

## Abschlussbericht Projekt 05HS012/1-2

### **Beurteilung verschiedener Haltungssysteme für Legehennen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes: Belastungen durch luftgetragene Stäube und Mikroorganismen**

Gesamtlaufzeit: 01.01.2007 – 31.10.2009

Zuwendungsempfänger 05HS012/1:

Private Universität Witten/Herdecke gGmbH  
Frau Prof. Dr. med. Monika A. Rieger  
Fakultät für Medizin  
Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin  
Schwerpunkt Arbeitsmedizin und Umweltmedizin  
Alfred-Herrhausen-Str. 50  
58448 Witten

Zuwendungsempfänger 05HS012/2:

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover  
Herr Prof. Dr. Jörg Hartung  
Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie  
Bünteweg 17p  
30559 Hannover

In Zusammenarbeit mit:

Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut, vormals  
Forschungsanstalt für Landwirtschaft  
Dr. Torsten Hinz  
Institut für Technologie und Biosystemtechnik  
Bundesallee 50

\*Projektleitung beim:

Institut für Arbeits- und Sozialmedizin  
Universitätsklinikum Tübingen  
Wilhelmstraße 27  
D-72074 Tübingen

Autoren des Abschlussberichts:

Blomberg, Springorum, Winter, Öttl, Hinz, Hartung, Rieger\*

Kooperationspartnerinnen und Kooperationspartner:

**Prof. Dr. Monika Raulf-Heimsoth**

Institut für Prävention und Arbeitsmedizin  
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung  
Institut der Ruhr-Universität Bochum (IPA)  
Allergologie/Immunologie  
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1  
D-44789 Bochum

**Dr. Matthias Nübling**

GEB: Gesellschaft für Empirische Beratung mbH  
Hauptstr. 67.1  
D- 79211 Denzlingen

**Dr. Öttl**

Institute of Internal Combustion Engines and Thermodynamics  
Inffeldgasse 25  
8010 Graz - Österreich

**Dr. Michael Lohmeyer**

Mikrobiologisches Labor Dr. Michael Lohmeyer GmbH  
Mendelstraße 11  
D - 48149 Münster

An dieser Stelle möchten wir den vier Projektstellen für die Messmodule A-E, den Teilnehmern an unseren Befragungen und Interviews, dem Geflügelwirtschaftsverband Nordrhein Westfalen e.V. und den Teilnehmern an der Studie zur Atemwegsgesundheit (Modul H) herzlich danken, ohne die das Projekt nicht hätte durchgeführt werden können.

# 1 Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>6</b>
2.1	EINFÜHRUNG .....	6
2.2	STAND VON WISSENSCHAFT UND TECHNIK .....	8
2.3	FRAGESTELLUNGEN .....	19
<b>3</b>	<b>OPERATIONALISIERUNG DER FRAGESTELLUNGEN IN MODULEN.....</b>	<b>20</b>
3.1	AUSWAHL DER PROJEKTSTÄLLE .....	22
3.1.1	<i>Auswahlkriterien für die Projektställe für die Module A bis E</i> .....	22
3.1.2	<i>Stallauswahl</i> .....	25
<b>4</b>	<b>DURCHFÜHRUNG UND ERGEBNISSE DER MODULE.....</b>	<b>30</b>
4.1	MODUL A1 – ERMITTLUNG VON ENDOTOXINEN, GLUKANEN UND SCHIMMELPILZEN IN DER LUFT AM ARBEITSPLATZ IM STALL UND ZUGEORDNETEN ARBEITSBEREICHEN UND TÄTIGKEITEN .....	30
4.1.1	<i>Fragestellung</i> .....	30
4.1.2	<i>Materialien und Methoden</i> .....	30
4.1.3	<i>Ergebnisse</i> .....	33
4.1.4	<i>Diskussion</i> .....	36
4.1.5	<i>Diagramme und Tabellen für Modul A1</i> .....	43
4.2	MODUL A2 – ERMITTLUNG VON BAKTERIEN UND ENDOTOXINEN IN DER LUFT AM ARBEITSPLATZ .....	96
4.2.1	<i>Fragestellungen</i> .....	96
4.2.2	<i>Messrhythmus und Methoden</i> .....	96
4.2.3	<i>Bestimmung der luftgetragenen Gesamtbakterienzahl</i> .....	97
4.2.4	<i>Bestimmung der luftgetragenen Staphylokokken</i> .....	98
4.2.5	<i>Bestimmung der luftgetragenen hämolysierenden Streptokokken</i> .....	100
4.2.6	<i>Bestimmung der luftgetragenen Enterokokken</i> .....	101
4.2.7	<i>Bestimmung der luftgetragenen Enterobacteriaceae</i> .....	102
4.2.8	<i>Bestimmung der luftgetragenen Actinomyceten</i> .....	104
4.2.9	<i>Bestimmung der luftgetragenen Schimmelpilze</i> .....	106
4.2.10	<i>Detektion von luftgetragenen Salmonellen und Campylobacter</i> .....	107
4.2.11	<i>Bestimmung von luftgetragenen Endotoxinen und einatembarem Staub</i> .....	107
4.2.12	<i>Diskussion der Ergebnisse aus Modul A2</i> .....	109
4.3	MODUL B – ERMITTLUNG DER STAUBFRAKTIONEN IN DER LUFT AM ARBEITSPLATZ STALL UND IN DER ABLUFT .....	113
4.3.1	<i>Fragestellung</i> .....	113
4.3.2	<i>Messrhythmus und Methoden</i> .....	113
4.3.3	<i>Staubkonzentrationen in der Stallluft</i> .....	114
4.3.4	<i>Diskussion der Ergebnisse aus Modul B</i> .....	119
4.4	MODUL C – ERMITTLUNG DER AMMONIAKKONZENTRATIONEN IN DER STALLLUFT.....	120
4.4.1	<i>Fragestellung</i> .....	120
4.4.2	<i>Messrhythmus und Methoden</i> .....	120
4.4.3	<i>Ammoniakkonzentrationen in der Stallluft</i> .....	120
4.4.4	<i>Diskussion der Ergebnisse aus Modul C</i> .....	125
4.5	MODUL D – BESTIMMUNG DER EMISSIONSMASSENSTRÖME (VTI) .....	126
4.5.1	<i>Fragestellung</i> .....	126
4.5.2	<i>Messrhythmus und Methoden</i> .....	126
4.5.3	<i>NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren</i> .....	127
4.5.4	<i>PM10-Massenströme</i> .....	130
4.5.5	<i>Diskussion der Ergebnisse aus Modul D</i> .....	135
4.6	MODUL D1 – IMMISSIONSMESSUNGEN (VTI) .....	136
4.6.1	<i>Wetter</i> .....	137
4.6.2	<i>Ammoniakkonzentrationen - Immissionen</i> .....	137
4.7	MODUL D2: AUSBREITUNGSRECHNUNG – AMMONIAK UND STAUBIMMISSIONEN .....	142
4.7.1	<i>Fragestellung</i> .....	142
4.7.2	<i>Methodik</i> .....	142
4.7.3	<i>Ergebnisse</i> .....	146

4.8	MODUL E – ERMITTLUNG VON BAKTERIEN IN DER STALLUMGEBUNG / KORRELATION ZU MODUL A2147	
4.8.1	<i>Fragestellung</i> .....	147
4.8.2	<i>Messrhythmus und Methoden</i> .....	148
4.8.3	<i>Bakterienimmissionen in der Stallumgebung</i> .....	149
4.8.4	<i>Diskussion der Befunde aus Modul E</i> .....	151
4.9	MODUL F – BEFRAGUNG VON LEGEHENNENHALTERN ZUR „BEST PRACTICE“ ZUR EMISSIONS- UND IMMISSIONSMINIMIERUNG.....	153
4.9.1	<i>Fragestellung</i> .....	153
4.9.2	<i>Methoden und Durchführung</i> .....	154
4.9.3	<i>Ergebnisse</i> .....	155
4.9.4	<i>Diskussion</i> .....	165
4.10	MODUL G – EXPERTENINTERVIEWS ZUR „BEST PRACTICE“ ZUR EMISSIONS- UND IMMISSIONSMINIMIERUNG.....	167
4.10.1	<i>Hintergrund und Fragestellung</i> .....	167
4.10.2	<i>Methoden</i> .....	167
4.10.3	<i>Ergebnisse</i> .....	169
4.10.4	<i>Diskussion</i> .....	177
4.10.5	<i>Verwendung der Interviewergebnisse für die Entwicklung des Fragebogens zur „Bestpractice“ (Modul F)</i> .....	178
4.10.6	<i>Tabellen zu Modul G</i> .....	180
4.11	MODUL H – ARBEITSMEDIZINISCHE UNTERSUCHUNG ZUR EFFEKTIVITÄT VON PARTKELFILTRIERENDEN STAUBMASKEN (FFP2) IN DER GEFLÜGELHALTUNG.....	201
4.11.1	<i>Fragestellung</i> .....	201
4.11.2	<i>Methodik</i> .....	202
4.11.3	<i>Ergebnisse</i> .....	210
4.11.4	<i>Diskussion</i> .....	253
4.11.5	<i>Tabellen für Modul H</i> .....	258
<b>5</b>	<b>BEANTWORTUNG UND DISKUSSION DER FRAGESTELLUNGEN</b> .....	<b>269</b>
5.1	UMFANG UND HÖHE DER WICHTIGSTEN LUFTBELASTENDEN STOFFE IN ALTERNATIVEN HALTUNGSSYSTEMEN FÜR LEGEHENNEN (QUALITATIV UND QUANTITATIV) .....	269
5.2	IDENTIFIZIERUNG VON EMISSIONSMINDERUNGSMÄßNAHMEN IM STALL ZUM SCHUTZ VON MENSCH, TIER UND UMWELT .....	271
5.2.1	<i>Einfluss von Funktionszuständen und Jahreszeiten</i> .....	272
5.2.2	<i>Managementtypische Faktoren (auch Auslaufzeiten)</i> .....	273
5.3	ENTFERNUNG, UMFANG UND ART DER AUSBREITUNG VON STOFFEN (LEITKEIME) IN DER UMWELT INKLUSIVE AUSLAUF (QUALITATIV UND QUANTITATIV) .....	274
5.4	ERARBEITUNG VON PERSÖNLICHEN ARBEITSSCHUTZMAßNAHMEN.....	275
<b>6</b>	<b>DISKUSSION DER METHODIK, LIMITATIONEN</b> .....	<b>276</b>
<b>7</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK</b> .....	<b>278</b>
7.1	VORAUSSICHTLICHER NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE .....	280
<b>8</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>281</b>
<b>9</b>	<b>GEGENÜBERSTELLUNG DER URSPRÜNGLICH GEPLANTEN ZU DEN TATSÄCHLICH ERREICHTEN ZIELEN</b> .....	<b>286</b>
<b>10</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>288</b>
<b>11</b>	<b>VERÖFFENTLICHUNGEN AUS DEM PROJEKT</b> .....	<b>295</b>
11.1	QUALIFIZIERUNGSARBEITEN.....	296
<b>12</b>	<b>ANHÄNGE</b>	<b>I</b>
12.1	Anhang Modul F – Fragebogen „Best Practice“	II
12.2	Anhang Modul G - Experteninterview	III
12.2.1	Anhang G - Karteikarten als Gesprächsgrundlage	III

