVO-Stall.

Grundsätzlich fanden sich mit Ausnahme der Bacilli- und *A. fumigatus*-Konzentrationen für alle Stallsysteme und der *Pseudomonas aeruginosa*-Konzentration in den ökologischen Ställen (Mediane für alle um 100 KBE/m³ Luft) hohe bis sehr hohe Konzentrationen der jeweiligen Mikroorganismen in den Strohproben (Abbildungen 3-43 bis 3-55).

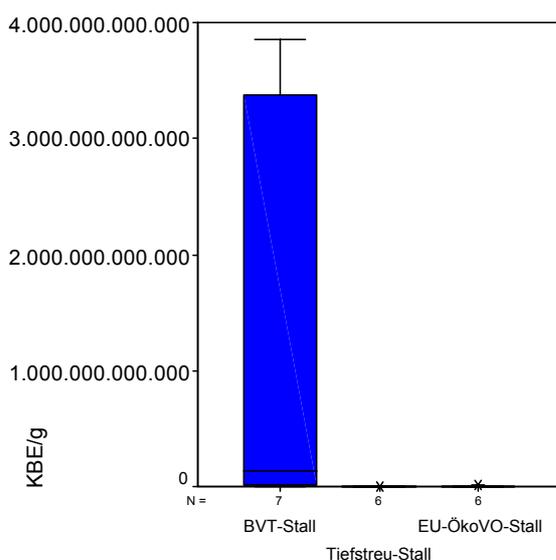


Abbildung 3-43: Stroh, Gesamtbakterien

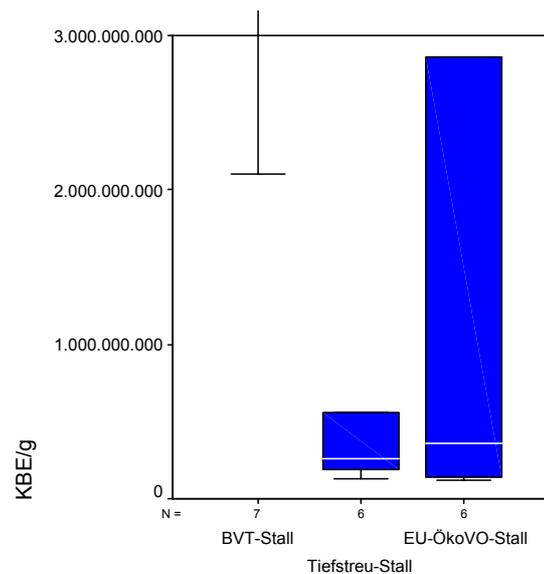


Abbildung 3-44: Stroh, Gesamtbakterien - Ausschnitt

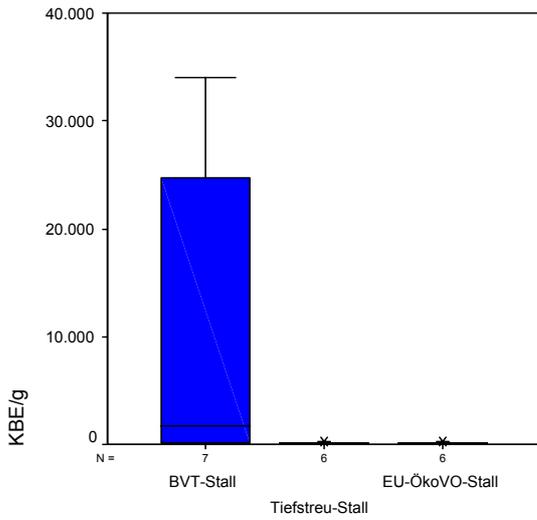


Abbildung 3-45: Stroh, *Pseudomonas aeruginosa*

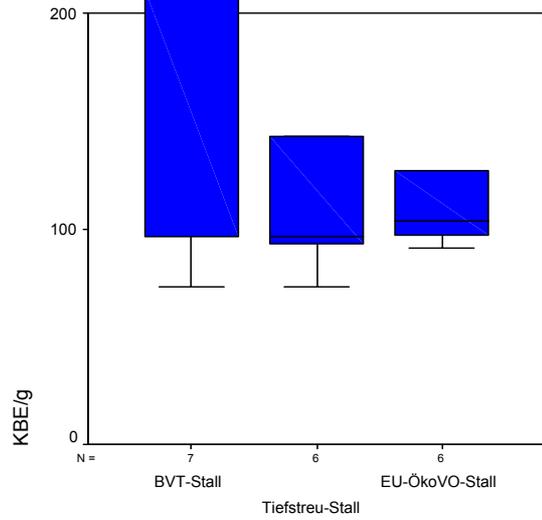


Abbildung 3-46: Stroh, *Pseudomonas aeruginosa* - Ausschnitt

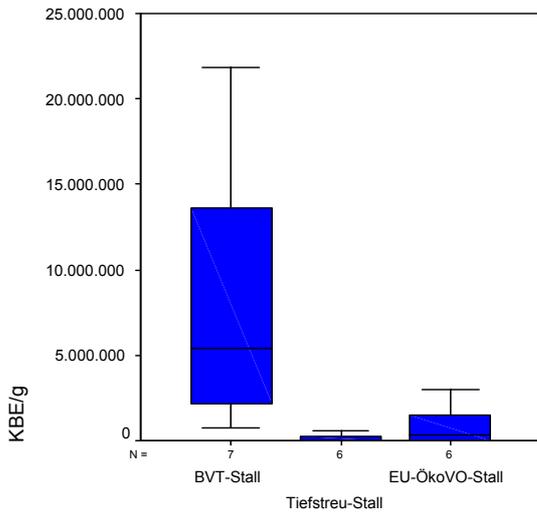


Abbildung 3-47: Stroh, *Pseudomonas*

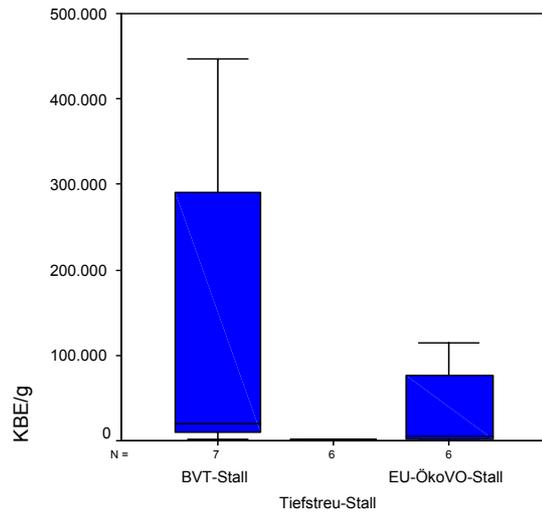


Abbildung 3-48: Stroh, Bacilli

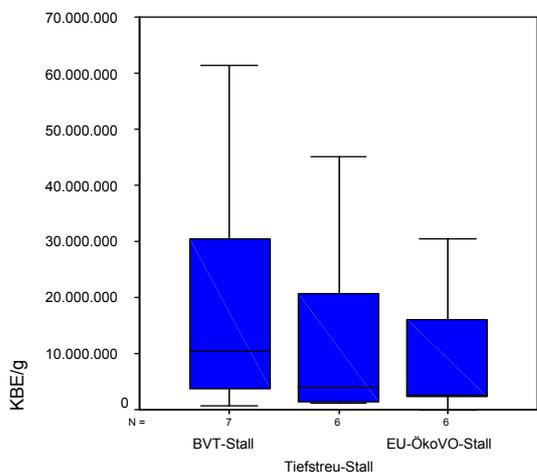


Abbildung 3-49: Stroh, Coliforme

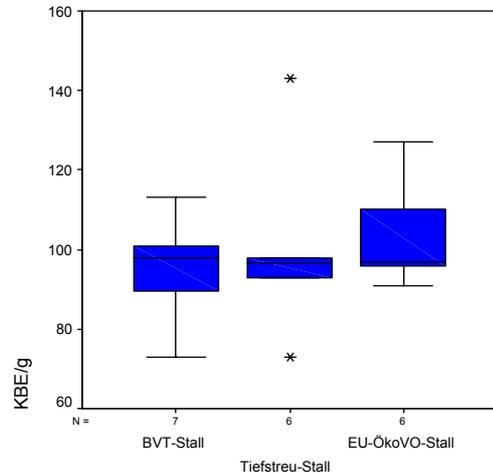


Abbildung 3-50: Stroh, *E. coli*

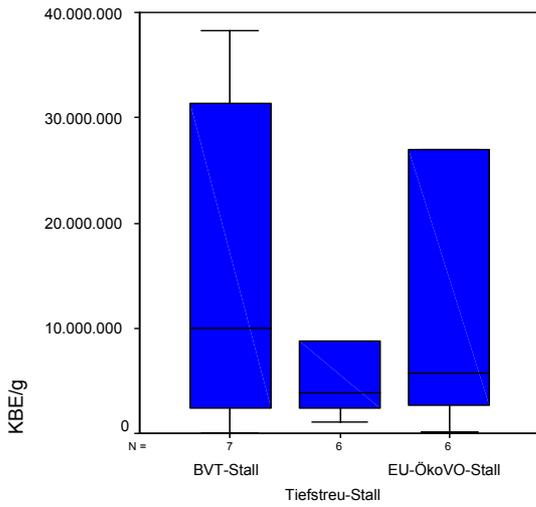


Abbildung 3-51: Stroh, Enterobacterien

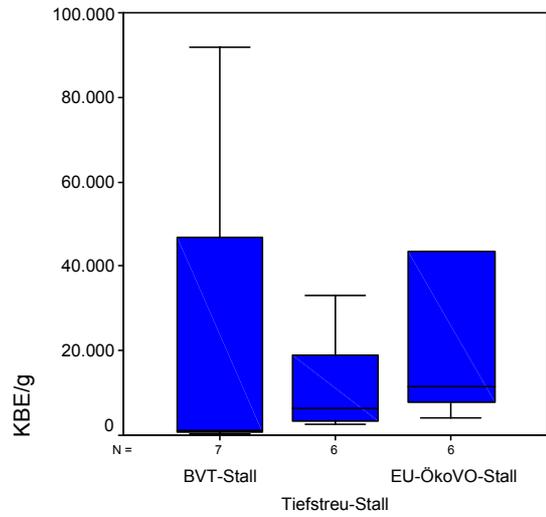


Abbildung 3-52: Stroh, Staphylokokken

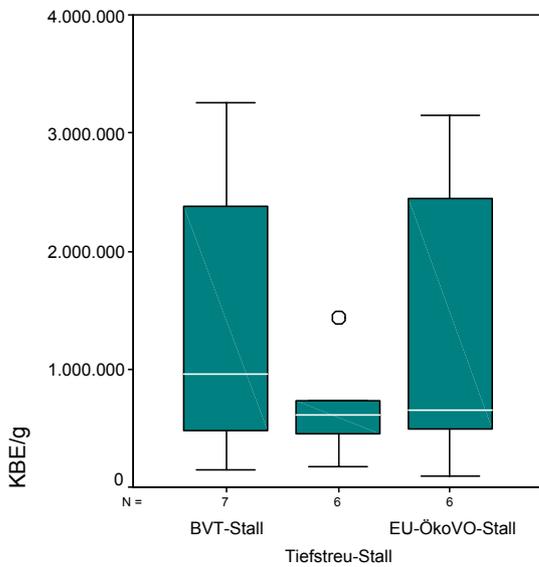


Abbildung 3-53: Stroh, Gesamtschimmelpilze

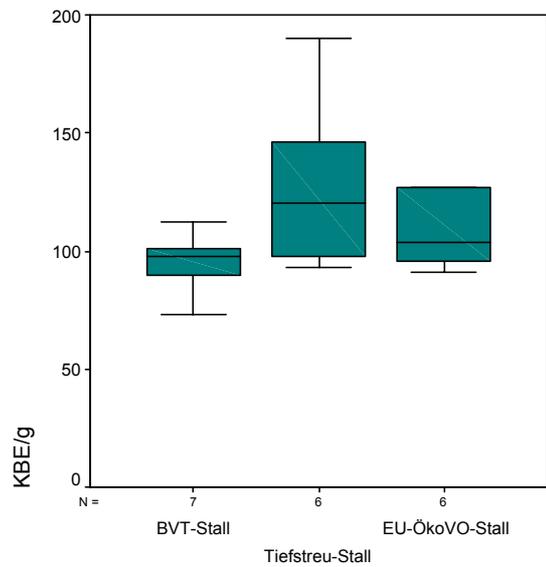


Abbildung 3-54: Stroh, A. fumigatus

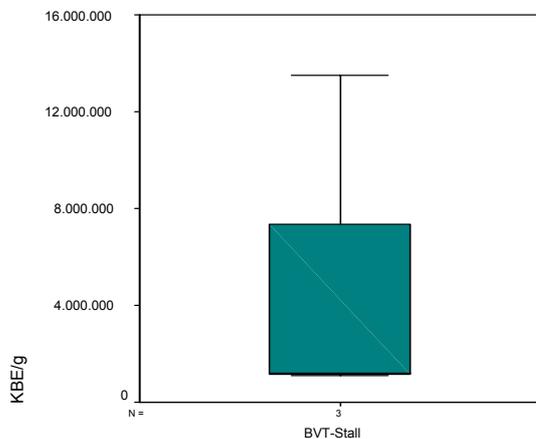


Abbildung 3-55: Stroh, Hefen

3.1.3.2 Futtermittel

Bei den Futtermittelproben wurde zwischen den Trockenfutterproben aus Stall A und Stall D (Breifütterung), Stall C (Trockenfütterung) und dem Flüssigfutter aus Stall B unterschieden.

Im Vergleich der Trockenfutter wies das Futter im BVT-Stall A für alle untersuchten Mikroorganismen mit Ausnahme von E.coli, coliforme und Enterobakterien bei zumeist sehr hoher Streuung die höchsten Konzentrationen auf. Die Futter in den ökologischen Ställen dagegen unterschieden sich zumeist nicht. Durchweg ließen sich hohe Konzentrationen von Gesamtbakterien, Pseudomonaden, Coliformen und Enterobakterien feststellen. Der BVT-Stall stach durch besonders hohe Werte bei den Gesamtbakterien, Bacilli, Staphylokokken und bei *A. fumigatus* heraus (Abbildungen 3-56 bis 3-78).

Im Vergleich des Flüssigfutters mit den Trockenfuttern fanden sich wesentlich geringere Keimlasten im Flüssigfutter. Die Konzentrationen an Gesamtbakterien, Pseudomonaden, Coliformen, Enterobakterien, Schimmelpilzen und Hefen lagen beim Flüssigfutter etwa um den Faktor 100 bis 100.000 unter den Konzentrationen im Trockenfutter pro Gramm. Die Konzentrationen an Bacilli, E.coli, Staphylokokken und *A. fumigatus* waren im Flüssig- und Trockenfutter ähnlich. Einzig der gewollt hohe Wert an Lactobacilli fiel auf (Abbildungen 3-56 bis 3-78).

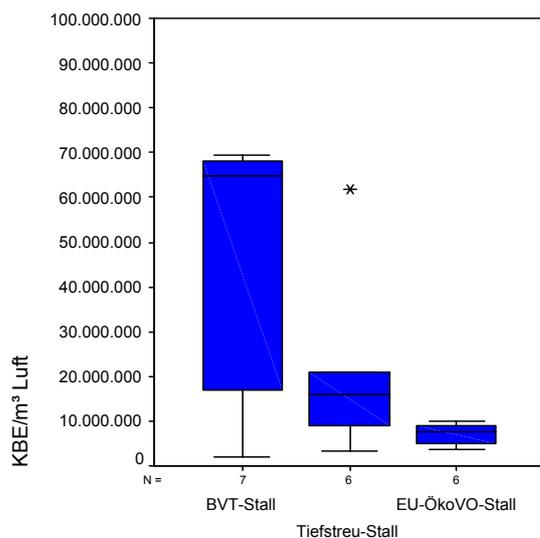


Abbildung 3-56: Trockenfutter, Gesamtbakterien

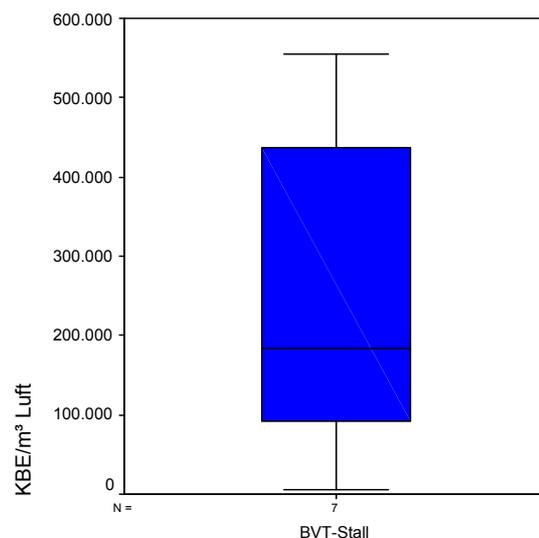


Abbildung 3-57: Flüssigfutter, Gesamtbakterien

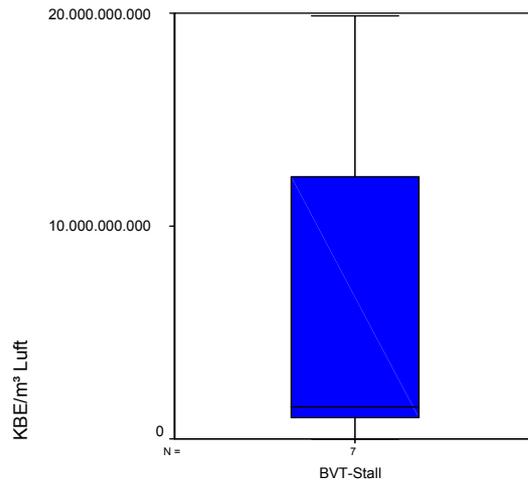


Abbildung 3-58: Flüssigfutter, Laktobacilli

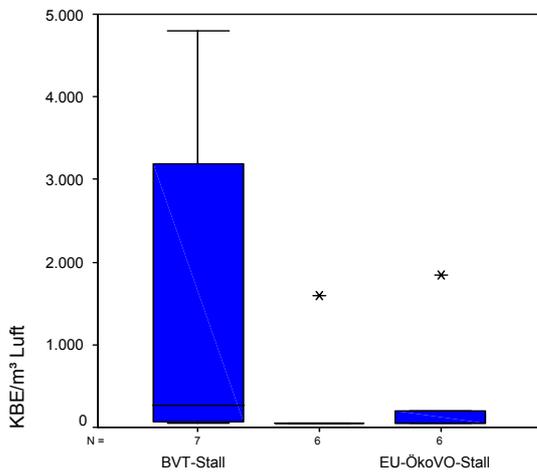


Abbildung 3-59: Trockenfutter, Pseudomonas aeruginosa

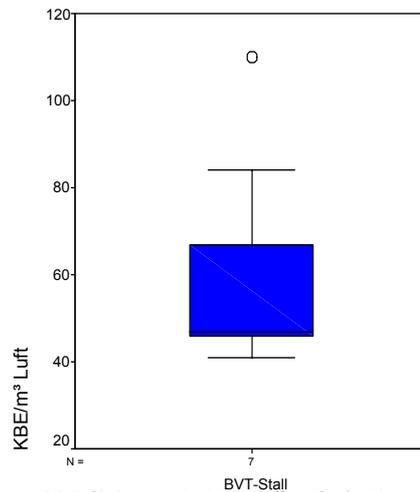


Abbildung 3-60: Flüssigfutter, Pseudomonas aeruginosa

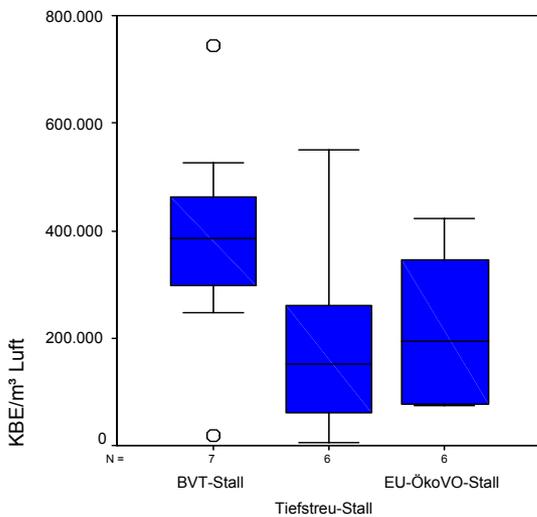


Abbildung 3-61: Trockenfutter, Pseudomonas

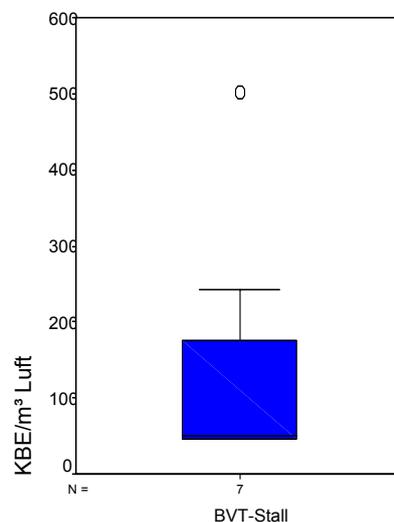


Abbildung 3-62: Flüssigfutter, Pseudomonas

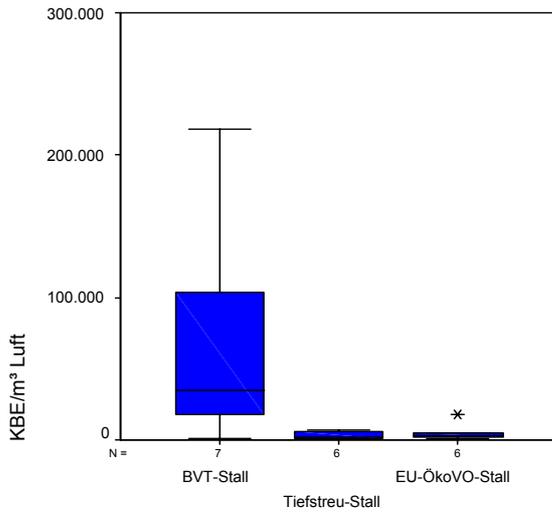


Abbildung 3-63: Trockenfutter, Bacilli

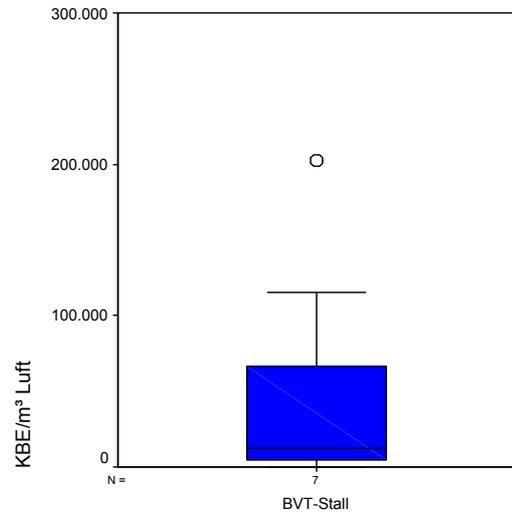


Abbildung 3-64: Flüssigfutter, Bacilli

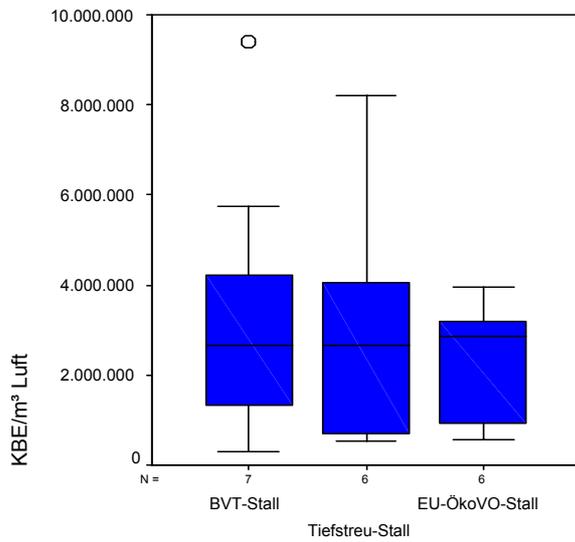


Abbildung 3-65: Trockenfutter, Coliforme

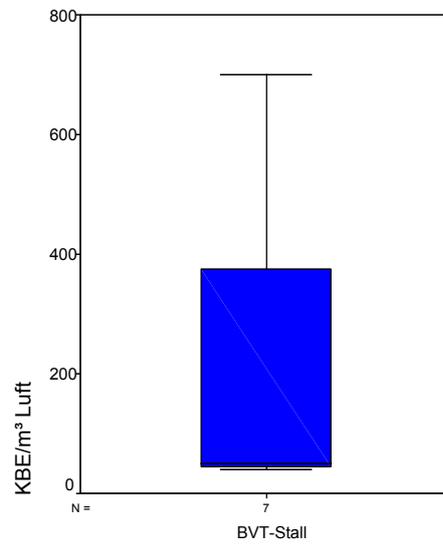


Abbildung 3-66: Flüssigfutter, Coliforme

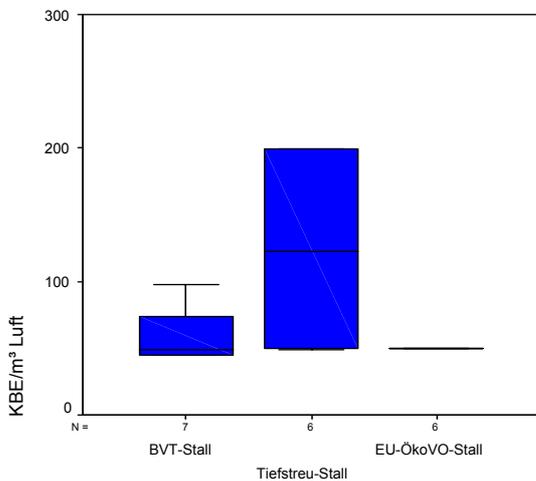


Abbildung 3-67: Trockenfutter, E. coli

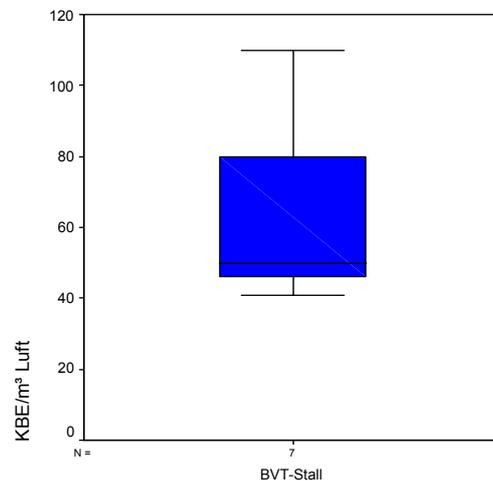


Abbildung 3-68: Flüssigfutter, E. coli

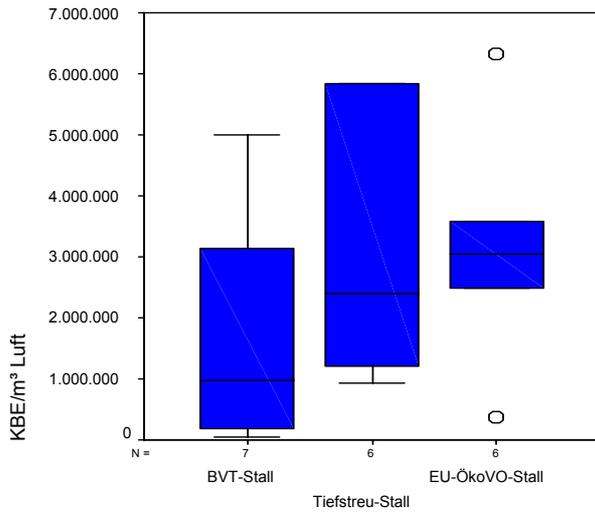


Abbildung 3-69: Trockenfutter, Enterobacterien

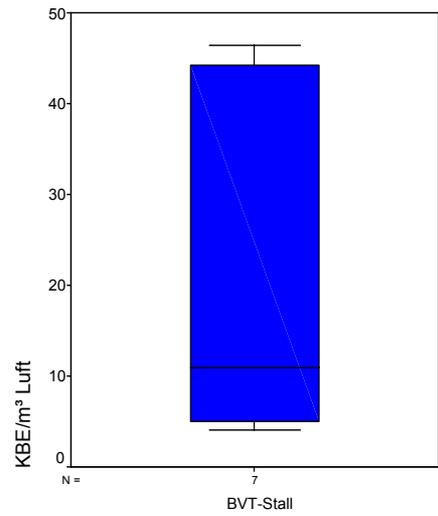


Abbildung 3-70: Flüssigfutter, Enterobacterien

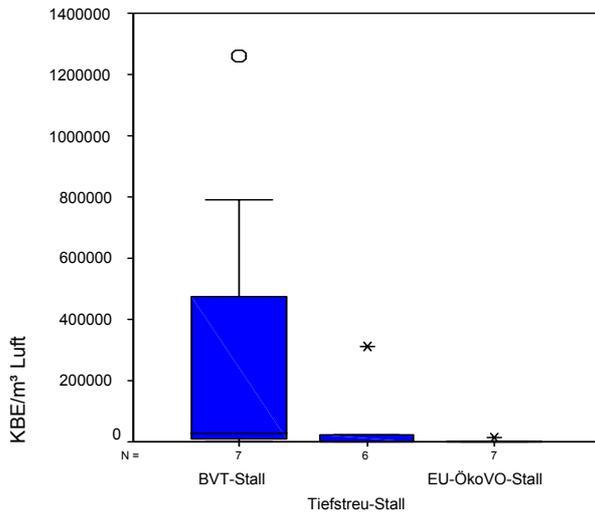


Abbildung 3-71: Trockenfutter, Staphylokokken

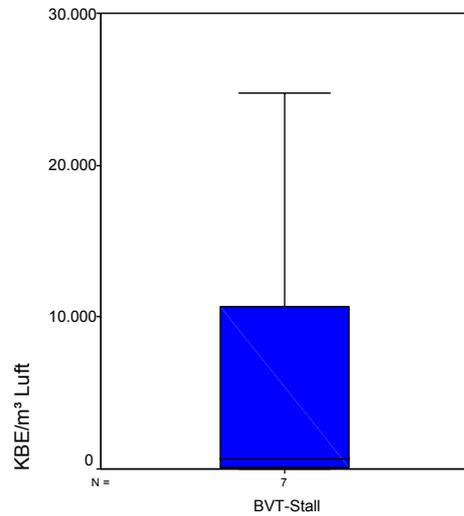


Abbildung 3-72: Flüssigfutter, Staphylokokken

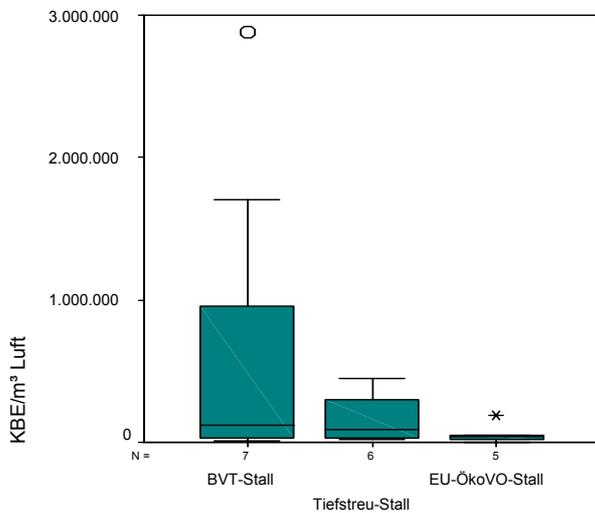


Abbildung 3-73: Trockenfutter, Gesamtschimmelpilze

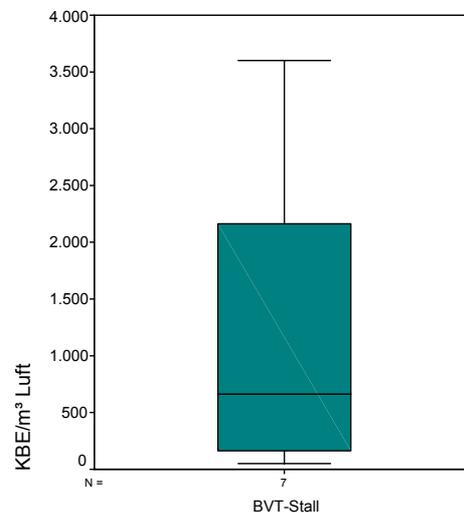


Abbildung 3-74: Flüssigfutter, Gesamtschimmelpilze

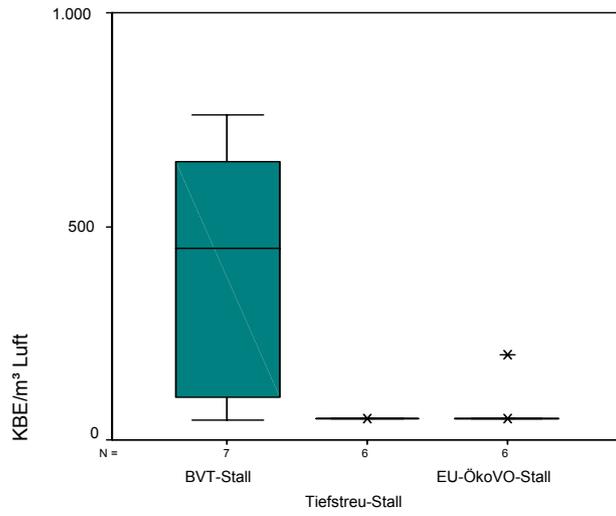


Abbildung 3-75: Trockenfutter, A. fumigatus

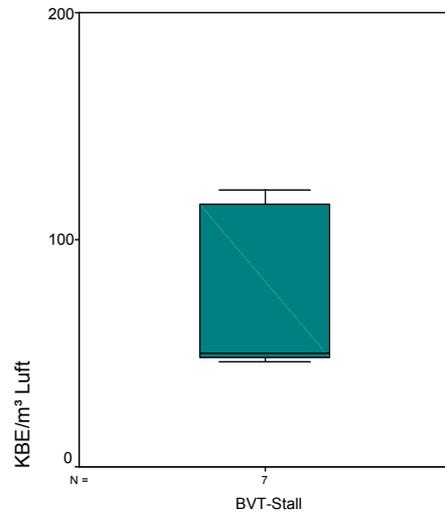


Abbildung 3-76: Flüssigfutter, A. fumigatus

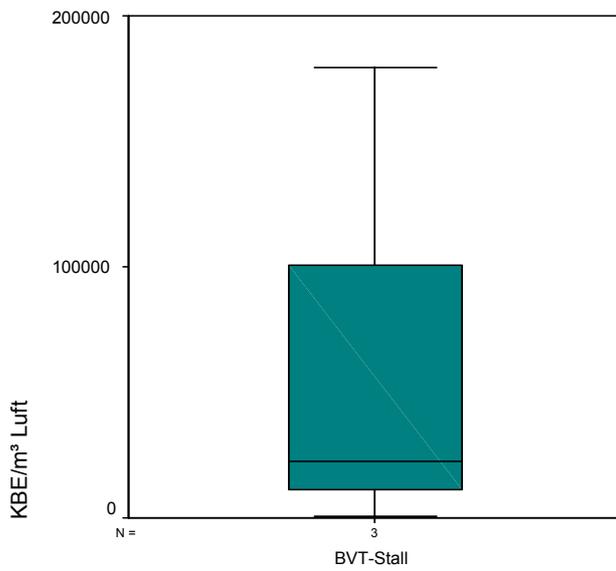


Abbildung 3-77: Trockenfutter, Hefen

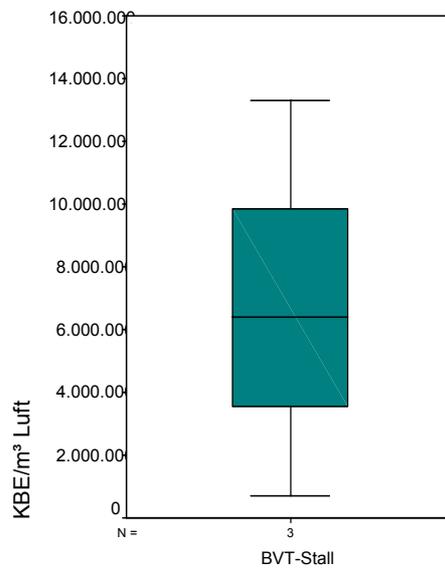


Abbildung 3-78: Flüssigfutter, Hefen

3.1.4 Staubmessungen

Insgesamt wurden 4.693 Messpunkte (Minutenmessungen) genommen. Die Verteilung auf die Stallsysteme und auf personengetragene und stationäre Messungen sind in Tabelle 3-11 aufgeführt.

			Fütterungsart			Gesamt
			Breifütterung	Flüssigfütterung	Trockenfütterung	
Personengetragen	stationär	Stallsystem BVT-Stall	998	756		1754
		Tiefstreu-Stall			1068	1068
		EU-ÖkoVO-Stall	1016			1016
	Gesamt	2014	756	1068	3838	
personengetragen	Stallsystem	BVT-Stall	338	421		759
		Tiefstreu-Stall			27	27
		EU-ÖkoVO-Stall	69			69
	Gesamt	407	421	27	855	

Tabelle 3-11: Anzahl der Messpunkte bei den Staubmessungen

Parallel zu den Außenluftreferenzmessungen mit dem PGP-System wurde auch das Partikelmessgerät betrieben. Die Anzahl der Messpunkte pro Stallsystem ist in Tabelle 3-12 aufgeführt. Die Referenzmessungen waren allesamt unauffällig und werden im Folgenden nicht weiter behandelt.

		Häufigkeit
Gültig	BVT-Stall	430
	Tiefstreu-Stall	222
	EU-ÖkoVO-Stall	161
	Gesamt	813

Tabelle 3-12: Referenzmessungen Staub

Die stationär gemessene Massenkonzentrationen der einzelnen Staubfraktionen im Vergleich der Stallsysteme unterschieden sich nur geringfügig (Abbildungen 3-79 bis 3-81): Einzig auffällig war der etwas geringere Medianwert bei der thorakalen und der alveolaren Staubfraktion im EU-ÖkoVO-Stall.

Die kleineren Staubfraktionen schienen also im EU-ÖkoVO-Stall in geringerem Maße aufzutreten bzw. zu persistieren.

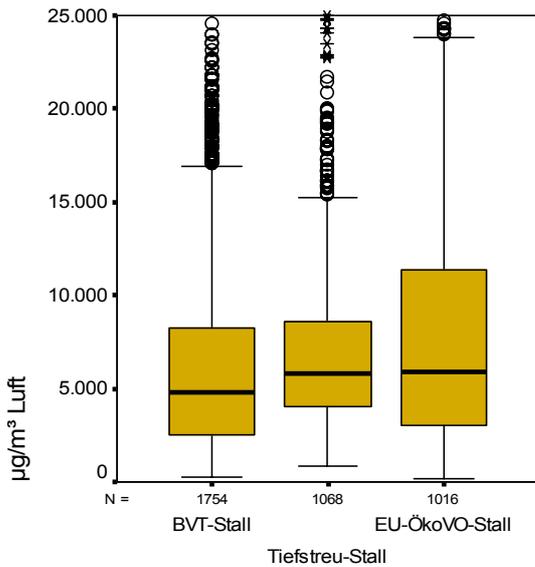


Abbildung 3-79: Einatembare Staubfraktion, stationär

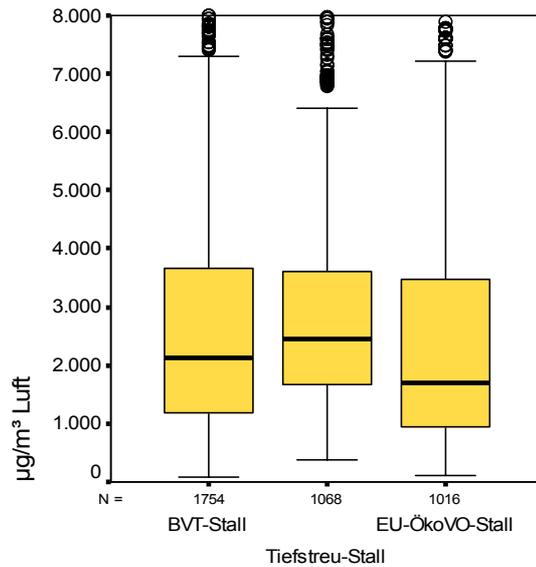


Abbildung 3-80: Thorakale Staubfraktion, stationär

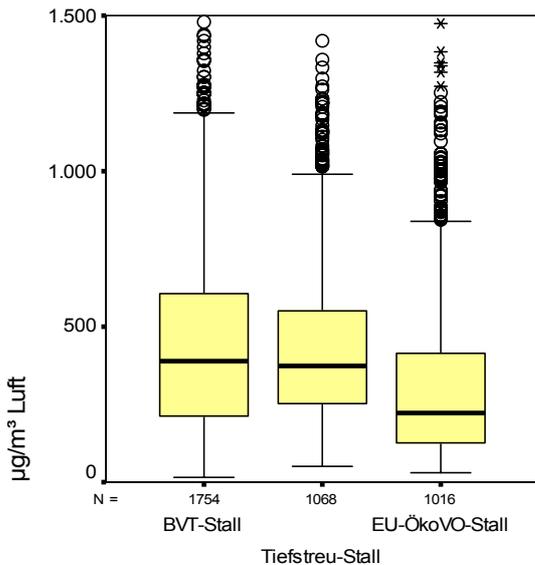


Abbildung 3-81: Alveolare Staubfraktion, stationär

Wie bereits bei den PGP-Proben angesprochen, resultierten aus den in den ökologischen Ställen durchgeführten Tätigkeiten wie Einstreuen oder manuelles Futter Nachfüllen in Verbindung mit stärker schwankenden Luftwechselraten die sehr hohen Staubwerte bei den personengetragenen Messungen. Die personengetragenen Staubwerte in den BVT-Ställen waren dagegen aufgrund der kaum vorhandenen staubfreisetzenden Tätigkeiten wiederum nicht höher als die entsprechenden stationären Messungen (Abbildungen 3-82 bis 3-84).

Das Maß der Staubfreisetzung bei den Tätigkeiten in den ökologischen Ställen war sehr ähnlich. Aufgrund der hohen Streuung im EU-ÖkoVO-Stall überlappten sich alle Boxen, wobei der Median der Messwerte im EU-ÖkoVO-Stall in allen Staubfraktionen unter dem des Tiefstreustalls lag.

Die Darstellung der Boxplots mit allen Ausreißern findet sich in Anhang, Abbildung A2-9

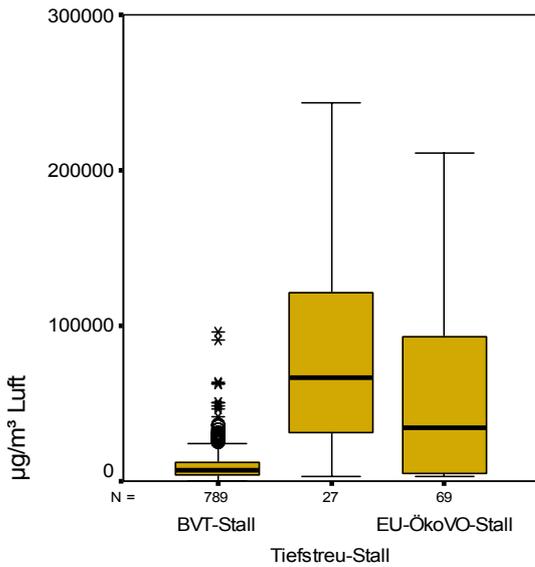


Abbildung 3-82: Einatembare Staubfraktion, personengetragen

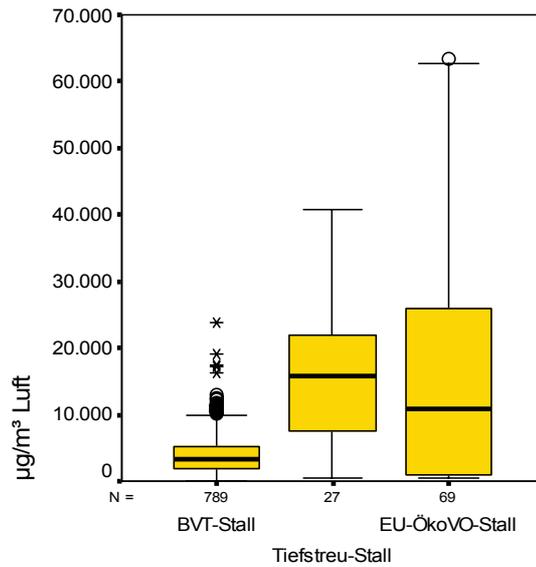


Abbildung 3-83: Thorakale Staubfraktion, personengetragen

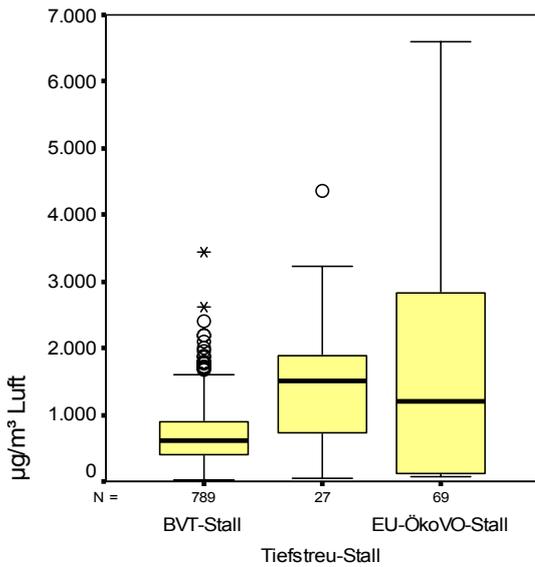


Abbildung 3-84: Alveolare Staubfraktion, personengetragen

3.2 Ergebnisse für den Bereich Umweltschutz

3.2.1 Fütterung

Auch wenn die Parameter hinsichtlich der Fütterung der Schweine unter dem Aspekt der Tiergesundheit erhoben wurden, erfolgt ihre Darstellung an dieser Stelle, da die Menge und Form der in den Futtermitteln vorliegenden Nährstoffe sowie deren Umsetzung im Tier entscheidend ist für das mögliche Ausmaß der Schadgasfreisetzung aus den im Stall bzw. Abteil abgesetzten Exkrementen.