12.2.2	Anhang G – Einverständniserklärung	X
12.3	Anhang Modul H	XI
12.3.1	Anhang H - Informationsflyer (Rekrutierung und Ablauf der Studie)	XI
12.3.2	Anhang H - Fragebogen Anamnese	XII
12.3.3	Anhang H - Fragebogen Abschlussbefragung	XIII
12.3.4	Anhang H - Tragetagebuch	XIV
12.3.5	Anhang H - Einverständniserklärungen	XV
12.3.6	Anhang H - Probandeninformation	XVI
12.3.7	Anhang H - Schulungsunterlagen	XVII
12.4	Anhang Endbericht DR. ÖTTL	XVIII

## Ergänzung

zum

Abschlussbericht Projekt 05HS012/1

**Beurteilung verschiedener Haltungssysteme für Legehennen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes:**

**Belastungen durch luftgetragene Stäube und Mikroorganismen**

**- Ergänzungen Modul H -**

## **E1 Inhaltsverzeichnis der Ergänzung zum Bericht**

<b>E1</b>	<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>S.5-E1</b>
<b>E2</b>	<b>ERGÄNZUNG ZU MODUL H – WAHL DES STUDIENKOLLEKTIVS.....</b>	<b>S.216-E2</b>
	<b>E2.1</b> PRODUKTIONSZWEIGE.....	S. 216-E2
	<b>E2.2</b> LEGEHENNEHALTUNGSFORMEN .....	S. 216-E3
	<b>E2.3</b> BIOAEROSOLEXPOSITION.....	S. 216-E4
<b>E3</b>	<b>AUSWERTUNGEN FÜR MODUL H DIFFERENZIERT NACH TIERHALTUNG .....</b>	<b>S. 257-E8</b>
	<b>E3.1</b> METHODEN:.....	S. 257-E8
	<b>E3.2</b> ERGEBNISSE: .....	S. 257-E9
	<b>E3.3</b> DISKUSSION: .....	S. 257-E12
<b>E4</b>	<b>ERGÄNZENDE MULTIVARIATE ANALYSEN DER ERHOBENEN PARAMETER .....</b>	<b>S. 257-E14</b>
	<b>E4.1</b> MULTIVARIATE ANALYSE WEITERER ZYTOKINE AUS DER NALF (KAPITEL 4.11.3 ABSCHLUSSBERICHT) .....	S. 257-E14
	<b>E4.1.1</b> <i>Multivariate Analyse der sCD14 Konzentrationen</i> .....	S. 257-E15
	<b>E4.1.2</b> <i>Multivariate Analyse der IL-1-beta-Konzentrationen</i> .....	S. 257-E16
	<b>E4.2</b> MULTIVARIATE ANALYSE DES IGG (MX1) - SCHIMMELPILZE.....	S. 257-E17
	<b>E4.3</b> MULTIVARIATE ANALYSE AUSGEWÄHLTER LUNGENFUNKTIONSPARAMETER .....	S. 257-E19
	<b>E4.3.1</b> <i>Multivariate Analyse der relativen Einsekundenkapazität FEV1%FVC</i> .....	S. 257-E19
	<b>E4.3.2</b> <i>Multivariate Analyse der absoluten Einsekundenkapazität FEV1 als Prozent vom Sollwert</i> .....	S. 257-E23
	<b>E4.4</b> DISKUSSION DER MULTIVARIATEN ANALYSEN DER ERHOBENEN PARAMETER .....	S. 257-E24
<b>E5</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>S. 268-E28</b>
	<b>E5.1</b> ANHANG ZU KAPITEL 3: AUSWERTUNGEN FÜR MODUL H DIFFERENZIERT NACH TIERHALTUNG.....	S. 268-E28
	<b>E5.2</b> ANHANG ZU KAPITEL 4.1: MULTIVARIATE ANALYSE WEITERER ZYTOKINE AUS DER NALF .	S. 268-E38
	<b>E5.3</b> ANHANG ZU KAPITEL 4.2: MULTIVARIATE ANALYSE DER IGG (MX1).....	S. 268-E41
	<b>E5.4</b> ANHANG ZU KAPITEL 4.3: MULTIVARIATE ANALYSE WEITERER PARAMETER AUS DER LUNGENFUNKTION .....	S. 268-E42

## **2 Einleitung**

### **2.1 Einführung**

Die Haltung von Legehennen zählt zu den am häufigsten diskutierten Tierschutz-Themen der letzten Jahre in Deutschland. Hauptkritikpunkte sind nach Ansicht vieler Verbraucher und Experten die zu geringe Platzbemessung, zu wenig Bewegung und der Mangel an Möglichkeiten zur Ausübung typischer art eigener Verhaltensweisen. Dies waren auch die Gründe, warum im Jahre 1999 das Bundesverfassungsgericht die Hennenhaltungs-VO von 1988 für nichtig erklärte und in der EU neue Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen vorgelegt wurden (EU-Richtlinie 1999/74/EG [1]). In dieser Richtlinie ist bereits die weitere Entwicklung der Legehennenhaltung vorgezeichnet. So wurden im Jahre 2007 konventionelle Käfiganlagen (Batterie-Käfige) EU-weit ab 2012 verboten. Ab diesem Zeitpunkt werden nur noch so genannte alternative Verfahren wie ein- und mehr-etagige Bodenhaltungen mit Nutzung des gesamten Stallraumes durch die Tiere oder ausgestaltete Käfige (angereichert mit Sitzstangen, Sandbad und Legenest) zugelassen. Die notwendige Umsetzung der EU-Richtlinie in deutsches Recht wurde mit der Hennenhaltungs-VO (1. VO zur Änderung der Nutztierhaltungs-VO vom 28.02.02 [2]) realisiert. Mit dem Verbot der Hennenhaltung in konventionellen Käfiganlagen ab 2009 und der Beschränkung der Käfighaltung auf die deutsche Variante der Kleingruppenhaltung nimmt Deutschland eine Vorreiterrolle ein, die jedoch auch weit reichende wirtschaftliche Auswirkungen mit sich bringt.

So sind zwischen Juli 2008 und Juli 2009 die Legehennenbestände in Deutschland um etwa 15% zurückgegangen [3]. Ein Großteil dieses Abbaus von Legehennenplätzen ist auf das Verbot der Käfighaltung von Legehennen und der damit verbundenen Umstellung von Käfig- auf Boden- oder Freilandhaltung (mit weniger Tierplätzen pro Fläche) und des Leerstandes noch nicht umgerüsteter Anlagen zurückzuführen. Der Leerstand vieler Legehennenhaltungsanlagen verdeutlicht die Herausforderung, vor der die Betreiber stehen, wenn es darum geht, eine Entscheidung zum Umrüsten auf eine der möglichen alternativen Haltungsformen zu treffen.

In den so genannten alternativen Haltungsformen haben die Legehennen die Möglichkeiten zu scharren und zu picken, (im Sand) zu baden und ihre Eier in ein geschütztes Nest abzulegen. Sie haben mehr Bewegungsfreiraum, Sitzstangen in ver-

schiedenen Höhen zum Aufbaumen und die Möglichkeit, aggressiven Artgenossen aus dem Weg zu gehen. Bisher ist jedoch wenig über die hygienischen Zusatzbelastungen für Tier, Mensch und Umwelt bekannt, die durch die geschaffenen neuen Haltungsbedingungen entstehen. Der Einfluss der Haltungsform auf die Tiergesundheit und das Tierverhalten wurde für die alternativen Haltungsformen schon vielfach beschrieben, Untersuchungen zum Einfluss auf die Luftqualität insbesondere im Hinblick auf die Atemwegsgesundheit der Menschen, die in den Ställen arbeiten, fehlen bislang jedoch weitestgehend.

Gerade Stäube und Mikroorganismen in und aus der Nutztierhaltung werden mit einer Vielzahl von gesundheitlichen Wirkungen auf den menschlichen Organismus in Verbindung gebracht. Darüber hinaus spielen diese Stoffe auch bei der Genehmigung von Stallanlagen aus umwelthygienischer Sicht eine zunehmende Rolle. Besonders in der Geflügelhaltung finden sich vergleichsweise hohe Konzentrationen dieser Substanzen. Vor diesem Hintergrund benötigen sowohl Landwirte als auch z.B. Berater aus dem Bereich der Landwirtschaft, des Arbeitsschutzes und des Umweltschutzes Anhaltspunkte zur Beurteilung dieser alternativen Legehennenhaltungssysteme. Insbesondere bei Entscheidungen beispielsweise im Hinblick auf Modernisierung, Um- oder Neubauten oder bei der Wahl eines Betriebszweiges sind – neben arbeitswirtschaftlichen Kenngrößen – die genannten Parameter bei der Planung zu berücksichtigen.

Entsprechend sollten in dem hier vorgestellten Forschungsvorhaben des Schwerpunkts Arbeitsmedizin und Umweltmedizin des Instituts für Allgemeinmedizin und Familienmedizin an der Fakultät für Medizin der Universität Witten/Herdecke unter Univ.-Prof. Dr. Monika A. Rieger (Projektpartner Witten) und dem Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover unter Prof. Jörg Hartung (Projektpartner ITTN) repräsentative Daten aus prototypischen Haltungssystemen der artgerechten Legehennenhaltung zu den luftgetragenen Parametern Stäube und Mikroorganismen gewonnen werden.

Die Projektziele lassen sich wie folgt benennen:

- Ermittlung von Umfang und Höhe der wichtigsten luftbelastenden Stoffe in alternativen Haltungssystemen für Legehennen

- Identifizierung von Emissionsminderungsmaßnahmen im Stall zum Schutz von Mensch, Tier und Umwelt
- Erarbeitung von persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen bei den in der Legehennenhaltung tätigen Menschen

## **2.2 Stand von Wissenschaft und Technik**

Stäube und v.a. luftgetragene Mikroorganismen und deren Stoffwechsel- bzw. Abbauprodukte (sog. Biologische Belastungen) spielen im Bereich des Arbeits- und Umweltschutzes in der Landwirtschaft eine herausragende Rolle. Besonders hohe Konzentrationen an luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen und Staub kommen im Bereich der Schweine- und Geflügelhaltung vor [4]. Allerdings steht für die artgerechte Geflügelhaltung eine umfassende Bewertung der luftgetragenen Substanzen bislang aus, was nicht zuletzt in der großen Heterogenität der in Deutschland anzutreffenden Haltungssysteme begründet sein mag. Diese wurden in einer aktuellen groß angelegten Untersuchung dokumentiert, wobei vor allem im Bereich der Managementfaktoren große Schwankungen und Verbesserungsbedarf im Hinblick auf die Tierproduktion gefunden wurden [5, 6]. Als Beispiel für die wissenschaftliche Entwicklung von Empfehlungen für die Legehennenhaltung sei an dieser Stelle das ProLand-Projekt genannt, in dem eingehend erforscht wurde, wie die Stall- und Auslaufgestaltung – zusätzlich zu den Konkretisierungen durch die gesetzlichen Vorgaben – verbessert werden kann [7]. Als Ergebnis wurde formuliert, dass die Gestaltung des Stalles derart erfolgen sollte, dass der Weg vom Nest in das Freiland durch leicht zu überwindende Stufen (Höhe max. 40cm) erleichtert wird. Zugleich sollten die Helligkeitsunterschiede nicht zu hoch sein, was unter anderem auch dadurch gewährleistet wird, dass ein überdachter Kalt-Scharraum zwischen Stall und Freiland liegt. Zusätzlich sollte das Lüftungssystem so ausgelegt sein, dass keine hohen Luftgeschwindigkeiten vor oder an den Luken herrschen. Hierzu ist die Gleichdrucklüftung besonders gut geeignet, führt allerdings zu höheren Investitions- und Energiekosten (Stromverbrauch). Grundsätzlich ist die Auslaufnutzung auch durch weitere Charakteristika zu verbessern: z.B. Auslaufgestaltung, Management in der Aufzucht und in der Eingewöhnungsphase, Herdengröße, genetische Herkunft der Hennen [8].

Trotz dieser eingehenden Untersuchungen des Legehennenhaltungssystems aus Sicht von Tierschutz und Verfahrenstechnik erfolgte jedoch bislang keine Bewertung

aus Sicht des Arbeits-, Anwohner- und Umweltschutzes, in die auch die biologischen Belastungen einfließen müssten. Entsprechende Untersuchungen sind jedoch unabdingbar, da sich die luftgetragenen biologischen Belastungen bzw. Staubkonzentrationen in verschiedenen Tierhaltungssystemen stark unterscheiden können. Allerdings sind diese Unterschiede nicht zwangsläufig derart, dass eingestreute Tierhaltungssysteme mit einer höheren Exposition gegenüber den interessierenden Substanzen einhergehen als nicht eingestreute Systeme. Dies konnte am Beispiel der Schweinemast eindrucksvoll gezeigt werden (Projekt 02 OE 615 [14]). Hierbei wurde jedoch auch deutlich, dass sich die Höhe der luftgetragenen Belastung in der Schweinemast – bei optimierten baulich-technischen Faktoren – vor allem durch Managementfaktoren beeinflussen lässt [9, 10, 11]. Diese Ergebnisse wurden auch durch Untersuchungen in konventionellen Schweineställen bestätigt [12, 13]. Unabhängig von der oben getroffenen vergleichenden Darstellung kommt in eingestreuten Systemen der Art und Qualität des Einstreumaterials eine große Bedeutung im Hinblick auf die Freisetzung von biologischen Arbeitsstoffen zu [14, 15].

Erste Ergebnisse im Hinblick auf die Staubkonzentration im Stall sowie die Konzentration an luftgetragenen Mikroorganismen und Endotoxinen im Bereich der artgerechten Legehennenhaltung wurde in einem Kooperationsprojekt der Bundesländer Sachsen, Thüringen und Bayern erarbeitet [16], in dessen Rahmen die Untersuchungen mit Bezug zum Arbeitsschutz von RIEGER ET AL. durchgeführt wurden [17]. Eine ausreichende Anzahl von Messungen war im Rahmen dieser Untersuchung allerdings aus Kostengründen nicht möglich, so dass aus den erhobenen Befunden keine Empfehlungen abgeleitet werden konnten.

### Biologische Belastungen aus Sicht des Arbeitsschutzes

Die hohe Belastung in der Luft an Arbeitsplatz in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung wird unter anderem dafür verantwortlich gemacht, dass bei den Beschäftigten im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung deutlich gehäuft chronisch obstruktive Atemwegserkrankungen auftreten (vgl. Zusammenstellung bei [18]). Entsprechend wird in letzter Zeit zunehmend diskutiert, wie die Prävention von Atemwegsbeschwerden und v.a. eine Reduzierung bzw. Minimierung der Luftbelastung in der Landwirtschaft erreicht werden können [19, 20].

Allgemein können biologische Belastungen bzw. Biologische Arbeitsstoffe (Definition vgl §2 BioStoffV) beim Menschen zu Infektionen, toxischen oder sensibilisierenden Wirkungen führen.

Die Infektionsgefahr in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung umfasst nicht nur die Erreger typischer Zoonosen, sondern auch die Keime aus z.B. Hautflora oder Exkrementen der Tiere, die unter Umständen auch gegen Antibiotika resistent sein können [21]. Der erhöhte Infektionsdruck kann dazu führen, dass einzelne Beschäftigte aus gesundheitlichen Gründen nicht für die Tätigkeit in der Nutztierhaltung geeignet sind. Ein Autor folgert auf der Grundlage einer Literaturübersicht, dass in der Regel zu Beginn eines Beschäftigungsverhältnisses deutlich wird, ob Beschäftigte gesundheitlich dem beruflich bedingten Infektionsdruck in der Geflügelhaltung gewachsen sind [22].

Arbeitsbedingte allergische Atemwegserkrankungen sind in der Landwirtschaft gut dokumentiert und umfassen sowohl die IgE-vermittelten Erkrankungen (Asthma bronchiale, Heuschnupfen) als auch die IgG-vermittelte sog. Farmerlunge [23]. Als Auslöser kommt die Exposition gegenüber Tierhaaren, Futtermittel- oder Getreidestäuben oder gegenüber Schimmel- und Strahlenpilzen [24] anderer Herkunft in Frage und wurde auch bereits für die Geflügelhaltung beschrieben [25]. Generell erfolgten bisher die Empfehlungen für Schutzmaßnahmen bei der beruflichen Exposition gegenüber Allergenen in der Regel nach dem Grundsatz der Minimierung. In Einzelfällen erlauben jedoch Befunde, in denen ein Zusammenhang zwischen der Expositionsstärke und der Intensität der allergischen Reaktion gefunden werden konnte, die Formulierung von Grenzwerten für einzelne Allergene [26, 27]. Entsprechend könnten für den Arbeitsschutz in der Landwirtschaft Untersuchungen hilfreich sein, in denen a) die Konzentration von Allergenen (z.B. Schimmelpilze, Strahlenpilz und Tierhaare bzw. Tierepithelien) bestimmt und in Bezug zum Erkrankungsgeschehen bei den Beschäftigten im Betrieb gesetzt wird. Weiterhin muss bei der Betrachtung von Tierhaltungssystemen darauf geachtet werden, ob nicht – z.B. über Futter oder Einstreu – Insekten oder ihre Bestandteile in den Betrieb eingeschleppt werden und dann gesundheitliche Beeinträchtigungen der Beschäftigten in Form allergischer Atemwegserkrankungen hervorrufen können [28].

Neben den Befunden, dass die beruflich bedingte Exposition gegenüber Allergenen zu entsprechenden Erkrankungen bei den Beschäftigten führen kann, seien auch die Studien erwähnt, aus denen eine gewisse schützende Wirkung der Exposition ge-

genüber landwirtschaftlichen organischen Stäuben in Bezug auf die Entwicklung von Heuschnupfen und allergischem Asthma bei Kindern hervorgeht, die auf Bauernhöfen aufgewachsen sind [29].

Auch toxische Wirkungen können sich im Bereich der Nase und der tieferen Atemwege manifestieren [30]. Als auslösende Agentien sind unter anderem Mykotoxine (Stoffwechsel- bzw. Zerfallsprodukte von Schimmelpilzen) und Endotoxine (Stoffwechsel- bzw. Zerfallsprodukte von gram-negativen Bakterien) zu nennen.

Die Inhalation von Mykotoxin-belasteten Stäuben kann zu akuten und chronischen Atemwegserkrankungen und weiteren gesundheitlichen Störungen führen, die auf toxische Wirkungen auf der Ebene der einzelnen Zellen zurückzuführen sind [31, 432]. Als gut untersuchtes Mykotoxin ist Ochratoxin A zu nennen, dessen kanzerogene Potenz bekannt ist und das – zusätzlich zur Ingestion – über die Inhalation belasteter Stäube aufgenommen werden kann. Im Bereich der Landwirtschaft kann eine entsprechende Exposition beim Umgang mit belastetem Futter vorkommen [33]. Die Rolle anderer Keime und Mykotoxin-Bildner (z.B. Stachybotrys) wird aktuell eher kontrovers diskutiert [34].