In den Ställen A und B wurde eine Mehrphasen-Fütterung durchgeführt, der Stall C verfütterte eine Universalmast und im Stall D werden zwei Futtermischungen angeboten (Tabelle 3-13).

	Stall A und B				Stall C	Stall D	
	Phase 1 (30-50 kg)	Phase 2 (50-70 kg)	Phase 3 (70-90kg)	Phase 4 (90-110kg)		Phase 1 (30-55kg)	Phase 2 (55-110kg)
Gerste	32,0%	46,8%	58,5%	66,5%	50,0%	41,0%	53,0%
Weizen	19,9%	15,0%	15,0%	6,0%	15,0%	30,0%	20,0%
Hafer			5,5%	10,0%			
Soja	23,0%	20,0%	17,5%	14,0%			
Sojaöl	1,0%	0,5%	0,5%	0,5%			
Erbsen					28,0%	18,0%	20,0%
Kartoffeleiweiß					4,0%	8,0%	4,0%
Triticale	20,0%	15,0%					
Mineralmischung	3,1%	2,5%	2,5%	2,5%			
Mineralfutter					3,0%	3,0%	3,0%
CaCO₃	1,0%	0,2%	0,5%	0,5%			

Tabelle 3-13: Futteranalysen

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 3-14 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 die Haltungssysteme A und B im Schnitt 155 bzw. 153 g/kg Frischmasse

(FM) in ihrer Futtermischung aufwiesen, lagen Haltungssystem C mit 125 bzw. 121 g/kg FM und Haltungssystem D mit nur 102 bzw. 111 g/kg FM deutlich darunter (Tabelle 3-14).

Wurden die o.g. analysierten Werte mit dem im geltenden Futtermittelrecht für Einzel- und Mischfuttermittel aufgeführten Grenzwerten verglichen, so zeigte sich, dass in allen untersuchten Rationen der geforderte durchschnittliche Energiegehalt von 12,5 MJ ME / kg enthalten ist. 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.

Haltungssystem / Mastdurchgang	Rohfaser g/kg FM	Energie MJ ME / kg	Rohprotein g/kg FM
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

Tabelle 3-14: Mittelwerte der analysierten Mischfuttermittel (n = 3 Stichproben pro Betrieb und Durchgang) für die Haltungssysteme A, B (identisches Futter), C und D während der Mastdurchgänge MD 2 und MD 3

Tabelle 3-15 gibt eine Übersicht zur Herkunft und Genetik der in den vier untersuchten Haltungssystemen gemästeten Schweine sowie zu deren Mastleistungen

Haltungssystem	Ferkelherkunft	Genetik	Futtermittelerwertung	Masttage
A	geschlossenes System	DL x Pit	3,06	91
B	geschlossenes System	DL x Pit	3,05	91
C	unterschiedliche Ferkelherkünfte	nicht bekannt	4,11	146
D	unterschiedliche Ferkelherkünfte	DL x Ha/Du	keine Angaben	130

Tabelle 3-15: Durchschnittliche Mastleistungen in den vier untersuchten Haltungssystemen

Im Nachfolgenden werden die Ergebnisse aller durchgeführten Messungen zur Qualität der Innenraumluft in den vier Haltungssystemen dargestellt. Die Illustration der Messwerte erfolgt in grafischer Form für die Parameter: Innenraumtemperatur und

relative Luftfeuchte, die Partikelmassenkonzentrationen von PM 10 sowie die Konzentration von CO₂, NH₃ und CH₄.

Der gesamte Projektzeitraum wurde in drei Untersuchungszeiträume (Mastdurchgänge) eingeteilt (vgl. Tabelle 1-1). Die einzelnen Mastdurchgänge zeigen die Situation in den Haltungssystemen zu unterschiedlichen Jahreszeiten, Mastdurchgang 1 (MD 1) ist ein Messzeitraum im Winter, diese Messungen wurden lediglich für die Haltungssysteme A und B durchgeführt. Die beiden nachfolgenden Mastdurchgänge, in denen alle vier Haltungssysteme untersucht wurden beschreiben die Situation im Winter/Frühjahr (MD 2) und im Sommer (MD 3). Die jeweiligen Mastdurchgänge waren nochmals in drei Messtermine pro Mastdurchgang aufgeteilt und jeder Messtermin umfasste ein bis zwei Tage (vgl. Tabelle 1-1).

Die Ergebnisse werden wie folgt in unterschiedlichen Ebenen der Datenaggregation beschrieben. Zu Beginn wird ein Überblick über die Stallklimaparameter und die Zusammenfassung der Messwerte für alle vier Haltungssysteme über alle Mastdurchgänge hinweg aufgezeigt. Im Anschluss daran werden dieselben Parameter für jedes Haltungssystem einzeln über alle Mastdurchgänge hinweg beschrieben. Abschließend werden die Ergebnisse der einzelnen Messtermine bzw. -tage (vgl. Tabelle 1-1) innerhalb der Mastdurchgänge jeweils für sich dargestellt.

3.2.2 Vergleich der Haltungssysteme

Die über alle Mastdurchgänge hinweg in den vier Haltungssystemen aufgetretenen Innenraumtemperaturen und relative Luftfeuchten sind in den Abbildungen 3-85 und 3-86 dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass die Haltungssysteme A und B tendenziell höhere Innenraumtemperaturen und niedrigere relative Luftfeuchten aufwiesen, als die Haltungssysteme C und D. In den Haltungssystemen A und B wurde die Lüftungsanlage mit Hilfe der Innenraumtemperatur in Bezug zu einer definierten Solltemperatur automatisch geregelt (Zwangsbelüftung). Hierbei verlief die Solltemperatur über die Mast hinweg nicht konstant, sondern sie wurde von 25 ° C auf 16 ° C nichtlinear abgesenkt. Bei den frei belüfteten Haltungssystemen C und D zeigten sich, bedingt durch die direkte Abhängigkeit der Innenraumtemperatur von der Umgebungs- bzw. Außentemperatur, stärkere Temperatur- und Luftwechselschwankungen als in zwangsbelüfteten Systemen, wobei dies in Haltungssystem C durch die

ausschließliche Fensterlüftung (s.o.) nicht ganz so stark ausgeprägt war wie in Haltungssystem D. In System D konnte durch die ausreichend dimensionierten Zu- und Abluftöffnungen (s.o.) sowie die gute Stallausrichtung ein höherer Luftaustausch stattfinden.

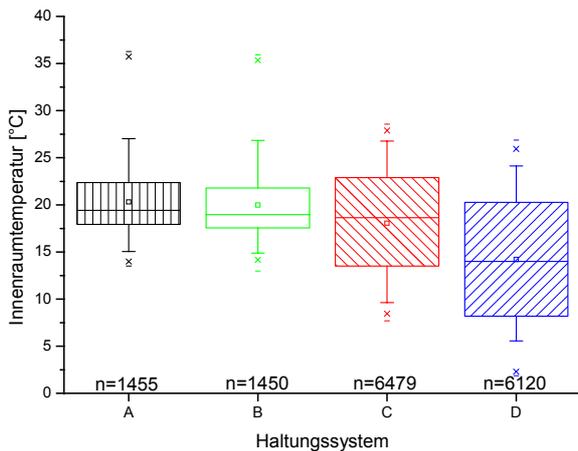


Abbildung 3-85: Innentemperatur in allen Haltungssystemen über alle Mastdurchgänge

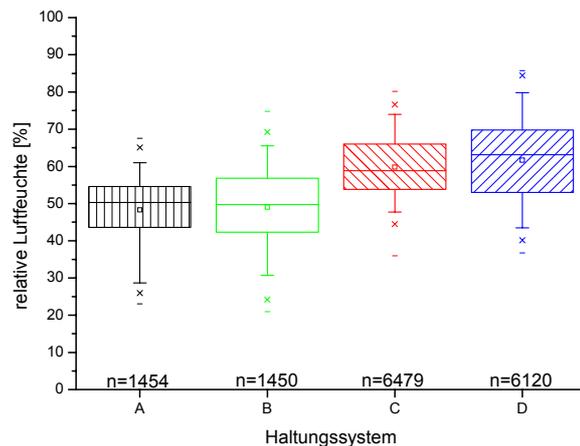


Abbildung 3-86: Rel. Luftfeuchte in allen Haltungssystemen über alle Mastdurchgänge

Haltungssystem A mit Abteilwechsel (295 von 1454 Werten aus Abteil 2; Rest Abteil 1)

Haltungssystem B mit Abteilwechsel (290 von 1450 Werten aus Abteil 1; Rest Abteil 2)

Die in den Ställen bzw. Abteilen registrierten relativen Luftfeuchten lagen für alle Haltungssysteme in einem für die Mastschweine noch akzeptablen Bereich, wobei jedoch die in den Systemen A und B ermittelten Werte sich öfter eher im untersten Grenzbereich bewegten (Abbildung 3-86; ATab. 3-1 bis 3-13).

In den Abbildungen 3-87 bis 3-90 sind die jeweiligen Parameter (PM 10, CO₂, NH₃, CH₄) über alle Untersuchungszeiträume hinweg und für alle vier Haltungssysteme dargestellt. Aus Abbildung 3-87 wird ersichtlich, dass im Haltungssystem A der höchste Mittelwert und die größte Varianz bei PM 10 ermittelt wurde. Es bestand eine sinkende Tendenz der Partikelmassenkonzentration von Haltungssystem A nach D, wobei A und B die Variation der Ergebnisse bei einem - mit Ausnahme der Fütterung - gleichem Haltungssystem widerspiegeln.

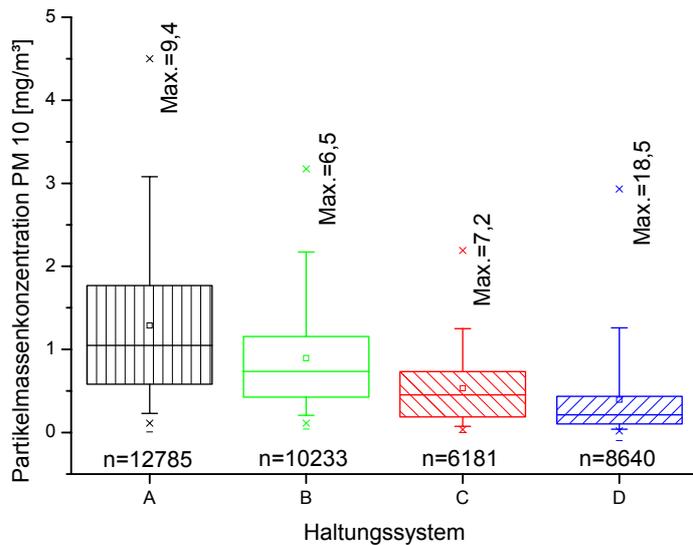


Abbildung 3-87: Partikelkonzentration in allen Haltungssystemen über alle Mastdurchgänge

- Haltungssystem A mit Abteilwechsel (689 von 12785 Werten aus Abteil 2; Rest Abteil 1)
- Haltungssystem B mit Abteilwechsel (1434 von 10233 Werten aus Abteil 1; Rest Abteil 2)
- Haltungssystem C selektierte Daten (6181 von 7200 Werten; Ausschluss von Negativwerten)
- Haltungssystem C selektierte Daten (1440 von 6181 Werten um Nullpunktdrift korrigiert)
- Haltungssystem D selektierte Daten (1440 von 8640 Werten um Nullpunktdrift korrigiert)

Aus Abbildung 3-88 wird ersichtlich, dass die CO_2 -Konzentration in Haltungssystem D zwar das höchste Maximum aber auch gleichzeitig den niedrigsten Mittelwert aufwies. Ansonsten zeigte sich eine leicht ansteigende CO_2 -Konzentration von Haltungssystemen D nach A/B. Die Messwerte aus allen Haltungssystemen befanden sich, abgesehen von einzelnen zu vernachlässigenden Maxima, unterhalb des Grenzwerts von 3000 ppm (SCHHAVO, 2000).

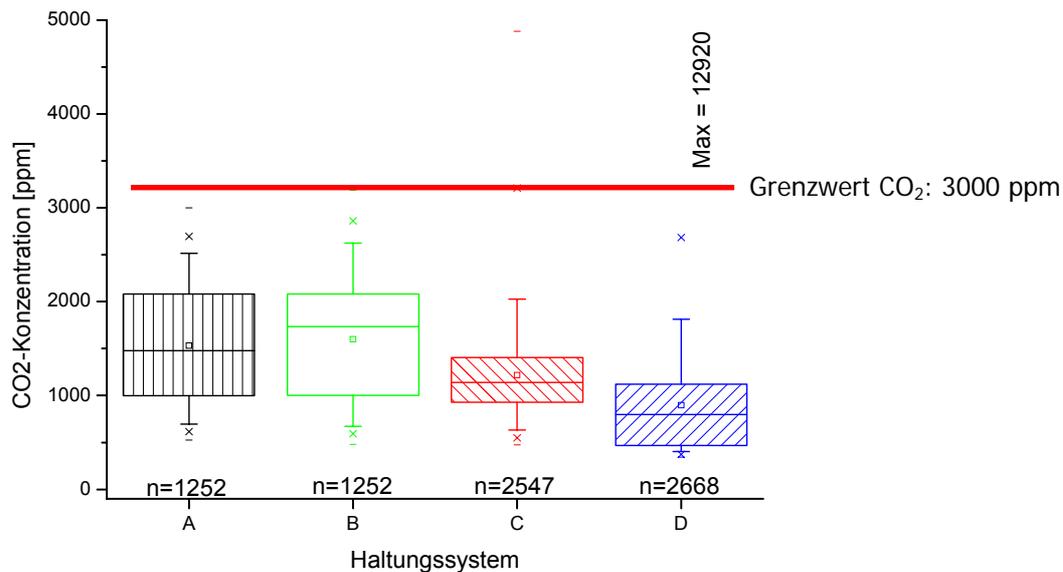


Abbildung 3-88: CO₂-Konzentration in allen Haltungssystemen über alle Mastdurchgänge

Haltungssystem A mit Abteilwechsel (293 von 1252 Werten aus Abteil 2; Rest Abteil 1)

Haltungssystem B mit Abteilwechsel (293 von 1252 Werten aus Abteil 1; Rest Abteil 2)

Die NH₃-Konzentrationen in Abbildung 3-89 zeigen, abgesehen von der sinkenden Tendenz von A bzw. B nach D, die bei PM 10 und der CO₂-Konzentration schon festgestellt wurde, keine bedeutsamen Differenzen zwischen den unterschiedlichen Haltungssystemen. Auch hier lagen die Messergebnisse abgesehen von wenigen Ausnahmen unterhalb des Grenzwertes von 20 ppm (SCHHAVO, 2000). Im Haltungssystem C scheint eine nicht immer optimal an die Außenbedingungen bzw. -temperatur angepasste Lüftungseinstellung Ursache für die vereinzelt Überschreitungen des Grenzwertes gewesen zu sein. An dieser Stelle sei auf Abbildung 3-137 verwiesen, in der deutlich wird, dass zum Messzeitpunkt „April 03 Ende“ stark erhöhte NH₃-Konzentrationen gemessen wurden. Tabelle ATab. 3-8 und 3-9 im Anhang macht deutlich, dass zwischen der Messung am 07.04.03 und der Messung am 24.04.03 im Haltungssystem C ein Anstieg der Innenraumtemperatur um über 10 ° C zu beobachten war. Es wird davon ausgegangen, dass mit der manuellen Lüftungssteuerung nicht unmittelbar auf diesen Temperaturanstieg reagiert werden konnte.

Die leicht abnehmende Tendenz der Konzentration von PM 10, NH₃ und CO₂ von Haltungssystem A nach D hatte ihre wesentliche Ursache wahrscheinlich in der Art der Lüftung (Abbildung 3-88). Die Haltungssysteme C und D waren frei belüftet, so-

mit herrschte ein höherer aber auch stärker schwankender Luftwechsel. Dies führte zwar zu tendenziell niedrigeren durchschnittlichen Partikelmassen- und Gaskonzentrationen im Stallinnenraum, aber auch zu wesentlich stärker ausgeprägten Schwankungen (s.u. Peak-to-Mean-Ratio).

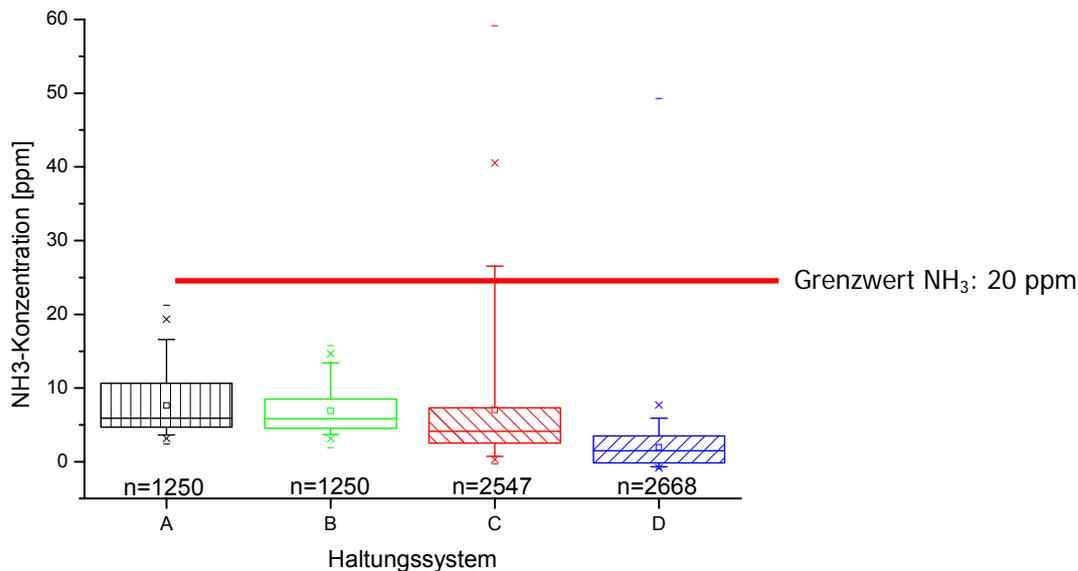


Abbildung 3-89: NH₃-Konzentration in allen Haltungssystemen über alle Mastdurchgänge

Haltungssystem A mit Abteilwechsel (295 von 1250 Werten aus Abteil 2; Rest Abteil 1)

Haltungssystem B mit Abteilwechsel (295 von 1250 Werten aus Abteil 1; Rest Abteil 2)

Abbildung 3-90 zeigt, dass in den Haltungssystemen C und D deutlich höhere CH₄-Werte beobachtet wurden, als in den Systemen A und B. Aus den Abbildungen 67 und 68 wird deutlich, dass die Messwerte, die für die hohen Konzentrationen in den Haltungssystemen C und D ausschlaggebend waren, im Mastdurchgang 2 gemessen wurden, speziell zum Messzeitpunkt „April 03 Ende“. Der Mastdurchgang 2 zeichnete sich durch besonders hohe Temperaturschwankungen aus (vgl. ATab. 3-8 und 3-9).

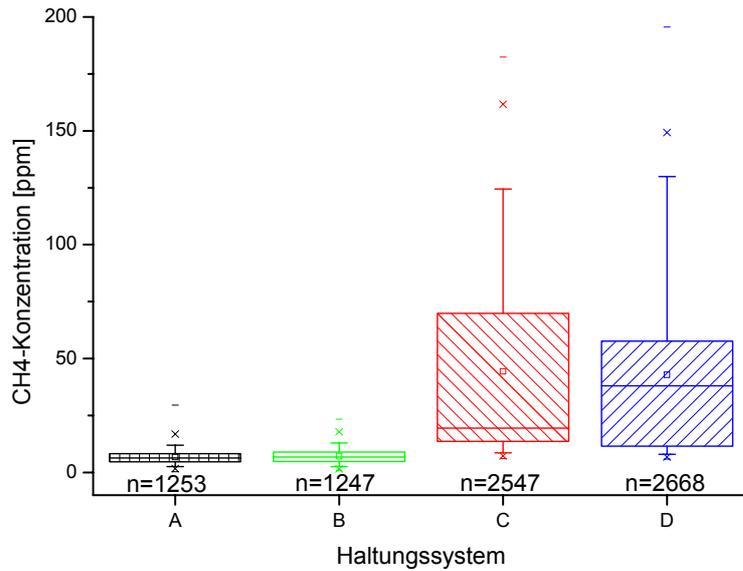


Abbildung 3-90: CH₄-Konzentration in allen Haltungssystemen über alle Mastdurchgänge

Haltungssystem A mit Abteilwechsel (294 von 1253 Werten aus Abteil 2; Rest Abteil 1)

Haltungssystem B mit Abteilwechsel (288 von 1247 Werten aus Abteil 1; Rest Abteil 2)

3.2.3 Vergleich Haltungssystem über alle Mastdurchgänge

Um die Ergebnisse pro Haltungssystem zusammenzufassen und die Beobachtungszeiträume und somit die Jahreszeiten vergleichend nebeneinander darstellen zu können, wurden in den Abbildungen 3-91 bis 3-114 jeweils die aufbereiteten Messwerte eines Mastdurchgangs betrachtet und die einzelnen Messparameter für jedes Haltungssystem getrennt dargestellt. In den Abbildungen 3-91 bis 3-94 lässt sich der Temperaturverlauf von der kalten Saison in den Hochsommer hinein nachvollziehen, alle Haltungssysteme zeigten steigende Innentemperaturen. Die Haltungssysteme A und B wiesen dabei - bedingt durch die Zwangslüftung - weniger deutliche Unterschiede zwischen den Jahreszeiten auf, als die frei belüfteten Haltungssysteme C und D.

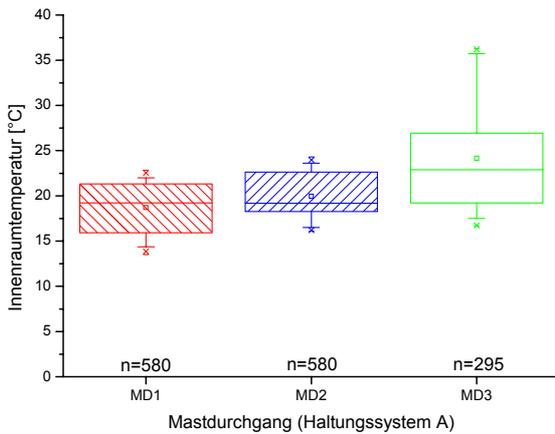


Abbildung 3-91: Innenraumtemperatur in Haltungssystem A über alle Mastdurchgänge (MD 1 und MD 2 in Abteil 1, MD 3 in Abteil 2)

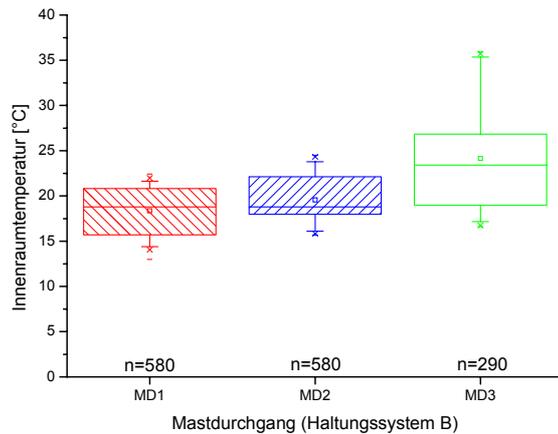


Abbildung 3-92: Innenraumtemperatur in Haltungssystem B über alle Mastdurchgänge (MD 1 und MD 2 in Abteil 2, MD 3 in Abteil 1)

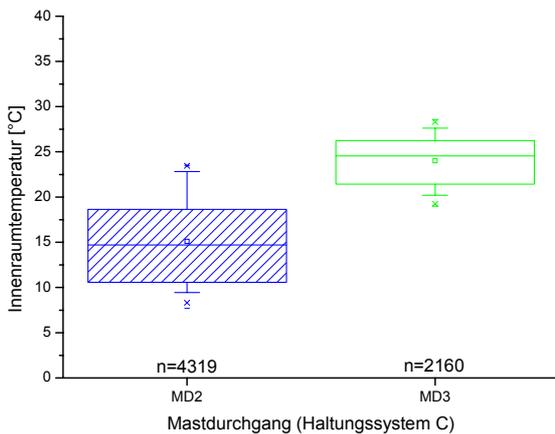


Abbildung 3-93: Innenraumtemperatur in Haltungssystem C über alle Mastdurchgänge

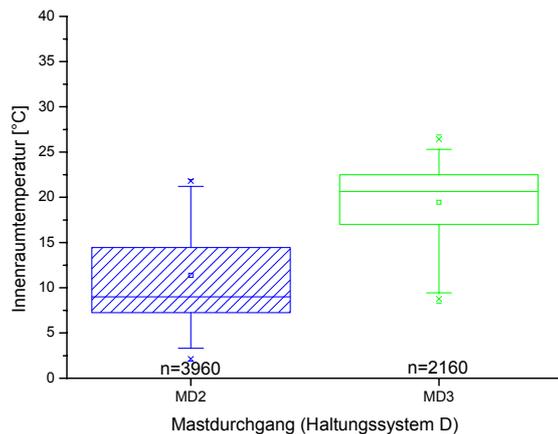


Abbildung 3-94: Innenraumtemperatur in Haltungssystem D über alle Mastdurchgänge

In Bezug auf die relative Luftfeuchte machen die Abbildungen 3-95 bis 3-98 deutlich, dass wiederum die frei belüfteten Haltungssysteme C und D zwischen den Mastdurchgängen größere Unterschiede und tendenziell höhere Niveaus aufwiesen, als die zwangsbelüfteten Haltungssysteme A und B. Es konnte beobachtet werden, dass zwischen MD 1 (Winter) und MD 2 (Winter/Frühjahr) in den Haltungssystemen A und B die Gehalte der relativen Luftfeuchte absanken. Der saisonale Übergang vom Winter/Frühjahr (MD2) in den Sommer (MD 3) brachte in allen vier Haltungssystemen einen leichten Anstieg der relativen Luftfeuchte mit sich.

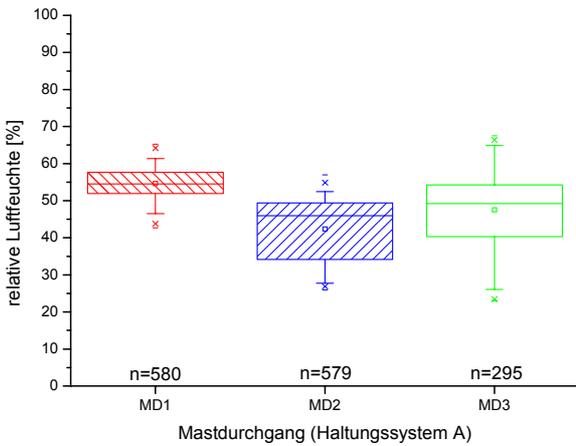


Abbildung 3-95: Relative Luftfeuchte in Haltungssystem A über alle Mastdurchgänge (MD 1 und MD 2 in Abteil 1, MD 3 in Abteil 2)

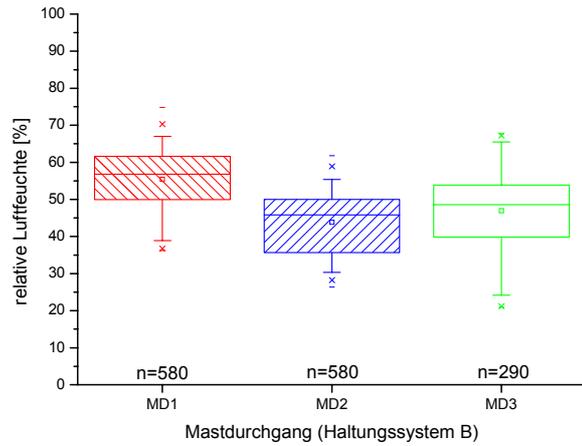


Abbildung 3-96: Relative Luftfeuchte in Haltungssystem B über alle Mastdurchgänge (MD 1 und MD 2 in Abteil 2, MD 3 in Abteil 1)

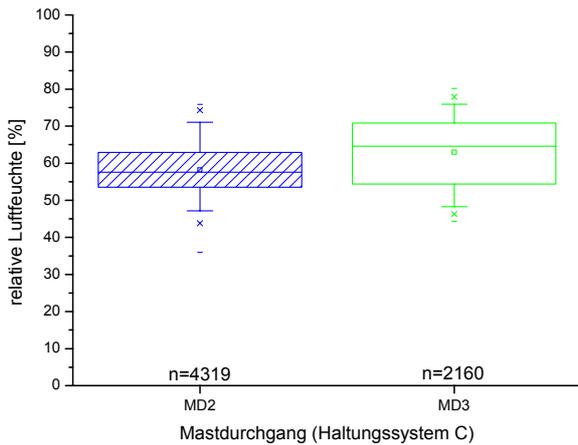


Abbildung 3-97: Relative Luftfeuchtigkeit in Haltungssystem C über alle Mastdurchgänge

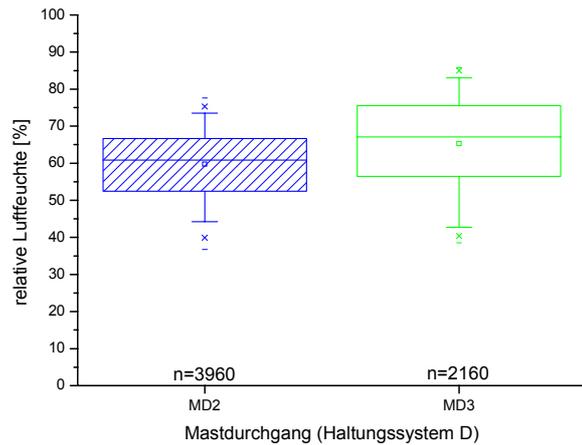


Abbildung 3-98: Relative Luftfeuchtigkeit in Haltungssystem D über alle Mastdurchgänge

Die Abbildungen 3-99 bis 3-102 zeigen die Ergebnisse der Partikelmassen- und Gaskonzentrationsbestimmung im Haltungssystem A. Die Partikelmassenkonzentration der Größenfraktion PM 10 stieg, wie in Abbildung 3-99 zu erkennen ist, zwischen dem ersten und zweiten Mastdurchgang an, wobei im MD 2 zudem die größte Varianz zu erkennen war. Zum MD 3 hin wurden die Konzentrationen von PM 10 wieder geringer. Abbildung 3-100 macht deutlich, dass für die CO₂-Konzentration im MD 3 ein Rückgang zu verzeichnen war. Auch die NH₃-Konzentrationen (Abb. 3-101) und CH₄-Konzentrationen (Abb. 3-102) nahmen von MD 1 zu MD 3 hin ab, die Unterschiede waren jedoch gering.

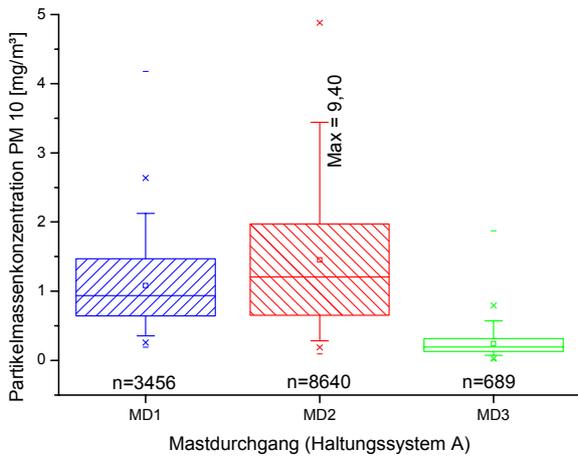


Abbildung 3-99: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem A (MD1 und MD2 in Abteil 1; MD 3 in Abteil 2)

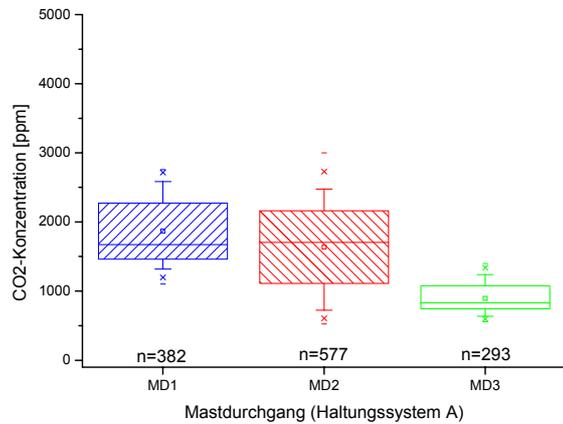


Abbildung 3-100: CO₂-Konzentration im Haltungssystem A (MD1 und MD 2 in Abteil 1; MD 3 in Abteil 2)

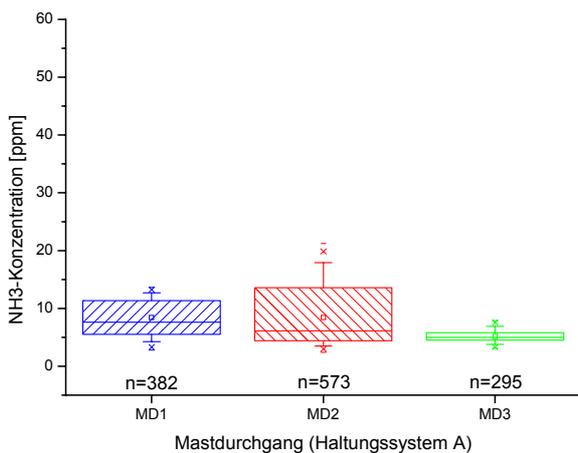


Abbildung 3-101: NH₃-Konzentration im Haltungssystem A (MD1 und MD2 in Abteil 1; MD 3 in Abteil 2)

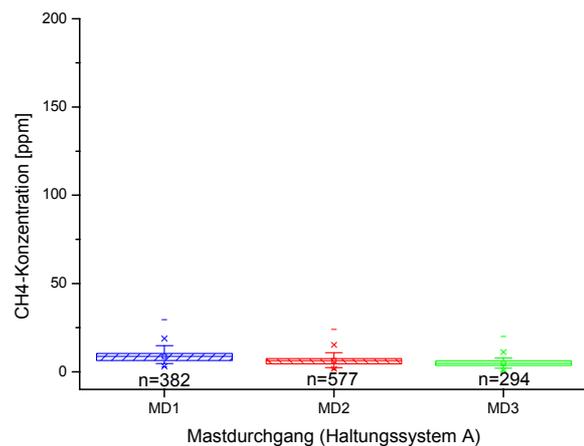


Abbildung 3-102: CH₄-Konzentration im Haltungssystem A (MD1 und MD 2 in Abteil 1; MD 3 in Abteil 2)

Im Haltungssystem B (Abbildungen 3-103 bis 3-106) zeigten sich für alle Messparameter ähnliche Werte wie im Haltungssystem A. Dies war zu erwarten, da diese beiden Haltungssysteme aufgrund ihrer Lüftung und den sonstigen Gegebenheiten als gleich eingestuft werden konnten. Die Partikelmassenkonzentrationen blieben auf einem recht konstanten Niveau, die Gaskonzentrationen nahmen von MD 1 über MD 2 zu MD 3 hin leicht ab.

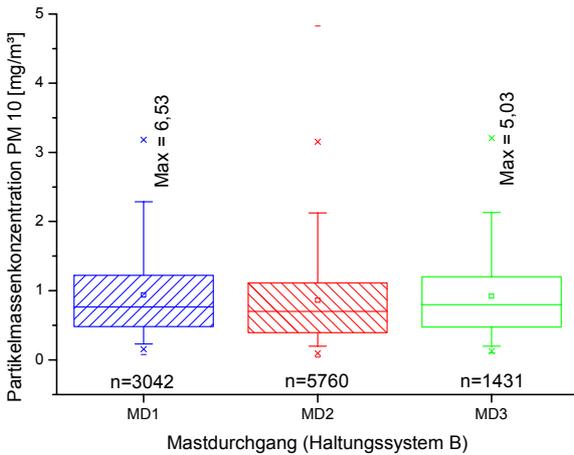


Abbildung 3-103: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem B (MD1 und MD2 in Abteil 2; MD 3 in Abteil 1)

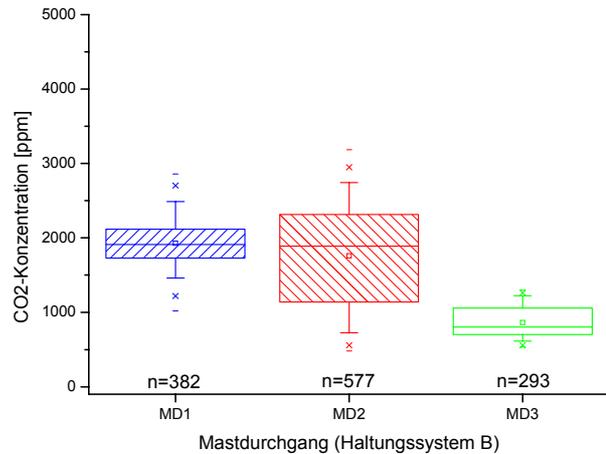


Abbildung 3-104: CO₂-Konzentration im Haltungssystem B (MD1 und MD 2 in Abteil 2; MD 3 in Abteil 1)

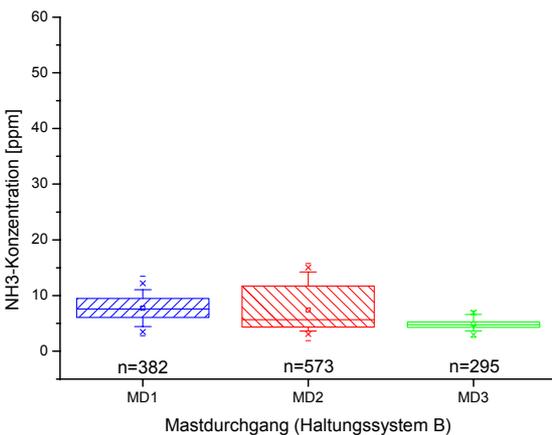


Abbildung 3-105: NH₃-Konzentration im Haltungssystem B (MD1 und MD 2 in Abteil 2; MD 3 in Abteil 1)

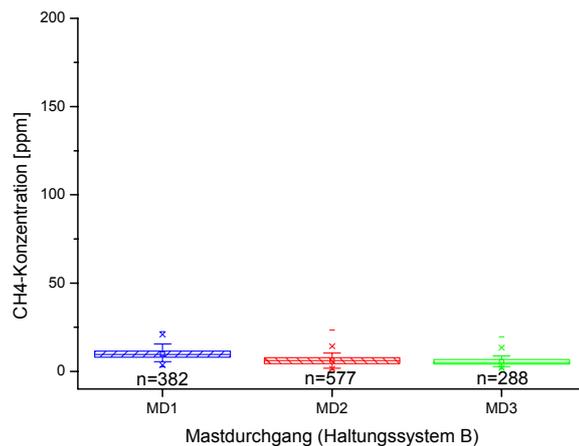


Abbildung 3-106: CH₄-Konzentration im Haltungssystem B (MD1 und MD 2 in Abteil 2; MD 3 in Abteil 1)

Für Haltungssystem C (Abb. 3-107 bis 3-110) und D (Abb. 3-111 bis 3-114) zeigten sich für die Parameter „Partikel“ und „Gase“ tendenziell ähnliche Ergebnisse wie für die Systeme A und B. Wie Abbildung 3-107 zeigt, lagen die Mittelwerte der Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem C sowohl für MD 2 als auch für MD 3 etwa in dem selben Bereich, in MD 3 war bei ähnlicher Varianz eine größere Streuung der Messwerte zu beobachten. Die CO₂-Konzentration blieb, wie aus Abbildung 3-108 ersichtlich, für MD 2 und MD 3 auf einem ähnlichen Niveau, im MD 2 war eine leicht

erhöhte Varianz und Streuung erkennbar. Gleiches galt für NH_3 (Abb. 3-109). Abbildung 3-110 zeigt für die CH_4 -Konzentration deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Mastdurchgängen, in MD 2 lagen Mittelwert, Varianz und Maximum der Messungen deutlich höher als in MD 3 (s.o.). Auch für das Haltungssystem D galt, dass keine großen Unterschiede bei den Messungen der verschiedenen Parameter zwischen den beiden Mastdurchgängen erkennbar waren. Sowohl die Partikelmassenkonzentration (Abb. 3-111) als auch die Konzentrationen von CO_2 und NH_3 (Abb. 3-112 und 3-113) ließen ein gleichbleibendes Niveau erkennen. Für CH_4 zeigte sich, wie in Abbildung 3-114 ersichtlich, eine sinkende Tendenz der Konzentrationen über alle Mastdurchgänge.

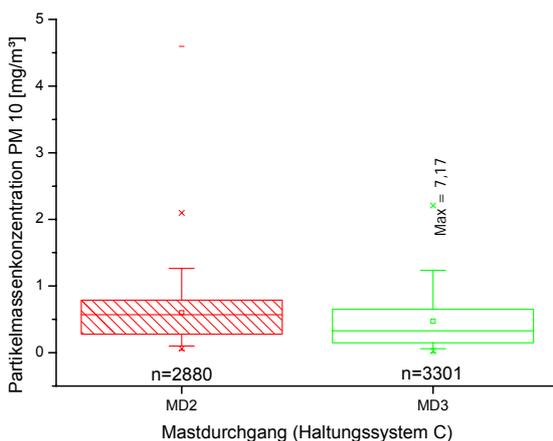


Abbildung 3-107: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem C; in MD 2 wurden 1440 von 2880 Werten um Nullpunktdrift korrigiert; in MD 3 Daten selektiert (3301 von 4320; Ausschluss von Negativwerten)

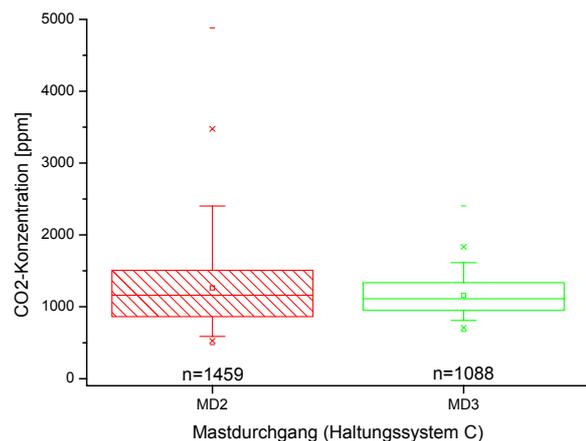


Abbildung 3-108: CO₂-Konzentration im Haltungssystem C

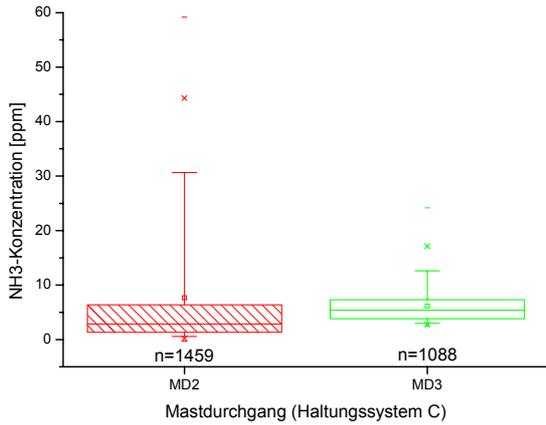


Abbildung 3-109: NH₃-Konzentration im Haltungssystem C

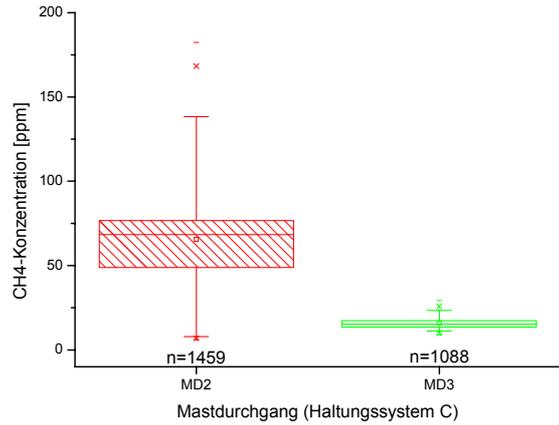


Abbildung 3-110: CH₄-Konzentration im Haltungssystem C

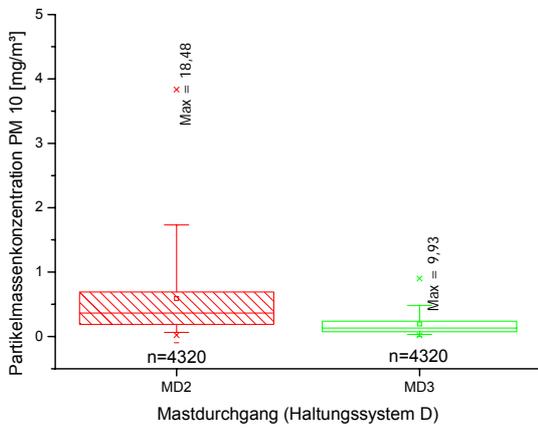


Abbildung 3-111: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem D; in MD 2 wurden 1440 von 4320 Werten um Nullpunktdrift korrigiert

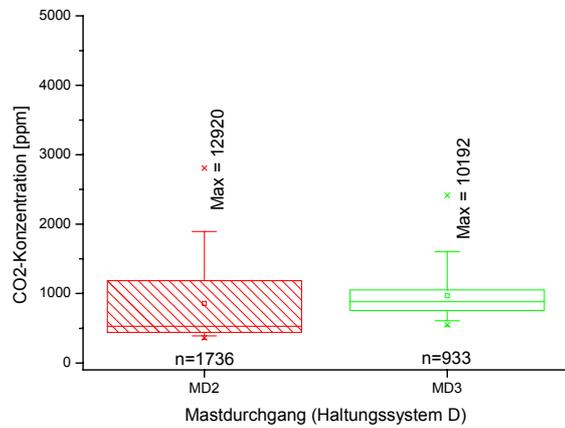


Abbildung 3-112: CO₂-Konzentration im Haltungssystem D

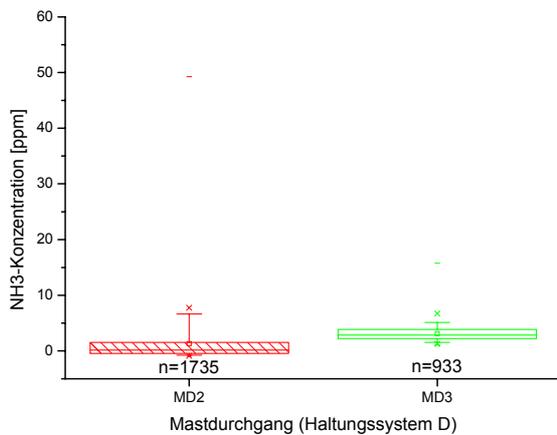


Abbildung 3-113: NH₃-Konzentration im Haltungssystem D

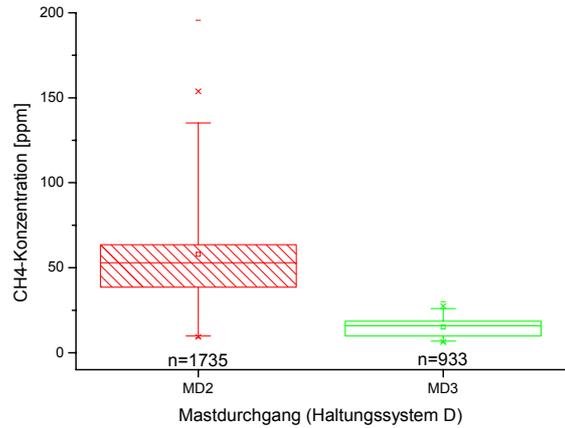


Abbildung 3-114: CH₄-Konzentration im Haltungssystem D

3.2.4 Vergleich Haltungssystem und Mastdurchgang

In den folgenden Abbildungen werden die Parameter für jedes Haltungssystem in jedem Mastdurchgang (MD) dargestellt: Pro MD fanden drei Messungen statt.