Schon seit längerer Zeit ist bekannt, dass in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung den luftgetragenen Endotoxinen eine besondere Bedeutung zukommt [35]. Sie werden verantwortlich gemacht für akute Erkrankungen („organic dust toxic syndrom“ [36,37], Asthma [38]) und für die Entwicklung chronisch obstruktiver Atemwegserkrankungen (in der Regel manifestiert als chronisch obstruktive Bronchitis). Im Hinblick auf die akute Erkrankung scheint es Unterschiede zwischen empfänglicheren und weniger empfänglichen Individuen zu geben [39]. Für die Entwicklung chronischer Atemwegsbeschwerden bzw. chronischer Einschränkungen der Lungenfunktion ist die Konzentration an luftgetragenen Endotoxinen in der Stallluft der beste Prädiktor. Dies zeigte sich sowohl in einer Längsschnittstudie an Landwirten (n=34) [40] als auch bei der vergleichenden Analyse des Einflusses von Staub, Endotoxin- und Gaskonzentrationen auf die Atemwegsfunktion bei n=54 Landwirten [41] bzw. dem Vergleich von Beschäftigten in Käfig- bzw. Bodenhaltung von Legehennen [42]. Zugleich scheinen Endotoxine jedoch auch protektive Effekte auf die Entwicklung von Atemwegsallergien zu haben, wenn Kinder früh in ihrem Leben gegenüber Stallluft exponiert werden [43]. Generell ist der Bestimmung von biologisch aktiven Endotoxinen der Vorzug gegenüber dem Nachweis mittels GC-MS zu geben, da hier die bessere Korrelation zu Symptomen der exponierten Personen besteht [44]. Im Hin-

blick auf die Wahl des Verfahrens zur Bestimmung der biologisch aktiven Endotoxine stehen der LAL-Test und der Vollblut-Test (z.B. Pyrocheck®) zur Verfügung, wobei ersterem in dieser Studie der Vorzug gegeben wurde, da dieser zum einen für arbeitsplatzbezogene Messungen vorgegeben und zum anderen – vor allem bei Durchführung im selben Labor - ausreichend standardisiert und über Ringversuche in seiner Qualität dokumentiert durchgeführt werden kann [45]. Zudem liegt eine Fülle von Vergleichswerten vor, die in bisher durchgeführten Studien mit diesem Verfahren ermittelt wurden (z.B. [17, 46, 47, 10, 11, 4, 48]). Bei der messtechnischen Erfassung von Endotoxinen in Geflügel- oder Schweineställen wurden in der Regel Konzentrationen bestimmt, die weit über denen liegen, die im Laborexperiment zu akuten Atemwegsreaktionen bei exponierten menschlichen Probanden führen [49]. In den Niederlanden wurden Grenzwerte von 50 EU/m<sup>3</sup> bzw. übergangsweise von 200 EU/m<sup>3</sup> diskutiert, die jedoch bei vielen üblichen landwirtschaftlichen Tätigkeiten bis zu 1.000fach überschritten werden [50]. Unter anderem aus diesem Grund wurde in Deutschland nach eingehender Beratung im Ausschuss für biologische Arbeitsstoffe (ABAS) und dem zugehörigen Unterausschuss bzw. Arbeitskreis bewusst auf die Definition eines Grenzwertes verzichtet. Dies entbindet den Landwirt jedoch nicht von der Umsetzung des Minimierungsgebots.

### Biologische Belastungen aus Sicht des Umweltschutzes

Auch aus Sicht des Umweltschutzes haben die aus den Ställen in die Umwelt emittierten Luftverunreinigungen besondere Bedeutung. Dabei spielen neben den Geruchs- und Gasemissionen (z.B. Ammoniak) die Emissionen an Staub und Mikroorganismen eine zunehmende Rolle [51, 52]. Bisher vorliegende Daten weisen auf eine besonders hohe Keim- und Staubemission aus Stallungen der Geflügelhaltung hin. Unklar ist jedoch der qualitative und quantitative Austrag von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der Freilandhaltung und welcher Quelle sie zugeordnet werden können. Insgesamt fehlen verlässlich-belastbare Daten, doch erwies sich die Verwendung von Leitkeimen bei der Ausbreitungscharakterisierung von Broilerställen als richtungweisend [53]. Da der Eintrag von Salmonellen in die Umgebung von Tierställen als zunehmendes Problem erkannt wurde [54], kommt dieser Fragestellung – trotz des vergleichsweise aufwendigen Nachweisverfahrens - in Zukunft eine größere Bedeutung zu.

Neben baulich-technischen Faktoren (inkl. Lüftungsart bzw. Lüftungsrate, Entmischungssystem) beeinflussen Produktionsspezifika (z.B. Alter der Hennen) und klimatische Faktoren die Emission von Substanzen und Geruch in die Umgebung, wie es in vergleichenden Untersuchungen im Hinblick auf die Stickstoff-Emission in verschiedenen Legehennenhaltungssystemen gezeigt werden konnte [55, 56]. Hierbei wurde jedoch auch deutlich, dass in der Geflügelhaltung eine Minderung der Stickstoffemissionen nicht in jedem Fall mit der Reduktion von Geruchsemissionen einher geht [57]. Neben baulich-technischen Faktoren (insbesondere der Lüftung und der Kottrocknung in der Geflügelhaltung) spielen in der Geflügelhaltung Managementfaktoren und verfahrenstechnische Charakteristika eine herausragende Rolle für die Emissionen in die Umgebung [58, 59]. Die umweltmedizinische Bedeutung von Emissionen aus landwirtschaftlichen Betrieben wurde z.B. in der Niedersächsischen Lungenstudie „Atemwegsgesundheit und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens“ (NiLS) [60] deutlich. Ziel der Studie war es, die Häufigkeit von Atemwegserkrankungen sowie die Lebensqualität junger erwachsener Bewohner einer vorwiegend landwirtschaftlich geprägten Region in Niedersachsen unter Berücksichtigung der Umweltexposition gegenüber Emissionen aus Tierställen im Querschnittsdesign zu untersuchen. Die Untersuchung wurde als schriftliche postalische Befragung zu Atemwegssymptomen und -erkrankungen, zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität, zur beruflichen und privaten Exposition gegenüber landwirtschaftlichen Betrieben sowie zu potenziellen Störgrößen in dem zu untersuchenden Zusammenhang. Die Befragung wurde ergänzt um eine klinische Untersuchung inkl. Lungenfunktionsanalyse bei einem Teilkollektiv. In dieser Untersuchung wurde u.a. ein Sammelallergietest auf ubiquitäre Allergene (SX1) sowie landwirtschaftliche Allergene im Serum durchgeführt und die Lungenfunktion gemessen. Die relative Häufigkeit von Atemwegssymptomen und -erkrankungen sowie die Ergebnisse der Lungenfunktionsuntersuchungen waren für die Teilnehmer der NiLS-Studie vergleichbar mit den Ergebnissen des European Community Respiratory Health Survey, der 1991/92 bei einer populationsbezogenen Stichprobe der Hamburger Bevölkerung durchgeführt wurde. Die Prävalenz allergischer Erkrankungen lag für das Gesamtkollektiv unter der Prävalenz in der städtischen Bevölkerung. Allerdings zeigte sich bei Betrachtung nur der NiLS-Teilnehmenden ohne beruflichen oder privaten Kontakt zur Landwirtschaft, in deren Wohnumgebung sich mehr als 12 Ställe im Umkreis von 500 m befanden, nach Adjustierung für mögliche Störgrößen eine erhöhte Prävalenz

nicht erkältungsbedingter glemender Atemgeräusche (n=59; Odds Ratio 2,7; 95% Konfidenzintervall 1,4 - 5,4). Für diese Gruppe ergab sich auch eine Einschränkungen der Lungenfunktion (Einsekundenkapazität, Tiffeneau-Index). Die Zusammenhänge zwischen Exposition gegenüber Emissionen aus der Nutztierhaltung und Atemwegsbeschwerden fanden sich auch unter Verwendung der modellierten zusätzlichen Endotoxinbelastung im Wohnumfeld als Expositionsmarker. Bei der Verwendung alternativer Einteilungen der Expositionsgruppen (z.B. Quartile der Exposition) ergaben sich hingegen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge. Unabhängig vom Kontakt zur Landwirtschaft zeigte sich eine steigende Symptom- und Erkrankungsprävalenz sowie ein verminderter Score im Bereich der körperlichen und emotionalen Lebensqualität (SF-12) in Abhängigkeit von der selbstberichteten Geruchsbelästigung in der Wohnumgebung. Diese Zusammenhänge ließen sich auf der Ebene der klinischen Befunde nicht bestätigen.

#### Staub und Staubminderungsmaßnahmen

Neben der Wirkung der an die Staubpartikel anhaftenden Substanzen (z.B. Endotoxine, Mykotoxine, Ammoniak) haben auch Staubpartikel an sich eine Wirkung auf die menschliche Gesundheit. Im Vordergrund stehen hierbei negative Wirkungen im Bereich des Herz-Kreislauf-Systems und der Atemwege [61] Weitgehend unbekannt ist der Beitrag der Nutztierhaltung und der Legehennenhaltung im Besonderen zu der in der Wissenschaft und der Öffentlichkeit derzeit stark diskutierten Frage der Belastung der Einatemluft am Arbeitsplatz und der Außenluft durch Feinstäube, besonders der Partikelklassen PM<sub>10</sub> (particulate matter 10) und PM<sub>2,5</sub>, die aktuell beim Menschen vor allem in ihrer Bedeutung für Herz-Kreislauf-Erkrankungen erforscht werden. Erste Befunde aus PM<sub>10</sub> Messungen in Mastgeflügelställen (Puten) wurden im Herbst 2005 vorgestellt [62].

Die initiale Wirkung von Stäuben und chemischen Substanzen erfolgt im Bereich der Alveolarmakrophagen in der Lunge [63 -65]. An diese initiale Interaktion schließen sich entzündliche Prozesse an, die möglicherweise auch neuronal vermittelt sind [66]. Neben diesen primär entzündlichen Prozessen gibt es Hinweise auf eine genotoxische Wirkung von Staub. Diese ist zwar hauptsächlich auf anhaftende chemische Substanzen zurückzuführen, doch scheinen luftgetragene Partikel auch an sich eine gewisse genotoxische Wirkung zu haben [67].