Die Abbildungen 3-115 bis 3-124 zeigen die Ergebnisse der Messungen der *Partikelmassenkonzentration der Größenfraktion PM 10*. In Abbildung 3-115 ist für das Haltungssystem A im MD 1 über die Zeit von Oktober bis Januar ein leichter Anstieg der Partikelmassenkonzentrationen zu beobachten. Abbildung 3-116 zeigt für das Haltungssystem B im MD 1 zwischen dem ersten und zweiten Mastabschnitt einen Anstieg und zwischen dem zweiten und dritten Mastabschnitt eine Verminderung der Partikelmassenkonzentrationen. Im MD 2 (Frühjahr) wurden im Haltungssystem A durch den Vergleich der Messergebnisse sinkende Partikelmassenkonzentrationen ermittelt (Abb. 3-117), im Haltungssystem B und C konnten keine großen Veränderungen der Konzentrationen beobachtet werden (Abb. 3-118 und Abb. 3-119). Aus Abbildung 3-120 wird ersichtlich, dass im Haltungssystem D im MD 2 ähnliche Mittelwerte wie in den anderen Haltungssystemen ermittelt wurden, die Maxima allerdings stark erhöht waren.

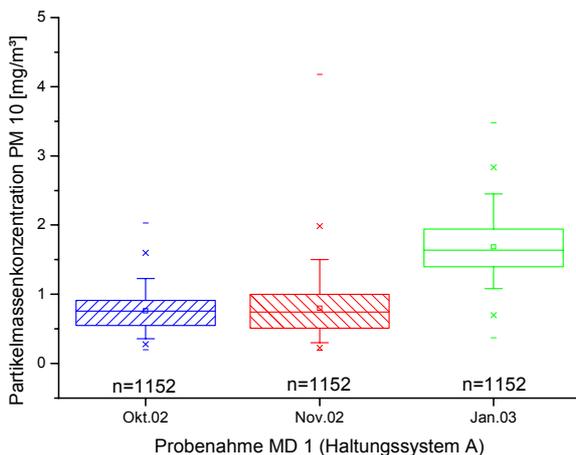


Abbildung 3-115: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem A (Abteil 1) im Mastdurchgang 1; gemessen mit „DustTrack“

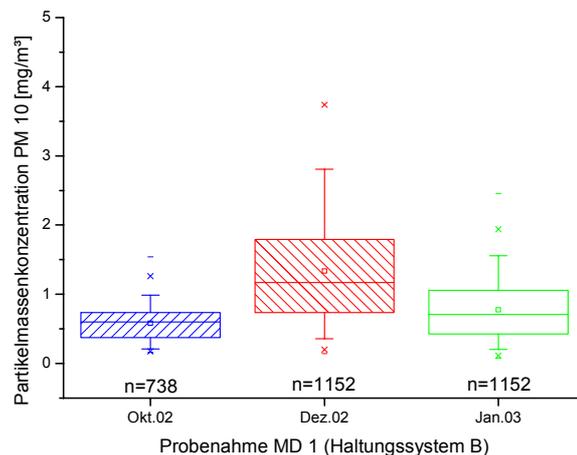


Abbildung 3-116: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 1; gemessen mit „DustTrack“

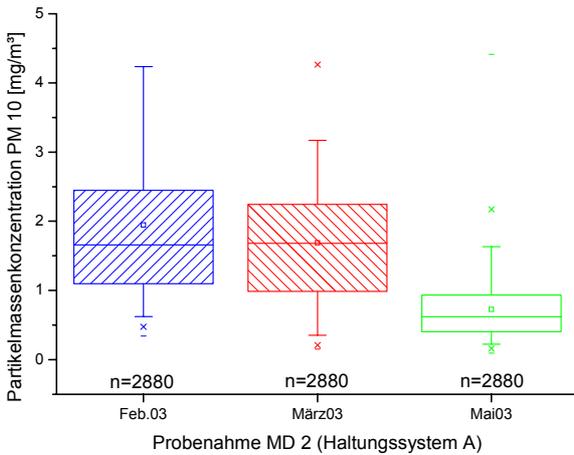


Abbildung 3-117: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem A (Abteil 1) im Mastdurchgang 2; gemessen mit „GRIMM“

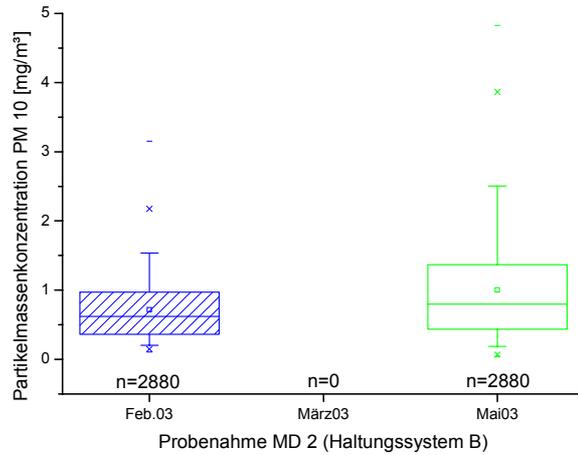


Abbildung 3-118: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 2; gemessen mit „GRIMM“
Messung „März 03“ Datenausfall

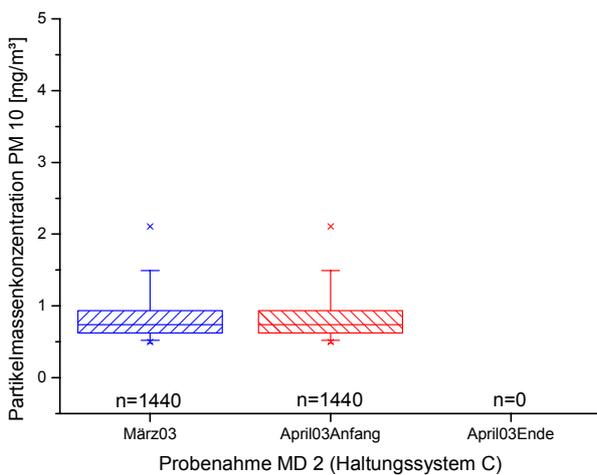


Abbildung 3-119: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 2
Messwerte „April 03 Anfang“ um Nullpunktdrift korrigiert
Messung „April 03 Ende“ Datenausfall

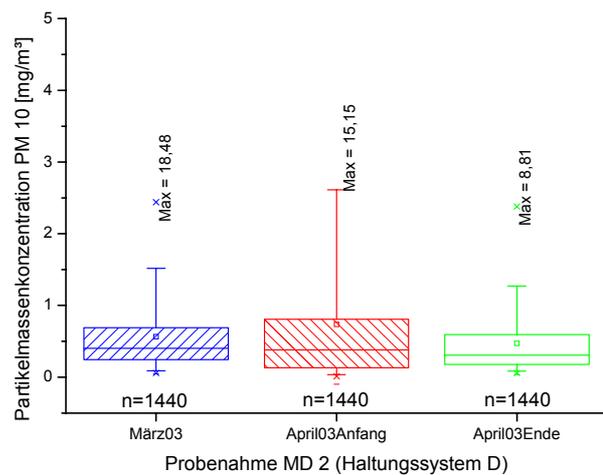


Abbildung 3-120: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 2
Messwerte „April 03 Anfang“ um Nullpunktdrift korrigiert

Die Abbildungen 3-121 bis 3-124 zeigen für den MD 3 (Hochsommer) keine bemerkenswerten Unterschiede zwischen den Partikelmassenkonzentrationen, die in den verschiedenen Haltungssystemen gemessen wurden. Nur für Haltungssystem D zeichneten sich die Messwerte durch eine geringe Varianz, kombiniert mit einer großen Spannweite aus (Abb. 3-124).

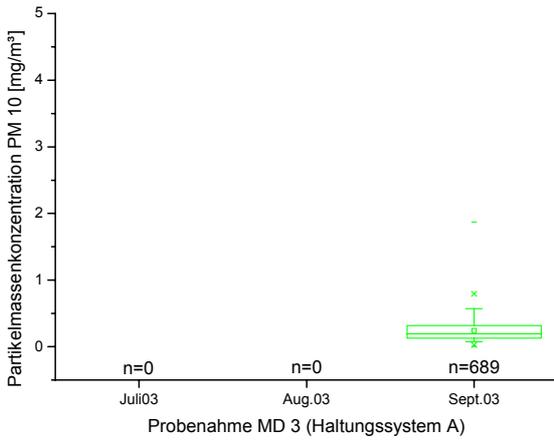


Abbildung 3-121: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem A (Abteil 2) im Mastdurchgang 3 gemessen mit „DustTrack“
Messungen „Juli 03“ und „Aug. 03“ Datenausfall

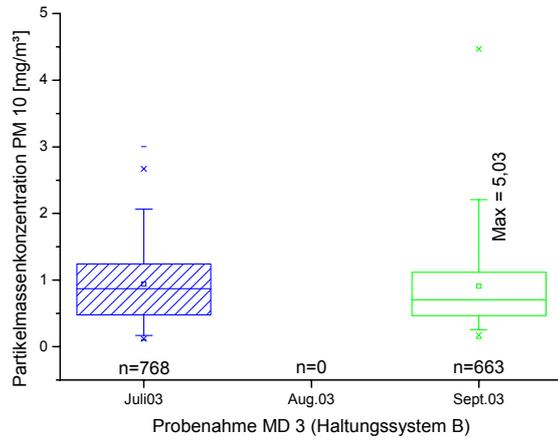


Abbildung 3-122: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem B (Abteil 1) im Mastdurchgang 3 Messung „Juli 03“ gemessen mit „GRIMM“
Messung „Sept. Sept 03“ gemessen mit „Dust-Track“
Messung „Aug. 03“ Datenausfall
Messung „März 03“ Datenausfall

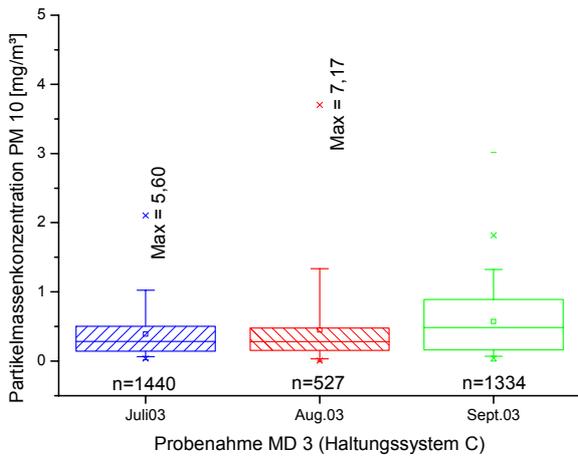


Abbildung 3-123: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 3 Messwerte „Aug. 03“ und „Sept. 03“ korrigiert (Ausschluss von Negativwerten). Alle Messungen ursprünglich mit 1440 Werten

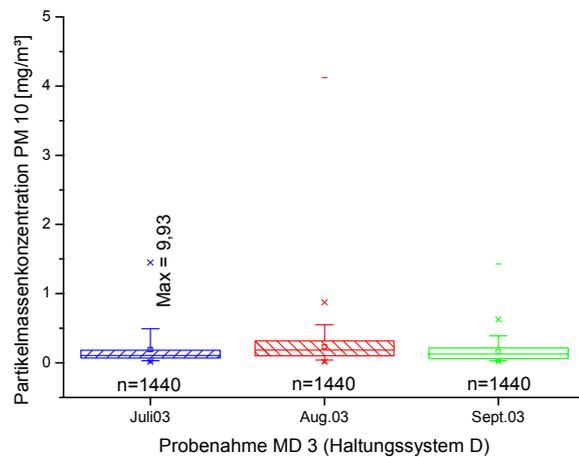


Abbildung 3-124: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 3

Die *Konzentration an CO₂* in den verschiedenen Haltungssystemen und Mastdurchgängen werden in den Abbildungen 3-125 bis 3-132 dargestellt. Abbildung 3-125 und Abbildung 3-126 zeigen vor allem zum dritten Messzeitpunkt des MD 1 sowohl in Haltungssystem A also auch in B eine Erhöhung der CO₂-Konzentration. Ursächlich für den CO₂-Konzentrationsanstieg in MD 1 unter Winterbedingungen war die Lüftungssteuerung, bei der zwar im Laufe des Mastdurchgangs die Temperatur abgesenkt und der Volumenstrom erhöht wurde, was jedoch bei dieser Witterung im Vergleich zu Frühjahr- oder Sommerbedingungen nur zu einem verhältnismäßig geringen Anstieg der Luftwechselrate in Gegensatz zu MD 2 führte (Abb. 3-127 und 3-128). Im Verlauf des MD 2 sank sich die Konzentration an CO₂ in beiden Haltungssystemen wieder ab (Abb. 3-127 und 3-128), da im Mai bereits hohe Außentemperaturen herrschten und daher für das Einhalten der Solltemperatur von 16°C am Mastende hohe Luftwechselraten benötigt wurden.

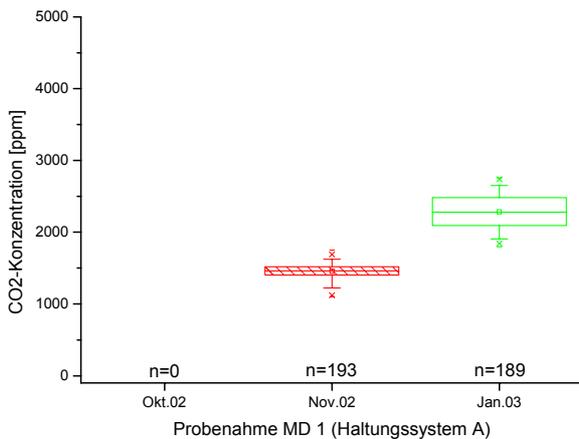


Abbildung 3-125: CO₂-Konzentration im Haltungssystem A (Abteil 1) im Mastdurchgang 1
Messung „Okt. 02“ Datenausfall

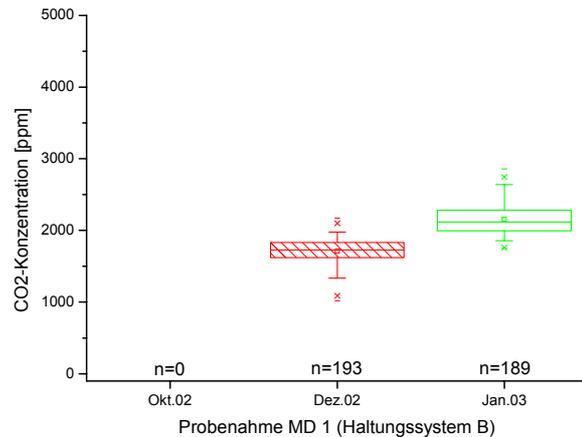


Abbildung 3-126: CO₂-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 1
Messung „Okt. 02“ Datenausfall

In den Abbildungen 3-127 bis 3-132 werden zwischen den Mastdurchgängen und Haltungssystemen keine nennenswerten Unterschiede außer dem bereits oben beschriebenen CO₂-Anstieg bei der „April03Ende“ Messung sichtbar (vgl. Abb. 3-127). Es ist zu beobachten, dass die Haltungssysteme C und D tendenziell eine niedrigere CO₂-Konzentration aufwiesen, als die Haltungssysteme A und B. Die Tatsache, dass der Grenzwert von 3000 ppm nicht oder nur marginal überschritten wurde (Abb. 3-127, 128, 132) zeigt, dass in allen Systemen in der Regel ein ausreichender Luftwechsel vorhanden war.

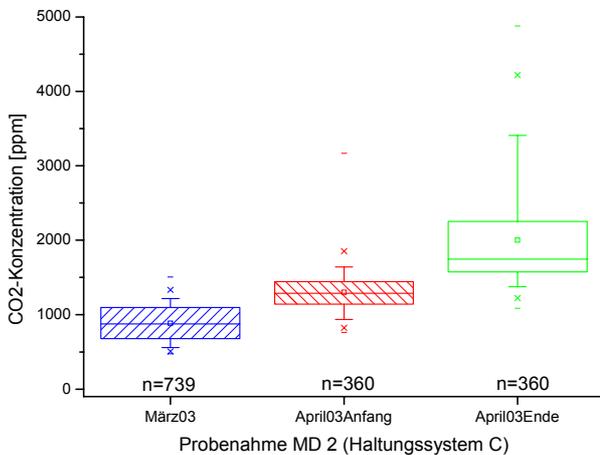


Abbildung 3-127: CO₂-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 2

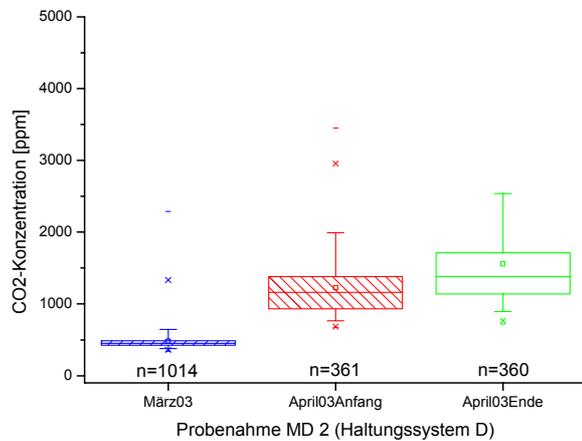


Abbildung 3-128: CO₂-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 2

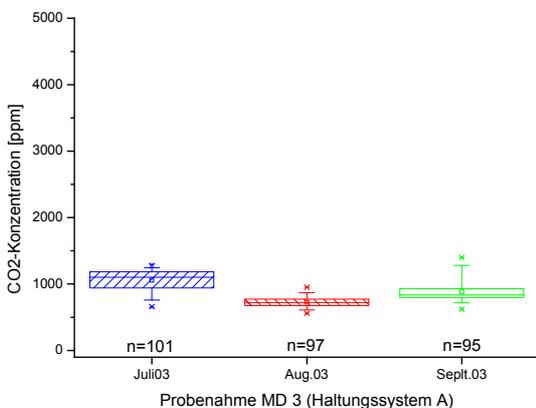


Abbildung 3-129: CO₂-Konzentration im Haltungssystem A (Abteil 2) im Mastdurchgang 3

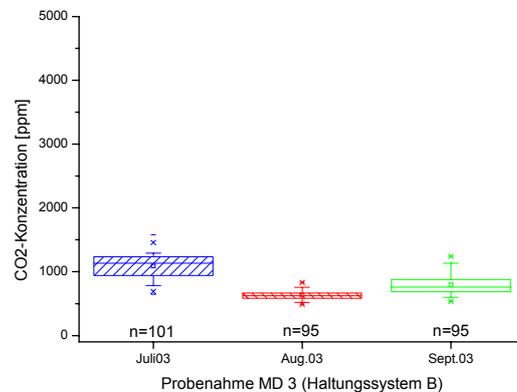


Abbildung 3-130: CO₂-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 1) im Mastdurchgang 3

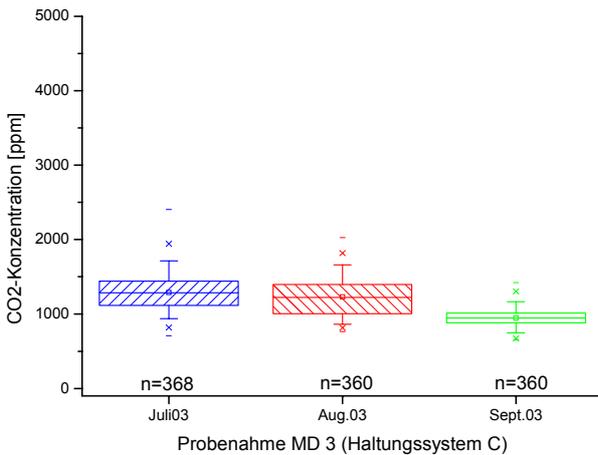


Abbildung 3-131: CO₂-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 3

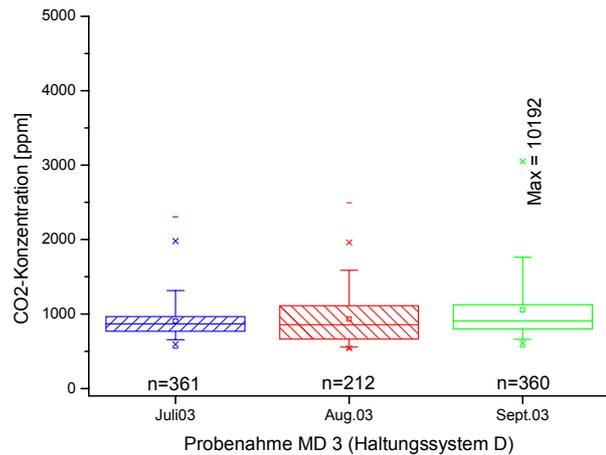


Abbildung 3-132: CO₂-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 3

Die Abbildungen 3-133 bis 3-142 veranschaulichen die *Konzentration an NH₃* in den verschiedenen Haltungssystemen. In den Abbildungen 3-133 und 3-134 zeigt sich im Mastverlauf des MD 1 bei den Haltungssystemen A und B der selbe Effekt wie für CO₂ in den Abbildungen 3-123 und 3-124. Es war ein Anstieg der NH₃-Konzentration zum Mastende hin zu beobachten. Im Winter herrschte durch den abgesenkten Volumenstrom eine niedrige Luftrate im Stallinnenraum. Dies führte zu erhöhten CO₂- und NH₃-Konzentrationen. In den Abbildungen 3-135 und 3-136 dagegen war im MD 2 in beiden Haltungssystemen die höchste Konzentration an NH₃ jeweils zur Mastmitte zu verzeichnen.

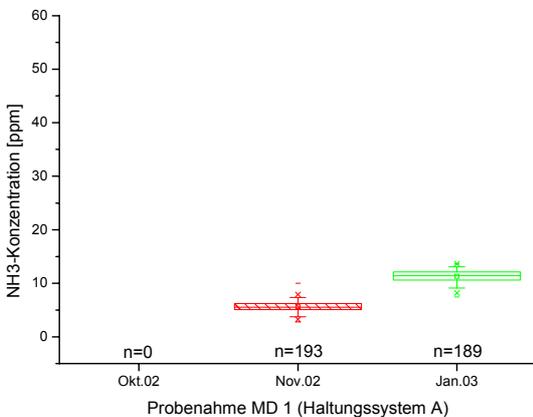


Abbildung 3-133: NH₃-Konzentration im Haltungssystem A (Abteil 1) im Mastdurchgang 1
Messung „Okt. 02“ Datenausfall

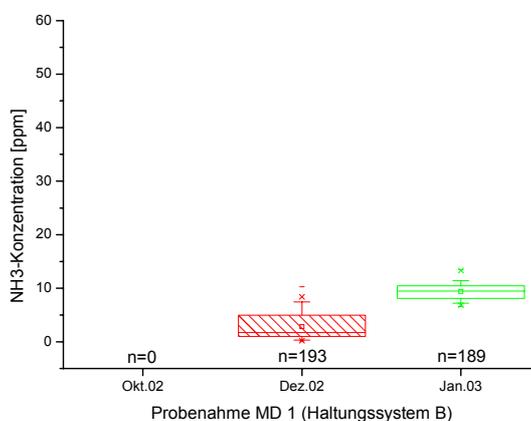


Abbildung 3-134: NH₃-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 1
Messung „Okt. 02“ Datenausfall

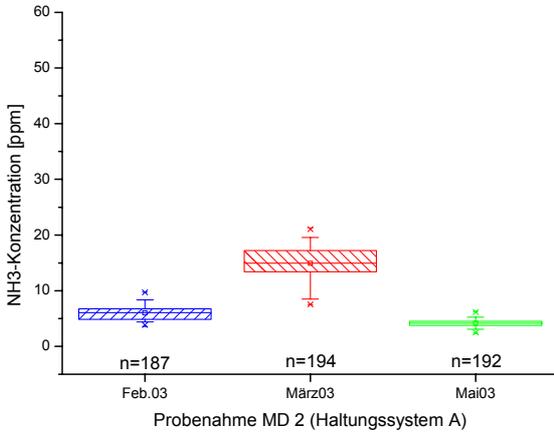


Abbildung 3-135: NH₃-Konzentration im Haltungssystem A (Abteil 1) im Mastdurchgang 2

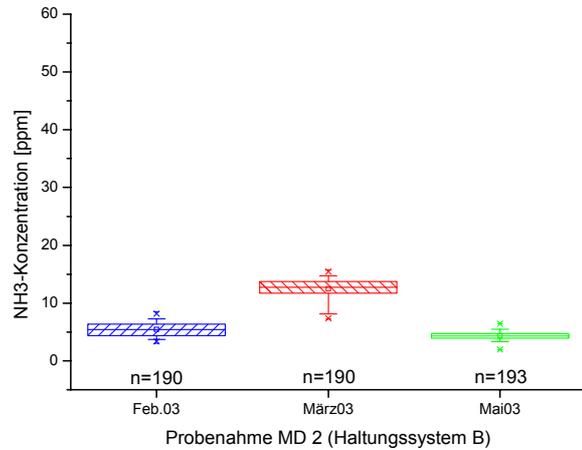


Abbildung 3-136: NH₃-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 2

Im Haltungssystem C konnten für die letzte Messung im MD 2 deutlich erhöhte Werte und eine vergrößerte Spannweite der NH₃-Konzentration registriert werden (Abb. 3-137); an dieser Stelle ist auf die Ähnlichkeit der Beobachtungen bei CO₂ und CH₄ hinzuweisen (Abb. 3-147). Die mögliche Ursache hierfür war die in Abbildung 3-91 bereits diskutierte Verzögerung bei der Anpassung der manuellen Lüftung an die Außentemperaturen. Abbildung 3-138 zeigt für das Haltungssystem D im MD 2 über alle Messzeitpunkte hinweg ein sehr niedriges Niveau der NH₃-Konzentration.

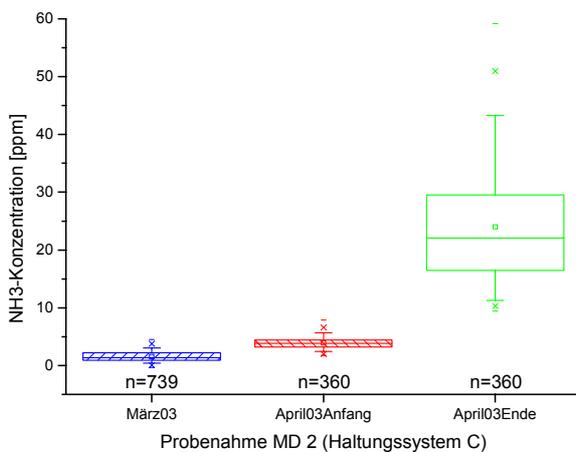


Abbildung 3-137: NH₃-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 2

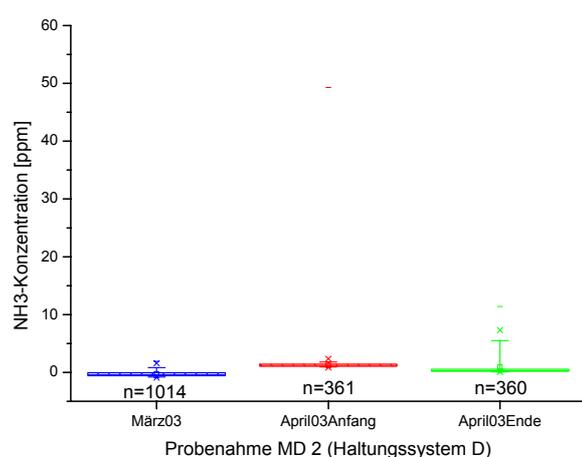


Abbildung 3-138: NH₃-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 2

Im MD 3 (Abb. 3-139 bis 3-142) war für alle vier Haltungssysteme im Allgemeinen keine große Variation der Werte zu beobachten. Dies kann wiederum als ein Hinweis auf einen ausreichenden Luftwechsel insbesondere in Haltungssystem D in den Sommermonaten gedeutet werden. Lediglich im Haltungssystem C (Abb. 3-141) war zum mittleren Messzeitpunkt ein leichter Anstieg der NH_3 -Konzentration und eine erhöhte Varianz zu erkennen, was wahrscheinlich auf die ungenügende Lüftungsanpassung zurückzuführen war.

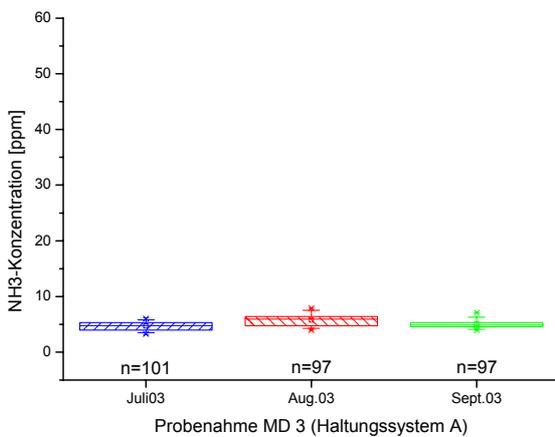


Abbildung 3-139: NH_3 -Konzentration im Haltungssystem A im Mastdurchgang 3

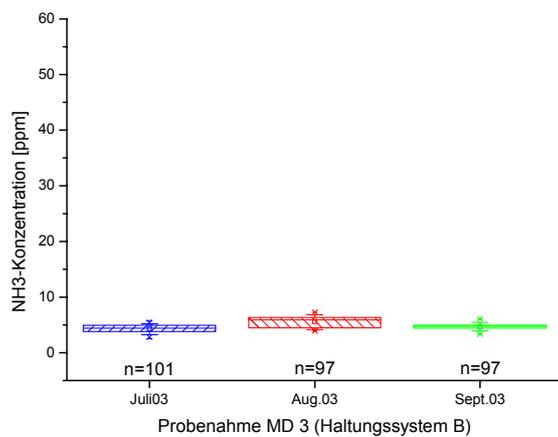


Abbildung 3-140: NH_3 -Konzentration im Haltungssystem B im Mastdurchgang 3

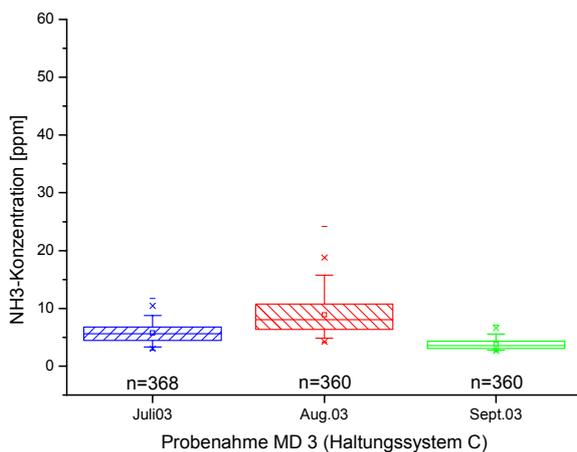


Abbildung 3-141: NH_3 -Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 3

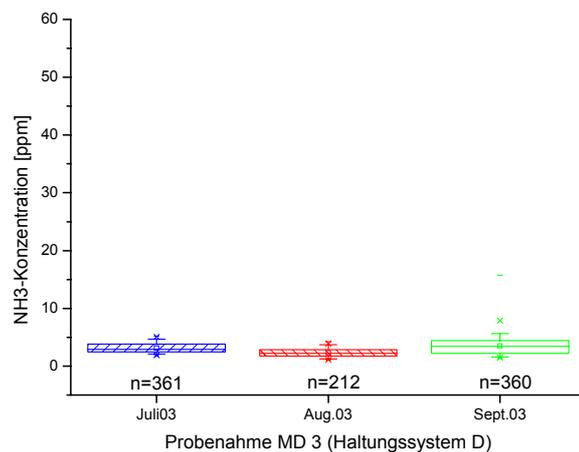


Abbildung 3-142: NH_3 -Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 3

In den Abbildungen 3-143 bis 3-152 ist die *Konzentration an CH₄* in den verschiedenen Haltungssystemen und Mastdurchgängen dargestellt. Die Haltungssysteme A und B zeichneten sich durch durchweg niedrigere CH₄-Konzentrationen als in den Systemen C und D aus (Abb. 3-143 bis 3-146 und Abb. 3-149 und 3-150).

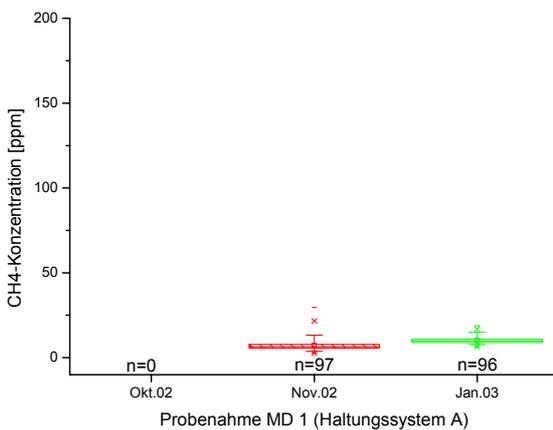


Abbildung 3-143: CH₄-Konzentration im Haltungssystem A (Abteil 1) im Mastdurchgang 1
Messung „Okt. 02“ Datenausfall

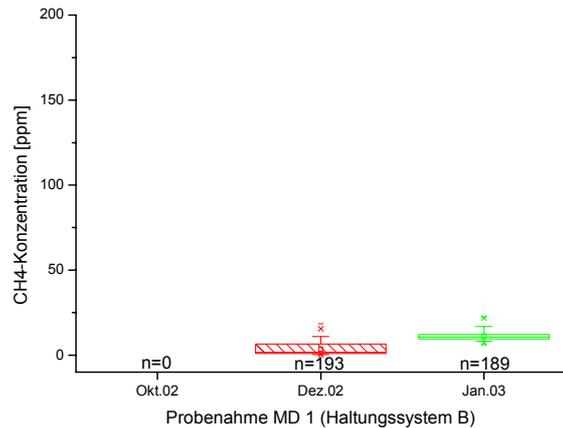


Abbildung 3-144: CH₄-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 1
Messung „Okt. 02“ Datenausfall

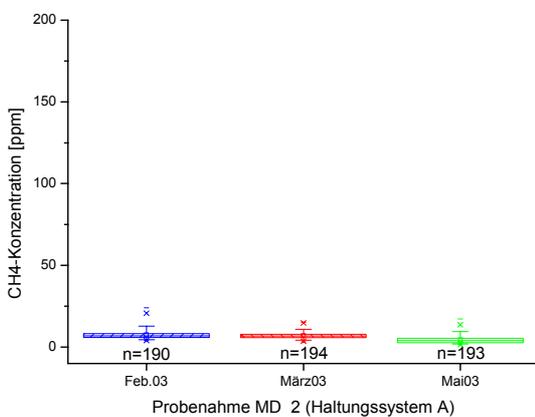


Abbildung 3-145: CH₄-Konzentration im Haltungssystem A (Abteil 1) im Mastdurchgang 2

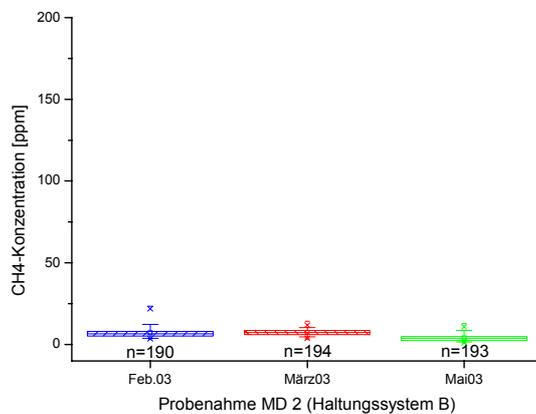


Abbildung 3-146: CH₄-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 2

Es ist zu beobachten, dass im MD 2 in den Haltungssystemen C und D CH₄-Konzentrationen bis zu 200 ppm gemessen wurden (Abb. 3-147 und 3-148; Messung „April03Ende“). Der Großteil der CH₄-Messungen in den Haltungssystemen C und D zeigte CH₄-Wertebereiche bis zu 30 ppm bis max. 50 ppm (Abb. 3-151 und 3-152). In

den Abbildungen 3-143 und 3-144 sieht man für den MD 1 in den Haltungssystemen A und B einen minimalen Anstieg der CH₄-Konzentrationen zum Mastende hin, ähnlich wie bereits für CO₂ und NH₃ (vgl. Abb. 3-123 und 3-124 bzw. 3-133 und 3-134). Abbildung 3-145 und 3-146 (MD 2) wiederum zeigen einen leichten Rückgang der Konzentration im Verlauf der Mast wie bereits für CO₂ (vgl. Abb. 3-125 und 3-126). Für den MD 2 wurde in den Haltungssystemen C und D zuerst ein starker Rückgang zum zweiten Messzeitpunkt und anschließend ein starker Anstieg der CH₄-Konzentrationen bei der letzten Messung in diesem Beobachtungszeitraum ermittelt. Diese Beobachtung wurde ebenfalls für NH₃ im Haltungssystem C gemacht (vgl. Abb. 3-137) und hatte ihre Ursache eventuell in einer nicht an die Außentemperaturen angepasste Lüftungseinstellung. Wie die Abbildungen 3-149 bis 3-152 zeigen, waren im Allgemeinen keine nennenswerten Unterschiede im CH₄-Wertebereich (vgl. Abb. 3-90) zu erkennen. Dies lässt darauf schließen, dass der in Abbildung 3-147 und 3-148 erkennbare starke CH₄-Anstieg wahrscheinlich durch die kurzfristige Temperaturerhöhung in Verbindung mit einer niedrigen Luftwechselrate verursacht wurde.

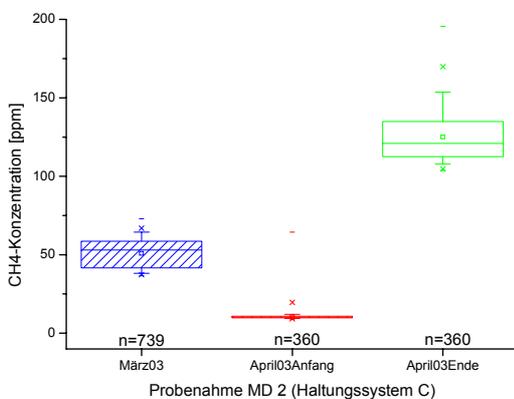


Abbildung 3-147: CH₄-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 2

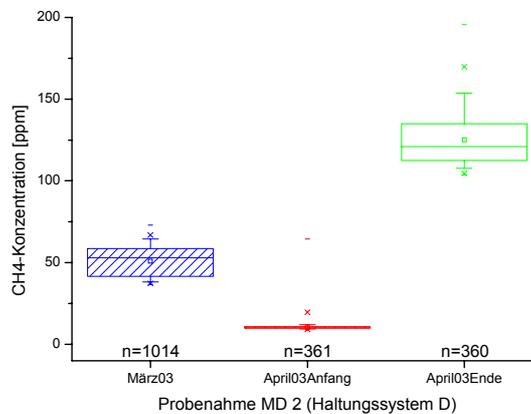


Abbildung 3-148: CH₄-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 2

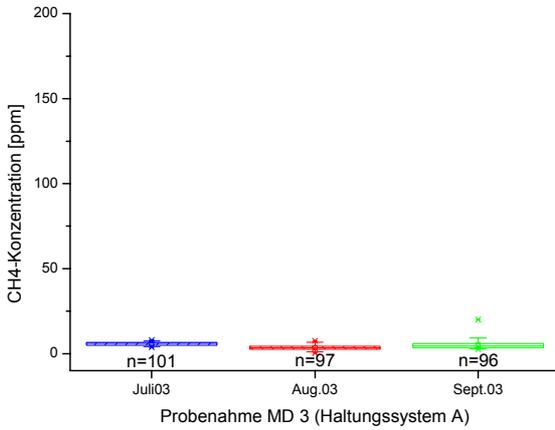


Abbildung 3-149: CH₄-Konzentration im Haltungssystem A (Abteil 2) im Mastdurchgang 3

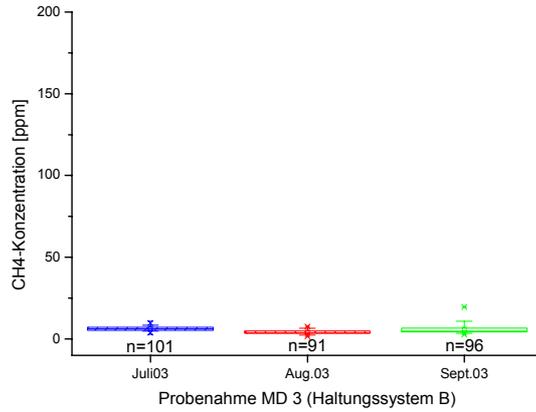


Abbildung 3-150: CH₄-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 1) im Mastdurchgang 3

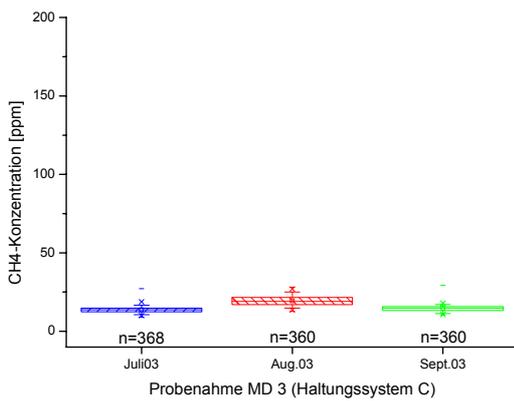


Abbildung 3-151: CH₄-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 3

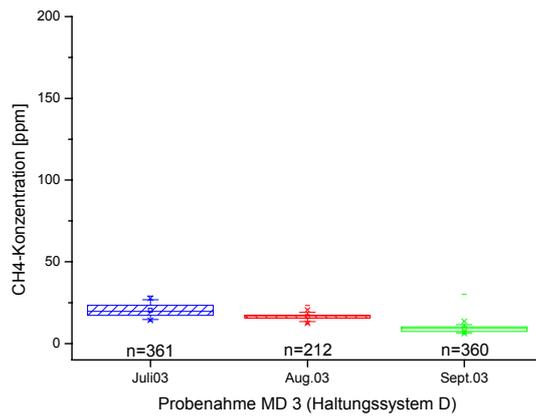


Abbildung 3-152: CH₄-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 3

3.3 Ergebnisse für den Bereich Tiergesundheit

3.3.1 Schlachthof

3.3.1.1 Befunde an Organ und Tierkörper

Die Organbefunde aller untersuchten Tiere der Ställe A, B, C, und D aus dem 2. und 3. Durchgang sind in Abbildung 3-153 dargestellt. Im Vergleich der Organbefunde sind vor allem die Befunde an der Leber und der Lunge dominant. Insgesamt 29 Schweine (36,43%) zeigten Veränderungen der Leber, welche auf einen Befall mit Parasiten hindeuten, 36 Schweine (45%) zeigten geringgradige bis hochgradige Veränderungen an der Lunge, die auf Pneumonien hinweisen. Die Herzbeutel- und Brustfellentzündungen sind im Zusammenhang mit den Pneumonien zu sehen. Die ermittelten Darmentzündungen sowie Gelenk- und Hautveränderungen beschränkten sich auf Einzelbefunde.

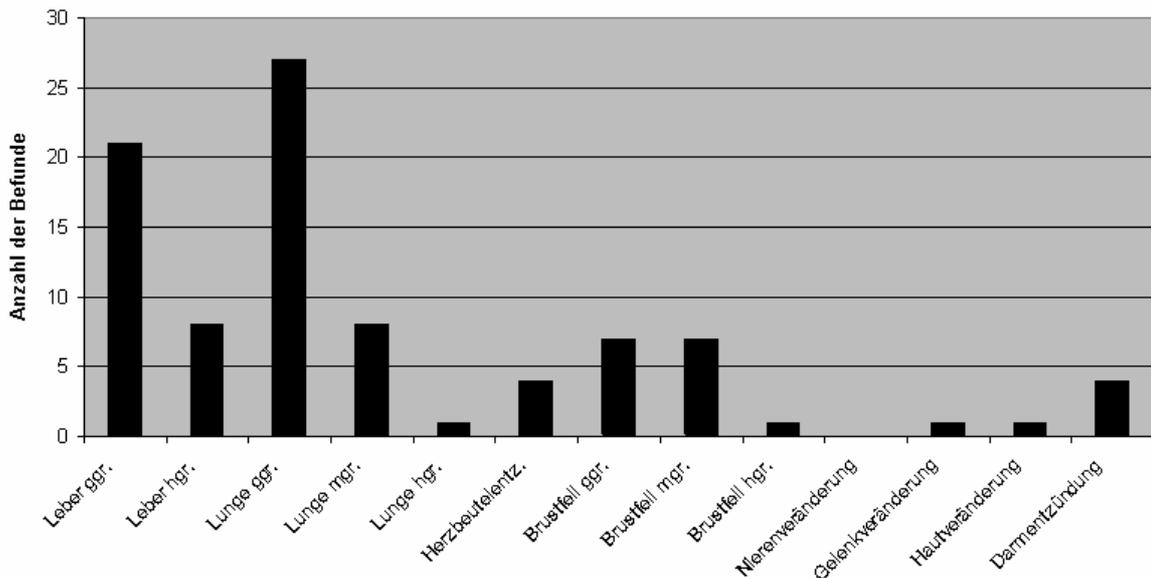


Abbildung 3-153: Gesamtbefunde aller untersuchten Tiere (n=80, mehrere Befunde pro Tier möglich) aus Stall A, B, C und D in den Durchgängen 2 und 3

Ein Vergleich der Ställe A, B, C und D während des 2. Mastdurchgangs (Abb. 3-154) zeigt eine Häufung der Leberbefunde in den Betrieben C und D. Im Stall A hatten 5 Tiere Lungenbefunde, mit Tendenz zu mittelgradigen bis hochgradigen Veränderungen. Stall B hatte 4 Tiere mit Lungenbefunden, welche aber als geringgradige Veränderungen einzustufen waren. Im Stall C traten ebenfalls bei 5 Tieren Lungenveränderungen auf, die alle als geringgradig beurteilt wurden. Im Stall D traten insge-

samt 7 Fälle von Lungenveränderungen im geringgradigen bis mittelgradigen Bereich auf. Einzelne Befunde traten als Herzbeutelentzündung oder Gelenkveränderungen auf.

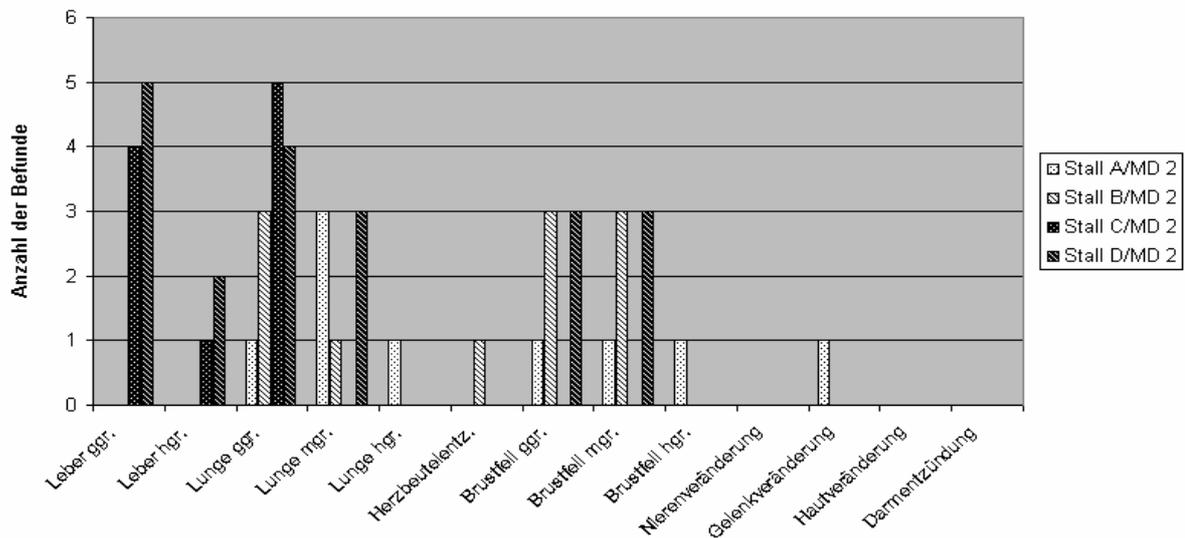


Abbildung 3-154: Vergleichende Darstellung der pathologischen Befunde der Tiere (n=10 Tiere pro Betrieb, mehrere Befunde pro Tier möglich) der Ställe A, B, C und D für den 2. Durchgang

Im Vergleich des 3. Mastdurchgangs (Abb. 3-155) waren die Leberbefunde ebenfalls auf die Betriebe C und D beschränkt. Hinsichtlich der Lungenbefunde zeigte der Stall D mit 9 Veränderungen im geringgradigen Bereich die höchste Anzahl an Befunden. Stall B wies keine Befunde an den Lungen auf. In Stall A und C traten nur vereinzelt geringgradige Befunde auf. Zusätzliche vereinzelt aufgetretene Befunde waren Herzbeutelentzündungen, Darmentzündungen und Hautveränderungen.

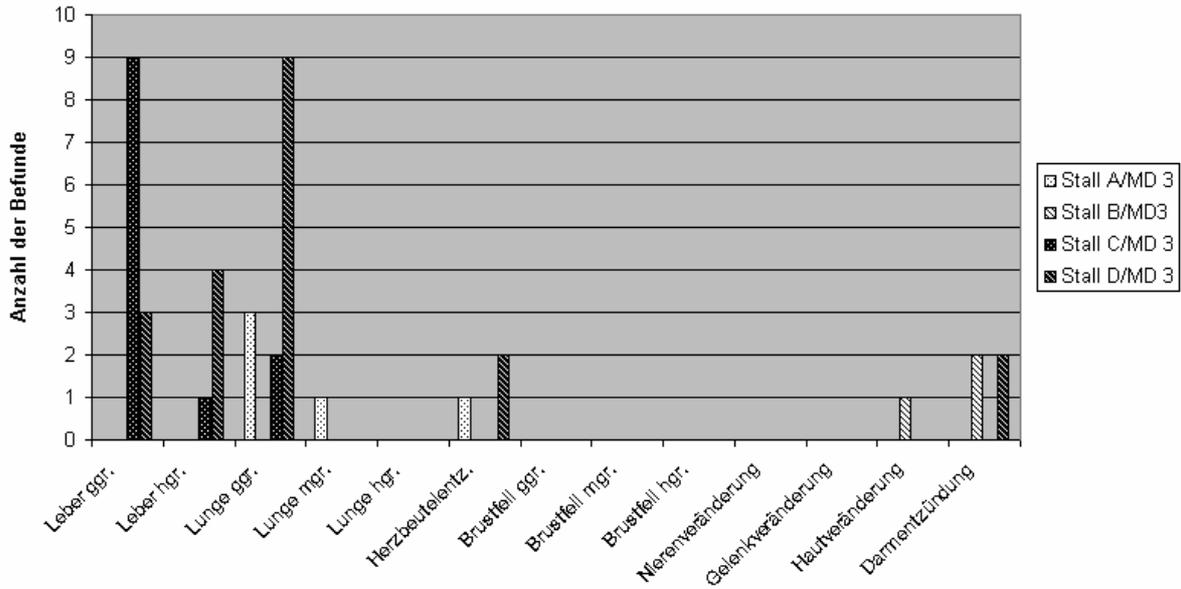


Abbildung 3-155: Vergleichende Darstellung der pathologischen Befunde der Tiere (n=10 Tiere pro Betrieb, mehrere Befunde pro Tier möglich) der Ställe A, B, C und D für den 3. Mastdurchgang

Im Vergleich der Mastdurchgänge 2 und 3 (Abb.3-156), welche zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführt wurden, zeigte sich in allen 4 Betrieben im dritten Durchgang (Sommer) eine tendenziell bessere Lungengesundheit. Der Betrieb D wies im Mittel eine höhere Inzidenz von pathologischen Lungenbefunden auf als die Betriebe A, B und C.

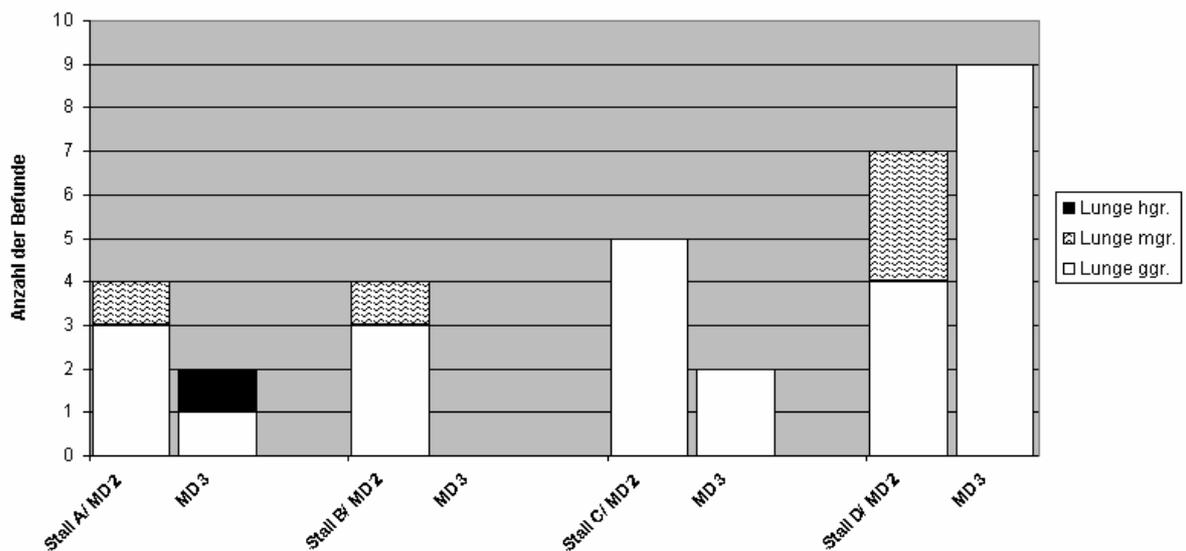


Abbildung 3-156: Gegenüberstellung der pathologischen Lungenbefunde (n=80 Tiere, nur ein Befund pro Tier möglich) der Ställe A, B, C und D während der Durchgänge 2 (Winter/Frühjahr) und 3 (Sommer/Herbst).

3.3.1.2 Kategorische Bewertung der Organ- und Tierkörperbefunde

Im Befundschlüssel von BLAHA & NEUBRAND (1994) (Tabelle 3-16), wird vor allem der Komplex der Lungengesundheit anhand der Lungen-, Brustfell- und Herzbeutelveränderungen bewertet. Die Auswertung der Leberbefunde fließt nicht in den Schlüssel mit ein (Bewertungsschlüssel siehe Anhang A1). Es waren nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Ställen und Mastdurchgängen zu erkennen. Lediglich die Tiere aus Stall B zeigten eine kontinuierliche Verbesserung der Gesundheit vom 1. hin zum 3. Mastdurchgang.

Bewertung	Stall A	Stall B	Stall C	Stall D
1. Durchgang	Gut (4 Punkte)	Mäßig (8 Punkte)	--	--
2. Durchgang	Gut (6 Punkte)	Gut (6 Punkte)	Sehr gut (0 Punkte)	Gut (6 Punkte)
3. Durchgang	Gut (4 Punkte)	Sehr gut (0 Punkte)	Sehr gut (0 Punkte)	Gut (4 Punkte)

Tabelle 3-16: Befundschlüssel nach BLAHA & NEUBRAND, 1994, mögliche Punktzahl 16

Der nach PIQ (1995) (Tabelle 3-17) modifizierte Befundschlüssel von BLAHA & NEUBRAND (1994) berücksichtigt auch die Leberbefunde. Die Ställe A, B und C zeigten nur geringe Unterschiede in der Bewertung der Tiergesundheit. Die Ställe A und B zeigten eine leicht verbesserte Befundung im 3. Mastdurchgang. Der Stall D fiel in allen Durchgängen mit einer schlechten Beurteilung der Tiergesundheit auf.

Bewertung	Stall A	Stall B	Stall C	Stall D
1. Durchgang	Sehr gut (4 Punkte)	Gut (8 Punkte)	--	--
2. Durchgang	Gut (6 Punkte)	Gut (6 Punkte)	Gut (6 Punkte)	Schlecht (14 Punkte)
3. Durchgang	Sehr gut (4 Punkte)	Sehr gut (0 Punkte)	Gut (8 Punkte)	Schlecht (12 Punkte)

Tabelle 3-17: Befundschlüssel BLAHA & NEUBRAND (1994) modifiziert nach PIQ, 1999, mögliche Punktzahl 24

3.3.2 Analyse auf Antikörper gegen Erreger von Atemwegserkrankungen

Untersucht wurden Antikörper gegen Krankheitserreger, die für Erkrankungen der Atemwege relevant sind. Zur Beurteilung des Infektionsgeschehens in den untersuchten Betrieben wurden die Anzahl der Tiere mit einem positiven Antikörpertiter, d.h. einem Antikörpertiter, der auf eine Infektion mit dem jeweiligen Erreger beruht, verglichen. Abbildung 3-157 stellt die Situation für den Mastdurchgang 2 dar.

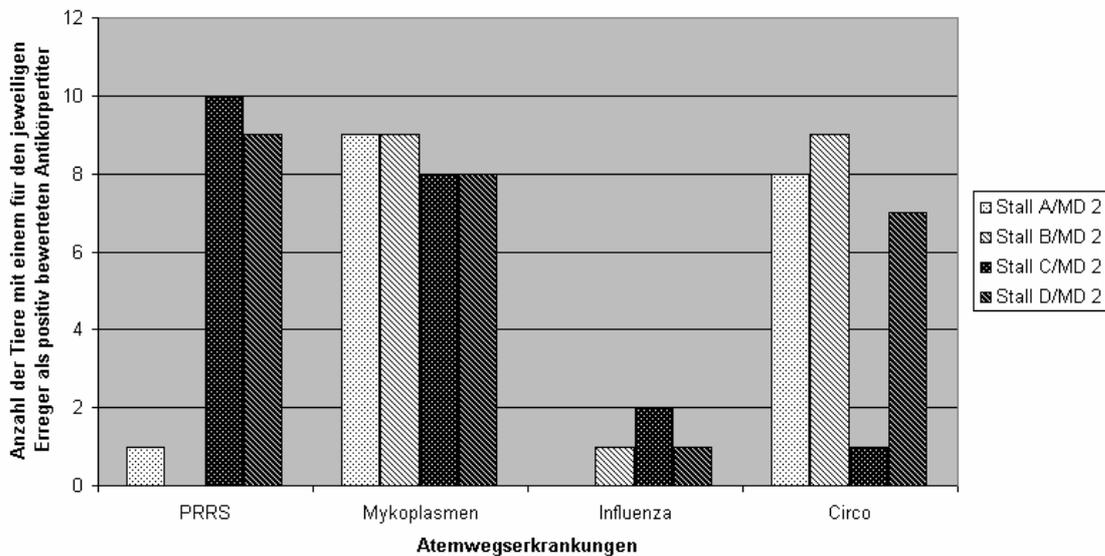


Abbildung 3-157: Vergleichende Darstellung der Betriebe A, B, C und D, im 2. Durchgang, im Hinblick auf die Inzidenz von Antikörpern gegen PRRS, Mycoplasmen, Influenza und Circo-Viren innerhalb der Tiergruppen.

PRRS:

Die Betriebe A und B zeigten keinen relevanten Antikörpertiter, welcher auf ein Infektionsgeschehen auf den Betrieben hinweisen könnte. Die Betriebe C und D wiesen Antikörpertiter der oberen Reaktionsklassen (3 – 5) auf, die auf ein akutes Geschehen in den Betrieben hinweisen (OHLINGER, 2003, mündliche Auskunft). Grundsätzlich kann PRRS bei Mastschweinen symptomlos verlaufen.

Mycoplasmen:

Alle Bestände zeigten einen Antikörpertiter, der auf eine Infektion mit Mycoplasmen hinweist. Die Antikörpertiter zur Zeit der Schlachtung waren nicht auf eine während der Ferkelaufzucht durchgeführte Impfung (wie in den Betrieben A, B und D durchgeführt) zurückzuführen (OHLINGER, 2003, mündliche Auskunft).

Influenza:

Die Befunde begründen keinen relevanten Verdacht im Hinblick auf eine Influenza-Infektion.

Circo-Virus:

Bis auf Betrieb C zeigten alle Bestände hohe Antikörpertiter ($\geq 1:1280$) gegen Circo-Virus, die auf ein aktuelles Geschehen hinweisen (OHLINGER, 2003, mündliche Auskunft). Circo-Virus kann vor allem in Kombination mit weiteren Erregern, insbesondere mit PRRS-Viren, für klinische Erkrankungen der Atemwege auslösend sein.

In Abbildung 3-158 wird das Infektionsgeschehen während des 3. Mastdurchgangs verglichen.

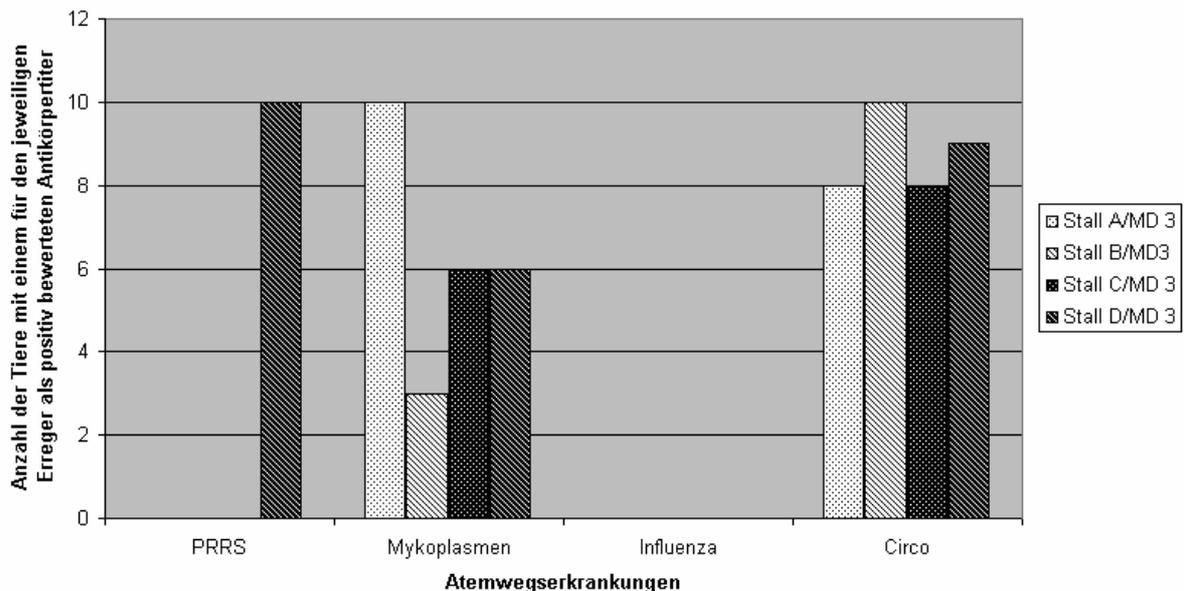


Abbildung 3-158: Vergleichende Darstellung der Betriebe A, B, C und D, im 3. Durchgang, im Hinblick auf die Inzidenz von Antikörpern gegen PRRS, Mycoplasmen, Influenza und Circo-Viren innerhalb der Tiergruppen.

PRRS:

Ausschließlich der Betrieb D wies positive Befunde auf Antikörper gegen PRRS auf.

Mycoplasmen:

In allen Ställen hatten Schweine Kontakt zu Erregern der Enzootischen Pneumonie.

Influenza:

Es waren in keinem der untersuchten Schweine Antikörper gegen Influenza-Viren nachzuweisen.

Circo-Virus:

Nahezu alle der untersuchten Tiere hatten einen Antikörpertiter $\geq 1:1280$, welcher als positiv im Sinne einer erfolgten Circo-Virusinfektion anzusehen ist.

3.3.3 Parasitologische Untersuchung der Kotproben

Für die **Betriebe A und B** ergab die Untersuchung der Kotproben für alle Durchgänge ein komplett negatives Ergebnis. Dieser Befund befindet sich in Übereinstimmung mit den Organbefunden. Beide Betriebe hatten keine Anzeichen von Leberbefunden in Form von „Milk spots“, welche auf Parasitenbefall hindeuten würden.

Die Schweine von **Betrieb C** hatten im zweiten Durchgang bei allen untersuchten Kotproben eine vereinzelte bis mäßige Ausscheidung von Kokzidienoozysten und Spulwurmeiern. Die Ausscheidung von Magen-Darmstrongylideneiern (MDS) war mäßig bis stark. Vereinzelt waren *Trichuris suis* im Kot nachzuweisen. Im dritten Durchgang wurde eine mäßige Ausscheidung von Eiern von Magen-Darmstrongyliden und vereinzelte bis mäßige Ausscheidung von Spulwurmeiern nachgewiesen. Die vor allem von *Ascaris suum* hervorgerufenen „Milk spots“ in der Hälfte der Lebern bei Durchgang 2 und allen Lebern der geschlachteten Tiere bei Durchgang 3 bestätigten dieses Ergebnis.

Der **Betrieb D** zeigte nur im zweiten Durchgang vereinzelte bis mäßige Ausscheidung von Magen-Darmstrongylideneiern und Spulwurmeiern bei allen untersuchten Kotproben der Schweine. In den Kotproben des 3. Mastdurchgangs konnten keine Parasiteneier nachgewiesen werden. Sogenannte „Milk spots“ waren allerdings bei den Schlachtterminen beider Durchgänge in 70% der Lebern nachzuweisen.

Die folgende Tabelle 5 gibt eine Zusammenfassung der parasitologischen Untersuchungen während den beiden Mastdurchgängen in den einzelnen Ställen wieder.

	Ascaris suum	Magen-Darm-Strongyliden (MDS)	Trichuris suis	Kokzidien
Stall A, MD 2/3	10 x negativ	10 x negativ	10 x negativ	10 x negativ
Stall B, MD 2/3	10 x negativ	10 x negativ	10 x negativ	10 x negativ
Stall C, MD 2	1 x +++	3 x +++	2 x +	3 x ++
	2 x ++	2 x +	3 x negativ	2 x +
	2 x +			
Stall C, MD 3	Negativ	4 x +++	2 x +	negativ
		1 x ++		
Stall D, MD 2	1 x ++	2 x ++	5 x negativ	5 x negativ
	3 x +	3 x +	5 x negativ	5 x negativ
	1 x negativ			
Stall D, MD 3	5 x negativ	5 x negativ	5 x negativ	5 x negativ

Tabelle 3-18: Ergebnisse der parasitologischen Kotuntersuchung. Zeichenerklärung: + vereinzelte Ausscheidung, ++ mäßige Ausscheidung, +++ starke Ausscheidung von Parasiteneiern bzw. Oozysten.

3.3.4 Futteranalyse

Die Ergebnisse der Futteranalysen wurden bereits im Kapitel 3.2.1 aufgeführt. Es sei an dieser Stelle nochmals festgehalten, dass die Versorgung mit Rohfaser und Energie bei allen Betrieben während des gesamten Versuches etwa auf gleichem Niveau lag (Tabelle 3-13). Große Unterschiede bestanden allerdings in der Versorgung mit Rohprotein. Während die Ställe A und B im Schnitt 155 bzw. 153 g/kg FM in ihrer Futtermischung hatten, lag der Stall C mit 125 bzw. 121 g/kg FM und der Stall D mit nur 102 bzw. 111 g/kg FM deutlich darunter.

Die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 1987) sieht für Einzel- und Mischfuttermittel als Alleinfuttermittel für Mastschweine von etwa 35 kg an folgende Normwerte vor: Rohprotein mindestens 15,5% der Frischmasse, Rohfaser maximal 6% der Frischmasse, Energie mindestens 12,5 MJ ME / kg Frischmasse.

In den Betrieben C und D lag entsprechend eine deutliche Unterversorgung mit **Rohprotein** vor allem zu Beginn der Mast vor.

3.4 Diskussion

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens wurden die Bereiche Arbeits-, Tier- und Umweltschutz über eine Fülle von Parametern beschrieben. Dies ermöglichte zum einen die Darstellung der Bandbreite möglicher Belastungen für Tier und Mensch in verschiedenen Systemen der Schweinemast. Zum anderen wurde erstmals die vergleichende Auswertung der Parameter aus den drei genannten Bereichen in der Zusammenschau verschiedener Haltungssysteme möglich.

3.4.1 Material und Methoden

Die vier untersuchten Haltungssysteme für Mastschweine (Systeme A bis D), welche ohne Stroh (Systeme A und B) und mit Stroh (Systeme C und D) als Einstreumaterial betrieben wurden, stellen repräsentative praxistypische Stallbaulösungen dar (vgl. Tabelle 1-1).

Die *Haltungssysteme A und B* entsprechen den BVT-Kriterien sowie weitestgehend den Anforderungen des vorliegenden Entwurfs der Ergänzung der Tierschutznutztierhaltungsverordnung für Schweine (TIERSCHNUTZV, 2003). Der Einsatz von Stroh beschränkt sich bei diesen beiden Systemen, die keine getrennten Klimabereiche aufweisen, ausschließlich auf die Nutzung als Beschäftigungsmaterial, welches den Mastschweinen mittels Beschäftigungsautomaten (Porky-Play; STUBBE, 2000) zur Verfügung gestellt wird (Tabelle 3-19).

Beim *Haltungssystem C* handelt es sich um eine typische Umnutzung eines Altgebäudes als Tiefstreustall für Mastschweine, der wie die Haltungssysteme A und B ohne getrennte Klimabereiche betrieben wird (Tabelle 3-19).

Haltungssystem D entspricht den Anforderungen der EG-Öko-Verordnung (EG-ÖKO-VERORDNUNG, 2003). Er verfügt über getrennte Klimabereiche, in denen Stroh als Einstreu verwendet werden (Tabelle 3-19). Zusätzlich wird in diesem Haltungssysteme eine ausgesprochen gute Trennung der Funktionsbereiche (Nahrungsaufnahme, Ruhen, Aktivität, Ausscheidung) erreicht, da der Kotbereich im Außenbereich des Stalles liegt.

Ein die Stallinnenraumsituation (d.h. die Stallluftqualität) entscheidend beeinflussender Unterschied zwischen den Systemen A/B und C/D ist die Art und Ausführung der Lüftungssysteme. Die Systeme A und B waren mit einer nach DIN 18910 dimensio-

nierten Zwangsbelüftung ausgestattet, wohingegen es sich bei C und D um grundsätzlich frei belüftete Ställe handelte (Tabelle 3-19). System C kann jedoch, ursächlich durch die Umnutzung eines Altbaus, nur sehr bedingt als ein typischer frei belüfteter Stall eingeordnet werden. Der Luftaustausch konnte hier nur durch das Kippen bzw. Herausnehmen einiger Fenster beeinflusst werden. Es war keine Decken- und/oder Firstöffnung vorhanden, welche die Abführung der warmen und verbrauchten Stallluft unterstützt. Bei System D hingegen handelte es sich um einen Stall mit einer nach guter fachlicher Praxis ausgeführten Lüftung, deren einwandfreie Funktion durch die Standortwahl und die angepasste Stallausrichtung unterstützt wurde.

Die in den untersuchten Haltungssystemen verwendeten *Fütterungssysteme* spiegeln ebenso wie die Anzahl der Fütterungsphasen und die entsprechenden Futterzusammensetzungen das typische breite Spektrum der Praxisbedingungen wider (vgl. Tabelle 3-14 und Tabelle 3-19). Die Ergebnisse der durchgeführten *Futtermittelanalyse* zeigen eine deutliche Unterversorgung mit Rohprotein in den Betrieben C und D. Dies stellt einen weiteren die Stallluftqualität deutlich beeinflussenden Unterschied zwischen den untersuchten Systemen A/B und C/D dar (vgl. Kapitel 3.4.2).

Da das Management der vier untersuchten Systeme unterschiedlich war (A und B werden Rein-Raus und C und D kontinuierlich mit Mastschweinen belegt; vgl. Tabelle 3-19), konnten keine Systemdifferenzen in Abhängigkeit von definierten Tier-Lebendmassen bzw. unterschiedlichem Tieralter ermittelt werden.

Eine zusammenfassende vergleichende Übersicht der für die nachfolgende Ergebnisdiskussion wichtigsten Parameter der vier Haltungssysteme gibt Tabelle 3-19.

Hal- tungs- system	Strohein- satz	getrennte Klima- bereiche	Lüftung	Fütterung	Stallma- nage- ment
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 Tro- ckenfütterung*	Kontinu- ierlich
D	Minimal- Einstreu	ja	frei belüftet Außenklimastall	zweiphasige Trocken- und Breifütterung*	Kontinu- ierlich

Tabelle 3-19: Vergleichende Übersicht der vier untersuchten Haltungssysteme

*Futtermittelanalyse mit Rohproteinunterversorgung

Um Jahreszeit bedingte Effekte erfassen zu können, wurden pro System mindestens drei Messtage in der kalten (Mastdurchgang/MD 2) und drei in der warmen Jahreszeit (Mastdurchgang/MD 3) durchgeführt (vgl. Tabelle 1-1). Wie die Daten in den Tabellen ATab. 3-1 bis 3-13 zeigen, konnte durch die Auswahl der Messtermine diesen Anforderungen sehr gut entsprochen werden. Für die Haltungssysteme A und B liegen darüber hinaus jeweils noch drei weitere Messtermine vor (Mastdurchgang/MD 1).

Insbesondere durch die verschiedenen Standort- und lokalen Witterungsbedingungen, das unterschiedliche Stallmanagement (vgl. Tabelle 3-19) sowie der nur begrenzt möglichen Anzahl und Dauer an Messterminen bzw. Wiederholungen bedingt (punktuelle Messungen), können die ermittelten Daten für eine *Status-Quo-Beschreibung* der untersuchten Systeme sowie eine kritische Gesamtanalyse des im Verbundprojekt angewendeten Methodenspektrums herangezogen werden. Mit dem erarbeiteten Datenmaterial ist nur ein eingeschränkter Vergleich zwischen den vier untersuchten Haltungssystemen möglich. Grundsätzlich gelang es jedoch, im Hinblick auf die Rahmenbedingungen der Messungen repräsentative Messzeiträume auszuwählen: Die in den Stall- bzw. Abteilinnenräumen der vier untersuchten Haltungssysteme registrierten Lufttemperaturen und –feuchtegehalte (Abb. 3-85, 3-86, 3-91 – 3-98; Anhang ATab. 3-1 bis 3-13) bewegten sich in den in der entsprechenden Literatur beschriebenen, jahreszeit- und witterungsabhängigen Bandbreiten für zwangsbelüftete und frei belüftete Stallsysteme (vgl. Tabelle 1-5).

Die für die Untersuchungen im Hinblick auf den *Umweltschutz/Stallluftqualität* verwendeten Messgeräte und Abtastraten (vgl. Tabelle 2-4) und die festgelegte Anordnung der Messstellen und Messgeräte können insgesamt als geeignet beurteilt werden. Die insbesondere in den Haltungssystemen A und B aufgetretenen Datenverluste bei der Bestimmung der PM 10 Partikelmassenkonzentration konnten durch die höhere Anzahl an Messterminen (neun Messtage pro Haltungssystem A und B in Vergleich zu jeweils sechs Messtagen bei C und D; vgl. Tabelle 1-1) gut kompensiert werden. In wesentlicher Ergänzung zu den im Projektantrag beschriebenen Messparametern wurden für die Haltungssysteme A und B im Rahmen einer Projektzusammenarbeit mit dem DFG-Graduiertenkolleg „Klimarelevante Gase“ an der Universität Hohenheim eine Vielzahl weiterer Randparameter (wie z.B. Abluftvolumenstrom,

Tieraktivität, Tiergewicht; Futtermengen, Strohverbrauch, etc.) ermittelt. Auch die unter dem Aspekt des *Arbeitsschutzes* ausgewählten Erfassungsmethoden erwiesen sich als geeignet für die im Rahmen des Projektes zu bearbeitende Fragestellung. Insbesondere ließ sich durch die Kombination von personengetragenen und stationär durchgeführten Messungen die Grundbelastung mit luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen im Stall einerseits und die tätigkeitsbezogene Belastung des im Stall arbeitenden Menschen andererseits gut abbilden. Im Hinblick auf die *Tiergesundheit* wurde deutlich, dass durch das im Vergleich zum Projektantrag geänderte Vorgehen (vgl. Zwischenbericht und Kapitel 5) die erwünschten Parameter sehr gut abgebildet werden konnten. So wurde auf die Tupferproben verzichtet und stattdessen serologische Untersuchungen mit Bezug auf die Erreger *Mycoplasma hyopneumoniae*, PRRS-Virus, Influenza-Virus Typ A und Porcines Circovirus II (PCV2) durchgeführt.

3.4.2 Ergebnisse

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass sich die Belastungen (Schadgase, biologische Belastungen) und Beanspruchungen (Tiergesundheit) in den untersuchten Haltungssysteme nicht in dem Ausmaß unterschieden, wie dies als Ausgangspunkt für das Forschungsvorhaben formuliert wurde. Im Hinblick auf die Konzentrationen von Schadgasen, Staub und Mikroorganismen in der Stallluft ließ sich die Vermutung nicht erhärten, dass die Verwendung von Einstreu grundsätzlich zu höheren Belastungen der Stallluft führt. Allerdings ließ sich auf der Grundlage der vorliegend untersuchten Ställe auch nicht aufzeigen, dass die ökologischen Haltungssysteme mit einer besseren Tiergesundheit einher gehen. Gerade in letzterer Hinsicht muss festgehalten werden, dass die Schweine – wie aus der Literatur bekannt – in allen untersuchten Ställen in großem Umfang pathologische Befunde aufwiesen.

Angaben über die Häufigkeit von Lungenveränderungen bei diversen Erhebungen reichen von 0,7% (ELBERS et al., 1992) bis zu 80% (WOLF, 1986). Das Gesamtergebnis der eigenen Untersuchungen lag mit 45% innerhalb dieses Bereiches. Die Gegenüberstellung mit anderen Untersuchungen wird jedoch erschwert durch sehr unterschiedliche Methoden der Befunderhebung und Befunddefinition. Eine Vereinheit-

lichung der Erfassung sieht BLAHA (1995) als elementare Voraussetzungen für die Beurteilung der Bestandsgesundheit anhand von Organbefunden an.

Die in den Betrieben aufgetretenen Mischinfektionen führten zu unspezifischen Befunden an den Lungen. Diese lassen keine eindeutigen Rückschlüsse auf eine mögliche Verursachung durch die in den Ställen gemessene Schadgase und allgemeine mikrobiologische Belastungen zu. Als Ursache kommen unterschiedliche Faktoren in Betracht. Abhängig von Größe, Löslichkeit und Anatomie der luftführenden Wege können Partikel aller Art in den Respirationstrakt gelangen und dort einen Hustenreiz auslösen. Diese werden durch die Aktivität von Flimmerepithelien in kranialer Richtung zurück befördert oder gelangen im Inneren von freibeweglichen Zellen (z. B. Makrophagen) in Lymphknoten und andere Organe und führen dort zu Irritationen. Genauso können infektiöse Aerosole, bestehend aus Viren und Bakterien das 'Bronchus-associated lymphoid tissue' (BALT), das immunologische System der Schleimhäute aktivieren, welches vom Gesamtimmunsystem unterschieden wird. In Folge kann es zu einer Schädigung der Endothelzellen im Kapillarbereich kommen. Bakterienzerfallsprodukte entstehen erst nach Phagozytose durch Fresszellen und führen zu serofibrinösen Exsudationen in den Alveolar- und Bronchialraum. Im Experiment hemmt Ammoniak die Infektabwehr ab 50 ppm, klinisch bereits ab 20 ppm NH₃ (ZIMMERMANN & PLONAIT, 2001). Ebenso kommen dafür aber auch weitere immun-suppressive Faktoren wie Kältestress, belastende septikämische oder enterale Infektionen oder auch Transportstress oder Rangordnungskämpfe in Frage. In den Betrieben können diese Ursachen nur vermutet werden. Die Tatsache, dass sich das Niveau zwischen den Betrieben nur geringfügig unterscheidet, deutet darauf hin, dass vom Haltungssystem nicht die primäre Varianzursache ausgeht. Das Infektionsgeschehen war in den Ställen A, B und D während der beiden Durchgänge relativ unverändert geblieben. Die Situation in Stall C dürfte sich durch die nicht aufgetretene PRRS-Virus-Infektion im Verlauf leicht verbessert haben. Hinsichtlich des gehäuftem Auftretens von Befunden in Betrieb D besteht Anlass zu der Vermutung, dass die Lungenbefunde auf einen erhöhten Infektionsdruck und die kritische Erregerkombination von Circo- und PRRS-Erregern zurückzuführen sind. Im Vergleich der Ställe miteinander waren die Schweine aus Stall D außerdem als einzige in beiden Mastdurchgängen mit drei unterschiedlichen Erregern konfrontiert. Bei den mit Mycoplasmen-Antigen geimpften Schweinen der Betriebe A, B und D ist der festgestellte Anti-

körpertiter nicht mehr auf die Impfung zurückzuführen, da in der Regel bereits 12 Wochen nach der Impfung keine Impfantikörper mehr nachweisbar sind. Deshalb muss von einer Antikörperbildung aufgrund einer Feldinfektion ausgegangen werden. Eine höhere Schadgaskonzentration als in den anderen untersuchten Ställen war in Stall D als möglicher Faktor nicht zu erkennen.

In den Betrieben C und D kann davon ausgegangen werden, dass die Belastung mit Würmern ein Ausgangspunkt für Lungenläsionen war, die zu unterschiedlichen Veränderungen an den Lungen führen und dadurch eine grundsätzlich andere Ausgangssituation ergeben können.

In der Literatur befinden sich zahlreiche Angaben zur Häufigkeit von Leberveränderungen durch Befall mit Ascariden. Die Spannweite reicht von 0% (TIELEN, 1991; ELBERS et al., 1992) bis zu 70% (WOLF, 1986). Die eigenen Ergebnisse liegen für die Gesamtbefunde aller Betriebe bei 36,3%, wobei die Betriebe A und B mit 0% zu diesem Ergebnis beitragen und somit die Tiere aus den Ställen C und D mit 72,5% eine erhebliche Wurmbürde zu tragen haben. Ob eine besondere Belastung in Strohsystemen besteht, kann aus der vorliegenden Datenbasis nicht abgeleitet werden. Es gibt Hinweise, anhand derer die Ursachen einer Belastung mit Parasiten in erster Linie einem unzureichendem Management (mangelhafte Hygiene und Entwurmungskonzepte) und weniger dem Haltungssystem als solchem zuschreiben sind.

Kotuntersuchungen zur Bestimmung des Parasitenstatus sind allein nicht hinreichend, um daraus eine Beurteilung der Wurmbürde abzuleiten (THAMSBORG et al., 1999). Ein negatives Untersuchungsergebnis schließt das Vorkommen der entsprechenden Parasitenart nicht aus (ungleichmäßige Ausscheidung, Parasiten befinden sich noch in der Präpatenz; Vorkommen von inhibierten Parasitenstadien). So fehlte z. B. die Bestätigung von *Ascaris suum* durch die Kotuntersuchung bei eindeutig positiven Leberbefunden bei Betrieb D im 2. Mastdurchgang. Andererseits sind parasitologische Kotuntersuchungen nicht zu vernachlässigen, da nur der Endoparasit *Ascaris suum* über die Befunde der Leber bestimmt werden kann.

Auch wenn die pathologischen Befunde bei den Schweinen mehrheitlich in Zusammenhang mit einem infektiösen oder parasitären Geschehen in Zusammenhang gebracht werden konnten, könnte die primäre Lungenbeteiligung doch auch ein Hinweis

für Beanspruchungsreaktionen der Tiere auf die chronische Exposition gegenüber hohen Endotoxin-Konzentrationen sein. Letztere werden – möglicherweise in Kombination mit anderen toxischen und sensibilisierenden Stoffen – für die hohe Zahl von Schweinehaltern mit chronischen Atemwegserkrankungen verantwortlich gemacht. Aus diesem Grund erfolgte im vorliegenden Forschungsvorhaben die Messung dieser unter dem durch die BioStoffV geprägten Begriff der biologischen Arbeitsstoffe zusammengefassten Parameter Endotoxine, Schimmelpilze und Bakterien. Aufgrund der langen Probenahmezeiten eignen sich die Endotoxine und Schimmelpilze als Summenparameter am besten für die Beschreibung der Ställe und möglicher Unterschiede. Grundsätzlich muss festgehalten werden, dass die ermittelten Konzentrationen in allen untersuchten Ställen ausgesprochen hoch lagen. Diese Beurteilung erfolgt vor dem Hintergrund des in der BioStoffV formulierten Minimierungsgebotes. Anerkannte Grenz- oder Richtwerte für die Endotoxin-Exposition am Arbeitsplatz gibt es international bislang nicht. Dennoch wurden in verschiedenen Untersuchungen sogenannte Non-Effect-Level (NOEL) für Beanspruchungsreaktionen im Bereich der Lunge ermittelt, die zwischen 100 EU/m³ und 2000 EU/m³ lagen. Diese Konzentrationen wurden in allen untersuchten Ställen bei weitem überschritten. Allerdings konnten stellenweise sowohl in den konventionellen Ställen (A und B) als auch im Stall nach EU-Öko-VO (Stall D) vergleichsweise geringe Konzentrationen dokumentiert werden. Gerade am Beispiel des letzteren Stalles wurde deutlich, dass die gute Abstimmung der baulichen und technischen Gegebenheiten (freie Lüftung über Spaceboards und First, Ausrichtung an der Hauptwindrichtung) sowie die Trennung der Funktionsbereiche (Stallinnenraum: Fressen und Liegen; Stallaußenbereich: Abkoten) zu einer niedrigeren Endotoxinkonzentration im Stall führte als in Ställen ohne getrennte Funktions- bzw. Klimabereiche. Allerdings konnte mit der freien Lüftung nicht auf Expositionsspitzen reagiert werden, wie sie durch den mit dem Haltungssystem einhergehenden Umgang mit Einstreu hervorgerufen wurde und/oder geringen Windgeschwindigkeiten und damit niedrigen Luftwechselraten. Dieser Faktor war in Zusammenwirken mit der weniger effektiven freien Lüftung über die Fenster denn auch bestimmend für die deutlich höheren Endotoxinkonzentrationen im Bereich des Tiefstreustalles (Stall C).

Aus dem Vergleich der stationären mit den personengetragenen Messungen wurde insbesondere bei den Ställen C und D deutlich, dass je nach Tätigkeitsspektrum die

Beschäftigten deutlich höher gegenüber biologischen Arbeitsstoffen exponiert sein können, als dies aus den stationären Messungen ersichtlich wird. Zu nennen sind in dieser Hinsicht Arbeitsgänge wie Einstreuen oder das manuelle Futter Nachfüllen und das Ausstallen von Tieren. Aus Sicht des Arbeitsschutzes liegt hier besonderer Interventionsbedarf in dem Sinne, als die Beschäftigten in jedem Falle persönliche Schutzausrüstung (partikelfiltrierende Halbmasken mindestens der Klasse FFP 2) bei Tätigkeiten im Stall verwenden sollten. Technischen und organisatorischen Maßnahmen ist jedoch in jedem Fall der Vorzug zu geben.

Vor dem Hintergrund der sehr hohen Endotoxinkonzentrationen und den Überlegungen zu technischen Minimierungsmaßnahmen erfolgten die vorgestellten bi- und multivariaten Analysen des Einflusses der Parameter Stall- bzw. Außentemperatur, Lüftungsrate und Besatzdichte des Stalles. Aus der Analyse aller aus den konventionellen Ställen zur Verfügung stehenden Daten konnte die Außentemperatur in Verbindung mit der Lüftungsrate als stärkster Prädiktor für die Endotoxinkonzentration differenziert werden. Auf die einzelnen Mastdurchgänge heruntergebrochen, ergab sich jedoch ein uneinheitliches Bild in dem Sinne, als bei niedriger Lüftungsrate in der kalten Jahreszeit zwar die Besatzdichte des Stalles den stärksten Einfluss hatte, dieser jedoch in den beiden anderen Mastdurchgängen zugunsten des Temperatureinflusses (Außen- bzw. Stalltemperatur) zurückgedrängt wurde. Da die Temperatur die Stärke der Lüftung bestimmt, bestätigen die Modellrechnungen letztlich den großen Einfluss dieser technischen Maßnahme in zwangsbelüfteten Ställen. Eine Beschreibung von weiteren modifizierenden bzw. die Endotoxinkonzentration minimierenden Faktoren gelang jedoch weder für die Situation im zwangsbelüfteten noch im freibelüfteten Stall. Es bleibt festzuhalten, dass in diesem Bereich weiterer Forschungsbedarf besteht, wobei vor allem für die freibelüfteten Ställe die Parameter herausgearbeitet werden sollten, die zu niedrigen Endotoxinkonzentrationen in der Stallluft führen. Dass in dieser Hinsicht günstige Haltungssysteme existieren, wurde am Beispiel des EU-Öko-VO-Stalles deutlich: durch Optimierung der baulich-technischen Gegebenheiten (und in Verbindung mit getrennten Funktions- und Klimabereichen) konnten trotz der Verwendung von Einstreu Endotoxin-Konzentrationen (stationäre Messung) erreicht werden, die unter den in den Ställen A, B und C ermittelten Werten lagen (Abb. 3-1). Dies ist vor allem unter Berücksichtigung der Tatsache bedeutsam, dass die Lüftungstechnik im konventionellen Stall durchweg zu einer guten Kontrolle

der Schadgas- und Partikelkonzentrationen im Stall führte. Allerdings gelang es mit Hilfe dieser technischen Maßnahmen nicht, die Endotoxinbelastung in der Stallluft zu allen Zeiten ausreichend zu reduzieren. Deutlich wird dies beispielsweise im Vergleich der jeweiligen Konzentrationen (CO_2 , NH_3 , CH_4 , Partikel und Endotoxine) in den einzelnen Mastdurchgängen in Stall A und B (konventionelle Ställe).

Im Mastdurchgang 1 (Oktober 2002 – Januar 2003) kam es bei relativ niedrigen Lüftungsraten aufgrund der tiefen Außentemperatur zu einem nur leichten Anstieg der CO_2 -, NH_3 - und CH_4 -Konzentration, begleitet von einer deutlich größeren Zunahme der Endotoxinkonzentration. Die Partikelkonzentration fiel als einzige bei der dritten Messung im betrachteten Mastdurchgang (Abb. 3-159 bis 3-163).