Bei der Staubmessung kommt der Wahl der Messmethodik eine besondere Bedeutung zu, da die mit verschiedenen Messverfahren ermittelten Staubkonzentrationen nicht direkt miteinander vergleichbar sind [68]. Mit Hilfe geeigneter Messverfahren gelingt es jedoch den Effekt verschiedener Staubminderungsmaßnahmen zu evaluieren, wie dies am Beispiel der Schweinehaltung deutlich wird [69].

Die Wahl der Messverfahren ist auch für die Messwerte von Bedeutung, auf deren Grundlage Ausbreitungsrechnungen innerhalb (z.B. [70, 71]) oder außerhalb des Stalles durchgeführt werden, wobei sich bei letzteren in der Umwelttechnik üblicher Methoden bedient werden kann [72].

### Methoden zur Erfassung von Emissionen aus der Tierhaltung

Aus vielen Studien ist bekannt, dass die Emissionen aus der Tierhaltung großen Schwankungen unterliegen. Beispielhaft konnte dies kürzlich in einer Studie zur Stickstoff-Emission in der Hähnchenmast gezeigt werden [73]. Um zu untersuchende Haltungssysteme möglichst aussagekräftig beschreiben zu können, sind folglich eine große Zahl von Messwerten und die Erfassung verschiedener Betriebszustände und unterschiedlicher klimatischer Rahmenbedingungen erforderlich. Zusätzlich müssen auch Managementfaktoren und spezifische Arbeitsverfahren in die Analysen einfließen können, um deren Auswirkung auf z.B. die Emission relevanter Substanzen und Stäube erfassen und das Potential für Emissionsminderungsmaßnahmen abschätzen zu können [74]. Letzteres kann entweder über eine Vielzahl von messtechnisch erfassten Betrieben gelingen, die demselben Haltungssystem zuzuordnen sind und bei denen Managementfaktoren erhoben und dokumentiert werden – oder über die Sammlung entsprechender Daten und Erfahrungen von Betriebseignern und Experten. Dieser eher epidemiologische Ansatz kann auch durch modernere wissenschaftliche Verfahren ergänzt werden, die zunehmend Einzug in die agrarwissenschaftliche Forschung finden. Als Beispiel sei eine Studie genannt, in der über einen Delphi-Prozess Expertenvoten zur Möglichkeit der Emissionsminderung in Geflügelställen erhoben und ausgewertet wurden [75]

### Emission und Beschwerden bei Menschen

Daten zur hohen Prävalenz chronischer Atemwegserkrankungen bei Landwirten liegen vor allem aus dem Bereich der Schweinehaltung vor [76, 77]. Beim Vergleich verschiedener Schweinehaltungsbetriebe zeigte sich auch eine positive Korrelation

des Anteils von Landwirten mit Beschwerden und der Prävalenz von Atemwegsbeschwerden bei den Schweinen der entsprechenden Betriebe [78]. Im Hinblick auf Atemwegssymptome bei exponierten Freiwilligen folgern die Autoren einer experimentellen Studie allerdings, dass unterschiedlich „saubere“ Schweinemastställe zu keinem Unterschied bei den Symptomen der Probanden führten [79]. Wird statt der Betrachtung der Symptome von Probanden dagegen die Nasallavage eingesetzt, scheint es mit diesem Verfahren eher möglich zu sein, Zusammenhänge zwischen Exposition und Reaktion der Atemwege abzubilden [80]. Unabhängig von der Höhe der Exposition gegenüber luftgetragenen Substanzen konnte jedoch in einer ersten vergleichenden Studie im Bereich der Legehennenhaltung (Käfighaltung vs. Bodenhaltung) eine niedrigere Häufigkeit von Atemwegssymptomen bei den Beschäftigten des Bodenhaltungssystems ermittelt werden [42, 81].

Die Konzentration einatembaren Staubs ist in der Geflügelhaltung allgemein höher als in anderen Tierhaltungssystemen [81 -84]. Dort werden regelmäßige auch sehr hohe Konzentrationen an luftgetragenen Endotoxinen gefunden [81]. Für beide Substanzen liegen jedoch nur wenige Daten (in der Regel aus zwangsbelüfteten Ställen) vor zur Verfrachtung in die Stallumgebung. So wurde beispielsweise in einer Studie zwar ein Zusammenhang der Staubkonzentration in einer Entfernung von 3 m zum Stall zur Stallinnenraumkonzentration gefunden, für die Distanz von 50m oder 100m ließ sich eine derartige Korrelation allerdings nicht nachweisen [85]. Im Hinblick auf die Endotoxinkonzentration in der Außenluft liegen Befunde vor, die darauf hinweisen, dass in ländlichen Regionen die Endotoxinkonzentration in unbelasteter Außenluft ungefähr so hoch ist wie in städtischen Regionen [86 11]. In letzteren werden vor allem industrielle Stäube und Rückstände von Verbrennungsprozessen für Atemwegserkrankungen verantwortlich gemacht [87]. Dennoch konnte in einer anderen Studie eine positive Korrelation zwischen z.B. Atemwegssymptomen bei Jugendlichen und der Nähe von Schulen zu Schweinemastbetrieben beschrieben werden [88]. Auch die Ergebnisse der NiLS-Studie (s.o.) weisen darauf hin, dass für Personen, die weder beruflich noch privat Kontakt zur Landwirtschaft haben, landwirtschaftliche Emissionen zu einer erhöhten Prävalenz von Atemwegssymptomen führen können und dass eine selbst berichtete Geruchsbelästigung mit einer erhöhten Symptom- und Erkrankungsprävalenz sowie einer verminderten Lebensqualität einher ging [60]. Vergleichbar ließ sich in einem Experiment nachweisen, dass gesunde Probanden mit Kopfschmerzen, Reizung der Augen und Übelkeit auf verdünnte

Schweinehall-Luft reagierte, mit der die Situation der Umgebung eines Schweinehaltenden Betriebes simuliert wurde [90]. Dennoch liegen noch zu wenige Daten vor, um die Auswirkungen von Schweinemastbetrieben auf die Atemwegsgesundheit von Anwohnern so exakt zu beschreiben, dass Empfehlungen zu Emissionsminderungsmaßnahmen daraus abgeleitet werden könnten [91].

Aus epidemiologischen Studien wurde als Grenzwert für die Exposition der Beschäftigten gegen Staub und Ammoniak in Schweinehaltungsbetrieben eine Konzentration von 2.5 mg/m<sup>3</sup> (Gesamtstaub) und 7.5 ppm (Ammoniak) ermittelt [92]. Letzterer Wert liegt einerseits niedriger als der für Arbeitsplätze in Deutschland geltende Grenzwert von 20 ppm und scheint andererseits in der Geflügelhaltung häufig überschritten zu werden [93, 94]. Ähnlich verhält es sich mit dem in der zitierten Publikation genannten Staubgrenzwert, der niedriger als der „Allgemeine Staubgrenzwert“ von 10 mg/m<sup>3</sup> für einatembaren Staub (E-Staub) und 3 mg/m<sup>3</sup> für alveolengängigen Staub (A-Staub) liegt.

Allgemein sollte folglich bei der Erfassung (der Veränderung) von Atemwegsschwerden, die auf luftgetragene Schadstoffe zurückgeführt werden, darauf geachtet werden, dass neben subjektiven Angaben auch objektive Parameter zur Beschreibung einer möglichen Irritation der Atemwege untersucht werden [95]. Dies bedeutet, dass über Fragebogen erhobene Angaben in Zusammenschau mit den Befunden der Lungenfunktion und / oder der Nasallavage ausgewertet werden müssen. Zugleich muss berücksichtigt werden, ob die Beschäftigten rauchen [96]. Auch genetische Faktoren können die Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung beruflich bedingter Atemwegserkrankungen beeinflussen [96].

Zur Prävention von beruflich bedingten Atemwegserkrankungen bei Landwirten werden einerseits allgemeine Staubminderungsmaßnahmen [97] und andererseits personenbezogene Arbeitsschutzmaßnahmen (v.a. Atemschutz) [98, 99] empfohlen. Hiermit folgen die Empfehlungen der für den Arbeitsschutz festgelegten Hierarchie von technischen vor organisatorischen vor personenbezogenen Schutzmaßnahmen. Während in der Literatur Hinweise darauf zu finden sind, dass im Ausland die Benutzung von Atemschutz in der Landwirtschaft schon vor mehreren Jahren vergleichsweise weit verbreitet war [100], werden diese Maßnahmen in Deutschland in der Regel oft erst nach Eintreten eines Erkrankungsfalles im Betrieb ergriffen. Im Hinblick auf die Geeignetheit von Atemschutz werden allgemein partikelfiltrierende Halbmasken

mindestens der Klasse FFP2 (mit Ausatemventil) (analog der US-amerikanischen Klassifikation N95) empfohlen [101]. Bei bereits bestehenden Atemwegssymptomen und v.a. bei allergischen Atemwegserkrankungen soll eine Halbmaske der Klasse FFP3 verwendet werden. Ist die Lungenfunktion eingeschränkt bzw. sind körperlich anstrengende Tätigkeiten zu verrichten (was in der Landwirtschaft häufig der Fall ist), ist oft ein belüfteter Atemhelm zu verwenden [102]. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass der Atemschutz nicht nur gegen die toxischen oder sensibilisierenden Wirkungen luftgetragener biologischer Arbeitsstoffe schützt, sondern auch vor Infektionsgefahren durch luftgetragene Krankheitserreger [103, 104]. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass die Effektivität dieser personenbezogenen Atemschutzmaßnahme bislang im Hinblick auf klinisch relevante Parameter nicht evaluiert wurde. Vor dem Hintergrund der Kosten, die mit dieser Arbeitsschutzmaßnahme verbunden und vom Arbeitgeber zu tragen sind, ist es jedoch unabdingbar, den Nachweis der Effektivität in der täglichen Praxis auf Legehennenbetrieben zu führen und Hilfestellungen für die Implementierung zu erarbeiten.

#### Zusammenfassung zum Stand von Wissenschaft und Technik

Aus der vorliegenden Literaturübersicht wird deutlich, dass bislang allenfalls im Kooperationsprojekt von Sachsen, Thüringen und Bayern versucht wurde, alternative Legehennenhaltungssysteme vergleichend zu evaluieren im Hinblick auf die Belastungen durch luftgetragene Stäube und Mikroorganismen aus Sicht von Arbeits- und Umweltschutz. In dem genannten Projekt fußten die Ergebnisse gerade im Hinblick auf den Arbeitsschutz neben einer umfangreichen Gefährdungsbeurteilung allerdings nur auf stichprobenartigen Messungen der biologischen Stallluftbestandteile und der arbeitsmedizinischen Staubfraktionen [17]. Leider ließ sich eine verfälschte Widergabe der arbeitsmedizinischen Ergebnisse im Abschlussbericht des Projektes nicht verhindern [16], doch wird aus diesem der grundsätzliche Bedarf nach einer tiefer gehenden und möglichst alle Betriebszustände und Rahmenbedingungen erfassenden Untersuchung deutlich. Im Hinblick auf die Ausbreitung von Keimen in die Umgebung von artgerechten Legehennenhaltungssystemen wurden in dem zitierten Bericht keine Untersuchungen durchgeführt. Somit knüpft das vorliegend geplante Projekt zwar an die Untersuchung aus Sachsen, Thüringen und Bayern an, geht in seiner Konzeption und Ausrichtung aber weit über diese hinaus, indem mit einer hohen Anzahl von Messungen vergleichend verschiedene prototypische artgerechte Legehennenhal-

tungssysteme untersucht, die Ausbreitung in die Stallumgebung aus Sicht des Umweltschutzes bewertet und Empfehlungen für personenbezogene Arbeitsschutzmaßnahmen erarbeitet und evaluiert werden. Damit leistet das Forschungsprojekt einen wichtigen Beitrag zur Betrachtung der Nachhaltigkeit verschiedener Legehennenhaltungssysteme [105].

## 2.3 Fragestellungen

Häufig genannte luftbelastende Stoffe in Legehennenhaltungen sind Staub, Keime (Bakterien und Schimmelpilze), Gase wie Ammoniak und Kohlendioxid und Endotoxine. Gerade in Haltungsformen mit eingestreutem Scharrbereich ist durch die Ausübung natürlicher Verhaltensweisen der Hennen mit einer erhöhten Staubgeneration zu rechnen. Auch die Verbringung von Keimen verschiedenartigster Herkunft (Fäkalien, Hautoberfläche der Tiere, Streugut, Futter etc.) und Zerfallsprodukte dieser (Endotoxine) in die Luft ist gegenüber der konventionellen Käfighaltung erleichtert. Aus den oben genannten Projektzielen lassen sich deshalb verschiedene Fragen ableiten, die im Zuge des gemeinsamen Forschungsvorhabens beantwortet werden sollten.

1. Umfang und Höhe der wichtigsten luftbelastenden Stoffe in alternativen Haltungssystemen für Legehennen (qualitativ und quantitativ):
  - a. Wie hoch sind die Konzentrationen an Keimen in der Luft der alternativen Legehennenhaltungen?
  - b. Wie hoch sind die Konzentrationen an Endotoxinen in der Luft der alternativen Legehennenhaltungen?
  - c. Wie hoch sind die Konzentrationen an Ammoniak und Kohlendioxid in der Luft der alternativen Legehennenhaltungen?
  - d. Wie hoch sind die Konzentrationen an einatembarem bzw. alveolengängigem Staub in der Luft der alternativen Legehennenhaltungen?
2. Wie weit und in welchem Umfang gelangen diese in die Umwelt?
3. Wie hoch ist der Einfluss von Funktionszuständen, Jahreszeiten und Managementfaktoren auf die Konzentrationen an Keimen, Gasen und Staub in der Luft der alternativen Legehennenhaltungen?

4. Welche Maßnahmen sind dazu geeignet, die Belastung der Luft zum Schutz von Mensch, Tier und Umwelt zu mindern?
5. Welche Maßnahmen sind dazu geeignet den Arbeitsschutz bzw. die Atemwegsgesundheit der in der Legehennenhaltung tätigen Menschen zu verbessern?

### **3 Operationalisierung der Fragestellungen in Modulen**

Zur Klärung der vorgenannten Fragen wurde das Arbeitspaket des Forschungsvorhabens in einzelne, zum Teil eng miteinander verzahnte Module untergliedert. Die Module A bis E beinhalteten die messtechnischen Problemstellungen aus den Fragen eins bis drei zu Umfang und Höhe der wichtigsten luftbelastenden Stoffe, den Einfluss von verschiedenen Funktionszuständen, Jahreszeiten und Managementfaktoren (Module A1, A2, B und C). Die hier ermittelten Messergebnisse stellen gleichzeitig die Datengrundlage für die Fragestellungen zwei bis vier dar. Zur Immissionsabschätzung wurden hierzu die Ergebnisse aus den Modulen D1 und D2 – Emissionsmassenströme und Ausbreitungsrechnung – und den Keimmessungen im Leebereich der Ställe (Modul E) herangezogen. Neben der Ableitung möglicher Maßnahmen aus dem messtechnischen Vergleich der untersuchten Legehennenhaltungssysteme wurde die Frage vier zur Ableitung von Emissions- und Immissionsminderungsmaßnahmen durch Befragung von weiteren Beständen (Modul F) bzw. durch Experteninterviews (Module G) bearbeitet. Zur Verbesserung des Arbeitsschutzes (Fragestellung 5) diente Modul H, eine in sich geschlossene Studie zur Effektivität von partikelfiltrierenden Halbmasken.

Die Durchführung und Koordination der einzelnen Module oblag dabei entweder dem Projektpartner Witten (Module A1, F, G, H) oder dem Projektpartner ITTN (Module A2, B, C, D1, D2, E), wobei auf die Kooperation mit dem vTI (Module B, C, D1, E) sowie Herrn Dr. Öttl, ORT, (Modul D2) zurückgegriffen wurde.

Die Zuordnung von eingesetzten Methoden mit den jeweiligen Verantwortlichkeiten ist in Tabelle 1 dargestellt. In Klammer gesetzte Verantwortlichkeiten drücken aus, dass das eingesetzte Verfahren nicht primär für die genannte Fragestellung verwendet wurde, jedoch davon auszugehen ist, dass für die Fragestellung nützliche Ergebnisse resultierten.

Modul	Beschreibung	Fragestellung				
		1	2	3	4	5
		Umfang u. Höhe der wichtigsten luftbelastenden Stoffe	Ausbreitung von Leitkeimen in die Umwelt inkl. Auslauf	Einfluss von Funktionszuständen, Jahreszeiten und Management Faktoren	Identifizierung von Emissionsminderungsmaßnahmen im Stall	Erarbeitung von persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen
<b>A1</b>	Messung luftgetragener Mikroorganismen, Endotoxine (im Stall)	<b>Rieger</b>	<b>----</b>	<b>Rieger</b>	<b>Rieger</b>	<b>Rieger</b>
<b>A2</b>	Bakterien für Emission (Staph., Enterobacteriaceae, ggf. Salmonellen)	<b>ITTN</b>	<b>ITTN</b>	<b>ITTN</b>	<b>ITTN</b>	<b>ITTN</b>
<b>B</b>	Staubmessung (in- und außerhalb)	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>
<b>C</b>	Ammoniak (in- und außerhalb)	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>
<b>D</b>	Bestimmung der Emissionsmassenströme (Luftraten)	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>
<b>D1</b>	Messung der Emission (Staub, Ammoniak)	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>	<b>ITTN*</b>
<b>D2</b>	Dr. Öttl: Ausbreitungsrechnung Staub und Keime, moduliert über Ammoniak	<b>Öttl</b>	<b>Öttl</b>	<b>Öttl</b>	<b>Öttl</b>	<b>Öttl</b>
<b>E</b>	Bioaerosolermittlung in der Stallumgebung	<b>ITTN</b>	<b>ITTN</b>	<b>ITTN</b>	<b>ITTN</b>	<b>ITTN</b>
<b>F, G</b>	Befragung weiterer Bestände und Experten	<b>(Rieger)</b>	<b>(Rieger)</b>	<b>Rieger</b>	<b>Rieger</b>	<b>Rieger</b>
<b>H</b>	Arbeitsmedizinische Untersuchung	<b>----</b>	<b>----</b>	<b>Rieger</b>	<b>(Rieger)</b>	<b>Rieger</b>

\* in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Hinz, vTI: die verwendete Methoden wurden nicht primär zu Beantwortung der Fragestellung verwendet.

**Tabelle 1: Fragestellungen und Operationalisierung in Module mit Darstellung der Verantwortlichkeiten**

### 3.1 Auswahl der Projektställe

Im Rahmen des Projektes sollten prototypische Ställe ausgewählt werden. Um möglichst viele der Faktoren kontrollieren zu können, die voraussichtlich einen Einfluss auf die Zielgrößen (Luftqualität im Stall, Emission) haben, sollten hierbei folgende Stallsysteme berücksichtigt werden:

- a) Kleingruppenhaltung
- b) Bodenhaltung ohne Auslauf und ohne Wintergarten bzw. Kaltscharrraum
- c) Volierenhaltung ohne Auslauf und ohne Wintergarten bzw. Kaltscharrraum
- d) Freilandhaltung (entsprechend der Ergebnisse des ProLand-Projektes, s.u.)

#### 3.1.1 Auswahlkriterien für die Projektställe für die Module A bis E

Eine erste Auswahl der in Frage kommenden Betriebe erfolgte über bereits bestehende Kontakte des Instituts für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie zu Legehennenbetrieben und über Internetrecherchen. Die den jeweiligen Kriterien für die zu untersuchenden Haltungsformen entsprechenden Betriebe wurden telefonisch kontaktiert, zu näheren Stallangaben sowie - nach kurzer Erläuterung des Projektes - zur Teilnahmebereitschaft befragt. Nach Einschluss eines Betriebs in die Studie unterzeichneten die Betreiber eine Teilnahmeerklärung.