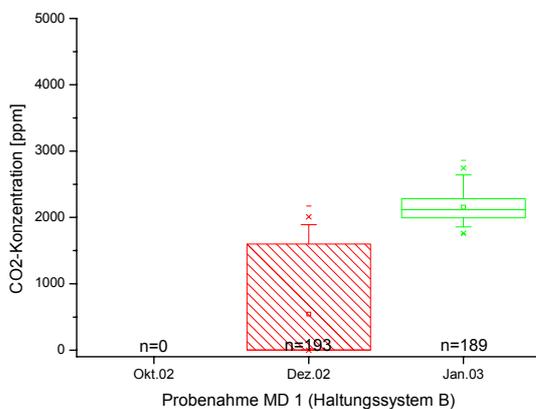


Abbildung 3-159: CO₂-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 1
Messung „Okt. 02“ Datenausfall

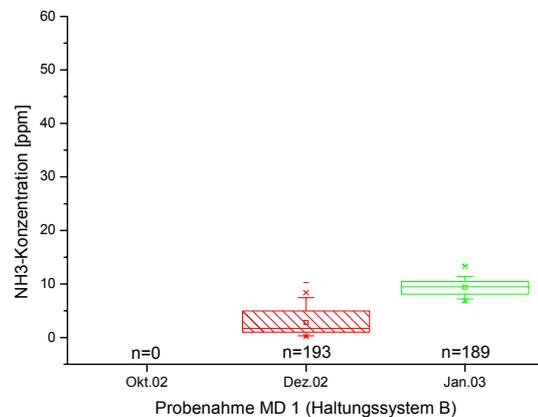


Abbildung 3-160: NH₃-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 1
Messung „Okt. 02“ Datenausfall

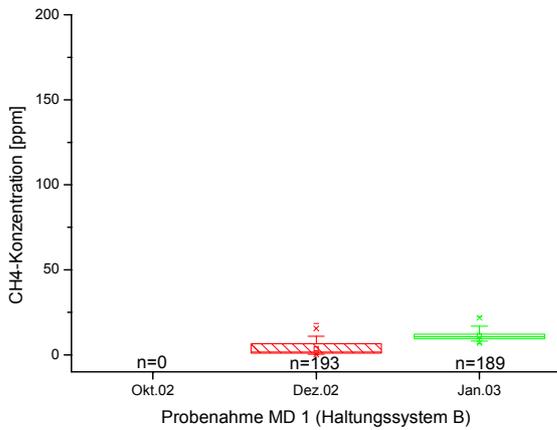


Abbildung 3-161: CH₄-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 1
Messung „Okt. 02“ Datenausfall

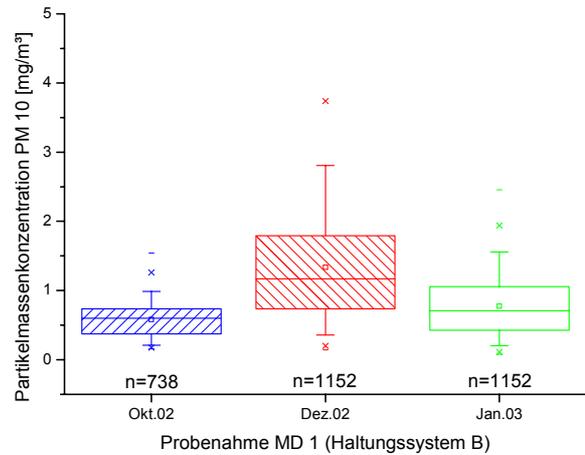


Abbildung 3-162: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 1; gemessen mit „DustTrack“

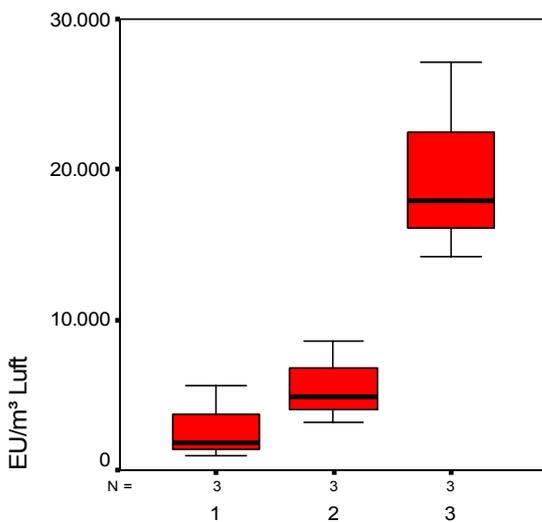


Abbildung 3-163: Endotoxinkonzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 1

In ähnlicher Weise – modifiziert durch die jeweils anderen klimatischen Verhältnisse – differierten die Werte im Mastdurchgang 2 und 3. Während in Ersterem die CO₂-Konzentrationen im Verlauf abfielen, die CH₄-Konzentration nahezu konstant verlief und die NH₃-Konzentration zur Mitte hin leicht anstieg, blieb die Endotoxinkonzentration zur Mitte hin nahezu konstant und fiel gegen Ende ab (Abb.3-164 bis 3-168).

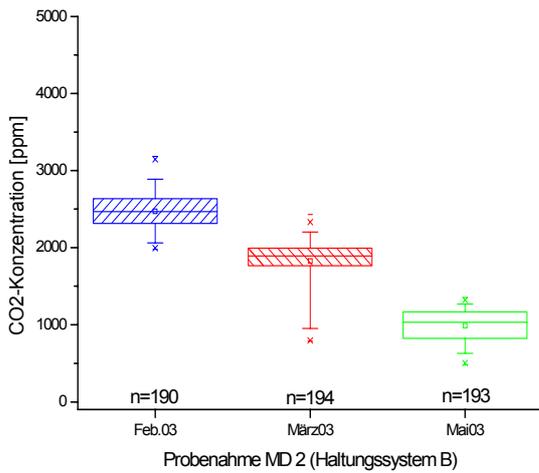


Abbildung 3-164: CO₂-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 2

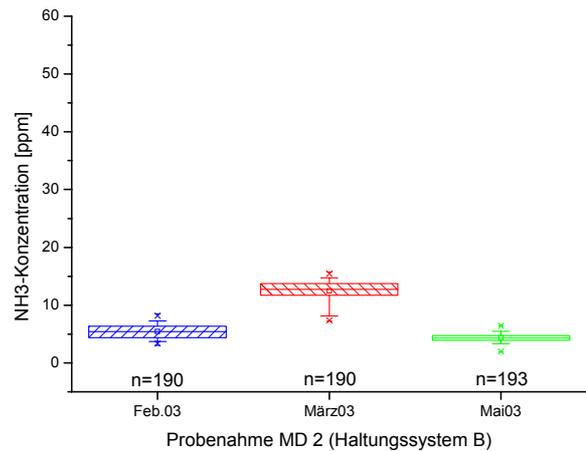


Abbildung 3-165: NH₃-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 2

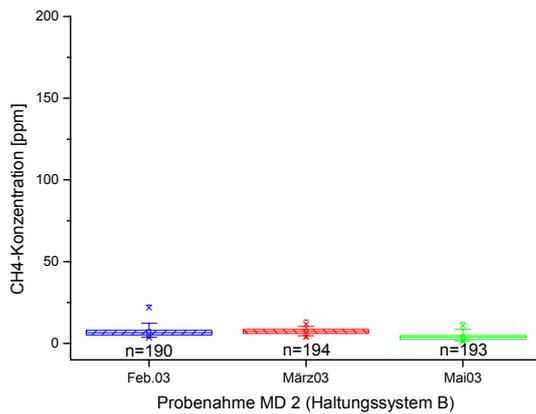


Abbildung 3-166: CH₄-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 2

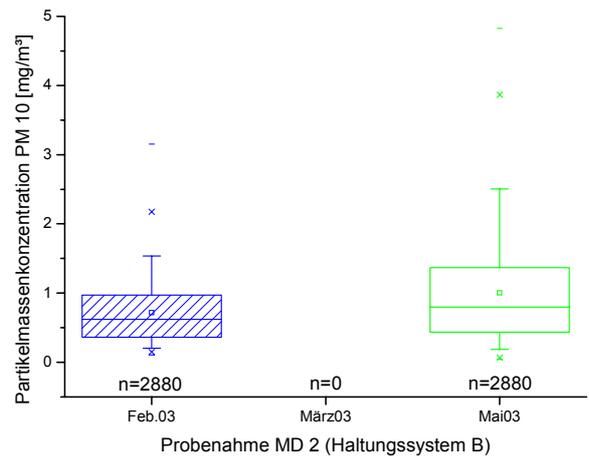


Abbildung 3-167: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 2; gemessen mit „GRIMM“
Messung „März 03“ Datenausfall

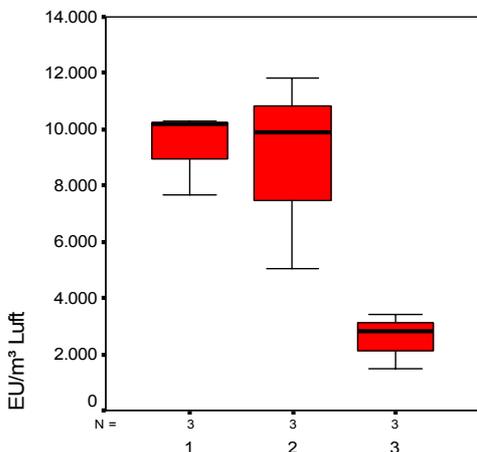


Abbildung 3-168: Endotoxinkonzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 2

Im Mastdurchgang 3 wurden die NH_3 -, CO_2 - und CH_4 -Konzentrationen durch die Lüftungsregelung auf einem nahezu konstanten Niveau gehalten werden, wohingegen die Endotoxinkonzentrationen am Ende der Mastperiode anstiegen (Abb. 3-169 bis 3-173).

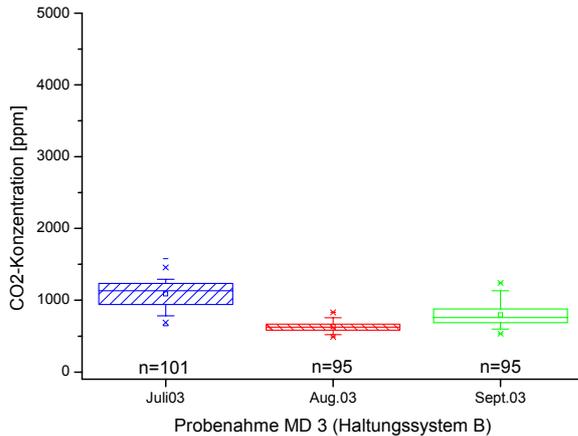


Abbildung 3-169: CO₂-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 3

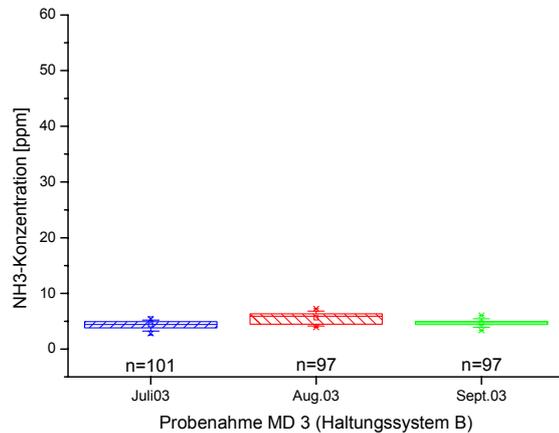


Abbildung 3-170: NH₃-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 3

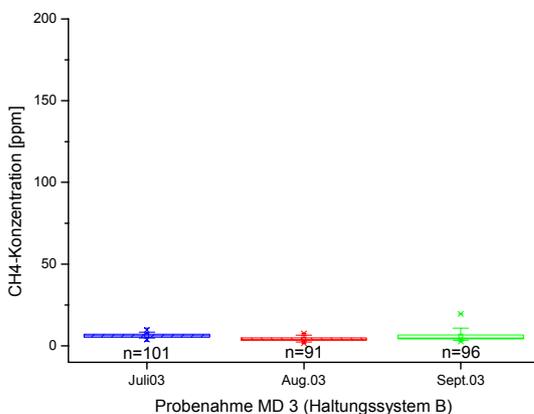


Abbildung 3-171: CH₄-Konzentration im Haltungssystem B (Abteil 1) im Mastdurchgang 3

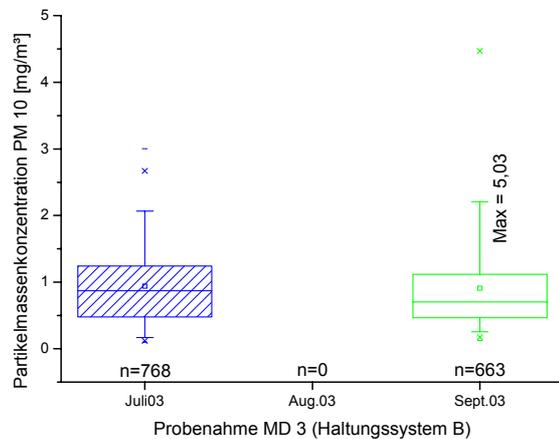


Abbildung 3-172: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem B (Abteil 1) im Mastdurchgang 3

Messung „Juli 03“ gemessen mit „GRIMM“
 Messung „Sept. Sept 03“ gemessen mit „Dust-Track“
 Messung „Aug. 03“ Datenausfall
 Messung „März 03“ Datenausfall

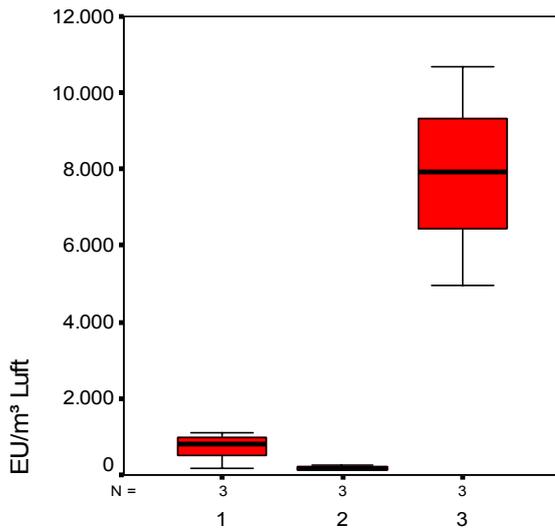


Abbildung 3-173: Endotoxinkonzentration im Haltungssystem B (Abteil 2) im Mastdurchgang 3

Auch in den eingestreuten Ställen differierte die Endotoxinkonzentration in den beiden untersuchten Zeiträumen Frühjahr (MD2) und Sommer 2003 (MD3) zum Teil deutlich von der Partikel- und Schadgaskonzentration. Im Tiefstreustall (Stall C) konnte im Frühjahr eine nahezu konstante Partikelkonzentration bei gegen Ende April ansteigenden CO₂- und vor allem NH₃-Messwerten festgestellt werden. Die CH₄- und Endotoxinkonzentrationen fielen dagegen zur Mitte des Messzeitraumes ab und stiegen dann – ähnlich der anderen Schadgaskonzentrationen – Ende April stark an (Abb. 3-174 bis 3-178).

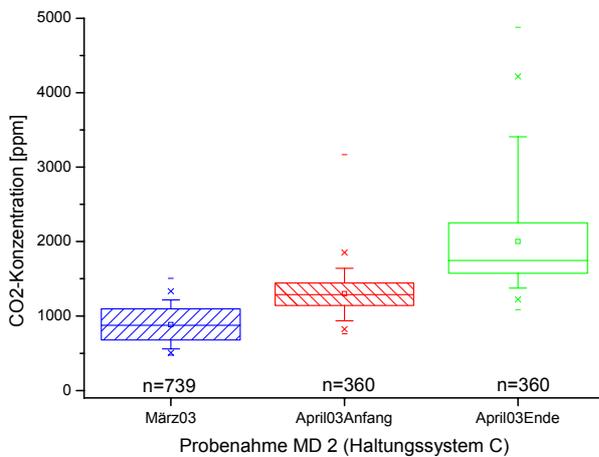


Abbildung 3-174: CO₂-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 2

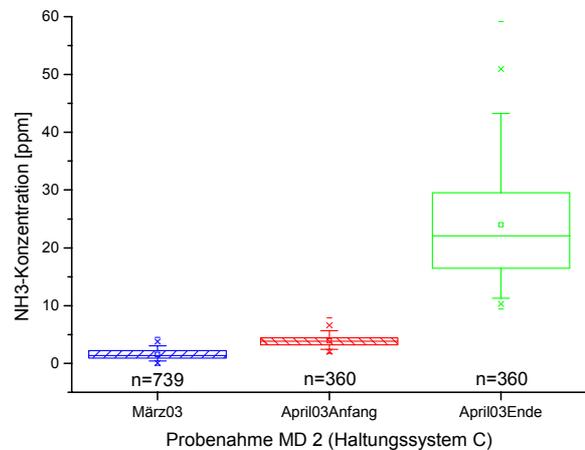


Abbildung 3-175: NH₃-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 2

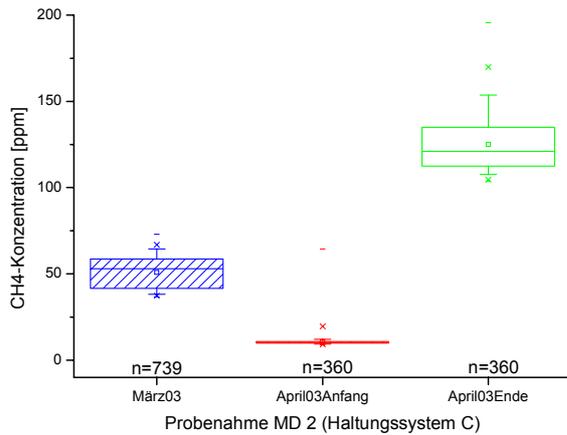


Abbildung 3-176: CH₄-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 2

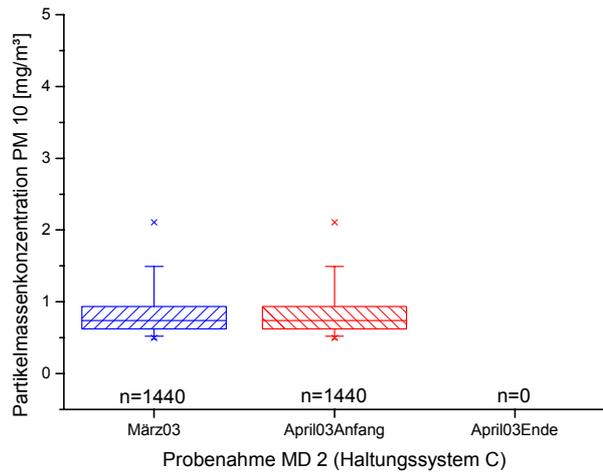


Abbildung 3-177: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 2
Messwerte „April 03 Anfang“ um Nullpunktdrift korrigiert
Messung „April 03 Ende“ Datenausfall

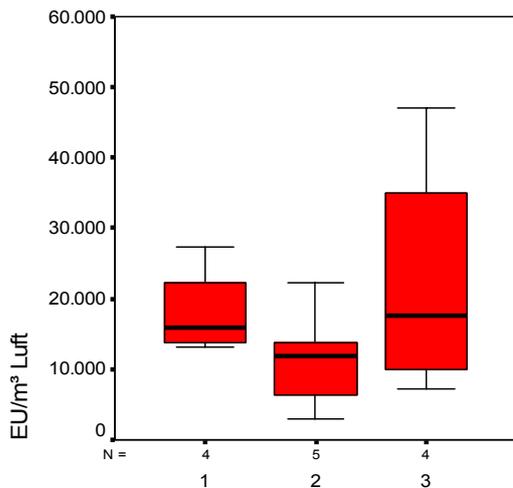


Abbildung 3-178: Endotoxinkonzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 2

Im Sommer 2003 (MD3) verlief die Partikelkonzentration wiederum nahezu konstant, wohingegen die CO₂- und NH₃-Werte abnahmen und die CH₄-Werte zur Mitte hin leicht anstiegen. Im selben Zeitraum stiegen die Endotoxinkonzentrationen erneut stark an (Abb. 3-179 bis 3-183).

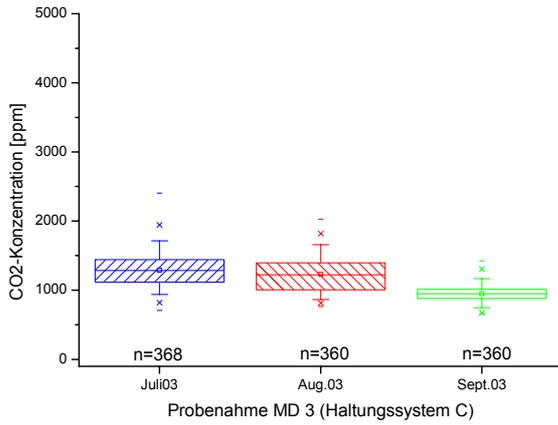


Abbildung 3-179: CO₂-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 3

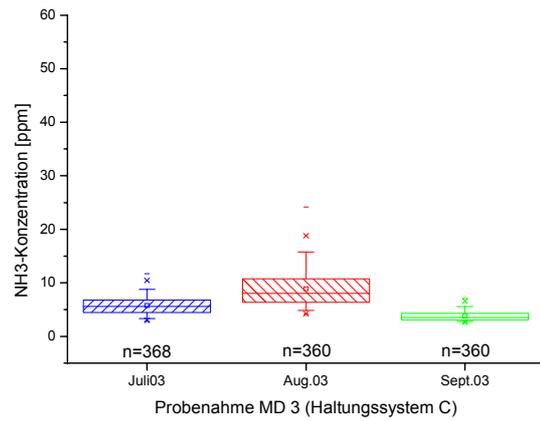


Abbildung 3-180: NH₃-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 3

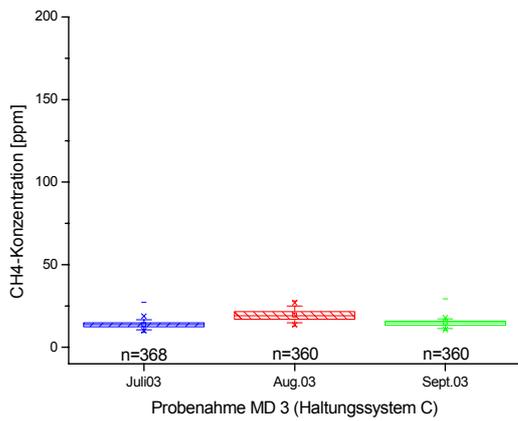


Abbildung 3-181: CH₄-Konzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 3

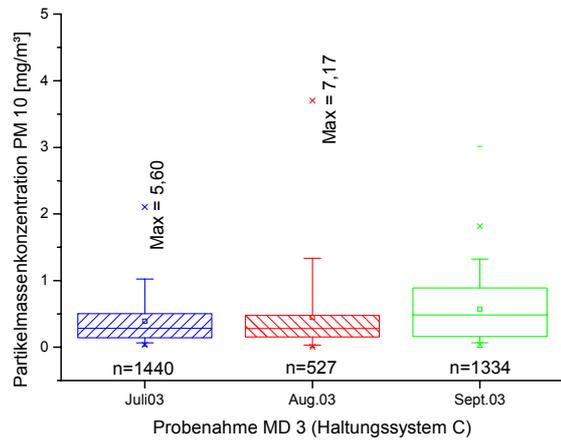


Abbildung 3-182: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 3
Messwerte „Aug. 03“ und „Sept. 03“ korrigiert (Ausschluss von Negativwerten). Alle Messungen ursprünglich mit 1440 Werten

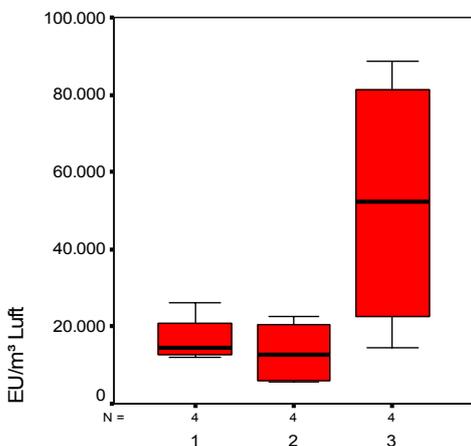


Abbildung 3-183: Endotoxinkonzentration im Haltungssystem C im Mastdurchgang 3

Im Haltungssystem D (Stall nach EU-ÖkoVO) waren in beiden Messzeiträumen die Partikelkonzentrationen nahezu konstant. Dies galt auch für die NH₃-Konzentration im Frühjahr, wohingegen die CO₂- und Endotoxinkonzentration leicht anstiegen. Die CH₄-Konzentration zeigte im selben Zeitraum eine Abnahme zur Mitte des Messzeitraumes hin, gefolgt von einem Anstieg Ende April (Abb. 3-184 bis 3-188)

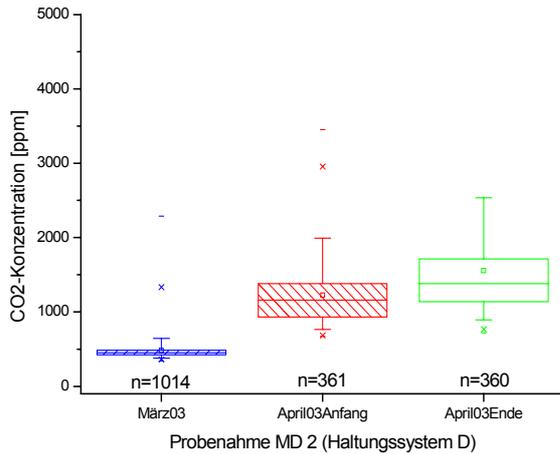


Abbildung 3-184: CO₂-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 2

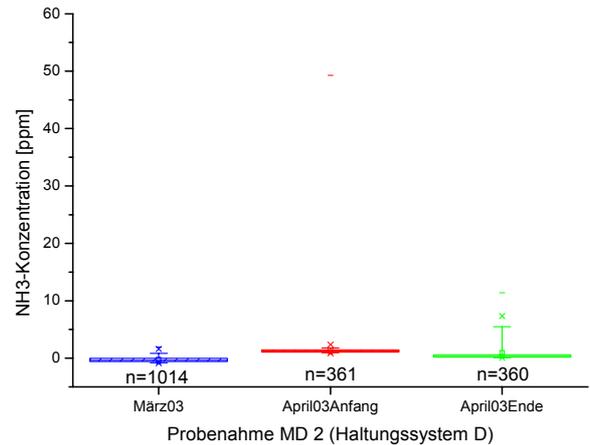


Abbildung 3-185: NH₃-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 2

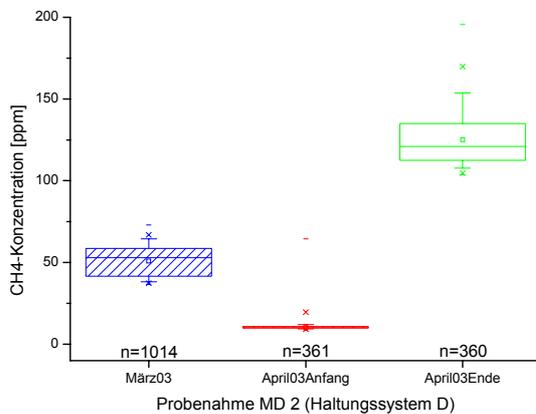


Abbildung 3-186: CH₄-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 2

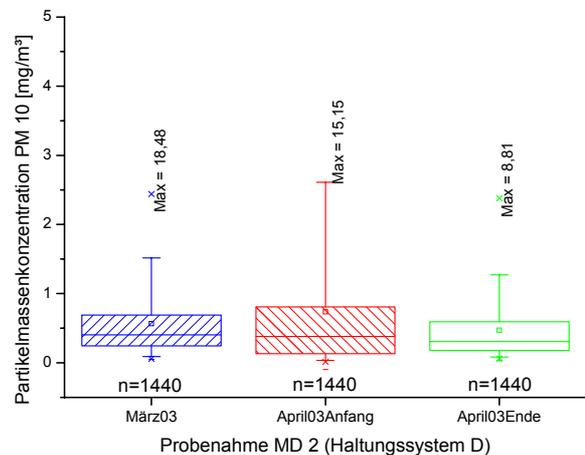


Abbildung 3-187: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 2
Messwerte „April 03 Anfang“ um Nullpunktdrift korrigiert

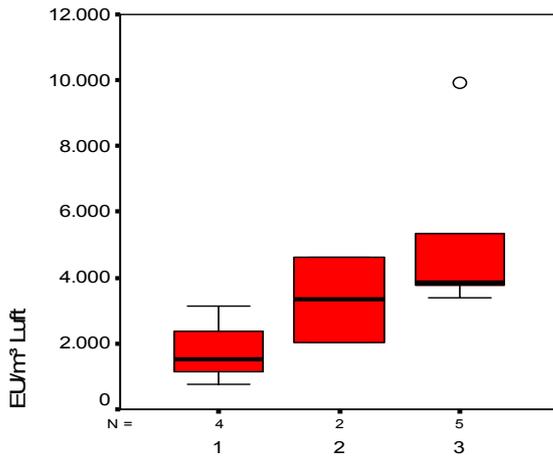


Abbildung 3-188: Endotoxinkonzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 2

Im Sommer verliefen die Werte von CO₂, NH₃ und Partikeln nahezu konstant und die CH₄-Konzentration fiel ab. Die Endotoxinkonzentration dagegen stieg leicht an (Abb. 3-189 bis 3-193).

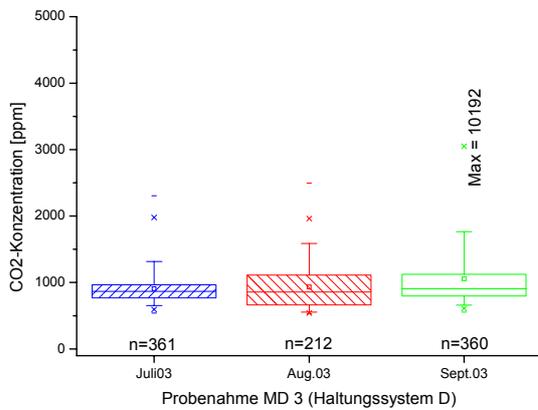


Abbildung 3-189: CO₂-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 3

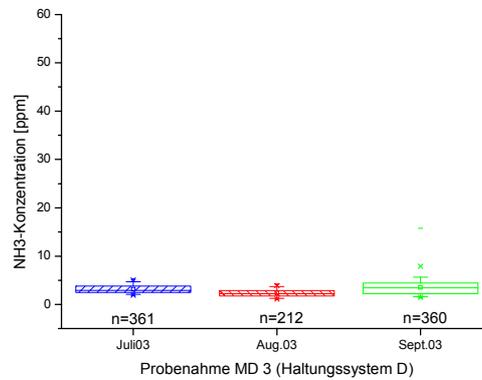


Abbildung 3-190: NH₃-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 3

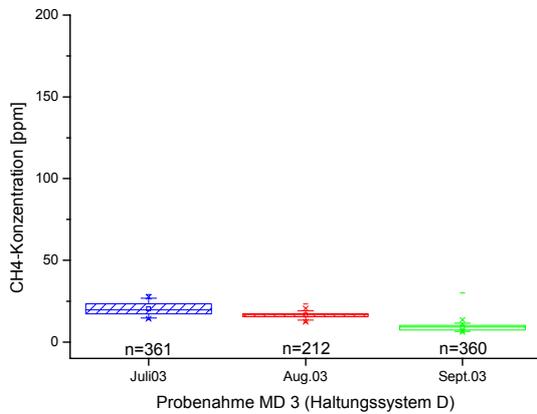


Abbildung 3-191: CH₄-Konzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 3

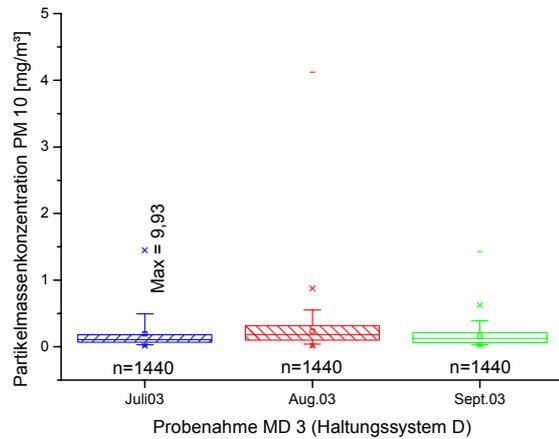


Abbildung 3-192: Partikelmassenkonzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 3

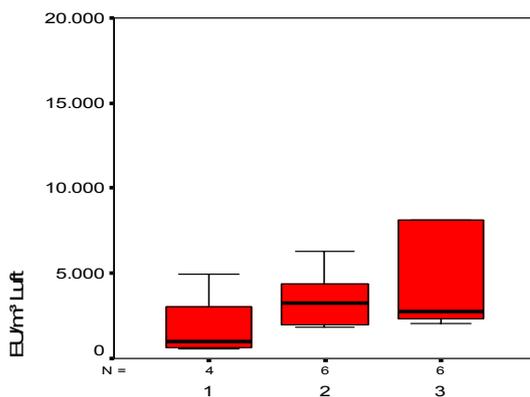


Abbildung 3-193: Endotoxinkonzentration im Haltungssystem D im Mastdurchgang 3

In der Regel war in allen untersuchten Haltungssystemen auffällig, dass die Endotoxinkonzentrationen stärkere Schwankungen über den Verlauf des Mastdurchganges bzw. des jeweiligen Messzeitraumes zeigten als dies für die Schadgas- und Partikelkonzentrationen zutrif.

Sieht man von den Unterschieden in der Konzentration der Endotoxine (stellvertretend für die biologischen Arbeitsstoffe) und den CH₄-Konzentrationen in den betrachteten Haltungssystemen ab, fiel auf, dass die in den verschiedenen Ställen gemessenen Schadgas- und Staubkonzentrationen in der Regel in vergleichbarer Höhe lagen.

Die Innenraumkonzentration an CO₂ und NH₃ lag in allen Haltungssystemen im Durchschnitt deutlich unter den geforderten Grenzwerten (vgl. Abb. 3-88 und 3-89). In den frei belüfteten Systemen C und D wurden wie erwartet tendenziell niedrigere CO₂ und NH₃-Konzentrationen registriert als in den Systemen A und B (vgl. Tabelle 1-5 und Tabelle 1-4).

Die tendenziell geringeren CO₂-Konzentrationen in den Systemen C und D sind im Wesentlichen durch die unterschiedlichen Lüftungssysteme und den damit verbundenen Luftwechselraten zu erklären (vgl. Kap. 1.2.2). Insgesamt liegen die CO₂-Konzentrationen in allen vier untersuchten Haltungssystemen im Vergleich zu den in Tabelle 1-1 dargestellten Literaturangaben im unteren Bereich.

Die tendenziell niedrigeren NH₃-Konzentrationen in den Haltungssystemen C und D im Vergleich zu denen in den Systemen A und B haben vermutlich mehrere Ursachen:

- Die nicht bedarfsangepasste Futtermenge bzw. die deutliche Unterversorgung der Tiere mit Rohprotein in den Haltungssystemen C und D (vgl. Kap. 1.2.2, Kap. 3.2.1 und Tabelle 3-14) führt zu einer stark unterdurchschnittlichen N-Ausscheidung mit den Exkrementen und damit auch zu einem entscheidend niedrigerem Freisetzungspotential an Ammoniak im Vergleich zu der an den notwendigen Bedarf der Tiere angepassten Fütterung bei den Systemen A und B;
- Die im Durchschnitt tieferen Temperaturen im Stall- bzw. Abteilinnenraum (vgl. Tabelle 1-4, Abb. 3-85 und ATab. A-1 bis A-13) bringen eine tendenziell geringere NH₃-Freisetzung mit sich (vgl. Kap. 2.2);
- Im Haltungssystem D mit getrennten Funktions- bzw. Klimabereichen wurden die Schadgaskonzentrationen ausschließlich in dem nicht mit Harn und/oder Kot verschmutzten Fress-/Liegebereich durchgeführt (vgl. Kap. 1.2.2 und 2.2).

Im Vergleich zu den in der Literatur angegebenen Daten zu NH₃-Innenraumkonzentrationen in Mastschweineställen liegen die Werte der vier untersuchten Haltungssysteme eher im mittleren bis unteren Bereich (vgl. Tabelle 1-4).

Die Grenzen eines nur durch manuelles Kippen oder Herausnehmen der Fenster nicht kontinuierlich steuerbaren freien Lüftungssystems wie in Haltungssystem C,

zeigen sich für den Messtermin im „April03Ende“. An diesem Termin gab es für die Jahreszeit kurzfristig stark überdurchschnittlich hohe Außen- und dadurch bedingt auch hohe Innentemperaturen (vgl. ATab 3-7 und 3-8). Da im System C die Fenster jedoch nicht ausreichend nachreguliert wurden, kam es zu überdurchschnittlich hohen CO₂- und NH₃-Konzentrationen (vgl. Abb. 3-127 und 3-137). Ein ähnlicher aber wesentlich geringerer CO₂-Anstieg konnte auch für das frei belüftete Haltungssystem D registriert werden (vgl. Abb. 3-128).

Wie bereits oben beschrieben, liegen die in den vier Haltungssystemen erhobenen durchschnittlichen Innenraumkonzentrationen an CO₂ und NH₃ innerhalb der Spannbreite der in der Literatur für ähnliche Haltungssysteme ermittelten Wertebereiche. Dies trifft auch für die in den Haltungssystemen A und B registrierten durchschnittlichen CH₄-Konzentrationen zu (vgl. Tabelle 1-6). Dahingegen liegen die in den Systemen C und D ermittelten durchschnittlichen CH₄-Konzentrationen eher im oberen Bereich der in der Literatur aufgeführten Daten (vgl. Tabelle 1-6). Darüber hinaus weisen diese Daten eine sehr hohe Streubreite auf. Eine eindeutige Ursache hierfür konnte nicht ausgemacht werden. Ein durch die unterschiedlichen Messgeräte bedingter Effekt kann aufgrund der vorliegenden Kalibrierdaten sowie durch die nicht synchron auftretende Differenz bei den CO₂- und NH₃-Konzentrationen ausgeschlossen werden.

Die ermittelten PM 10 Partikelmassenkonzentrationen lagen bei allen vier untersuchten Haltungssystemen tendenziell leicht über denen vergleichbarer Untersuchungen (vgl. Tabelle 1-4). Wie bereits in Kapitel 1 beschrieben, wurden in den Haltungssystemen A und B nach den ersten beiden Mastdurchgängen 1 und 2 die unterschiedlichen Fütterungssysteme in Mastdurchgang 3 vertauscht (vgl. Tabelle 1-1), um zu erkennen, ob sich ein vom Abteil unabhängiger Effekt der Fütterungstechnik insbesondere auf die Partikelmassenkonzentrationen aufzeigen lässt. Wie die Abbildungen 3-155 bis 3-158 und 3-161 und 3-162 zeigen, konnte jedoch kein Effekt der Fütterung auf die Höhe der Partikelmassenkonzentration registriert werden.

Der Vergleich der Haltungssysteme A und B über alle Mastdurchgänge (Abb. 3-85) gibt prinzipiell einen entscheidenden Hinweis darauf, wie groß der zu erwartende Streubereich von Ergebnissen bzgl. eines definierten Haltungssystems bei gleichem Stallmanagement und sich wiederholenden Messungen in unterschiedlichen, aber gleich ausgestatteten Stallabteilen sein kann. Ein eindeutiger haltungssystem-

spezifischer Unterschied kann erst dann erwartet werden, wenn dieser deutlich größer ist als die natürliche Streuung der jeweiligen Ergebnisse. Daher kann aus dem in Abbildung 3-87 dargestellten Vergleich aller vier Haltungssysteme über alle Mastdurchgänge nur eine leicht abnehmbare Tendenz der durchschnittlichen Höhe der PM 10 Partikelmassenkonzentration von Haltungssystem A nach D bei einer gleichzeitig stark zunehmenden Streuung festgestellt werden.

Beim Vergleich des „Maximum zu Mittelwert Verhältnisses“ (Peak to Mean Ratio) der erhobenen durchschnittlichen PM 10 Daten über alle Mastdurchgänge hinweg zeigt sich, dass dieses Verhältnis in den Haltungssystemen D und C mit 20,7 und 10,1 sehr deutlich über dem in den Systemen A und B mit 4,3 und 4,1 liegt. Eine Ursache hierfür könnte das kontinuierliche Nachstreuen mit Stroh sein, dessen Bedeutung für die Exposition gegenüber luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen und Staub auch in der personengetragenen Messung deutlich wurde (Abb. 3-33). Zugleich schwankte die Luftwechselrate in den Haltungssystemen C und D stark. Im Unterschied hierzu werden in den Systemen A und B zum einen nur die Beschäftigungsautomaten wöchentlich mit Stroh nachgefüllt. Zum anderen wird bei Zwangsbelüftungssystemen versucht, die optimale Solltemperatur bei möglichst gering schwankendem Luftwechsel konstant zu halten.

Grundsätzlich bleibt jedoch festzuhalten, dass sich die Stallsysteme im Hinblick auf die Staub- und Schadgaskonzentration (mit Ausnahme von CH₄ in den eingestreuten Ställen) bei weitem nicht so deutlich unterschieden wie mit Blick auf die luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffe und die Tiergesundheit. Ob zwischen den beiden letztgenannten Faktoren ein Zusammenhang besteht, muss auf der Grundlage der vorliegenden Daten offen bleiben, da sich die betrachteten Stallsysteme auch im Hinblick auf bedeutende Managementfaktoren (Aufstellungsverfahren, Entwurmung, Futterzusammensetzung) deutlich unterschieden. In welchem Umfang Unterschiede zwischen den Stallsystemen bei möglichst identischem Management offensichtlich werden, müssen weitere Untersuchungen zeigen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Änderungen im Bereich der Fütterung und der Stallhygiene auch zu Veränderungen in der Schadgaskonzentration führen können, so dass dieser Faktor auch in zukünftigen Forschungsvorhaben zu erfassen ist.

3.5 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Rahmen der vorgestellten Untersuchung gelang es nicht zuletzt aufgrund der Zusammenführung verschiedener Disziplinen in einem Forschungsvorhaben, die Bandbreite der verschiedenen auf Mensch, Tier und Umwelt einwirkenden Belastungen in unterschiedlichen Haltungssystemen der Schweinemast abzubilden. In der Zusammenschau der erhobenen Daten konnten zum einen Quellen der Belastung bzw. Emission und damit Anhaltspunkte für eine Minimierung der Belastung definiert werden. Zum anderen wurde jedoch Forschungsbedarf hinsichtlich einer Vielzahl von Faktoren deutlich, die in charakteristischer Weise mit den Bedingungen der ökologischen Schweinemast zusammenhängen. Hier sind das freibelüftete Stallsystem, die Verwendung von Einstreu und offene Fragen im Bereich der Stallhygiene inklusive Aufstallungsart zu nennen. Zudem wurde jedoch auch offensichtlich, dass beispielsweise das Prinzip der durch den Auslauf, oder durch andere Maßnahmen, räumlich getrennten Funktions- und Klimabereiche auch für die konventionelle Schweinemast wichtige Impulse setzen kann und weiterer wissenschaftlicher Betrachtung bedarf.

In Tabelle 3-20 sind die im Rahmen der Untersuchung und vor dem Hintergrund von Angaben aus der Literatur differenzierten Einflussfaktoren auf die Belastungen sowie der sich aus den Daten ergebende Forschungsbedarf zusammengefasst.

Schadstoff	Quelle	mögliche Einflussfaktoren	Forschungsbedarf
Endotoxine	Tiere – Fäces Einstreumaterial (Beschäftigungsmaterial) Futter	Funktionsbereiche (z.B. Kotbereiche draußen) Lüftung Futter als modifizierender Faktor für Fäkalzusammensetzung	Gewinnung von Messwerten aus allen Funktionsbereichen Evaluation von an Funktionsbereich angepasste Lüftung feinere Anpassung der freien Lüftung an das aktuell vorherrschende Klima Einfluss der Einstreumenge auf Freisetzung Zusammenhang von Futter- und Fäceszusammensetzung
Schimmelpilze	Einstreu Beschäftigungsmaterial Futter	Einstreu- und Beschäftigungsmaterial / Futter (Menge, Art, Qualität, System, Lagerung)	alternative Einstreumaterialien alternative Beschäftigungsmaterialien Managementfaktoren (Rein-Raus-Verfahren vs. kontinuierliche Belegung) Langzeitwirkung von Endotoxinen auf Lungengesundheit von Schweinen (auch als Indikator für Mensch), Entwicklung von Nachweismethoden (z.B. BAL, Histologie), Forschung in Beständen mit geringem Infektionsdruck
(Bakterien)	Einstreu Beschäftigungsmaterial Futter	Einstreu- und Beschäftigungsmaterial / Futter (Menge, Art, Qualität, System, Lagerung)	Epidemiologie der Erkrankungen bei Schwein und Mensch Vorkommen der Endotoxine (ausschließlich partikelgebunden?)
Staub	Schwein – Fäces Einstreumaterial Futter Schwein – Haut	Lüftungssystem Verwendung von Einstreu (Menge) Sauberkeit Luftfeuchte	genauere Beschreibung der Lüftungssysteme (freie Lüftung) Evaluierung jahreszeitlich angepasster Lüftung Luftführung Evaluation von an Tätigkeiten angepasste Lüftung Trennung von Funktionsbereichen Einfluss von Einstreumaterial auf Staubkonzentration Evaluation von Einstreuverfahren (z.B. automatisiert) Möglichkeiten zur Reduktion von Expositionsspitzen Einfluss Luftbefeuchtung Einfluss Stallhygiene Trennung von Funktionsbereichen

Ammoniak (NH₃)	Fäzes Urin	Futterzusammensetzung Stalltemperatur Lüftung Sauberkeit	
Kohlendioxid (CO₂)	Tiere Fäces (gering)	Lüftung Tieraktivität Umsetzungsprozesse in den Exkrementen Sauberkeit Futterzusammensetzung (gering)	Erfassung des Einflusses der Tieraktivität Futter (Substratanschoppung)
Methan (CH₄)	Gülle	Lagerungsbedingungen (aerob / anaerob) Lüftung	gemeinsame Lagerung von Mist/Stroh und Gülle Vermeidung anaerober Bedingungen bei Lagerung Einfluss getrennter Funktionsbereiche
Parasiten, Infektionsdruck	Fäces Einstellung betriebsfremder Tiere	Stallhygiene Stall-/ Buchtenreinigung Stall- /Buchtendesinfektion Einstallverfahren (Rein-Raus / kontinuierlich) Entwurmungsregime Funktionsbereiche (z.B. Kotbereiche draußen) Einstreu Anzahl der Ferkel-Zulieferer	Eingestreute Rein-Raus-Verfahren Hygienemanagement eingestreuter Verfahren Einfluss getrennter Funktionsbereiche

Tabelle 3-20: Zusammenfassung der Ergebnisse und Forschungsbedarf

Aus dem vorliegend erhobenen Daten lassen sich Empfehlungen für die Schweinemast in ökologischen Haltungssystemen ableiten. Diese lassen sich teilweise auch auf die Bedingungen der konventionellen Schweinehaltung anwenden.