Die Kriterien für die zu untersuchenden Haltungsformen waren dabei:

#### 1. Kleingruppenhaltung

- Erfüllung des § 13b der Neufassung der TierSchNutzV vom 22. August 2006
  - mindestens 25.000 cm<sup>2</sup> Fläche (20.000 cm<sup>2</sup>, EU Richtlinie „ausgestalteter Käfig“)
  - mindestens 800 cm<sup>2</sup> Fläche pro Henne (750 cm<sup>2</sup>)
  - lichte Höhe unter Haltungseinrichtungen mindestens 50 cm (45 cm)
  - 90 cm<sup>2</sup> Einstreubereich pro Henne (-)
  - 90 cm<sup>2</sup> Nestfläche pro Henne (-)
  - mindestens 12 cm Troglänge pro Henne (12 cm)
  - mindestens zwei Sitzstangen in unterschiedlicher Höhe, 15 cm Sitzstange pro Henne (15 cm)

Die deutschen Richtlinien für die Kleingruppenhaltung wurden zum Zeitpunkt des Starts des Forschungsvorhabens von sechs Betrieben in Niedersachsen erfüllt. Bei diesen handelte es sich in der Regel um Forschungseinrichtungen der Hochschulen oder von Herstellern.

## 2. Bodenhaltung

- Erfüllung des § 13a der Neufassung der TierSchNutzV vom 22. August 2006:
  - maximal neun Hennen pro Quadratmeter nutzbare Fläche
  - nicht mehr als 6000 Hennen ohne räumliche Trennung
  - mindestens zehn Zentimeter Kantenlänge Futtertrog pro Henne bei Längströgen, bei Rundtrögen mindestens vier Zentimeter Kantenlänge
  - maximal sieben Hennen pro Nest (35 x 25 Zentimeter) oder maximal 120 Hennen pro Gruppennest (1m<sup>2</sup>)
  - mindestens ein Drittel der begehbaren Stallgrundfläche (mindestens 250 cm<sup>2</sup>) müssen als Scharrfläche eingerichtet sein
  - Sitzstangen müssen mindestens eine Länge von 15 Zentimetern pro Henne, einen Abstand zur Wand von 20 Zentimetern und einen waagerechten Abstand zueinander von 30 Zentimetern haben
- Scharrfläche im Stallraum integriert: kein Kaltscharraum oder Wintergarten
- nicht mehr als zwei Ebenen bei Mitberücksichtigung der Kotgrube
- zwischen 2000 und 6000 Hennenplätze pro Stall

Dieses Haltungssystem war zum Zeitpunkt der Stallauswahl vergleichsweise weit verbreitet.

## 3. Volierenhaltung:

- Erfüllung des § 13a der Neufassung der TierSchNutzV vom 22. August 2006:
  - maximal neun Hennen pro Quadratmeter nutzbare Fläche
  - nicht mehr als 6000 Hennen ohne räumliche Trennung
  - mindestens zehn Zentimeter Kantenlänge Futtertrog pro Henne bei Längströgen, bei Rundtrögen mindestens vier Zentimeter
  - maximal sieben Hennen pro Nest (35 x 25 Zentimeter) oder maximal 120 Hennen pro Gruppennest (1m<sup>2</sup>)

- mindestens ein Drittel der begehbaren Stallgrundfläche (mindestens 250 cm<sup>2</sup>) müssen als Scharfläche eingerichtet sein
- Sitzstangen müssen mindestens eine Länge von 15 Zentimetern pro Henne, einen Abstand zur Wand von 20 Zentimetern und einen waagerechten Abstand zueinander von 30 Zentimetern haben
  - höchstens vier Ebenen übereinander mit mindestens 45 Zentimetern lichter Höhe
- Scharfläche im Stallraum integriert: kein Kaltscharraum oder Wintergarten mehr als zwei Ebenen
- zwischen 2000 und 6000 Hennenplätze pro Stall

Zum Zeitpunkt der Stallauswahl betrieben etwa 4,5% der gesamtdeutschen Betriebe eine oder mehrere Volierenhaltungen ohne separaten Kaltscharraum oder Wintergarten, was etwa 0,7% aller Legehennenplätze in Deutschland entsprach (LAVES).

#### **4. Freilandhaltung:**

- nach Möglichkeit Erfüllung der Empfehlungen von ProLand für Freilandhaltung von

Legehennen:

- max. 1 Huhn pro 4m<sup>2</sup> Auslauf bzw. 2500 Legehennen pro 1ha Auslauf. (VO (EWG) Nr. 1274/91)
- Auslauffläche größten Teils bewachsen und nicht für andere Zwecke genutzt, außer als Obstgarten und Wald. (VO (EWG) Nr. 1274/91)
- maximaler Radius der Auslauffläche von der nächstgelegenen Auslaufluke: 150m bzw. 350m, bei ausreichender Anzahl von Unterschlupfmöglichkeiten und Tränken, gleichmäßig im Auslauf verteilt; mindestens vier Unterschlupfmöglichkeiten pro ha (VO (EWG) Nr.1274/91)
- mehrere, über die gesamte Stalllänge verteilte Auslauföffnungen die Zugang zum Freiland gewähren; mindestens 35cm hoch und 40cm breit; je 1000 Hennen eine Öffnung mit 2m Breite (RL1999/74/EG)
- Auslauf und Öffnungen sind so anzulegen, dass eine Nutzung durch die Tiere gefördert und sichergestellt wird, sowie hygienische Grundbedingungen eingehalten werden (Nds. Empfehlung)

- alternativ die in einigen Aspekten ähnliche „kontrollierte“ Freilandhaltung nach KAT:
  - maximal 9 Hühner/m<sup>2</sup> Nutzfläche (empfohlen 6 Hühner/m<sup>2</sup> Bodenfläche), bei mehretagigen Systemen darf die Besatzdichte insgesamt 18 Hennen pro m<sup>2</sup> Bodenfläche nicht überschreiten
  - mindestens 15 cm Sitzstange pro Henne
  - Ställe dürfen eine max. Breite von 15 m nicht überschreiten, wenn nur an einer Längsseite Auslauföffnungen zur Freifläche angebracht sind.
  - für mindestens 6 Stunden nach Beginn der Lichtphase im Stall uneingeschränkter Zugang zur Freifläche (empfohlen 8 Stunden). Die Außeneinzäunung der Auslaufläche muss in Stallnähe min.1,25 m und im weiteren min. 1,0 m hoch sein. Der Zeitraum der Auslaufnutzung muss täglich dokumentiert werden.
  - Die Auslauföffnungen müssen gleichmäßig über die gesamte Stallfläche verteilt und ebenerdig sein
  - Für 1.000 Tiere müssen mind. 2 m Auslauföffnung zur Verfügung stehen. Befindet sich zwischen dem Stall und der Auslaufläche ein Kaltscharrum, muss die Länge der Auslauföffnungen vom Stall in den Kaltscharrum ebenfalls 2 m für 1.000 Hennen betragen.
  - 4 m<sup>2</sup> Freifläche pro Henne, Bewuchs und Beschattung müssen vorhanden sein. Nur Flächen in einem Radius von 150 m zum Stall werden berechnet.
- zwischen 2000 und 6000 Hennenplätze pro Stall

Aufgrund des Aufstellungsgebotes wegen der Geflügelpest für das Land Niedersachsen war die Zahl der möglichen Freilandbetriebe stark eingeschränkt. Die Suche nach Ställen wurde deshalb auch in den nordrheinwestfälischen Raum ausgeweitet. Da aber auch hier keine Gewissheit bestehen konnte, dass die Verteilung der aufstellungspflichtigen Gebiete über den gesamten Untersuchungszeitraum konstant blieb, wurden Betriebe mit Ausnahmegenehmigungen favorisiert.

### **3.1.2 Stallauswahl**

Im Zuge des Ostergeschäftes 2007 und seiner Nachbereitung konnten die vor ausgewählten Betriebe nach Projektstart zunächst nicht zu einer näheren Begutachtung

telefonisch angefragt oder gar angefahren werden, so dass sich die Stallauswahl bis zur zweiten Maiwoche 2007 verzögerte.

Die für die Studie rekrutierten Ställe sind im Folgenden aufgeführt:

1. Kleingruppenhaltung:

1500 Legehennen der Legelinien Lohman Brown (760) und White Leghorn Light (740) sind im Wechsel von Gruppen von 40 und 60 Hennen pro Käfigabteil auf drei Ebenen untergebracht.

2. Bodenhaltung:

8000 Hennenplätze in Bodenhaltung auf Kunststoffrosten mit Kotgrube und innen liegendem Scharrraum.

3. Volierenhaltung:

1000 Hennenplätze in Voliere (Natura, Big Dutchman) mit innen liegendem Scharrraum.

4. Freilandhaltung:

6000 Hennenplätze in kontrollierter Freilandhaltung nach KAT.

Details zu den Charakteristika der untersuchten Haltungssysteme sind in Tabelle 2 und in den Bildern 1 bis 5 zusammengefasst.