Arbeitsschutz:

Entsprechend des Studienansatzes stehen die Belastungen durch Mikroorganismen im Vordergrund der Betrachtungen. Hier gilt gemäß BioStoffV ein Minimierungsgebot für die Exposition gegenüber den sogenannten biologischen Arbeitsstoffen. Wie im Rahmen der vorliegenden Untersuchung gezeigt und aus der Literatur bekannt, ist die Exposition vor allem gegenüber Endotoxinen im Bereich der Schweinehaltung besonders hoch. Eine Modifikation durch baulich-technische Maßnahmen scheint in diesem Bereich jedoch möglich, wie aus dem Vergleich der Haltungssysteme deutlich wurde. Die Empfehlungen von Arbeitsschutzmaßnahmen orientieren sich an den Kriterien des Arbeitsschutzgesetzes (technische - organisatorische – persönliche Schutzmaßnahmen). Auch wenn in Bezug auf baulich-technische und verfahrenstechnische Maßnahmen noch einiger Forschungsbedarf besteht, lassen sich doch bereits eine Vielzahl von Empfehlungen vor allem im Bereich des organisatorischen Arbeitsschutzes aussprechen.

Empfehlungen für Arbeitsschutzmaßnahmen:

Technische Maßnahmen:

Wie skizziert, besteht in diesem Bereich weiterer Forschungsbedarf (vgl. Tabelle 3-20). Lüftungstechnischen Maßnahmen (ausreichend dimensionierte Zwangsbelüftung, gut ausgelegte freie Lüftung) kommt eine große Bedeutung zu. Zugleich kann z.B. die Trennung der Funktionsbereiche zu einer Reduktion der Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen im Stall führen. Diese Trennung kann durch einen Auslauf, räumlich getrennte Funktions- und Klimabereiche oder auch besondere Lüftungsmaßnahmen (z.B. besondere Absaugung im Abkotbereich) erreicht werden. Weitere Verbesserungsmöglichkeiten ergeben sich im Bereich der Fütterung und des Einstreuens, wo aus Sicht des Arbeitsschutzes automatisierte Verfahren zu bevorzugen sind. Durch bauliche Maßnahmen sollte gewährleistet werden, dass das Ein- und Ausstallen der Tiere möglichst kurze Zeit in Anspruch nimmt und einzelne Tiere kurz-

fristig von der Gruppe abgesondert werden können. Bei Neu- oder Umbauten sollten Möglichkeiten zur Tierbeobachtung geschaffen werden, die außerhalb des Stall-Klimabereiches liegen (z.B. Beobachtungsgang mit Fenster). Zu Vermeidung von Infektionskrankheiten ist die Einrichtung von Wasch-/ Duschgelegenheiten (Schwarz-Weiß-Bereich) als Hygieneschleuse zu empfehlen.

Organisatorische Maßnahmen:

In Arbeitsbereichen und bei Tätigkeiten, bei denen eine erhöhte Exposition zu erwarten ist, sollten sich nur die mit den Arbeiten betrauten Beschäftigten aufhalten. In der Betriebsanweisung und Unterweisung müssen die Beschäftigten tätigkeitsbezogen auf die möglichen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe (Infektionsgefahr, toxische und sensibilisierende Wirkung) sowie auf Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln hingewiesen werden. Dazu gehört auch der Hinweis auf die Notwendigkeit einer ärztlichen Untersuchung (z.B. beim Betriebsarzt), wenn Beschwerden wie Montagsfieber, Husten, Kurzatmigkeit und Luftnot (bei der Arbeit oder in der Freizeit) auftreten. Beim Umgang mit Futter, Einstreu- und Beschäftigungsmaterial sowie Gülle und Festmist sollte auf die Vermeidung der Staub- und Aerosolentstehung geachtet werden. Durch umsichtiges Verhalten sollte Unruhe unter den Tieren vermieden werden. Den Beschäftigten sind Arbeits- und gegebenenfalls Schutzkleidung sowie persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen, die bei Bedarf zu wechseln und zu reinigen sind. Der Stall sollte leicht zu reinigen sein und regelmäßig staubarm gereinigt werden. Im Hinblick auf Ställe, die nicht im Rein-Raus-Verfahren betrieben werden, besteht hier noch Forschungsbedarf. Dasselbe gilt für die folgenden Maßnahmen: Auswahl emissionsarmer Einstreu-, Futter- und Beschäftigungsmaterialien, Futterzusammensetzung, die zu einer Reduktion der Endotoxinemission führt und Einfluss der Lagerung von Festmist und Gülle (Lagerort, Lagerdauer)

Persönliche Schutzausrüstung:

In allen Arbeitsbereichen, in denen eine Exposition gegenüber luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen zu erwarten ist, ist eine partikelfiltrierende Halbmaske (mindestens Klasse FFP2) zu tragen. Für Personen, die bereits unter Atemwegsbe-

schwerden leiden, sind Atemschutzgeräte mit Gebläse zu empfehlen (Filterklasse mindestens FFP2).

Empfehlungen für die Verbesserung der Stallluftqualität:

Im Hinblick auf die Verbesserung der Stallluftqualität sollte auf eine regelmäßige staubarme Stallreinigung geachtet werden, um Verschmutzungen zu beseitigen und die Menge der sich abgesetzten Partikel zu reduzieren. Zugleich kann es sinnvoll sein, die Einstreumenge zu reduzieren; allerdings besteht hier noch weiterer Forschungsbedarf. Grundsätzlich kommt der ausreichenden Dimensionierung der Lüftung und deren (ereignisbezogener) Regelung eine große Bedeutung zu. Möglich sind Zwangsbelüftung wie auch freie Lüftung, wobei in jedem Falle darauf geachtet werden sollte, dass ausreichend auf z.B. klimatische bzw. saisonale Veränderungen (z.B. Änderung der Außentemperatur) – möglichst automatisch - reagiert werden kann. Bei freien Lüftungsverfahren erfordert dies in der Regel eine gute Planung der baulich-technischen Voraussetzungen sowie gegebenenfalls kurzfristige Änderungen (z.B. Öffnen von Fenstern etc.). In Abhängigkeit von zukünftigen Forschungsergebnissen kann es auch sinnvoll sein, die Lüftung in Abhängigkeit von der Tieraktivität wie auch von menschlichen Arbeitsprozessen (z.B. Einstreuen) zu regeln. Neben der ausreichenden Belüftung muss auf eine ausreichend hohe Luftfeuchtigkeit im Stall geachtet werden, da hierdurch Staub gebunden werden kann. Zur Vermeidung zu hoher Konzentrationen von NH_3 sollte das Futter keinen zu hohen N-Gehalt aufweisen. Bei der Lagerung von Gülle dient die Vermeidung anaerober Bedingungen der Reduktion der CH_4 -Freisetzung.

Empfehlungen für die Verbesserung der Tiergesundheit:

Der hohe Anteil von Tieren mit pathologischen Organbefunden in den untersuchten Beständen verdeutlicht, dass Handlungsbedarf im Bereich der Verbesserung der Tiergesundheit besteht.

Allgemein ist bei der Wahl der Futtermittel und Einstreu- und Beschäftigungsmaterialien auf hohe Qualität zu achten. Hierbei kommt der bedarfsgerechten d.h. mehrphasigen Fütterung (v.a. Rohprotein- und Rohfasergehalt) eine besondere Bedeutung zu.

Der Rohproteingehalt sollte hierbei mindestens 15,5% der Frischsubstanz, der durchschnittliche Energiegehalt 12,5 MJ ME/kg enthalten. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Ferkel von einer möglichst geringen Zahl von Erzeugern stammen. Die Aufzuchtbedingungen sollten auf die späteren Mastbedingungen abgestimmt sein.

Auf ausreichenden Impfschutz und regelmäßige Entwurmung ist unbedingt Wert zu legen. Durch regelmäßige Stallreinigung und –desinfektion kann der Infektionsdruck reduziert werden. Allerdings muss in weiteren Forschungsvorhaben überprüft werden, in welchem Umfang Rein-Raus-Verfahren auch in eingestreuten Stallsystemen sinnvoll umsetzbar sind. Empfehlenswert ist grundsätzlich eine gute Trennung der Funktionsbereiche, durch die eine Kontamination des Futters und der Tiere mit Kot verhindert wird. Durch eine Beschränkung der den Stall betretenden Menschen und die Einhaltung hygienischer Maßnahmen (einschließlich Hygieneschleuse) kann der Keimeintrag in den Stall reduziert werden.

Aus den o.g. Empfehlungen wird deutlich, dass sich in weiten Bereichen Synergien zwischen den betrachteten Handlungsfeldern Arbeits-, Umwelt- und Tierschutz ergeben, die sich auch positiv im Bereich des Verbraucherschutzes auswirken.

4 Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund einer hohen Prävalenz von Atemwegserkrankungen bei Beschäftigten in der Schweinehaltung und von auffälligen Lungenbefunden 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 im Vergleich zu konventionellen Haltungssysteme durchgeführt. Der aktuellen Diskussion in der Arbeitsmedizin entsprechend standen die sogenannten biologischen Belastungen durch Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte (sog. biologische Belastungen) ergänzt um Staub- und Schadgaseinwirkungen im Vordergrund.

Die Untersuchungen wurden in vier verschiedenen Ställen durchgeführt. Zwei Abteile in einem Versuchsstall der Universität Hohenheim (Haltungssystem A und B) repräsentierten Haltungssysteme, die den BVT-Kriterien sowie weitestgehend den Anforderungen des aktuellen Entwurfs der Ergänzung der Tierschutznutztierhaltungsverordnung für Schweine (TierSchNutZV) entsprechen (50% Vollspalten (14% Schlitzanteil), 50% reduzierter Schlitzanteil (6%), Porky-Play-Beschäftigungsautomat, 54 Mastplätze, $0,9\text{m}^2/\text{Tier}$, Rein-Raus-Verfahren, Zwangsbelüftung). Die beiden Haltungssysteme unterschieden sich durch das Fütterungsverfahren (Stall A: vierphasige Breifütterung, ad libitum; Stall B: vierphasige Sensorflüssigfütterung, ad libitum). Bei den anderen Haltungssystemen handelte es sich um Praxisställe. Stall C stellte eine Altbauumnutzung in Form eines Tiefstreustalles dar (60 Mastplätze). Der Stall bestand aus einem Abteil, das in drei Buchten (je 20 Tiere, $1,3\text{m}^2/\text{Tier}$) aufgeteilt war und kontinuierlich belegt wurde. Die Lüftung erfolgte durch Kippen bzw. Herausnehmen der Fenster. Die Fütterung war einphasig mittels Trockenfutter ad libitum. Bei Stall D handelte es sich um einen Stall nach der EU-Öko-Verordnung ($1,3\text{m}^2/\text{Tier}$ Stallinnen- und $1,0\text{m}^2/\text{Tier}$ Außenfläche) mit 500 Mastplätzen mit eingestreuter Liegefläche. Der Mastbetrieb erfolgte kontinuierlich, die Fütterung zweiphasig (teils Flüssig-, teils Breifütterung). Der Stall war frei belüftet über Trauf-First-Lüftung mit Spaceboards und Windbrechnetzen an beiden Seiten der Stallanlage.

Jedes Stallsystem wurde an sechs Messterminen beprobt; davon lagen jeweils drei in der kalten und drei in der warmen Jahreszeit. In den beiden konventionellen Stäl-

len wurden die Mastdurchgänge jeweils durch drei Messtermine (Anfang, Mitte und Ende des Mastdurchganges) abgebildet. Da die beiden ökologischen Ställe (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 (Juli-September 2003) gewonnen.

Für die Beurteilung der Haltungssysteme aus Sicht des Arbeitsschutzes wurde der Parameter luftgetragene biologische Arbeitsstoffe (Endotoxine, Schimmelpilze und Bakterien inklusive Differenzierung) mittels personengetragenem Gesamtstaub-Probenahmesystem (PGP-System) und Impaktorproben standardisiert erfasst. Zusätzlich erfolgte die Messung der arbeitsmedizinischen Staubfraktionen sowie die Analyse von Materialproben zur Differenzierung möglicher Emissionsquellen für Mikroorganismen. Das PGP-System wurde 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 standardisierter Messvorschriften (TRBA 405 und 430, BIA-Merkblätter 9410, 9411, 9417, 9420, 9430, 9450).

Die Messungen im Bereich des Umweltschutzes umfassten Staubbmessungen sowie die Konzentrationsbestimmung von NH_3 , CO_2 und CH_4 . Letztere erfolgte über NDIR Spektroskopie (ROSEMOUNT, MAIHAK) bzw. photoakustische Infrarotspektroskopie (INNOVA). Zusätzlich wurden die Lufttemperatur und Luftfeuchte in den Ställen bzw. Abteilen bestimmt (Fa. ROTRONIC, Modell Hygroclip). Die Staubbmessung erfolgte teils mit Streulichtphotometern (Fa. TSI, Modell DustTrack 8520), teils mit Aerosolspektrometern (Fa. Grimm Aerosol Technik, Modell 1.108). Die Geräte waren bei allen Untersuchungen im Stallinnenraum auf 1,50 m Höhe platziert. Bestimmt wurde die Konzentration von Partikel der Größenklasse $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM 10). Lufttemperatur und Luftfeuchte wurden in den jeweiligen Ställen bzw. Abteilinnenräumen kontinuierlich und zeitgleich zur Bestimmung der Partikelmassen- und Gaskonzentration bestimmt.

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

derart Parasitenbefall und weitere auffällige Organbefunde dokumentiert (Befundschlüssel nach BLAHA & NEUBRAND bzw. PIQ). Zusätzlich wurden Futtermittel und Stroh nach den offiziellen Methoden auf die Rohnährstoffzusammensetzung untersucht und Angaben zur Futtermittelverwertung, täglichen Zunahme und Zahl der Masttage erfasst.

Bei der Auswertung der unter dem Aspekt des Arbeitsschutzes erhobenen Daten wurden keine Unterschiede zwischen den beiden konventionellen Stallsystemen (Stall A und B) festgestellt. Aus diesem Grund flossen die dort gewonnenen Daten gepoolt in die Analysen ein. Im Vergleich der Stallsysteme wies der Tiefstreustall die höchste Belastung, der nach EU-Öko-VO gebaute Stall die niedrigste Belastung mit luftgetragenen Endotoxinen (stationäre Messung) auf. Der Median lag dort bei 14.495 EU/m^3 im Vergleich zu 5.544 EU/m^3 in den beiden konventionellen Ställen und 2.876 EU/m^3 im Stall nach EU-Öko-VO. In letzterem Stall war die Streuung der Messwerte zudem deutlich geringer als in den anderen Ställen. Auch bei der Betrachtung der luftgetragenen Schimmelpilze wies der Tiefstreustall mit einem Median von 4.622 KBE/m^3 Luft die höchsten Werte auf (BVT-Stall: 1.058 KBE/m^3 ; EU-Öko-VO-Stall: 2.151 KBE/m^3), wobei die beiden eingestreuten Ställe größere Schwankung aufwiesen als die konventionellen Ställe. Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Konzentration der Gesamtbakterien (Tiefstreustall: $16,1 \text{ Mio KBE/m}^3$, BVT-Stall: $0,2 \text{ Mio KBE/m}^3$, EU-Öko-VO: $4,4 \text{ Mio KBE/m}^3$). 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 BVT-Ställen 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 konnten analoge Zusammenhänge nicht festgestellt werden. Allerdings fanden sich Hinweise darauf, dass kurzfristige Konzentrationserhöhungen am ehesten in zeitlichem Zusammenhang zu klimati-

schen 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 zeigten sich bei den personengetragenen Werten in den BVT-Ställen durchweg niedrigere Luftkonzentrationen als in den eingestreuten Ställen. 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 Strohmenngen - nicht durchgeführt wurden.

Die in den Stall- bzw. Abteilinnenräumen der vier untersuchten Haltungssysteme registrierten Lufttemperaturen und –feuchtegehalte bewegten sich in den in der Literatur beschriebenen Bandbreiten für zwangs- und frei belüftete Stallsysteme. Bei den Haltungssystemen C und D zeigten sich, bedingt durch die direkte Abhängigkeit der Innenraumtemperatur von der Außentemperatur, stärkere Temperatur- und damit auch Luftwechselschwankungen. Bei der Höhe der gemessenen Partikelmassenkonzentrationen an PM 10 bestand eine leicht abnehmende Tendenz von Haltungssystem A nach D, 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. 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-Konzentrationen in allen vier Haltungssystemen tendenziell leicht über den Werten in vergleichbaren Untersuchungen. Die Innenraumkonzentrationen von CO₂ und NH₃ 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 CO₂- und NH₃-Konzentrationen registriert als in den Systemen A und B. In Bezug auf CO₂ war dies im Wesentlichen durch die unterschiedlichen Lüftungssysteme und die damit verbundenen Luftwechselraten zu erklären. Die Ursachen für die tendenziell niedrigeren NH₃-Konzentrationen in den Systemen C und D standen vermutlich in Zusammenhang mit den durchschnittlich

tieferen Stallinnenraumtemperaturen in diesen beiden Systemen und der deutlichen Rohproteinunterversorgung der Tiere. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass Haltungssystem D mit getrennten Funktions- bzw. Klimabereichen ausgestattet war und die Messungen der CO₂-, NH₃- und CH₄-Konzentrationen ausschließlich in dem nicht mit Harn und/oder Kot verschmutzten Fress-/Liegebereich durchgeführt wurden. Insgesamt lagen die ermittelten CO₂- und NH₃-Konzentrationen im Vergleich zu Literaturangaben im unteren bis mittleren Bereich. Im Gegensatz zu den in den Haltungssystemen A und B registrierten durchschnittlichen CH₄-Konzentrationen lagen die Konzentrationen der Systemen C und D deutlich höher und wiesen eine stärkere Streubreite auf. Für diese beiden Systeme lagen sie eher im oberen Bereich der Literaturangaben.

Die Untersuchungen zur Tiergesundheit ergaben, dass 45% der untersuchten Tiere auffällige Lungenbefunde und 36,3% der untersuchten Schweine krankhafte Leberveränderungen aufwiesen, die in erster Linie auf einen Wurmbefall zurückzuführen waren. Während die Lungenveränderungen in allen Haltungssystemen nahezu gleichverteilt auftraten, wurden die Leberveränderungen ausschließlich bei den Schweinen aus den beiden ökologischen Ställen 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 & NEUBRAND (Lunge, 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 Infektionsge-

schehens zwischen den Betrieben deutet 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).

Anhand der umfassenden Untersuchungen konnten keine deutlichen Unterschiede zwischen den Haltungssystemen ermittelt werden. Die ermittelten Ergebnisse legen vielmehr 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. 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 wird, von geringer Aussagekraft bzw. müsste weitaus differenzierter erfolgen. Die Untersuchungsergebnisse unterstreichen 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.

5 Gegenüberstellung der geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Grundsätzlich erwies sich das geplante interdisziplinäre Untersuchungskonzept als sinnvoll und praktikabel. Die Untersuchungen im Bereich des Arbeitsschutzes und des Umweltschutzes wurden im geplanten Umfang durchgeführt. Wie oben erwähnt, war jedoch aufgrund der praxisüblichen Belegung der eingestreuten Ställe dort keine Begleitung im Verlauf einzelner Mastdurchgänge möglich.

Im Bereich der Tiergesundheit wurde nach Durchführung der ersten Untersuchungen im Bereich der BVT- und eingestreuten Ställe das Methodeninventar vor dem Hintergrund erster Befunde und aktueller Daten aus der Literatur leicht modifiziert:

Auf die **Tupferproben** wurde verzichtet, da die Probennahme für die Untersuchung des oberen Respirationstraktes unter der vorliegenden Fragestellung aufgrund der möglichen Kontamination mit Sekundärkeimen (Wühlen der Schweine) keine spezifischen Ergebnisse lieferte. Nach Rücksprache mit den beteiligten diagnostischen Laboratorien erschien es effektiver, stattdessen die serologischen Untersuchung entsprechend den in Kapitel 2.3 dargestellten Verfahren zu erweitern. Durch das untersuchte, klinisch relevante Erregerspektrum konnte der Infektionsdruck im Schweinebestand gut abgebildet werden.

Vor dem Hintergrund der bei Mastschweinen dokumentierten besonderen Erkrankungshäufigkeit im Bereich des Respirationstraktes und der Möglichkeit, Schweine als Indikatoren für die inhalativen Belastungen des arbeitenden Menschen bzw. der Anwohner von Schweineställen einzusetzen, wurde das methodische Spektrum in Bezug auf das Zielorgan Lunge erweitert:

Die **histologische Untersuchung von Lungengewebe** aus dem Spitzenlappenbereich wurde nach Entnahme der Proben bei der Schlachtung durchgeführt. Eine Fixierung der Gewebe in Formalin soll die Untersuchung zu einem späteren Zeitpunkt ermöglichen.

6 Literaturverzeichnis

- AARNINK, A.J.A. (1997): Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. Dissertation Landbouwniversiteit Wageningen, ISSN 90-5485-662-9
- ADRIAN, U. (1993): Die jahreszeitlichen Veränderungen der Mengen des Absatzstau- bes in einem Schweinestall. Tierärztliche Umschau, 48, 640-647
- AHLGRIMM, H.-J. & J. BREFORD (1998): Methanemissionen aus der Schweinemast. Landbauforschung Völkenrode, Nr. 1, S. 26/34
- AMON, B. (1998): NH₃-, N₂O- und CH₄-Emissionen aus der Festmistanbindehaltung für Milchvieh, Stall - Lagerung - Ausbringung. VDI-MEG-Schrift 331, Dissertation Wien
- 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 (z.B. > 2.000 Mastschweineplätze) und Geflügel.
- ANONYMUS (2002): Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) <http://www.bmu.de/files/taluft.pdf>
- BÄCKSTRÖM, L., H. BREMER (1978): The relationship between disease environmental factors in herds. Nord. Vet. Med. **30**, 526-533.
- BÄCKSTRÖM, L., H. BREMER, I. DYRENDAHL UND H. OHLSEN (1975): A study of respiratory diseases in fatteners from a herd with a high incidence of atrophic rhinitis, enzootic pneumonia and pleurisy. Svensk Vet. Tidn. 27, 1028-1040.
- BARZO, P., MOLNAR, L., CSOKONAY, L. (1989): Allergische Alveolitis bei Beschäftigten in der Landwirtschaft, verursacht durch thermophile Bakterien oder Pilze, Z Erkrank Atm.org., 173, 151-160.
- BAUR, X., BERGMANN, K.C., KROIDL, R., MERGET, R., MÜLLER-WENING, D., NOWAK, D. (1998): Deutsche Gesellschaft für Pneumologie – Empfehlungen zur Prävention des Berufsasthmas, Pneumologie, 52, 504-514.
- BOUWMAN, A.F., LEE, D.S., ASMAN, W.A.H., DENTENER, F.J., VAN DER HOEK, K.W. U. OLIVIER, J.G.J. (1997): A global high-resolution emission inventory for ammonia. Global Biogeochemical Cycles, 11, 4, 561-587
- BOYD, R. B., J. F. M. SMEETS, I. J. R. VISSER, J. ODINK, A. R. W. ELBERS UND J. M. A. SNIJDERS (1993): Schlachttieruntersuchung: Blutprofile, pathologisch-anatomische Anomalien und Fleischqualitätsmerkmale bei sichtbar gesunden Schlachtschweinen. Fleischwirtschaft 73, 793-797.
- BROSE, G. (2000): Emission von klimarelevanten Gasen, Ammoniak und Geruch aus einem Milchviehstall mit Schwerkraftlüftung. VDI-MEG-Schrift 362, Dissertation Hohenheim
- BROWN, I. H., J. W. HARRIS, J. W. MCCAULEY AND D. J. ALEXANDER (1998): Multiple genetic reassortment of avian and human influenza A viruses in European pigs, resulting in the emergence of a H1H2 virus of novel genotype. J. Gen. Virol. **79**, 2947-2955.

- CARPENTER, G.A., COOPER, A.W. U. WHEELER, G.E (1986): The effect of air filtration on air hygiene and pig performance in early-weaner accomodation. *Animal Production*, 43, 505-515
- CARVALHEIRO, M.F., PETERSON, Y., RUBENOWITZ, E., RYLANDER, R. (1995): Bronchial reactivity and work-related symptoms in farmers, *Am J Ind Med*, 27, 65-74.
- CHIUMENTI, R. L. DONANTONI & S. GUERCINI (1989): Natural versus mechanical ventilation: A comparison study between two fattening piggeries carried out in summer. *Land and Water Use*, pp. 1321/1329, ISBN 90-6191-980-0
- CIGR (1984): Report of working group on „Climatization of animal houses“. Published by the Scottish Farm Buildings Investigation Unit, Aberdeen, UK
- CORMIER, Y., ISRAEL-ASSAQAG, E., RACINE, G., DUCHAINE, C. (2000): Farming practice and the respiratory health risks of swine confinement buildings, *Eur Respir J*, 15, 560-565.
- COX, C.S. U. WATHES, C.M. (HRSG.) (1995): *Bioaerosol Handbook*. Lewis Publishers CRC Press, Boca Raton, London, Tokyo
- CRISTENSEN, G. AND J. MOUSING (1992): Respiratory system. In: LEMAN, A. D., STRAW, B. E., MENGELING, W. L., D' ALLAIRE, S., TAYLOR, D. J. (Eds.): *Diseases of Swine*, 7th ed., Wolfe Publishing Ltd., p. 138-162.
- CRUTZEN, P.J., ASELMANN, I., U. SEILER, W. (1986): Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. *Tellus*, 38b, 271-284
- DAVIDSON, E.A. (1991): Sources of nitric oxide and nitrous oxide following wetting of dry soil. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 56, 95-102
- DEE, S. A. (1997); Porcine respiratory disease complex: The 18th week wall. In: *PIGS-MISSET*, Vol. 13 Nr. 1, S. 18-19.
- DFG (2000): MAK- und BAT-Werte-Liste. Deutsche Forschungsgemeinschaft und Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Pressereferat der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn
- DONE, S. H. AND D. J. PATON (1995): Porcine reproductive and respiratory syndrome: Clinical disease, pathology and immunosuppression. *Vet. Rec.* **136**, 32-35.
- DONHAM, K.J. & D. CUMRO (1999): Setting Maximum Dust Exposure Levels for People and Animals in Livestock Facilities. In: *Proceedings of the International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities*, 30.5.-2.6.1999, Aarhus, Denmark, Research Centre Bygholm, P.O. Box 536, DK-8700 Horsens, ISBN 87-88976-35-1, pp. 93/110
- DONHAM, K.J., REYNOLDS, S.J., WHITTEN, P., MERCHANT, J.A., BURMEISTER, L., POPENDORF, W.J. (1995): Respiratory dysfunction in swine production facility workers: dose response relationships of environmental exposures and pulmonary function, *Am J Ind Med*, 27, 405-418.
- 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/>
- ELBERS, A. R. W. (1991): The use of slaughter house information in monitoring systems for herd health control in pigs. Proefschrift. Rijksunivers. Utrecht.
- ELBERS, A. R. W., M. J. M. TIELEN, W. A. J. CROMWIJK, P. H. V. VOORST, J. T. BAIS, G. VERHAEGHEN, A. A. DE BRUYN (1992): Logbook recording on pig finishing farms in an Integrated Quality Control (IQC) project. Tijdschr. Diergeneesk. **117**, 41-48.
- EN 481 (1993): European standard, workplace atmospheres - size fraction definitions for measurement of airborne particles. CEN, European Committee for Standardization, Rue de Stassart 36, 1050 Brussels, Belgique
- ESSEN VON, S., FRYZEK, J., NOWAKOWSKI, B., WAMPLER, M. (1999): Respiratory symptoms and farming practices in farmers associated with an acute febrile illness after organic dust exposure, *Chest*, **116**, 1452-1458.
- ESSEN, VON S. (1997): The role of endotoxin in grain dust exposure and airway obstruction, *Curr Opin Pulm Med*, **3**, 198-202.
- ESSEN, VON S.G., SCHEPPERS, L.A., ROBBINS, R.A., DONHAM, K.J. (1998): Respiratory tract inflammation in swine confinement workers studied using induced sputum and exhaled nitric oxid, *J Toxicol Clin Toxicol*, **36**, 557-565.
- FERM, M. (1998): Atmospheric ammonia and ammonium transport in Europe and critical loads: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **51**, 6-17
- FLESJA, K. AND H. ULVESAETER (1980): Pathological lesions in swine at slaughter. *Acta Vet. Scand (Suppl.)* **74**, 1-22.
- GALLMANN, E. (2003): Vergleich von zwei Haltungssystemen für Mastschweine mit unterschiedlichen Lüftungsprinzipien – Stallklima und Emissionen. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Schrift 404, Dissertation Universität Hohenheim, ISSN 0931-6264
- GÖTZ, M. (2003): Ermittlung der Staub- und Bioaerosolkonzentrationen, -dynamik und -emission in einem Tiefstreustall für Mastschweine. Master-Thesis, Fachrichtung Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen, Universität Hohenheim
- GRIMM, E., DÖHLER, H. (2001): Erstellung eines Gutachtens für einen deutschen Beitrag zur Vollzugsvorbereitung zur Umsetzung der IVU-Richtlinie für den Bereich Intensivtierhaltung (Entwurf – Stand November 2001), UBW Vorhaben FKZ 360 08 001.
- GRONAUER, A., RATHMER, B., SCHÖN, H., HARTUNG, E., BROSE, G., GALLMANN, E. U. JUNGBLUTH, T. (2001): Anforderungen und Vorgehensweise zur Bestimmung von Emissionsraten aus Ställen als Grundlage für die verfahrenstechnische Bewertung. Beitrag zur 5. Internationalen Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" in Hohenheim. Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim (Hrsg), 80-85

- GROOT KOERKAMP, P.W.G. (1998): Ammonia Emission from Aviary Housing Systems for Laying Hens. Inventory, Characteristics, and Solutions. Thesis Wageningen
- GROOT KOERKAMP, P.W.G. U. UENK, G.H. (1997): Climatic conditions and aerial pollutants in and emissions from commercial animal production systems in the Netherlands. Proceedings of the International Symposium "Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities", EurAgEng, Vinkeloord, The Netherlands, October 6-10, 1997, 139-144
- GROSSE BEILAGE, E. (1999): Klinische und serologische Verlaufsuntersuchungen zu Prävalenz, Inzidenz und Interaktionen viraler und bakterieller Infektionen des Respirationstraktes von Mastschweinen. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Habil.-Schr.
- GUERRERO, R. J. (1990): Respiratory disease: An important global problem in the swine industry. In: Proc 11th Cong. Int. Pig Vet. Soc. Lausanne **11**, 98.
- HABERS, A. H. M., J. F. M. SMEETS UND J. M. A. SNIJDERS (1992): Erfassung der postmortalen Anomalitäten bei Schweinen an der Schlachtlinie. Fleischwirtschaft **72**, 131-138
- HAINZL, F. (2002): Unterschiede bzgl. Staubgehalt und Tieraktivität in Mastschweinställen bei unterschiedlichen Fütterungssystemen. Bachelor-Thesis, Fachrichtung Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen, Universität Hohenheim
- HARTUNG, E. U. MONTENY, G.J. (2000): Optimization of the drying/composting process of manure from poultry facilities. Abstracts of the International Conference on Agricultural Engineering into the Third Millenium, EurAgEng. University of Warwick, UK, 2-7 July 2000, p103
- HARTUNG, J. (1999). Airborne emissions from animal production and its impact on environment and man. KTBL-Schrift 270, Darmstadt
- HARTUNG, J. U. SEEDORF, J. (1999a): Characterization of airborne dust in livestock housing and its effects on animal and environment. Proceedings of the International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities. Danish Institute of Agricultural sciences, Research Center Bygholm, 8700-Horsens, Denmark
- HARTUNG, J., SEEDORF, J. (1999b): Zum Auftreten von Endotoxinen in der Luft von Nutztierställen, Atemw. Lungenkrkh, **25**, 645-650.
- HEBER, A.J., J.Q. NI, T.T. LIM, C.A. DIEHL, A.L. SUTTON, R.K. DUGGITALA, B.L. HAYMORE, D.T. KELLY & V.I. ADAMCHUK (2000): Effect of a Manure Additive on Ammonia Emission from Swine Finishing Buildings. Transactions of the ASAE (43), **6**, pp. 1895/1902
- HEEDERIK, D., VAN ZWIETEN, R., BROUWER, R. (1990): Across-shift lung function changes among pig farmer, Am J Ind Med, **17**, 57-58.
- HENNING-PAUKA, I. (1999): Erreger-Wirt-Interaktionen bei der Actinobacillus-pleuropneumoniae-Infektion des Schweines. In: P. Otto (Hrsg.) Bekämpfung bakterieller Infektionen – eine ständige Aufgabe des gesundheitlichen Verbraucher-

- schutzes. Bundesgesundheitsbl. – Gesundheitsforsch. – Gesundheitsschutz **42**, S. 927-929.
- HINZ, T. & S. LINKE (1998): A Comprehensive Experimental Study of Aerial Pollutants in and Emissions from Livestock Buildings. Part 2: Results. J. agric. Engng Res. (70), pp. 119/129
- HOFMANN, S. (1992): Arbeitsmedizinische Untersuchungen zum Atemtrakt bei Fahrern mobiler Landmaschinen in der Pflanzenproduktion, in: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin, Bericht über die 31. Jahrestagung 1991, Gentner Verlag, Stuttgart, 323-326.
- HOLTER, J.B. u. YOUNG, A.J. (1992): Methane prediction in dry and lactating Holstein Cows. Journal of Dairy Cows, 75, 2165-2175
- HÖRNIG, G., U. STOLLBERG, L. FENYVESI & L. MÁTYÁS (2000): Environmentally relevant emissions from modernized fattening pig houses in Hungary. In: Proceedings of the 9th International Conference in the FAO ESCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN 2000), F. Sangiorgi (Ed.), Gargnano, Italy, 6-9 September 2000, pp. 127/132
- HOY, ST., 1994: Zu den Auswirkungen von Atemwegserkrankungen auf die Mast- und Fruchtbarkeitsleistungen der Schweine. Praktische Tierarzt **2**, 121-127.
- HURST, T.S., DOSMAN, J.A. (1990): Characterization of health effects of grain dust exposures, Am J Ind Med, 17, 27-32.
- HÜTHER, L. (1999): Entwicklung analytischer Methoden und Untersuchung von Einflußfaktoren auf Ammoniak-, Methan- und Distickstoffmonoxidemissionen aus Flüssig- und Festmist - Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 2000
- IPPC (1992). Climate Change (1992): The supplementary report to the IPCC Scientific Assessment. International Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- KAISER, S. (1999): Analyse und Bewertung eines Zweiraumkompoststalls für Mastschweine unter besonderer Berücksichtigung der gasförmigen Stoffströme. VDI-MEG-Schrift 334, Dissertation Göttingen
- KAISER, S., G. BREHME & H. VAN DEN WEGHE (1998): Quantifizierung umwelt- und klimarelevanter Emissionen aus einem frei gelüfteten Mastschweinestall. Abschlußbericht des BML-Modellvorhabens "Innovative Stallssysteme für eine umweltverträgliche Mastschweinehaltung", 1995/97, Darmstadt, zitiert in VAN DEN WEGHE (1998)
- KECK, M. (1997): Beeinflussung von Raumluftqualität und Ammoniakemissionen aus der Schweinehaltung durch verfahrenstechnische Maßnahmen. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Schrift 299, Dissertation Universität Hohenheim, ISSN 0931-6264
- KELLEY, K. (1985): Immunological consequences of changing environmental stimuli. In: MÄHLMANN, B., 1996: Zum Informationsgehalt von Organbefunden von

- Schlachtschweinen für epidemiologische Erhebungen über den Gesundheitsstatus von Mastschweinebeständen. Diss. Hannover.
- KIRCHGESSNER, M., WINDISCH, W. U. MÜLLER, H.L. (1994): Methane release from dairy cows and pigs. Energy metabolism of farm animals, EAAP Publ. No. 76, 339-402
- KIRYCHUK, S., SENTHILSELVAN, A., DOSMAN, J.A., ZHOU, C., BARBER, E.M., RHODES, C.S., HURST, T.S. (1998): Predictors of longitudinal changes in pulmonary function among swine confinement workers, *Can Respir J*, 5, 472-478.
- KÖSTERS, J., MÜLLER, W. (1979): Die bakterielle Exposition des Personals in Massengeflügelhaltungen, *Zentralblatt für Veterinärmedizin*, 17, 154-158.
- KTBL (2001): Erstellung eines Gutachtens für einen deutschen Beitrag zur Vollzugsvorbereitung zur Umsetzung der IVU-Richtlinie für den Bereich Intensivtierhaltung, UBA Vorhaben FKZ 360 08 001, Entwurf Stand November 2001.
- LEEB, T., BAUMGARTNER, J. (2000): Husbandry and health of sows and piglets on organic farms in Austria. Animal health and welfare aspects of organic pig production. Proceedings: 13th International IFOAM Scientific Conference, Basel 28-31 August 2000. 361
- LINSEL, G. (2001): Bioaerosole – Entstehung und biologische Wirkung, Beitrag für den Workshop "Sicherer Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen und Zytostatika" am 12./13.03.2001 in Braunschweig, <http://www.baua.de/info/fachzeit/bioaerosol.htm>
- MANFREDA, J., HOLFORD-STREVEN, V., CHEANG, M., WARREN, C.P.W. (1986): Acute symptoms following exposure to grain dust in farming, *Environmental Health Perspectives*, 66, 73-80.
- MARX, J.J., GUERNSEY, J., EMANUEL, D.A., MERCHANT, J.A., MORGAN, D.P., KRYDA, M. (1990): Cohort studies of immunologic lung disease among Wisconsin dairy farmers, *Am J Ind Med*, 18; 263-268.
- MAYER, C. (1999): Stallklimatische, ethologische und klinische Untersuchungen zur Tiergerechtigkeit unterschiedlicher Haltungssysteme in der Schweinemast. Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik FAT Nr. 50, Dissertation Technische Universität München, ISSN 0257-9200
- MELBOSTAD, E., WIJNAND, W., MAGNUS, P. (1998): Determinants of asthma in a farming population, *Scand J Work Environ Health*, 24, 262-269.
- MELHORN, G., ST. HOY, K. H. EULENBERGER UND W. EWERT (1986): Die Bedeutung endogener und exogener Faktoren bei der Entstehung und Ausprägung entzündlicher Lungenveränderungen bei Schweinen. *Tierzucht* **40**, 467-469.
- MENZIES, F. D., E. A. GOODALL UND S. M. TAYLOR (1995): The epidemiology of *Ascaris suum* infections in pigs in Northern Ireland, 1969 – 1991. *Br. Vet. J.* **150**, 165-172.
- MOBERG, G. P., BETHESDA, M. (Eds.): *Animal Stress*, Am. Physiol. Soc., p. 193-223.
- MONSO, E., MAGAROLAS, R., RADON, K., DANUSER, B., IVERSEN, M., WEBER, C., OPRAVIL, U., DONHAM, K.J., NOWAK, D. (2000): Respiratory Symptoms of obstructive lung disease in European crop farmers, *Am J Respir Crit Care Med*, 162, 1246-1250.

- MONTENY, G.J., BOT, G.P.A., RAABEN, J.H.W. U. OVERBEEK, J.P.E. (2000): Air exchange through a slatted floor for dairy-cow housing. Eingereicht zur Veröffentlichung in: J. agric. Engng. Res.
- MORRIS, C., I. GARDNER, S., HIETALA, T., CARPENTER, R. ANDERSON AND K. PARKER (1995): Seroepidemiologic study of natural transmission of Mycoplasma hyopneumoniae in a swine herd. Prev. Vet. Med. **21**, 332-337.
- NAVAROTTO, P., G. BONAZZI, C. FABBRI & M. GUARINO (2000): New systems of manure removal to reduce gas emissions in existing pig housing. In: Proceedings of the 9th International Conference in the FAO ESCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN 2000), F. Sangiorgi (Ed.), Gargnano, Italy, 6-9 September 2000, pp. 381/383
- NI, J. (1998): Emission of Carbon Dioxide and Ammonia from Mechanically Ventilated Pig House. Doctoraatsproefschrift Nr. 338 aan de Faculteit Landbouwkundige en Toegpaste Biologische Wetenschappen van de K.U. Leuven (Dissertation Katholieke Universiteit Leuven, Belgien)
- NI, J., A.J. HEBER, C.A. DIEHL & T.T. LIM (2000): Ammonia, Hydrogen Sulphide and Carbon Dioxide Release from Pig Manure in Under-floor Deep Pits. J. agric. Engng Res. (77), 1, pp. 53/66
- NIEBAUM, A. (2001): Quantifizierung gasförmiger Emissionen aus quer gelüfteten Außenklimaställen für Mastschweine mit Hilfe der Tracergas-Technik. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Schrift 370, Dissertation Georg-August Universität Göttingen, ISSN 0931-6264
- NOWAK, D., DENK, G., JÖRRES, R., KIRSTEN, D., KOOPS, F., SZADKOWSKI, D., WIEGAND, B., HARTUNG, J., MAGNUSSEN, H. (1994a): Endotoxin-related inflammatory response in nasal lavage fluid after nasal provocation with swine confinement dusts, Am J Respir Crit Care Med, 149, A401.
- NOWAK, D., DENK, G., JÖRRES, R., KIRSTEN, D., WIEGAND, B., HARTUNG, J., KOOPS, F., SZADKOWSKI, D., MAGNUSSEN, H. (1994b): Entzündungsreaktion in der Nasenlavage nach Provokation mit Stallstäuben unterschiedlichen Endotoxingehalts, in: Kessel, R.: 34. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin, Wiesbaden, 16.-19.05.1994, Gentner-Verlag, Stuttgart, 483-485.
- OHLINGER, V. F., C. BISCHOFF UND S. PESCH (1999): Porzines Circovirus Typ II und seine Bedeutung für die Schweineproduktion. In: P. Otto (Hrsg.) Bekämpfung bakterieller Infektionen – eine ständige Aufgabe des gesundheitlichen Verbraucherschutzes. Bundesgesundheitsbl. – Gesundheitsforsch. – Gesundheitsschutz **42**, S. 940-942.
- OPRAVIL, U., RADON, K., KALLENBERG, C., NOWAK, D. (1999): Atemwegssymptome bei Landwirten in Schleswig-Holstein, V88, Abstracts zum 40. Kongreß der Dt. Ges. für Pneumologie, 17.-20. März 1999, Pneumologie, Sonderheft.
- PIJOAN, C. (1986): Respiratory system. In LEMAN, A. D., SRAW, B., GLOCK, R. D., MENGELING, W. L., PENNY, R. H. C., SCHOLL, E. (Eds.): Diseases of Swine, 6th ed., Iowa State University Press, Ames, p. 469-483.

- POINTON, A., P. HEAP AND P. MCCLOUD (1985): Enzootic pneumonia of pigs in South Australia- factors relating to incidence of disease. *Aust. Vet. J.* **62**, 98-100.
- PREDOIU, J. UND BLAHA, T. (1993): Erfassung pathologisch- anatomischer Organbefunde am Schlachthof. 2. Mitteilung: Beitrag integrierter Qualitätssicherungssysteme zur Verbesserung des Verbraucherschutzes, der Tiergesundheit und des Tiereschutzes. *Fleischwirtschaft* **73**, 1183-1186.
- PRIOR, C., FALK, M., FRANK, A. (1996): Early Sensitization to Farming-related antigens among young farmers: analysis of risk factors, *Int Arch Allergy Immunol*, **111**, 182-187.
- RADON, K., BLAINEY, D., DANUSER, B., IVERSEN, M., MONSO, E., OPRAVIL, U., RABE, U., WEBER, C., NOWAK, D. (1999a): Atemwegssymptome bei europäischen Landwirten, V89, Abstracts zum 40. Kongreß der Dt. Ges. für Pneumologie, 17.-20. März 1999, *Pneumologie*, Sonderheft.
- RADON, K., DANUSER, B., IVERSEN, M., JÖRRES, R., MONSO, E., OPRAVIL, U., WEBER, C., DONHAM, K.J., NOWAK, D. (2001): Respiratory symptoms in European animal farmers, *Eur Respir J*, **17**, 747-754.
- RADON, K., GARZ, S., SCHOTTKY, A., KOOPS, F., HARTUNG, J., SZADKOWSKI, D., NOWAK, D. (2000): Lung function and work-related exposure in pig farmers with respiratory symptoms, *J Occup Environ Med*, **42**, 814-820.
- RADON, K., OPRAVIL, U., HARTUNG, J., SZADKOWSKI, D., NOWAK, D. (1999b): Work-related respiratory disorders and farming characteristics among cattle farmers in northern Germany, *Am J Ind Med*, **36**, 444-449.
- RADON, K., OPRAVIL, U., KALLENBERG, C., SZADKOWSKI, D., RABE, U., NOWAK, D. (1999): Prävalenz von Atemwegssymptomen bei norddeutschen Landwirten, in: Rettenmeier, A.W., Feldhaus, C. (Hrsg.) 39. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin, 17.-20. Mai 1999 in Wiesbaden, Rindt-Druck, Fulda, 1999, 393-396.
- RADON, K., WEBER, C., IVERSEN, M., DANUSER, B., PEDERSEN, S., NOWAK, D. (2001): Exposure assessment and lung function in pig and poultry farmers, *Occup Environ Med*, **58**, 405-410.
- RATHMER, B. (2002): Vergleich klima- und umweltrelevanter Emissionen aus Haltungssystemen für Mastschweine. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Schrift 386, Dissertation Technische Universität München, ISSN 0931-6264
- REYNOLDS, S.J., DONHAM, K.J., WHITTEN, P., MERCHANT, J.A., BURMEISTER, L.F., POPENDORF, W.J. (1996): Longitudinal evaluation of dose-response relationships for environmental exposures and pulmonary function in swine production workers, *Am J Ind Med*, **29**, 33-40.
- RIEGER, M.A. (2001): Biologische Belastungen der Beschäftigten in der Landwirtschaft, Habilitationsschrift am Fachbereich Sicherheitstechnik, Bergische Universität GH Wuppertal.
- RIEGER, M.A. (2002): Verleihung des E.W. Baader-Preises, *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.*, **37**, 7, 352.
- RUBELOWSKI, I, SUNDRUM, A. (1999): Zur Bedeutung der Schweinehaltung im Ökologischen Landbau. In Hoffmann, H. & S. Müller (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissen-

- schaftstagung zum Ökologischen Landbau, 23.-25.02.1999, Humboldt-Universität Berlin, S. 218-221.
- SCHHAVO (2000): Verordnung zum Schutz von Schweinen bei Stallhaltung ("Schweinehaltungsverordnung") vom 19. Dezember 1972 (BGBl. I, S. 2509) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Dezember 1994 (BGBl. I, S. 3930), zuletzt geändert durch Art. 4a der Verordnung vom 18. April 2000 (BGBl. S. 531), seit 25.10.2001 außer Kraft; download:
<http://www.uni-hohenheim.de/~hoernerk/tschb/schweine.htm>
- SCHIMBERG, R.W., UITTI, J., KOTIMAA, M., SARANTILA, R. (1992): Exposition gegenüber luftgetragenen Partikeln, Sporen, Bakterien und Endotoxinen bei der Pelztieraufzucht, Staub, Reinhaltung der Luft, 52, 457-460.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (1996): Naturwissenschaftliche Grundlagen – Klima und Treibhauseffekt. In: H.G. Brauch (Hrsg.): Klimapolitik, Springer-Verlag, Berlin
- SCHUH, M. (2001): Stallklimabedingte Erkrankungen beim Schwein in Gumpensteiner Bautagung, BAL Gumpenstein, S. 93-96.
- SCHÜTTE, A. (1999): Erfassung, Auswertung und Rückmeldung von Daten aus den Bereichen „Herkunft“, „Transport“ und „Schlachthof“ zur Verbesserung von Tiererschutz und Produktqualität bei der Schweinefleischerzeugung. Präsentation der Methoden und Ergebnisse aus dem Vorhaben am Schlachthof Vogler. Abschlußbericht.
- SCHWARTZ, D.A., LANDAS, S.K., LASSISE, D.L., BURMEISTER, L.F., HUNNINGHAKE, G.W., MERCHANT, J.A. (1992): Airway injury in swine confinement workers, Ann Int Med, 116, 630-635.
- SCHWARTZ, D.A., THORNE, P.S., YAGLA, S.J., BURMEISTER, L.F., OLENCHOCK, S.A., WATT, J.L., QUINN, T.J. (1995): The role of endotoxin in grain dust-induced lung disease, Am J Respir Crit Care Med, 152, 603-608.
- SEEDORF, J. & J. HARTUNG (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. KTBL-Schrift 393, Darmstadt, ISBN 3-7843-2145-3
- SEEDORF, J. (2000): Emissionen von luftgetragenen Stäuben und Mikroorganismen. Landtechnik, 55, 182-183
- SEINFELD, J.H. U. PANDIS, S.N. (1997): Atmospheric chemistry and physics. John Wiley & Sons, New York
- SEIPELT, F. (1999): Quantifizierung und Bewertung gasförmiger Emissionen aus freigelüfteten Milchviehställen mit Trauf-First-Lüftung. VDI-MEG-Schrift 336, Dissertation Göttingen
- SJÖGREN, B., WANG, Z., LARSSON, B.M., LARSSON, K., LARSSON, P.H., WESTERHOLM, P. (1999): Increase in interleukin-6 and fibrinogen in peripheral blood after swine dust inhalation, Scand J Work Environ Health, 25, 39-41.
- SNEATH, R.W., PHILLIPS, V.R., DEMMERS, T.G.M., BURGESS, L.R., SHORT, J.L. U. WELCH, S.K. (1997): Long term measurements of greenhouse gas emissions from UK livestock buildings. Livestock Environment V, Proceedings of the 5th International Symposium, Bloomington, Minnesota, USA, 146-153

- SPAHN, ARND (2001): IG BAU, persönliche Mitteilung
- STRAW, B. E., V. K. TUOVINEN UND M. BIRGA-POULIN (1989): Estimation of the cost of pneumonia in swine herds. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **195**, 1702-1706.
- STUBBE, A. (2000): Entwicklung und Beurteilung einer Beschäftigungstechnik für Mastschweine in intensiven Haltungssystemen. Forschungsbericht Agrartechnik, VDI-MEG-Schrift Nr. 358, Dissertation Universität Hohenheim, ISSN 0931-6264
- SUBIRATS BAYEGO, E., VILA BALLESTER, L., VILA SUBIRANA, T., MORELL BROTA, F., VALLESCAR PINANA, R., MARGALEF MIR, N. (1994): Prevalence of respiratory diseases in a rural population in the north of Catalonia: La Cerdanya, *Med Clin (Barc)*, **103**, 481-484.
- SUNDRUM, A. (2001a): Managing amino acids in organic pig diets. In: Proceedings of the 4th NAHWOA-Workshop, 24-27.03.2001, Wageningen, NL, p. 181-191.
- SUNDRUM, A. (2001b). Organic livestock farming - A critical review. *Livestock Production Science* **67**, 207-215.
- TAKAI, H., PEDERSEN, S., JOHNSEN, J.O., METZ, J.H.M., GROOT KOERKAMP, P.W.G., UENK, G.H., PHILLIPS, V.R., HOLDEN, M.R., SNEATH, R.W., SHORT, J.L., WHITE, R.P., HARTUNG, J., SEEDORF, J., SCHRÖDER, M., LINKERT, K.H. U. WATHES, C.M. (1998): Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern Europe. *J. agric. Engng. Res.*, 49-58
- TERHO, E.O., HUSMAN, K., VOHLONEN, I. (1987): Prevalence and incidence of chronic bronchitis and farmer's lung with respect to age, sex, atopy, and smoking., *Eur J Respir Dis Suppl*, **152**, 19-28.
- TEXDORF, T. (1981): Qualitätsmindernde Erkrankungen des Mastschweines. *Fleischwirtschaft* **61**, 999-1003.
- THAMSBORG, S. M., A. ROEPSTORFF, M. LARSEN (1999): Integrated and biological control of parasites in organic and conventional production systems. *Vet. Parasit.* **84**, 169-186.
- THELIN, A., TEGLER, O., RYLANDER, R. (1984): Lung reactions during poultry handling related to dust and bacterial endotoxin levels, *Eur J Respir Dis*, **65**, 266-271.
- TIELEN, M. J. M. (1974): The frequency of the lung and liver lesions in pigs. *Medeelingen Landbouwhogeschool Wageningen* **74**, 7-131.
- TIELEN, M. J. M. (1991): System der Integrierten Qualitätskontrolle (I:Q.K.) für Mastschweine in den Niederlanden. *Tierzucht* **45**, 490-492.
- TIERSCHNUTZTV (2003): Entwurf zur zweiten Verordnung zur Veränderung der Tier-schutz-Nutztierhaltungsverordnung vom 25. Oktober 2001 (BGBL. I S. 2758), Stand 11.04.2003
- VARSLOT, M., HILT, B., QVENILD, T. (1995): [Respiratory tract symptoms among farmers keeping animals in Midt-Norge.], *Tidsskr Nor Laegeforen*, **115**, 2524-2528.
- VOGELZANG, P.F.J., VAN DER GULDEN, J.W.J., FOLGERING, H., KOLK, J.J., HEEDERIK, D., PRELLER, L., TIELEN, J.M.J., VAN SCHAYCK, C.P. (1998): Endotoxin exposure as a major determinant of lung function decline in pig farmers, *Am J Respir Crit Care Med*, **157**, 15-18.

- VOGELZANG, P.F.J., VAN DER GULDEN, J.W.J., PRELLER, L., TIELEN, M.J.M, VAN SCHAYCK, C.P., FOLGERING, H. (1997): Bronchial hyperresponsiveness and exposure in pig farmers, *Int Arch Occup Environ Health*, 70, 327-333.
- VOGT, CH. (1996): Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von Organbefunden am Schlachthof als Bewertungskriterium der Gesundheit von Schweinebeständen im Rahmen eine integrierten Qualitätssicherungssystems. Diss. Hannover.
- VRANKEN, E., S. CLEAS & D. BERCKMANS (2002): Development of a shortened procedure for the determination of ammonia emission from livestock buildings. International Conference on Agricultural Engineering, AgEng Budapest, Hungary, paper-No. 02-SE-063
- WANG, Z. (1997): Acute cytokine responses to inhaled swine confinement building dust, in: Arbetslivsinstitutet – National Institute for Working Life, Schweden (Hrsg.): *Arbete och Hälsa*, Band 23, Eigenverlag, Solna, 1997.
- WENDEL, K.P., BURDORF, A., BRUGGELING, T.G. (1994): Relations between respiratory symptoms and sickness among workers in the animal feed industry, *Occup Environ Med*, 51, 440-446.
- WITTMANN, M., M. M. GERDEMANN, M. R. L. SCHEEDER, H. HANNEKEN, D. JANECKE UND M. KREUZER, 1995: Zusammenhänge zwischen tierärztlichen Befunden und Schlachtkörper- bzw. Fleischqualität beim Schwein. *Fleischwirtschaft* **75**, 492-495.
- WOLF, P. U. (1986): Untersuchungen zu Ursachen und Häufigkeit von Organbeanstandungen bei Schlachtschweinen – ein Beitrag zur Erhöhung der diagnostischen Aussagekraft der Fleischuntersuchungsstatistiken. Diss. Leipzig.
- ZEJDA, J.E., BARBER, E., DOSMAN, J.A., OLENCHOCK, S.A., MCDUFFIE, H.H., RHODES, C., HURST, T. (1994): Respiratory health status in swine producers relates to endotoxin exposure in the presence of low dust levels, *J Occup Med*, 36, 49-46.
- ZHANG, Y. (1999): Do away with the dust. *Pig Progress*, 15, 10-14
- ZIMMERMANN, W. UND H. PLONAIT (2001): Erkrankungen des Atmungsapparates. In : K. H. WALDMANN und M. WENDT (HRSG.): *Lehrbuch der Schweinekrankheiten*. 3. Aufl., Parey Buchverlag, Berlin, S. 111-150.
- ZIMMERMANN, W., W. ODERMATT UND P. TSCHUDI (1989): Enzootische Pneumonie (EP): Die Teilsanierung EP-reinfizierter Schweinezuchtbetriebe als Alternative zur Totalsanierung. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* **131**, 179-191.

7 Anhang

7.1 Anhang Methoden

<i>Leber Parasiten bei Vorkommen von Milkspots zusätzlich Quantifizierung durch Angabe „Leber ausgeputzt bzw. verworfen“</i>	<i>Leber Entzündung bei akuten oder chron. Veränderungen zusätzlich Quantifizierung durch Angabe „Leber ausgeputzt bzw. verworfen“</i>	<i>Lunge ggr. Veränderungen die weniger als 10% der Lunge betreffen. „nur Spitzenlappen betroffen“</i>	<i>Lunge mgr. Veränderungen die mehr als 10% der Lunge betreffen. „mehrere Stellen über die gesamte Lunge verteilt“</i>	<i>Lunge hgr. Veränderungen die mehr als 30% der Lunge betreffen.</i>
<i>Leber ausgeputzt nur Teile der Leber werden entfernt (2-3 Milkspots)</i>	<i>Leber verworfen die Leber wird komplett vom Geschlinge abgeschnitten (mehr als 3 Milkspots)</i>	<i>Herzbeutelentzündung das Herz wird vom Geschlinge abgeschnitten</i>	<i>Geschlinge TBC[#]</i>	<i>Sonstige alle nicht aufgeführten Befunde</i>
<i>Darm verwachsen einzelne Verwachsungen unterschiedlicher Darmabschnitte</i>	<i>Darm entzündet einzelne Entzündungs-herde unterschiedlicher Darmabschnitte</i>	<i>Darm Parasiten von außen sichtbarer Parasitenbefall unterschiedlicher Darmabschnitte</i>	<i>Darm TBC[#]</i>	<i>Darm Abszesse alle Abszeße unterschiedlicher Darmabschnitte, auch wenn sie die Tauglichkeit nicht beeinflussen</i>

Tabelle A1-1: Befundschlüssel Tierkörper

[#]Tuberkulose

Tierbezeichnung										
Leber Parasiten										
Lunge ggr.										
Lunge mgr.										
Lunge hgr.										
Leber ausgeputzt										
Leber verworfen										
Herzbeutelentzündung										
Geschlinge TBC [#]										
Sonstige										
Darm verwachsen										
Darm entzündet										
Darm Parasiten										
Darm TBC [#]										
Darm Abszesse										

Tabelle A1-2: Erfassungsbogen Befunde Tierkörper

[#]Tuberkulose

<i>Brustfellentz. ggr. Veränderungen „Fünfstückgroß“</i>	<i>Brustfellentz. mgr. Veränderungen Handtellergröße</i>	<i>Brustfellentz. hgr. alle großflächigeren Veränderungen</i>	<i>Abszeß alle Abszesse am Tierkörper, auch wenn sie die Tauglichkeit nicht beeinflussen</i>	<i>Hautschäden Veränderungen, die Hinweise auf Parasiten oder schlechte Haltungsverhältnisse zulassen</i>
--	--	---	--	---

<i>Bauchfellentz. ggr.</i> Veränderungen „Fünfmaststück- groß“	<i>Bauchfellentz. mgr.</i> Veränderungen Handtellergröße	<i>Bauchfellentz. hgr.</i> alle großflächigeren Veränderungen	<i>Gelenke</i> krankhafte Veränderungen an den distalen Gliedermaßen, auch wenn sie die Tauglichkeit nicht beeinflussen	
<i>PSE*</i> einseitig/beid- seitig	<i>TBC#</i>	<i>Myositis</i>	<i>Rotlauf</i>	<i>Septikämie</i>
<i>Ikterus</i>	<i>Eber/Zwitter</i>	<i>Hodenrest</i>	<i>Nieren- veränderung</i>	<i>Sonstige</i>

Tabelle A1-3: Befundschlüssel Organe

#Tuberkulose

*Pale, Soft and Exudative

Tierbezeichnung																			
Brustfellentz. ggr.																			
Brustfellentz. mgr.																			
Brustfellentz. hgr.																			
Abszeß																			
Hautschäden																			
Bauchfellentz. ggr.																			
Bauchfellentz. mgr.																			
Bauchfellentz. hgr.																			
Gelenke																			
Nierenveränderung																			
<i>PSE*</i>																			
<i>TBC#</i>																			
<i>Myositis</i>																			
<i>Rotlauf</i>																			
<i>Septikämie</i>																			
<i>Ikterus</i>																			
<i>Eber/Zwitter</i>																			
<i>Hodenrest</i>																			
<i>Sonstige</i>																			

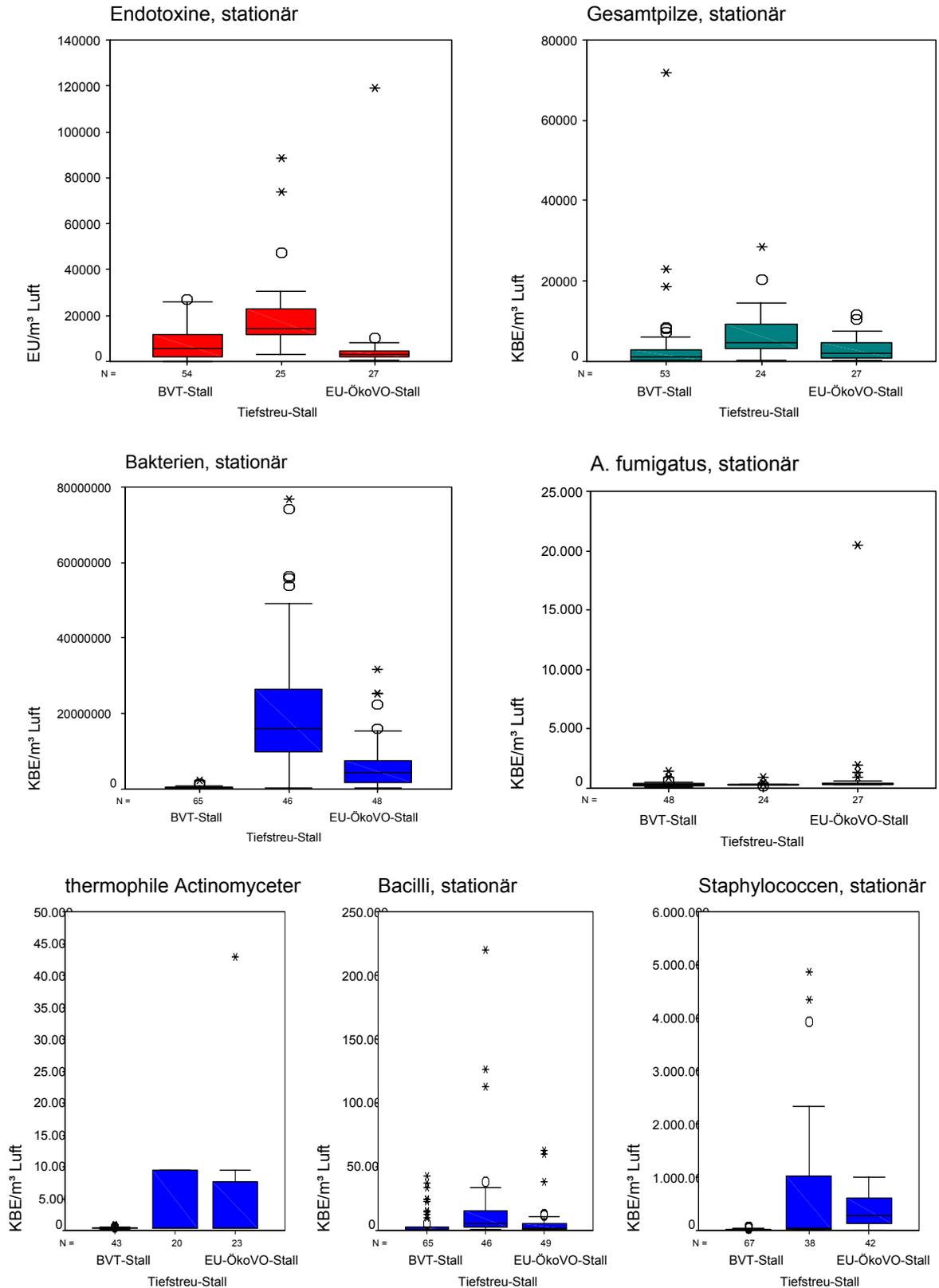
Tabelle A1-4: Erfassungsbogen Befunde Organe

#Tuberkulose

*Pale, Soft and Exudative

7.2 Anhang Ergebnisse Arbeitsschutz

Abbildungen A2-1: Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – PGP-System-stationär



KBE/m³ Luft

Mikroorganismus	Stallsystem	Mittelwert	N	Standardabweichung	Median
Endotoxine	BVT-Stall	7.930,08	54	7.002,330	5.544,16
	Tiefstreu-Stall	21.884,75	25	20.373,258	14.495,24
	EU-ÖkoVO-Stall	7.611,54	27	22.368,649	2.875,58
	Insgesamt	11.140,14	106	16.718,525	5.602,38
Gesamtpilze	BVT-Stall	3.895,33	53	10.421,190	1.058,20
	Tiefstreu-Stall	6.906,60	24	6.689,571	4.621,85
	EU-ÖkoVO-Stall	3.190,02	27	3.100,228	2.150,54
	Insgesamt	4.407,13	104	8.320,190	2.051,77
Bakterien	BVT-Stall	359.753,69	65	413.541,960	209.523,81
	Tiefstreu-Stall	21375329,69	46	18.570.741,249	16.099.567,10
	EU-ÖkoVO-Stall	6.809.557,99	48	7.341.337,219	4.359.307,36
	Insgesamt	8.386.842,39	159	13.809.543,773	1.933.333,33
A. fumigatus	BVT-Stall	349,99	48	212,542	317,00
	Tiefstreu-Stall	344,58	24	135,660	317,00
	EU-ÖkoVO-Stall	1.216,73	27	3.865,927	366,00
	Insgesamt	585,06	99	2.035,251	317,00
thermophile Actinomyceten	BVT-Stall	355,84	43	146,890	317,00
	Tiefstreu-Stall	4.037,30	20	4.602,143	381,00
	EU-ÖkoVO-Stall	4.499,43	23	9.199,555	381,00
	Insgesamt	2.320,16	86	5.529,964	359,50
Bacilli	BVT-Stall	4.860,62	65	9.176,255	1.058,00
	Tiefstreu-Stall	18.160,70	46	39.220,086	5.454,55
	EU-ÖkoVO-Stall	6.188,34	49	12.918,527	1.428,57
	Insgesamt	9.091,01	160	23.522,956	1.666,67
Staphylococcen	BVT-Stall	14.187,59	67	17.104,898	5.714,29
	Tiefstreu-Stall	735.325,78	38	1.237.886,018	51.948,00
	EU-ÖkoVO-Stall	368.352,10	42	289.981,609	286.904,50
	Insgesamt	301.794,13	147	707.274,237	30.000,00

Tabelle A2-1: Stationäre Messungen mit dem PGP-System: Mediane und Mittelwerte der Bestimmung biologischer Arbeitsstoffe

Mikroorganismus				Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Endotoxine	KBE/m ³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	3,8E+09	2	1,89E+09	7,611	,001
		Innerhalb der Gruppen		2,6E+10	103	2,48E+08		
		Insgesamt		2,9E+10	105			
Gesamtpilze	KBE/m ³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	2,0E+08	2	1,02E+08	1,486	,231
		Innerhalb der Gruppen		6,9E+09	101	68578385		
		Insgesamt		7,1E+09	103			
Bakterien	KBE/m ³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	1,2E+16	2	6,03E+15	52,1	,000
		Innerhalb der Gruppen		1,8E+16	156	1,16E+14		
		Insgesamt		3,0E+16	158			
A. fumigatus	KBE/m ³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	1,5E+07	2	7406759,5	1,818	,168
		Innerhalb der Gruppen		3,9E+08	96	4074235,9		
		Insgesamt		4,1E+08	98			
thermophile Actinomyceten	KBE/m ³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	3,3E+08	2	1,67E+08	6,121	,003
		Innerhalb der Gruppen		2,3E+09	83	27291819		
		Insgesamt		2,6E+09	85			
Bacilli	KBE/m ³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	5,4E+09	2	2,68E+09	5,093	,007
		Innerhalb der Gruppen		8,3E+10	157	5,26E+08		
		Insgesamt		8,8E+10	159			
Staphylococceen	KBE/m ³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	1,3E+13	2	6,44E+12	15,4	,000
		Innerhalb der Gruppen		6,0E+13	144	4,18E+11		
		Insgesamt		7,3E+13	146			

Tabelle A2-2: Mittelwertsvergleiche für die einzelnen Mikroorganismen zwischen den Stallsystemen, stationäre Messungen

Multivariates Modell

	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	3,906	0,101		38,602	0,000
AußentempABS	-0,056	0,006	-1,107	-8,734	0,000
StallluftrateABS	0,000	0,000	0,456	3,598	0,001
Abhängige Variable: Log Endotoxinkonzentration					

Tabelle A2-3: Koeffizienten multivariates Modell, Endotoxinkonzentration, BVT-Stall, Mastdurchgänge 1 bis 3

	Nicht standardisierte Koeffizienten	Standardfehler	Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B		Beta		
(Konstante)	3,093	0,137		22,562	0,000
GVE	0,107	0,018	0,828	5,900	0,000
Abhängige Variable: Log Endotoxinkonzentration					

Tabelle A2-4: Koeffizienten multivariates Modell, Endotoxinkonzentration, BVT-Stall, Mastdurchgang 1

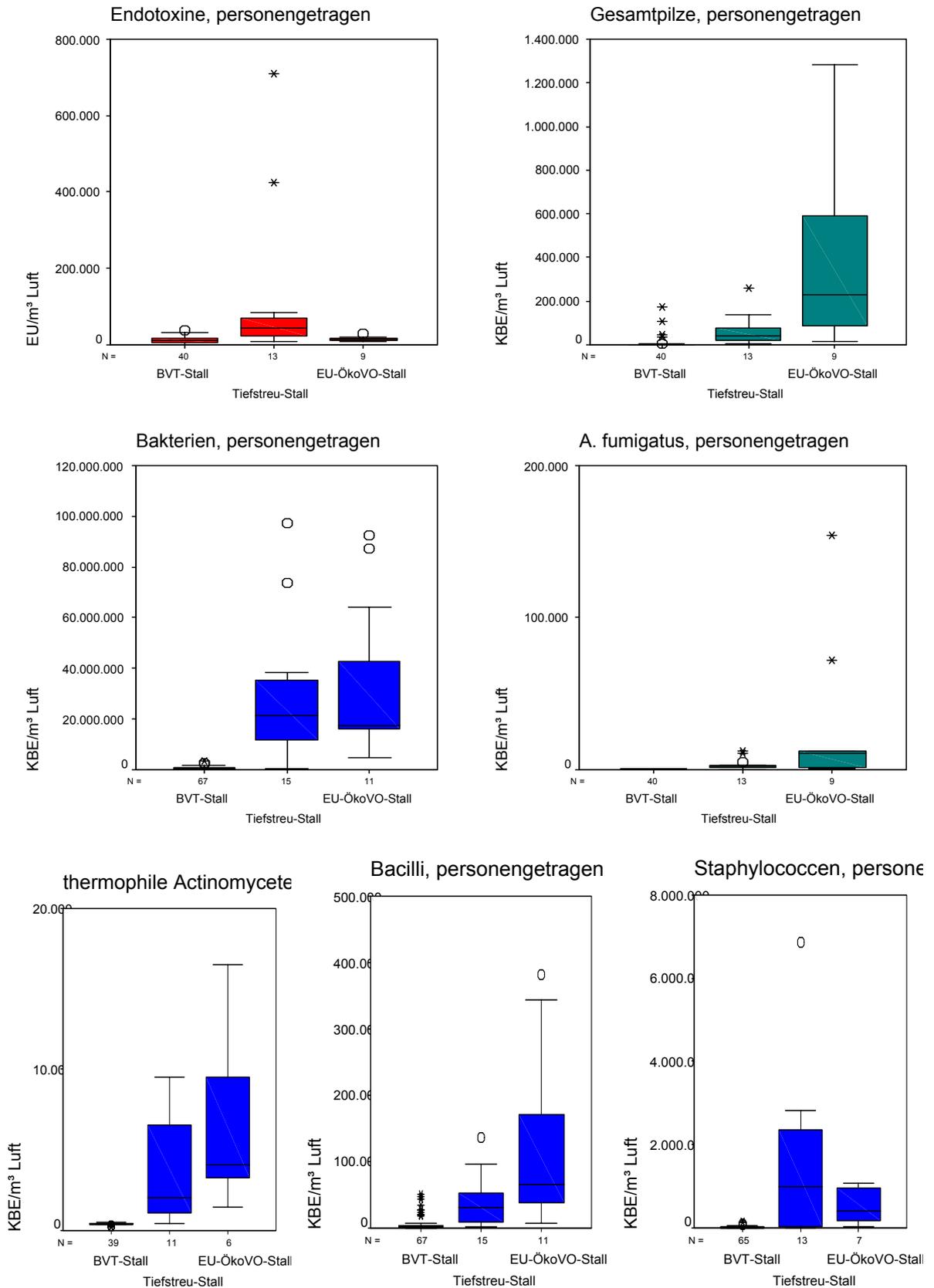
	Nicht standardisierte Koeffizienten	Standardfehler	Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B		Beta		
(Konstante)	4,089	0,084		48,643	0,000
AußentempABS	-0,027	0,007	-0,681	-3,717	0,002
Abhängige Variable: Log Endotoxinkonzentration					

Tabelle A2-5: Koeffizienten multivariates Modell, Endotoxinkonzentration, BVT-Stall, Mastdurchgang 2

	Nicht standardisierte Koeffizienten	Standardfehler	Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B		Beta		
(Konstante)	5,484	0,493		11,134	0,000
StalltempABS	-0,084	0,018	-0,763	-4,717	0,000
Abhängige Variable: Log Endotoxinkonzentration					

Tabelle A2-6: Koeffizienten multivariates Modell, Endotoxinkonzentration, BVT-Stall, Mastdurchgang 3

Abbildungen A2-2 Luftgetragene biologische Arbeitsstoffe – PGP-System – personengetragen



KBE/m³ Luft

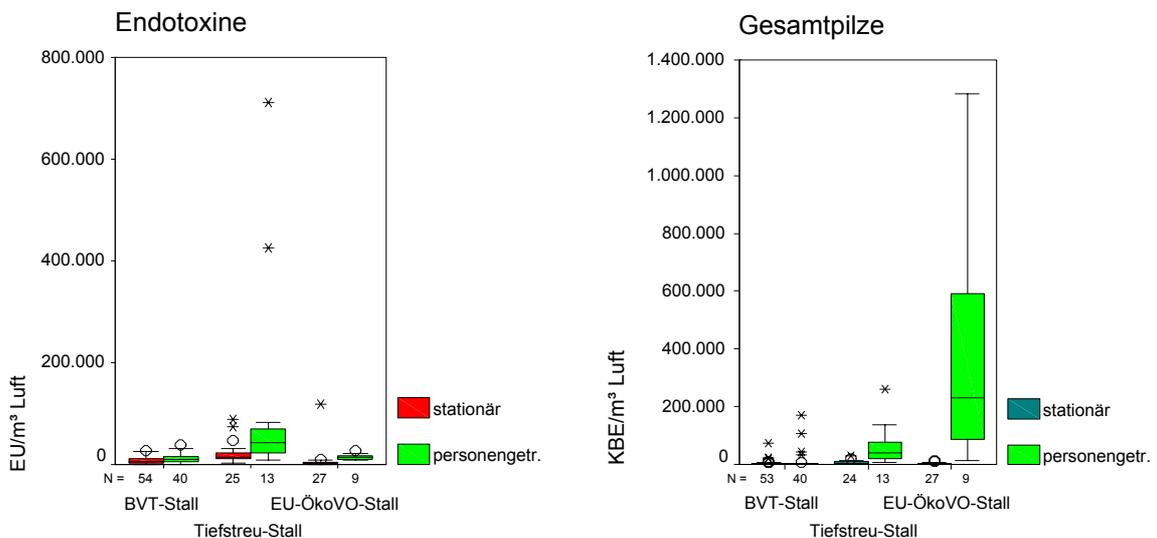
Mikroorganismus	Stallsystem	Mittelwert	N	Standardabweichung	Median
Endotoxine	BVT-Stall	12.271,29	40	9.083,505	10.330,04
	Tiefstreu-Stall	120.475,24	13	208.176,381	42.857,14
	EU-ÖkoVO-Stall	15.148,89	9	6.256,548	14.549,45
	Insgesamt	35.376,93	62	102.650,106	14.127,71
Gesamtpilze	BVT-Stall	9.970,85	40	32.064,358	828,16
	Tiefstreu-Stall	61.404,07	13	69.492,767	39.775,91
	EU-ÖkoVO-Stall	360.222,84	9	407.876,382	229.931,97
	Insgesamt	71.598,26	62	195.521,946	2.164,50
Bakterien	BVT-Stall	635.677,11	67	706.842,934	361.904,76
	Tiefstreu-Stall	28325412,52	15	26480662,309	21.224.489,80
	EU-ÖkoVO-Stall	33791600,65	11	31502805,826	17.402.597,40
	Insgesamt	9.023.431,84	93	20006718,298	632.034,63
A. fumigatus	BVT-Stall	361,38	40	79,947	405,50
	Tiefstreu-Stall	3.552,92	13	3.730,881	2.381,00
	EU-ÖkoVO-Stall	30.063,57	9	51.454,900	10.989,01
	Insgesamt	5.342,18	62	21.379,635	433,00
thermophile Actinomyceten	BVT-Stall	407,33	39	54,817	433,00
	Tiefstreu-Stall	3.792,35	11	3.790,144	2.040,82
	EU-ÖkoVO-Stall	6.481,33	6	5.599,701	4.102,56
	Insgesamt	1.723,03	56	3.165,185	433,00
Bacilli	BVT-Stall	6.108,33	67	11.564,605	1.298,70
	Tiefstreu-Stall	39.897,10	15	37.491,172	31.746,03
	EU-ÖkoVO-Stall	129.038,11	11	129.691,768	66.233,77
	Insgesamt	26.098,21	93	61.050,275	2.857,14
Staphylococcen	BVT-Stall	26.324,65	65	32.571,065	14.285,71
	Tiefstreu-Stall	1.543.964,41	13	1.909.612,261	1.000.000,00
	EU-ÖkoVO-Stall	536.020,16	7	450.400,754	395.604,40
	Insgesamt	300.409,18	85	915.602,931	20.714,29

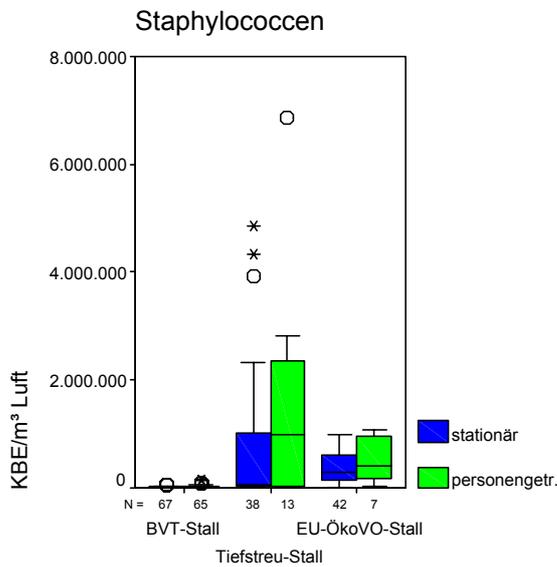
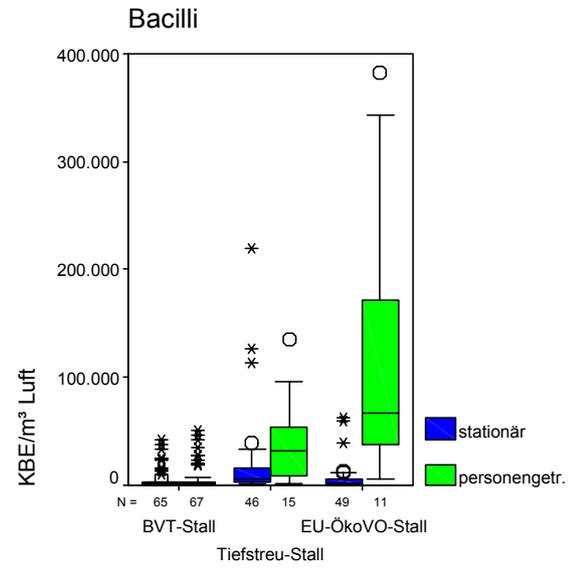
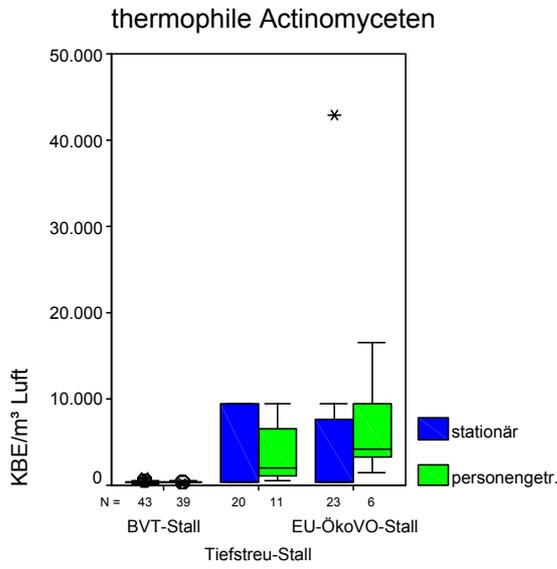
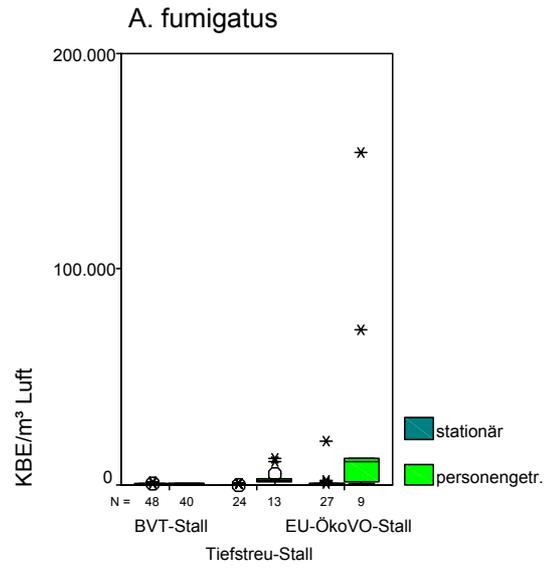
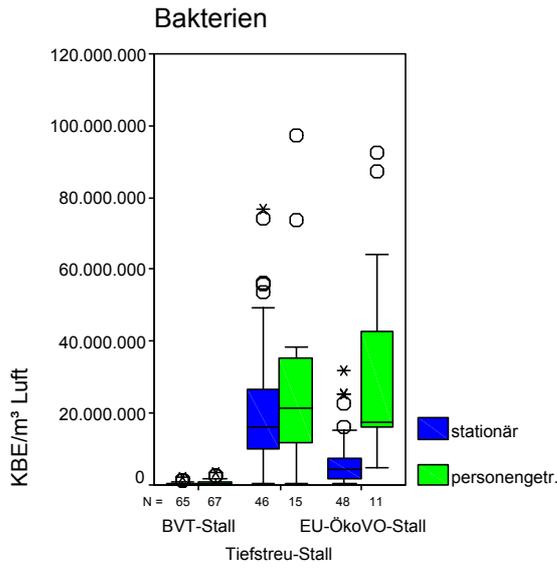
Tabelle A2-7: Personengetragene Messungen mit dem PGP-System: Mittelwerte und Mediane der Bestimmung biologischer Arbeitsstoffe

Mikroorganismus	Quadrat summe	df	Mittel der Quadrate	F	Signif ikanz
Endotoxine KBE/m³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen (Kombiniert)	2	6,0E+10	6,715	,002
	Innerhalb der Gruppen	59	8,9E+09		
	Insgesamt	61			
Gesamtpilze KBE/m³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen (Kombiniert)	2	4,5E+11	18,64	,000
	Innerhalb der Gruppen	59	2,4E+10		
	Insgesamt	61			
Bakterien KBE/m³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen (Kombiniert)	2	8,5E+15	38,80	,000
	Innerhalb der Gruppen	90	2,2E+14		
	Insgesamt	92			
A. fumigatus KBE/m³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen (Kombiniert)	2	3,3E+09	9,029	,000
	Innerhalb der Gruppen	59	3,6E+08		
	Insgesamt	61			
thermophile Actinomyceten KBE/m³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen (Kombiniert)	2	1,3E+08	22,08	,000
	Innerhalb der Gruppen	53	5670742		
	Insgesamt	55			
Bacilli KBE/m³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen (Kombiniert)	2	7,3E+10	33,44	,000
	Innerhalb der Gruppen	90	2,2E+09		
	Insgesamt	92			
Staphylococcen KBE/m³ Luft * Stallsystem	Zwischen den Gruppen (Kombiniert)	2	1,3E+13	23,10	,000
	Innerhalb der Gruppen	82	5,5E+11		
	Insgesamt	84			

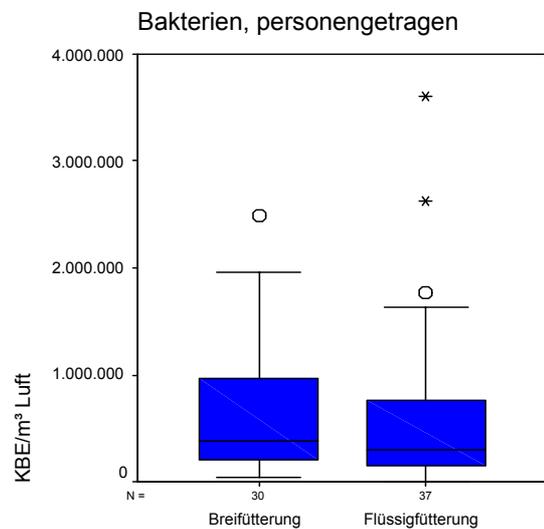
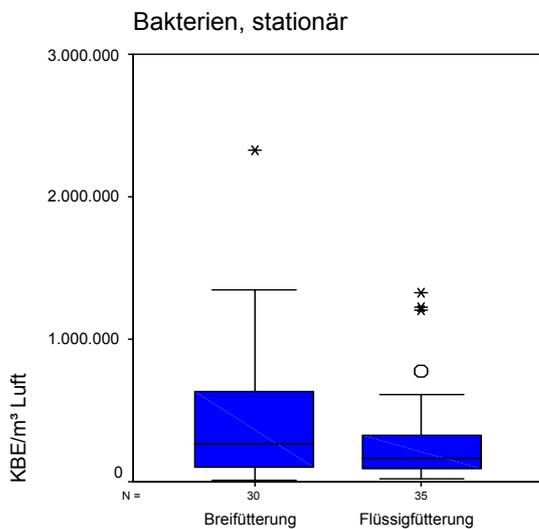
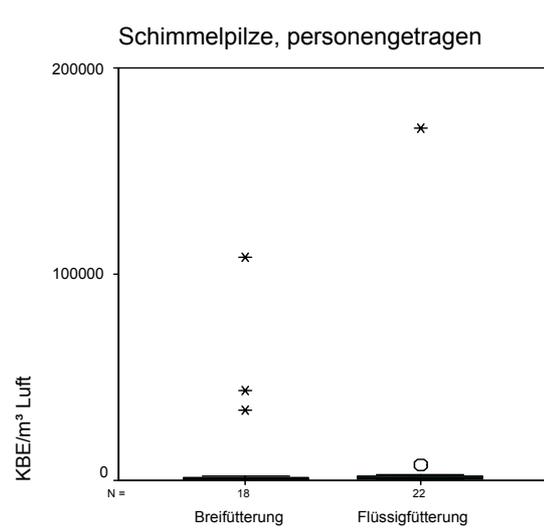
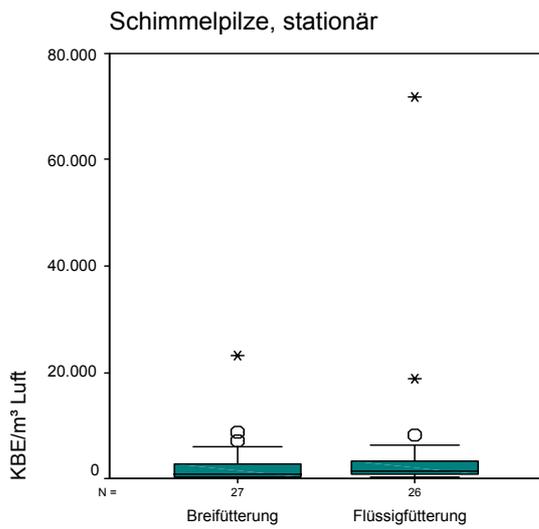
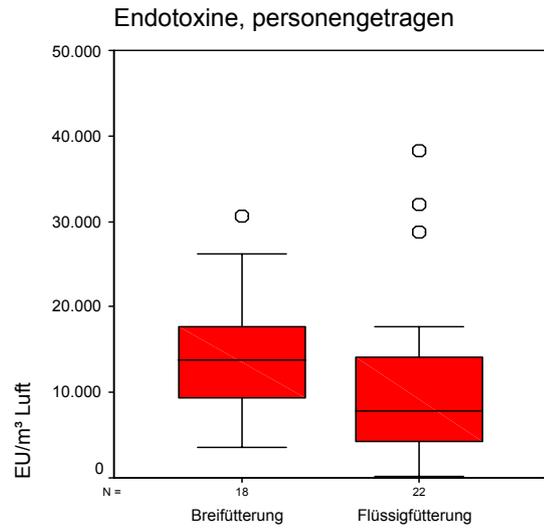
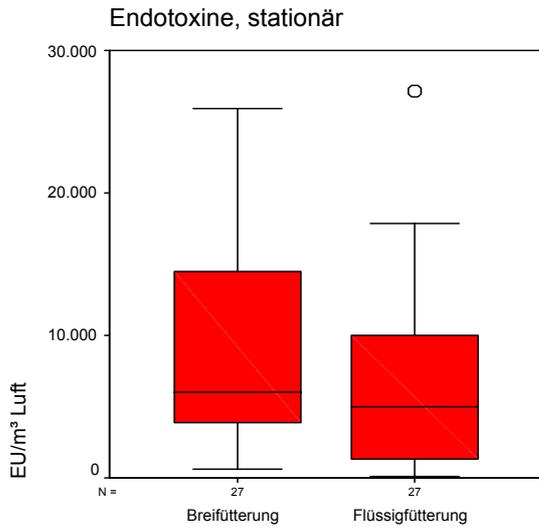
Tabelle A2-8: Mittelwertsvergleiche für die einzelnen Mikroorganismen zwischen den Stallsystemen, personengetragenen Messungen

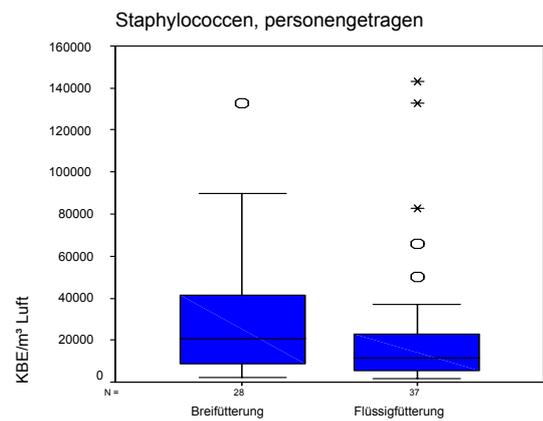
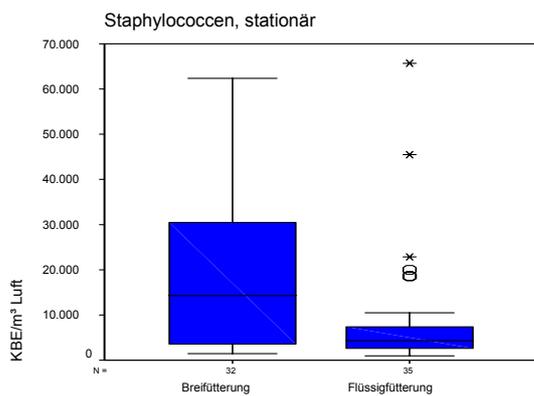
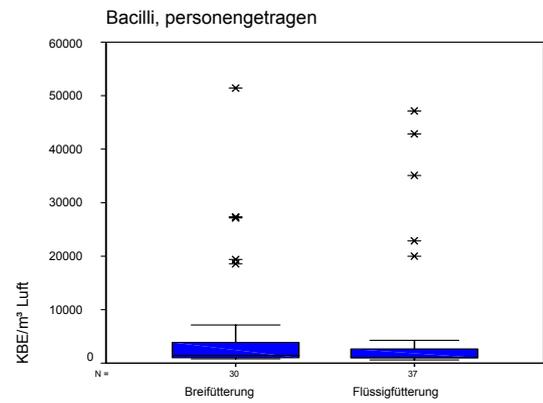
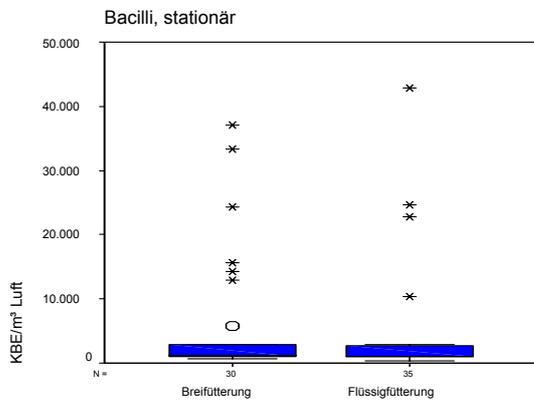
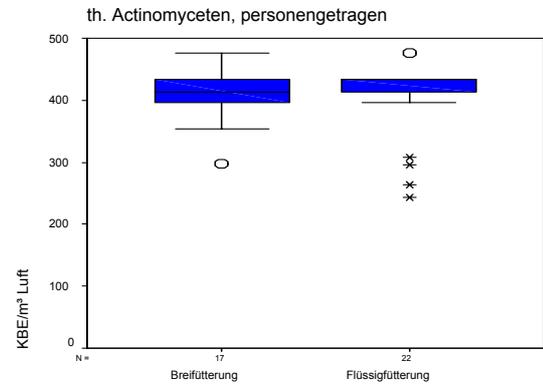
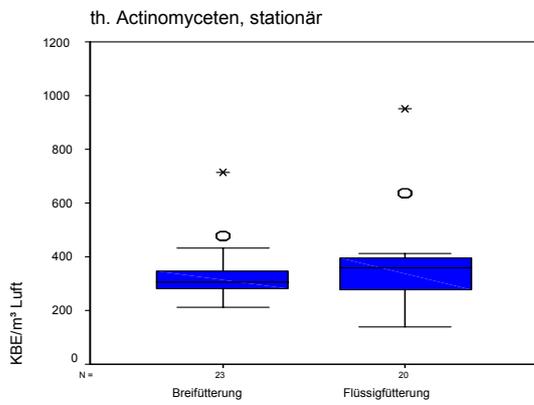
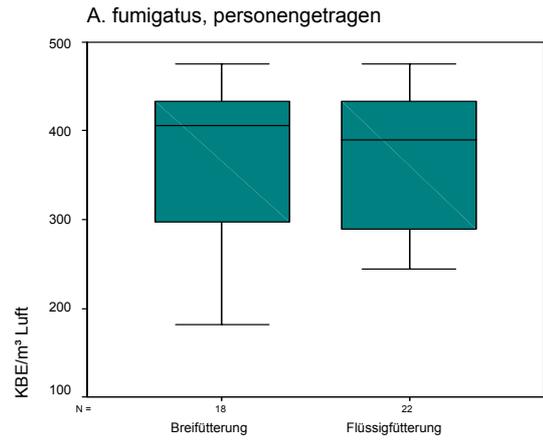
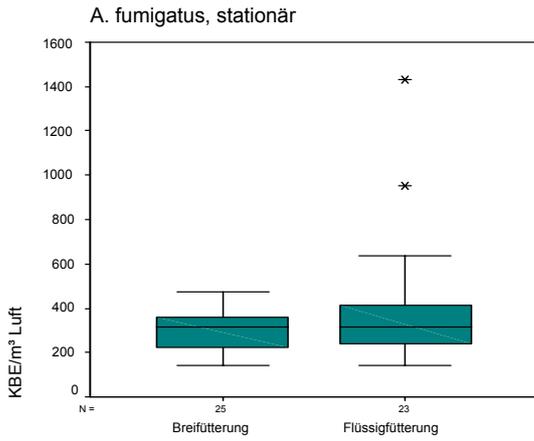
Abbildungen A2-3: Vergleich stationär – personengetragen





Abbildungen A2-4 Vergleich der BVT-Ställe





Mikroorganismus	Personengetragen	Fütterungsart	Mittelwert	N	Standardabweichung	Median
Endotoxine	stationär	Breifütterung	9.448,24	27	7.402,812	6.059,80
		Flüssigfütterung	6.411,93	27	6.353,159	4.980,95
		Insgesamt	7.930,08	54	7.002,330	5.544,16
	personengetragen	Breifütterung	13.862,97	18	7.122,479	13.821,95
		Flüssigfütterung	10.969,01	22	10.402,781	7.860,25
		Insgesamt	12.271,29	40	9.083,505	10.330,04
Gesamtpilze	stationär	Breifütterung	2.644,00	27	4.702,312	952,38
		Flüssigfütterung	5.194,80	26	14.122,571	1.414,77
		Insgesamt	3.895,33	53	10.421,190	1.058,20
	personengetragen	Breifütterung	10.780,00	18	27.332,580	414,86
		Flüssigfütterung	9.308,81	22	36.105,126	1.120,88
		Insgesamt	9.970,85	40	32.064,358	828,16
Bakterien	stationär	Breifütterung	432.033,14	30	480.200,785	266.190,48
		Flüssigfütterung	297.799,88	35	341.571,830	165.714,29
		Insgesamt	359.753,69	65	413.541,960	209.523,81
	personengetragen	Breifütterung	630.481,96	30	620.462,465	387.380,95
		Flüssigfütterung	639.889,39	37	778.347,163	295.238,10
		Insgesamt	635.677,11	67	706.842,934	361.904,76
A. fumigatus	stationär	Breifütterung	306,73	25	96,040	317,00
		Flüssigfütterung	397,01	23	286,370	317,00
		Insgesamt	349,99	48	212,542	317,00
	personengetragen	Breifütterung	363,67	18	84,550	405,50
		Flüssigfütterung	359,50	22	77,940	390,00
		Insgesamt	361,38	40	79,947	405,50
thermophile Actinomyceten	stationär	Breifütterung	332,83	23	109,936	307,00
		Flüssigfütterung	382,30	20	179,788	359,50
		Insgesamt	355,84	43	146,890	317,00
	personengetragen	Breifütterung	415,88	17	43,789	414,00
		Flüssigfütterung	400,73	22	62,222	433,00
		Insgesamt	407,33	39	54,817	433,00
Bacilli	stationär	Breifütterung	5.707,35	30	9.811,993	1.124,24
		Flüssigfütterung	4.134,85	35	8.672,316	1.020,41
		Insgesamt	4.860,62	65	9.176,255	1.058,00
	personengetragen	Breifütterung	6.567,97	30	11.353,509	1.428,57
		Flüssigfütterung	5.735,64	37	11.875,752	953,00
		Insgesamt	6.108,33	67	11.564,605	1.298,70
Staphylococcen	stationär	Breifütterung	20.093,51	32	19.035,047	14.285,71
		Flüssigfütterung	8.787,90	35	13.218,921	4.285,71
		Insgesamt	14.187,59	67	17.104,898	5.714,29
	personengetragen	Breifütterung	30.678,73	28	31.778,124	20.714,29
		Flüssigfütterung	23.029,67	37	33.207,051	11.428,57
		Insgesamt	26.324,65	65	32.571,065	14.285,71

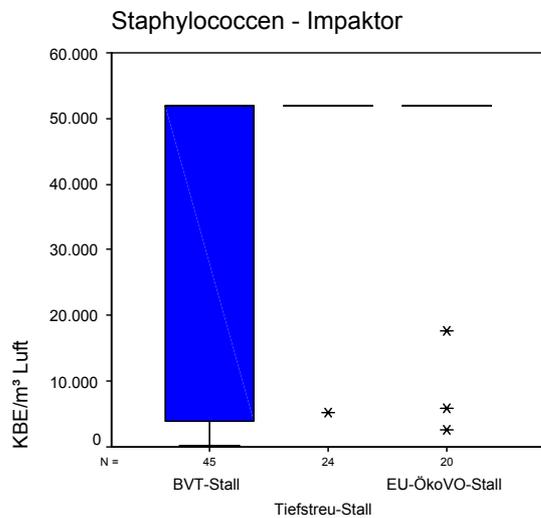
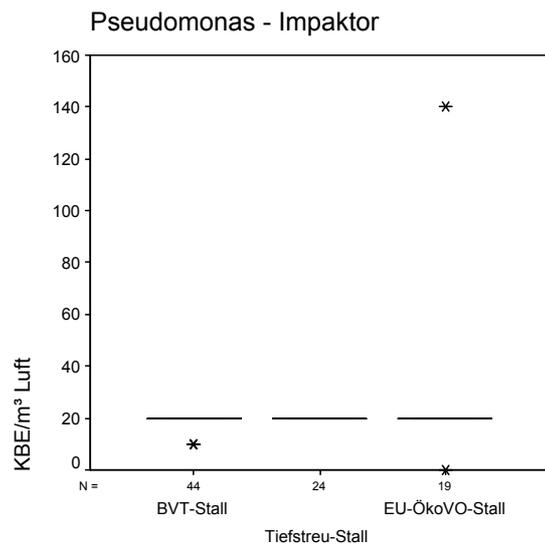
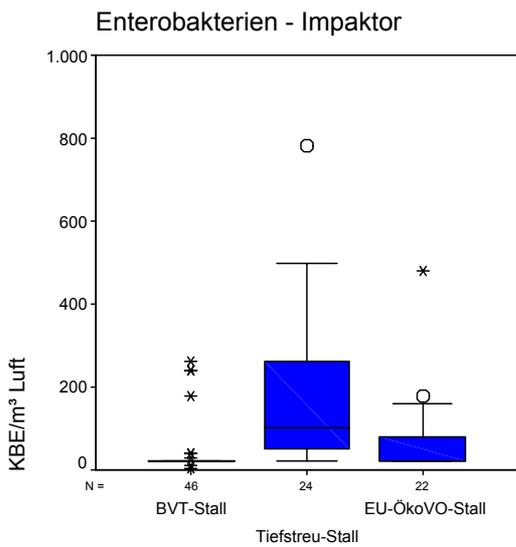
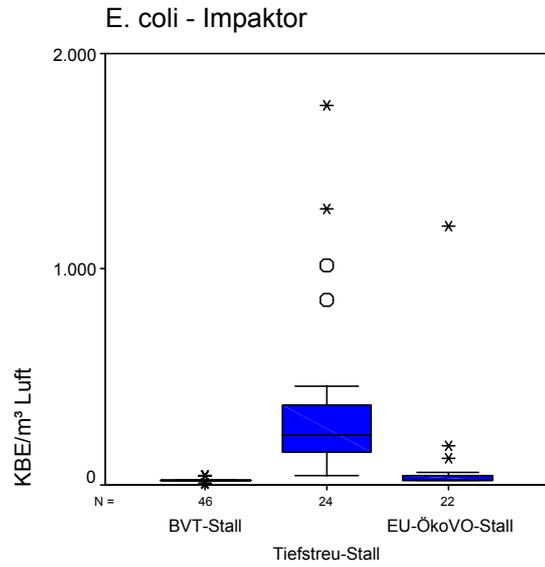
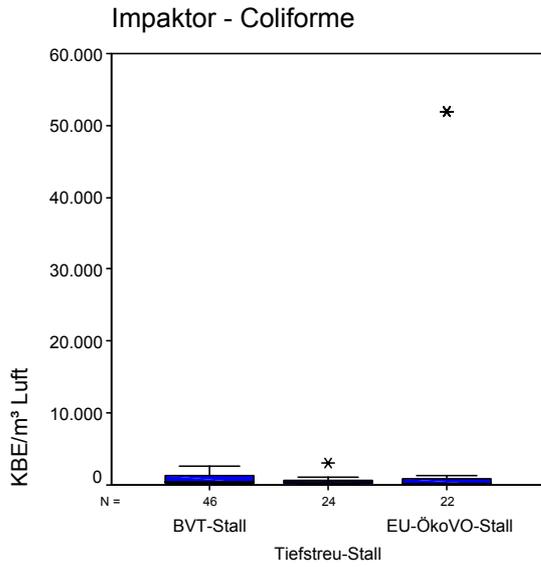
Tabelle A2-9: Kreuztabelle: Mittelwerte und Mediane für Mikroorganismen, Vergleich der konventionellen Ställe, stationär und personengetragen

ANOVA-Tabelle

Mikroorganismus	Personengetragen				Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Endotoxine	stationär	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	1,2E+08	1	1,24E+08	2,616	,112
			Innerhalb der Gruppen		2,5E+09	52	47582123		
			Insgesamt		2,6E+09	53			
	personengetragen	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	8,3E+07	1	82912376	1,005	,322
			Innerhalb der Gruppen		3,1E+09	38	82499476		
			Insgesamt		3,2E+09	39			
Gesamtpilze	stationär	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	8,6E+07	1	86181134	,790	,378
			Innerhalb der Gruppen		5,6E+09	51	1,09E+08		
			Insgesamt		5,6E+09	52			
	personengetragen	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	2,1E+07	1	21427521	,020	,887
			Innerhalb der Gruppen		4,0E+10	38	1,05E+09		
			Insgesamt		4,0E+10	39			
Bakterien	stationär	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	2,9E+11	1	2,91E+11	1,721	,194
			Innerhalb der Gruppen		1,1E+13	63	1,69E+11		
			Insgesamt		1,1E+13	64			
	personengetragen	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	1,5E+09	1	1,47E+09	,003	,957
			Innerhalb der Gruppen		3,3E+13	65	5,07E+11		
			Insgesamt		3,3E+13	66			
A. fumigatus	stationär	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	97643,559	1	97643,559	2,217	,143
			Innerhalb der Gruppen		2025536	46	44033,399		
			Insgesamt		2123180	47			
	personengetragen	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	171,875	1	171,875	,026	,872
			Innerhalb der Gruppen		249095,5	38	6555,145		
			Insgesamt		249267,4	39			
thermophile Actinomyceten	stationär	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	26184,356	1	26184,356	1,220	,276
			Innerhalb der Gruppen		880039,5	41	21464,378		
			Insgesamt		906223,9	42			
	personengetragen	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	2202,538	1	2202,538	,728	,399
			Innerhalb der Gruppen		111982,1	37	3026,544		
			Insgesamt		114184,7	38			
Bacilli	stationär	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	4,0E+07	1	39944699	,470	,495
			Innerhalb der Gruppen		5,3E+09	63	84906181		
			Insgesamt		5,4E+09	64			
	personengetragen	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	1,1E+07	1	11477227	,085	,772
			Innerhalb der Gruppen		8,8E+09	65	1,36E+08		
			Insgesamt		8,8E+09	66			
Staphylococceen	stationär	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	2,1E+09	1	2,14E+09	8,087	,006
			Innerhalb der Gruppen		1,7E+10	65	2,64E+08		
			Insgesamt		1,9E+10	66			
	personengetragen	KBE/m ³ Luft * Fütterungsart	Zwischen den Gruppen	(Kombiniert)	9,3E+08	1	9,33E+08	,877	,353
			Innerhalb der Gruppen		6,7E+10	63	1,06E+09		
			Insgesamt		6,8E+10	64			

Tabelle A2-10: Mittelwertsvergleich; Vergleich der konventionellen Ställe, stationär und personengetragen

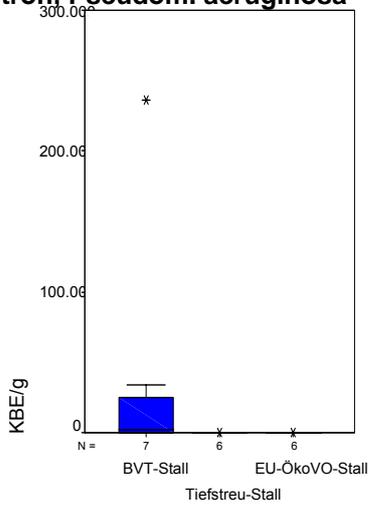
Abbildungen A2-5 Impaktormessungen



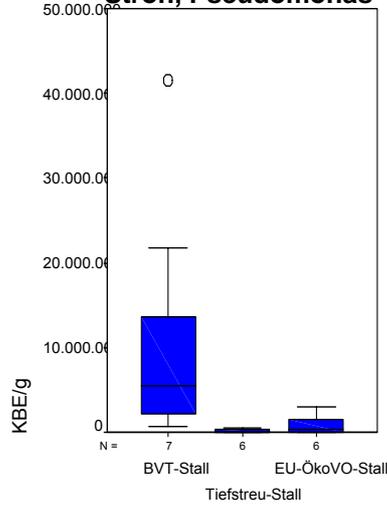
Materialproben

Abbildungen A2-6 Materialproben Stroh

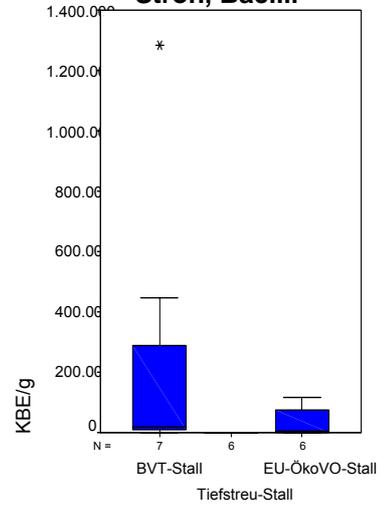
Stroh, Pseudom. aeruginosa



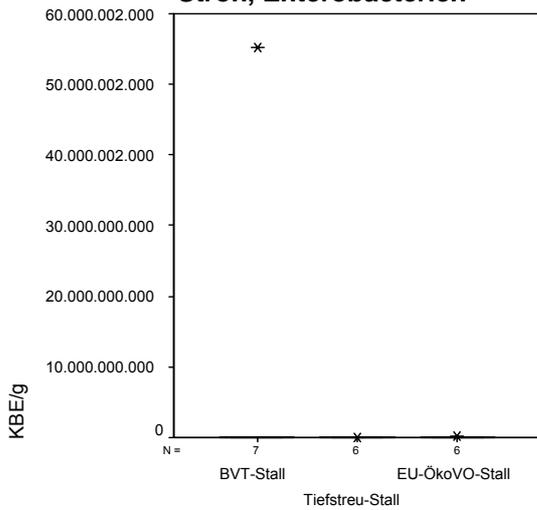
Stroh, Pseudomonas



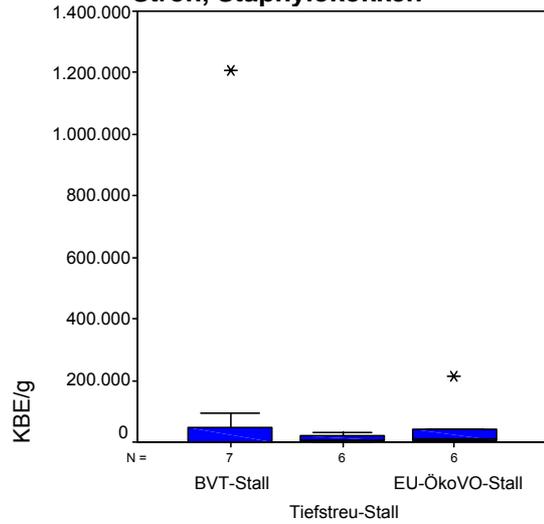
Stroh, Bacilli



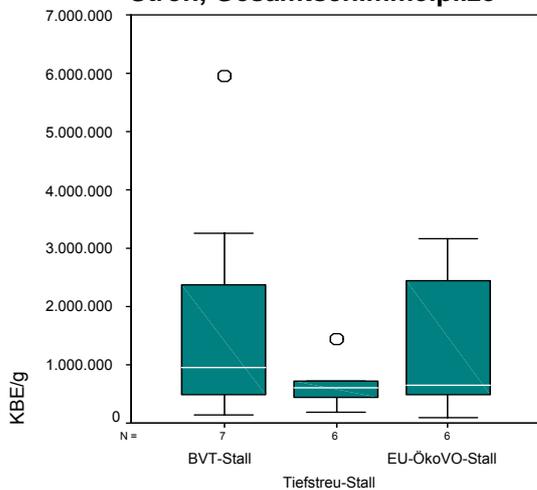
Stroh, Enterobacterien



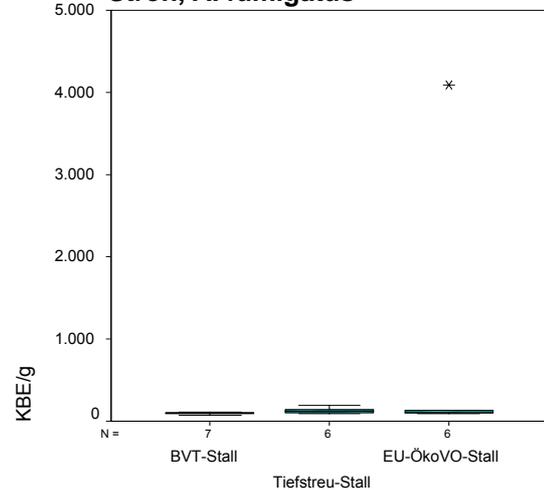
Stroh, Staphylokokken



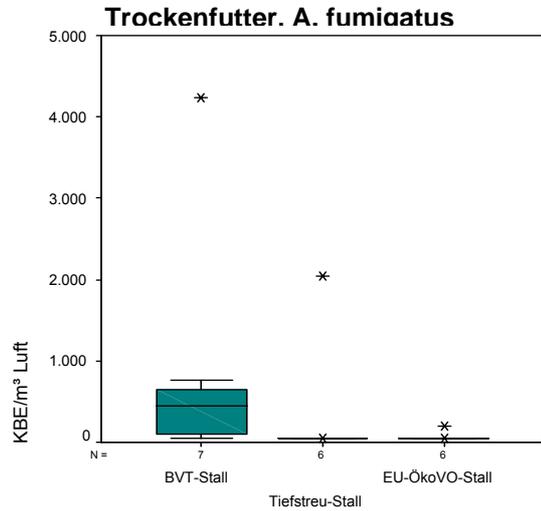
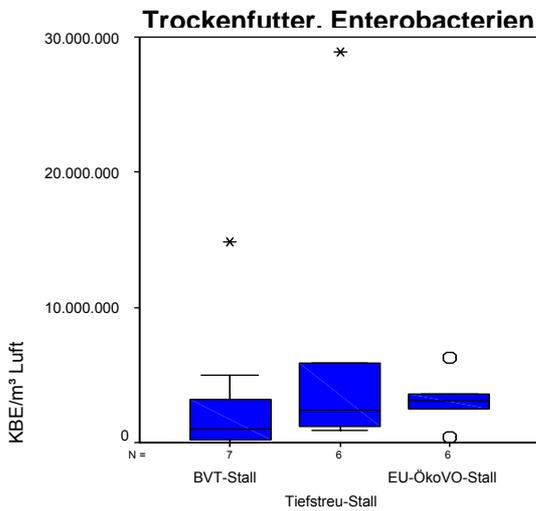
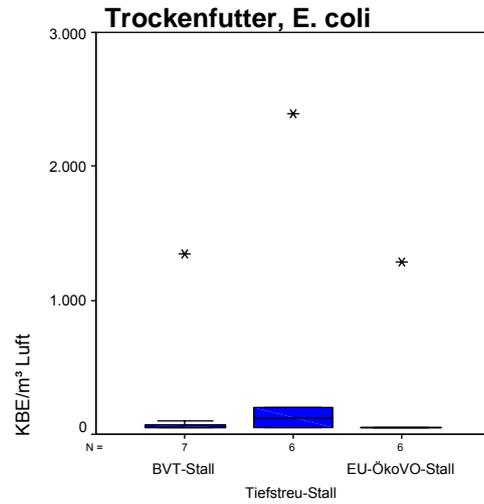
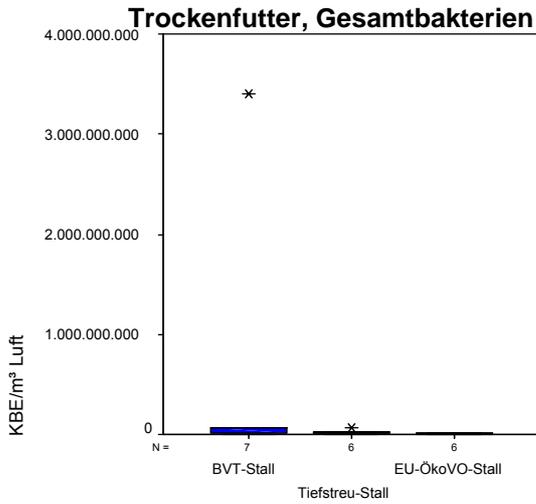
Stroh, Gesamtschimmelpilze



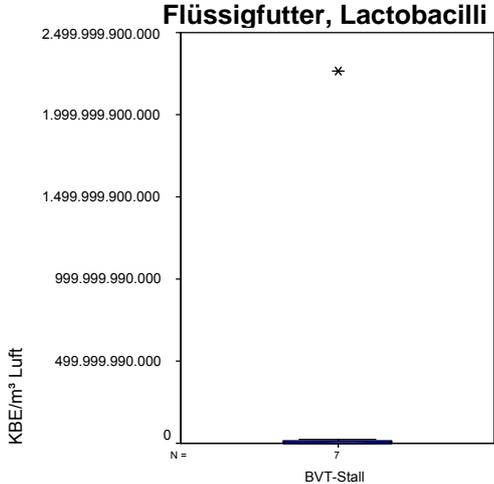
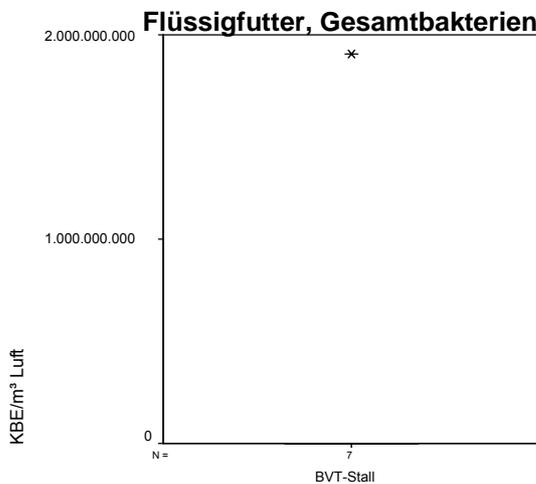
Stroh, A. fumigatus

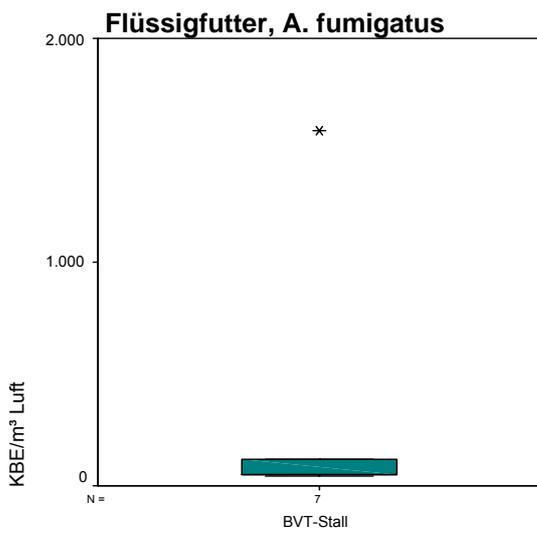
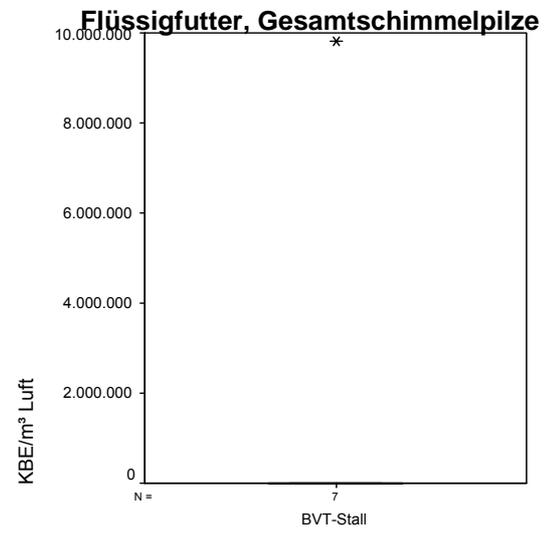
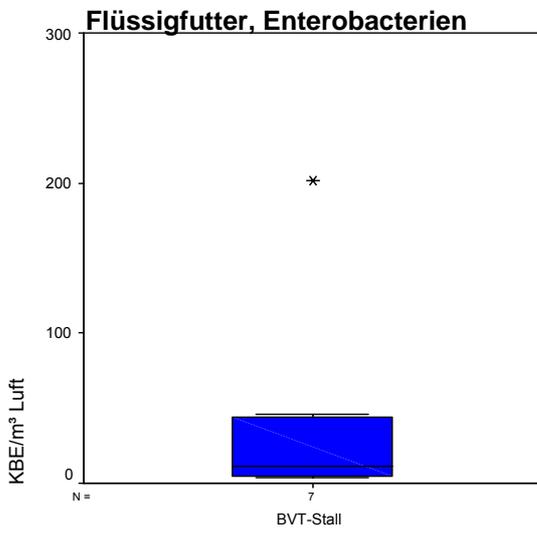
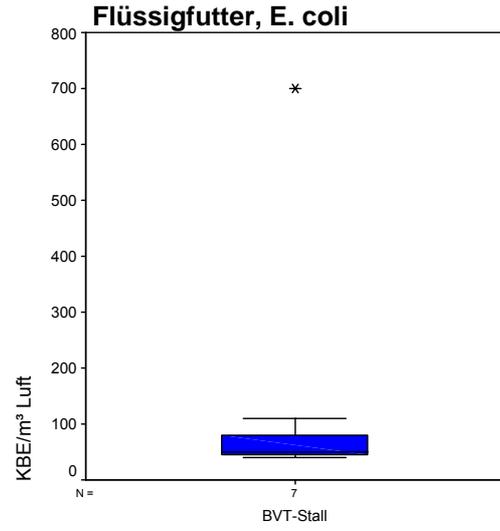
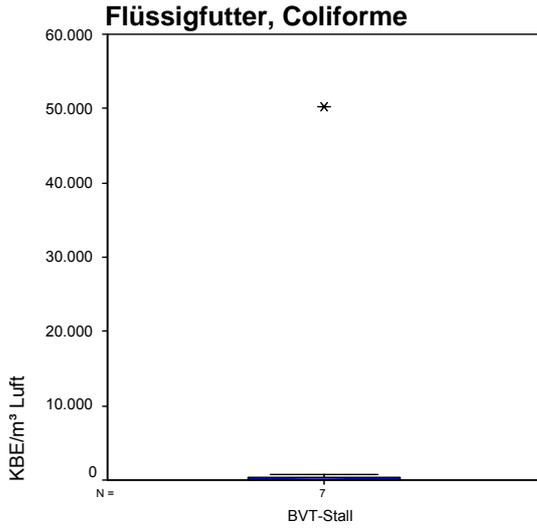


Abbildungen A2-7 Material Trockenfutter

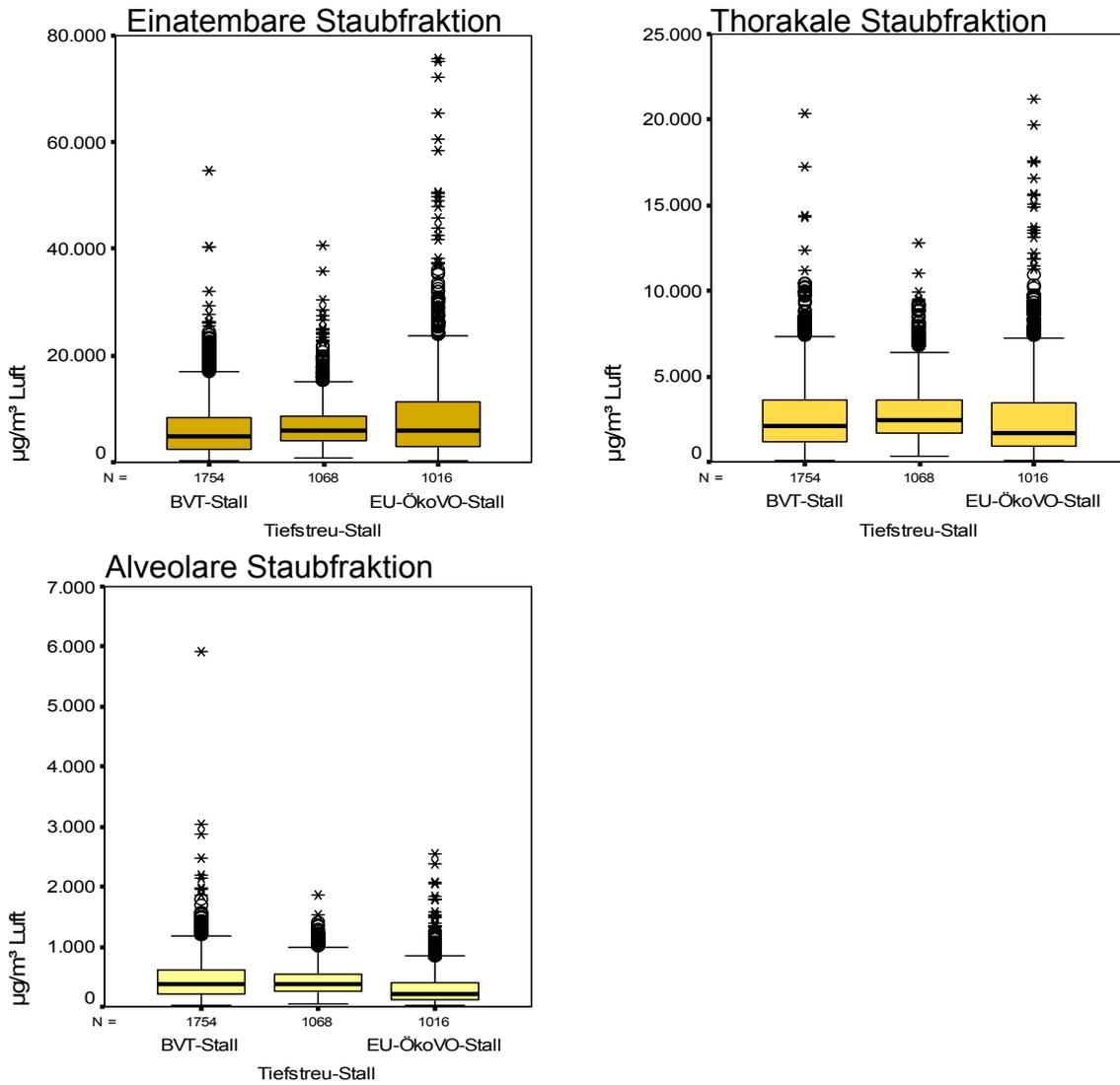


Abbildungen A2-8 Materialproben Flüssigfutter

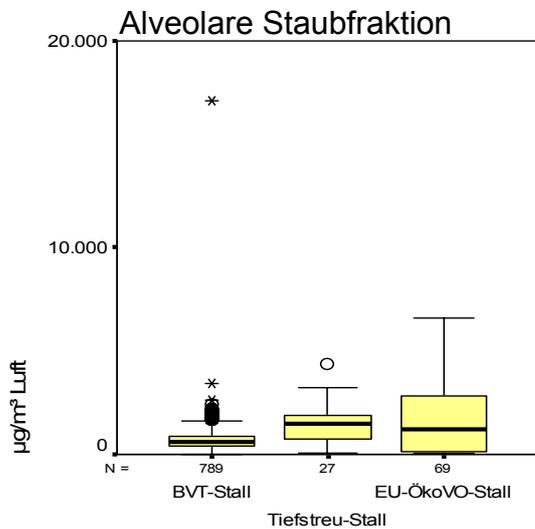




Abbildungen A2-9 Staubmessungen stationär



Abbildungen A2-10 Staubmessungen personengetragen



7.3 Anhang Ergebnisse Umweltschutz

ATab. 3-1: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte im Mastdurchgang 1 (Oktober 2002 bis Januar 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]				Relative Luftfeuchte [%]			
	Stall A	Stall B	Stall C	Stall D	Stall A	Stall B	Stall C	Stall D
Mittelwert	18,71	18,35	k.A.	k.A.	54,64	55,38	k.A.	k.A.
Median	19,27	18,82	k.A.	k.A.	53,83	57,88	k.A.	k.A.
Min	15,32	15,14	k.A.	k.A.	52,68	46,35	k.A.	k.A.
Max	21,55	21,09	k.A.	k.A.	57,40	61,91	k.A.	k.A.
Varianz	9,94	9,02	k.A.	k.A.	6,06	65,22	k.A.	k.A.
Standardabweichung	3,15	3,00	k.A.	k.A.	2,46	8,08	k.A.	k.A.

ATab. 3-2: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte im Mastdurchgang 2 (Februar bis Mai 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]				Relative Luftfeuchte [%]			
	Stall A	Stall B	Stall C	Stall D	Stall A	Stall B	Stall C	Stall D
Mittelwert	19,95	19,55	14,50	11,53	42,35	43,80	58,76	59,02
Median	19,07	18,75	12,88	8,95	45,54	45,58	55,50	59,91
Min	17,68	17,19	10,11	8,08	32,53	35,52	54,94	56,35
Max	23,09	22,70	20,51	17,56	48,99	50,30	65,83	60,81
Varianz	7,89	8,07	29,01	27,46	75,35	56,99	37,60	5,56
Standardabweichung	2,81	2,84	5,39	5,24	8,68	7,55	6,13	2,36

ATab. 3-3: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte im Mastdurchgang 3 (Juli bis September 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]				Relative Luftfeuchte [%]			
	Stall A	Stall B	Stall C	Stall D	Stall A	Stall B	Stall C	Stall D
Mittelwert	27,08	27,16	24,01	19,43	44,15	43,17	62,96	65,29
Median	27,08	27,16	24,33	19,37	44,15	43,17	61,48	60,26
Min	23,02	23,52	20,97	15,77	35,32	33,48	55,54	59,67
Max	31,14	30,79	26,73	23,14	52,98	52,86	71,87	75,95
Varianz	32,97	26,43	8,37	13,58	155,94	187,79	68,32	85,26
Standard- abweichung	5,74	5,14	2,89	3,69	12,49	13,70	8,27	9,23

ATab. 3-4: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall A im Mastdurchgang 1 (Oktober 2002 bis Januar 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	09./10.10.2 002	27./28.11.2 002	08./09.01. 2003	09./10.10. 2002	27./28.11.2 002	08./09.01.2 003
Mittelwert	21,55	19,27	15,32	53,83	57,40	52,68
Median	21,59	19,23	15,35	53,56	57,13	52,36
Min	20,38	18,57	13,49	44,55	52,24	42,65
Max	22,83	20,46	16,81	61,82	65,26	62,16
Varianz	0,25	0,14	0,66	11,69	10,05	21,73
Standard- Abwei- chung	0,50	0,38	0,81	3,24	3,17	4,66

ATab. 3-5: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall B im Mastdurchgang 1 (Oktober 2002 bis Januar 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	09./10.10.2 002	27./28.11.2 002	08./09.01. 2003	09./10.10.2 002	27./28.11.2 002	08./09.01.2 003
Mittelwert	21,09	18,82	15,14	57,88	61,91	46,35
Median	21,08	18,78	15,15	57,34	61,29	45,91
Min	19,63	18,16	12,98	44,64	54,73	36,19
Max	22,41	20,06	16,59	70,33	74,84	59,24
Varianz	0,24	0,10	0,47	30,61	17,06	36,06
Standard- Abwei- chung	0,49	0,32	0,68	5,53	4,13	6,01

ATab. 3-6: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall A im Mastdurchgang 2 (Februar bis Mai 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	18./19.02.2 002	02./03.03.2 003	14./15.05.2 003	18./19.02.2 002	02./03.03.2 003	14./15.05.2 003
Mittelwert	23,09	19,07	18,68	32,53	48,99	45,54
Median	23,08	19,00	17,49	31,10	49,44	46,79
Min	22,06	18,09	16,11	25,92	33,43	32,44
Max	24,29	20,24	21,23	47,47	56,97	53,90
Varianz	0,25	0,21	1,54	23,58	15,76	27,16
Standard- Abwei- chung	0,50	0,46	1,24	4,58	3,97	5,21

ATab. 3-7: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall B im Mastdurchgang 2 (Februar bis Mai 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	18./19.02.2002	02./03.03.2003	14./15.05.2003	18./19.02.2002	02./03.03.2003	14./15.05.2003
Mittelwert	22,70	18,75	17,19	35,52	50,30	45,58
Median	22,73	18,64	16,77	34,22	49,98	46,43
Min	20,21	18,21	15,70	26,32	33,28	30,99
Max	24,46	19,96	21,09	52,34	61,82	55,17
Varianz	0,92	0,11	1,62	29,92	28,90	30,05
Standardabweichung	0,96	0,34	1,27	5,47	5,38	5,48

ATab. 3-8: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall C im Mastdurchgang 2 (Februar bis Mai 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	13.03.2003	07.04.2003	24.04.2003	13.03.2003	07.04.2003	24.04.2003
Mittelwert	12,88	10,11	20,51	65,83	54,94	55,50
Median	12,50	10,31	20,88	65,85	55,31	55,25
Min	9,56	7,69	16,94	44,94	38,50	36,00
Max	16,69	11,75	23,50	80,38	69,94	66,69
Varianz	2,58	0,52	4,36	34,93	32,06	21,84
Standardabweichung	1,61	0,72	2,09	5,91	5,66	4,67

ATab. 3-9: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall D im Mastdurchgang 2 (Februar bis Mai 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	17.03.2003	03.04.2003	28.04.2003	17.03.2003	03.04.2003	28.04.2003
Mittelwert	8,08	8,95	17,56	60,81	56,35	59,91
Median	7,38	8,31	18,03	64,31	56,63	44,19
Min	1,88	5,31	13,56	33,44	32,00	75,00
Max	15,38	14,56	21,94	77,75	74,38	58,63
Varianz	18,60	4,47	9,13	125,43	74,41	101,23
Standardabweichung	4,34	2,11	3,02	11,20	8,63	10,06

ATab. 3-10: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall A im Mastdurchgang 3 (Juli bis September 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	02.07.2003	13.08.2003	29.09.2003	02.07.2003	13.08.2003	29.09.2003
Mittelwert	23,02	31,14	18,37	52,98	35,32	54,04
Median	22,89	31,32	18,22	53,75	36,99	50,83
Min	22,06	25,29	16,68	41,76	23,04	39,44
Max	24,70	36,27	20,44	61,01	47,26	67,57
Varianz	0,60	15,85	0,92	19,65	44,37	79,85
Standardabweichung	0,77	3,98	0,96	4,43	6,66	8,94

ATab. 3-11: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall B im Mastdurchgang 3 (Juli bis September 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	02.07.2003	13.08.2003	29.09.2003	02.07.2003	13.08.2003	29.09.2003
Mittelwert	23,52	30,79	18,10	52,86	33,48	54,64
Median	23,40	31,09	18,05	51,97	35,42	51,11
Min	22,80	24,72	16,63	45,72	20,97	40,68
Max	24,81	35,92	20,11	67,60	44,14	67,70
Varianz	0,26	16,55	0,86	22,40	53,22	77,74
Standardabweichung	0,51	4,07	0,92	4,73	7,30	8,84

ATab. 3-12: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall C im Mastdurchgang 3 (Juli bis September 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	28.07.2003	14.08.2003	08.09.2003	28.07.2003	14.08.2003	08.09.2003
Mittelwert	24,33	26,73	20,97	61,48	55,54	71,87
Median	24,56	26,69	21,13	61,88	53,22	72,38
Min	22,19	25,13	19,00	45,38	44,38	60,63
Max	25,50	28,56	22,31	72,44	80,19	79,75
Varianz	0,54	0,53	0,50	35,74	58,87	15,69
Standardabweichung	0,74	0,73	0,71	5,98	7,67	3,96

ATab. 3-13: Statistische Kennwerte der Randparameter Temperatur und Luftfeuchte für Stall D im Mastdurchgang 3 (Juli bis September 2003)

	Innenraumtemperatur [°C]			Relative Luftfeuchte [%]		
	24.07.2003	18.08.2003	04.09.2003	24.07.2003	18.08.2003	04.09.2003
Mittelwert	19,37	23,14	15,77	75,95	60,26	59,67
Median	18,75	23,28	15,75	79,13	61,81	63,19
Min	15,06	19,44	8,31	51,88	38,56	39,88
Max	24,63	26,88	22,50	85,75	77,25	79,81
Varianz	7,07	3,50	24,97	64,09	97,84	145,21
Standard-abwei-chung	2,66	1,87	5,00	8,01	9,89	12,05