Abbildung 1: Skizze der am Projekt teilnehmenden Freilandhaltung

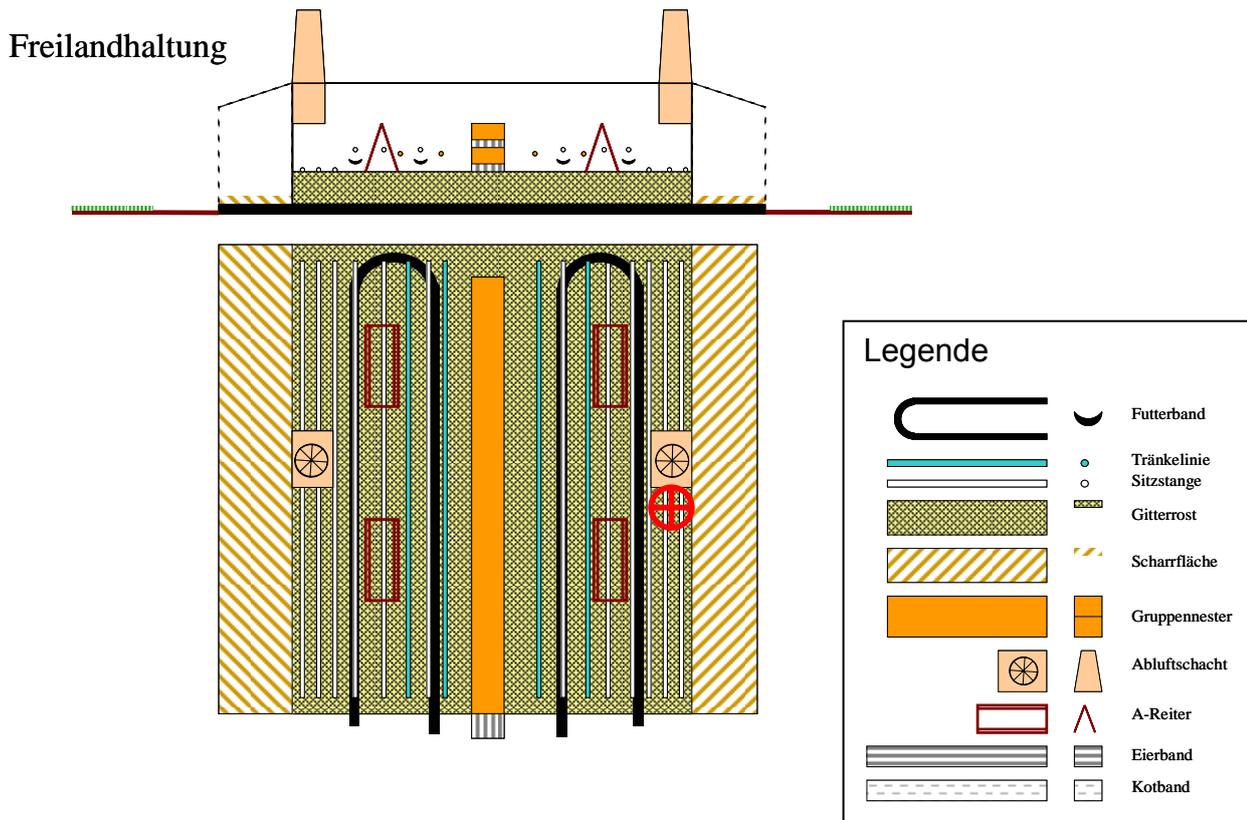


Abbildung 2: Skizze der am Projekt teilnehmenden Bodenhaltung

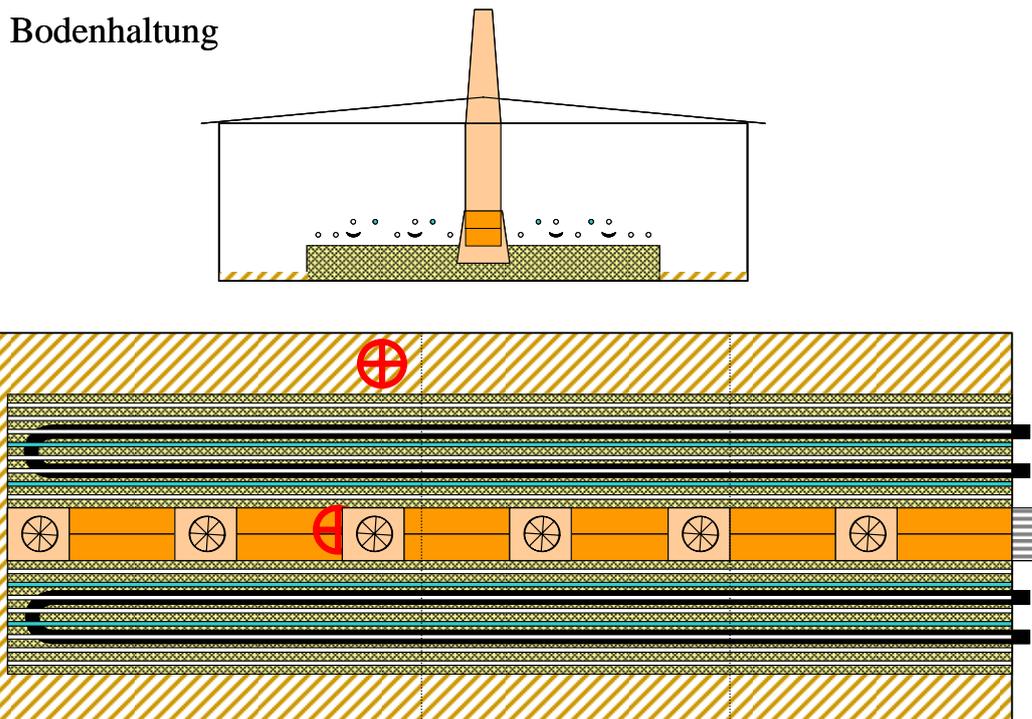


Abbildung 3: Skizze der am Projekt teilnehmenden Volierenhaltung

### Volierenhaltung

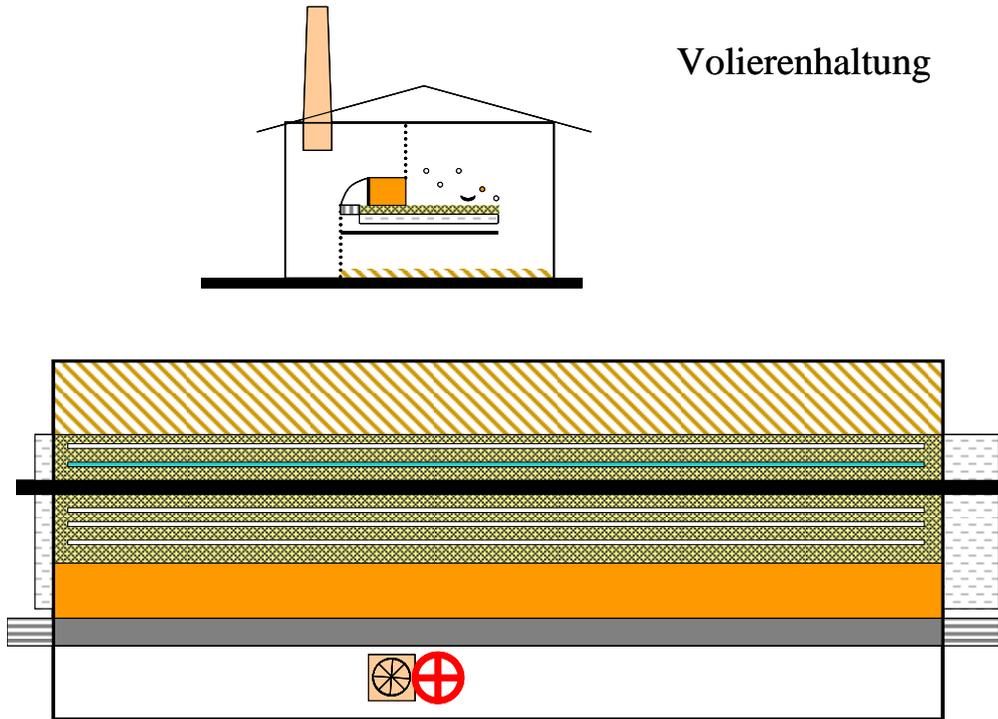
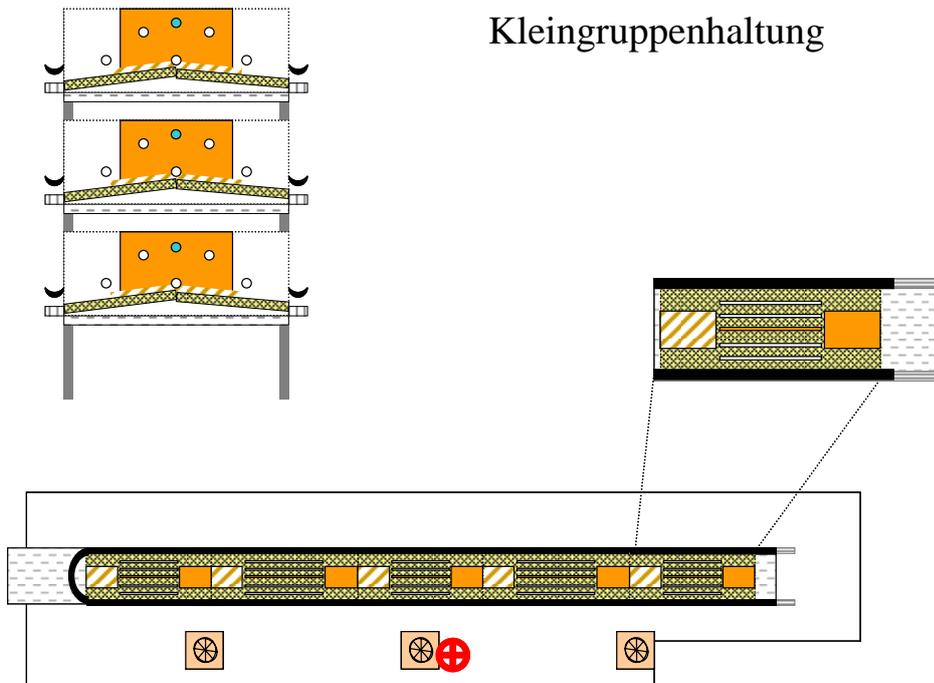


Abbildung 4: Skizze der am Projekt teilnehmenden Kleingruppenhaltung

### Kleingruppenhaltung



	Freilandhaltung	Bodenhaltung	Volierenhaltung	Kleingruppenvoliere
<b>Hennenplätze</b>	3000	8000	1000	1500
<b>Laufzeiten Kotband</b>	-	-	Wöchentlich	Wöchentlich
<b>Entmistung</b>	Entmisten nach Ausstallen	Entmisten nach Ausstallen	Güllebunker (Leerung jährlich)	Lagerung außerhalb des Stalls
<b>Einstellung 1. Durchgang</b>	17.05.2007	14.05.2007	19.02.2007	01.12.2006
<b>Ausstattung 1. Durchgang</b>	30.07.2008	08.05.08 (02.06.2008*)	09.04.2008	11.03.2008
<b>Einstellung 2. Durchgang</b>	13.08.2008	09.07.2008	27.05.2008	23.04.2008
<b>Einstreu</b>	Stroh in Kleinballen (Nachstreuen nach Bedarf)	Softcell	Sand/Sägespäne und Stroh (Nachstreuen nach Bedarf)	Portionsweise Holzgranulat
<b>Innenausbau</b>	Volierenaufbau (BigDutchman, Natura)	BigDutchman	BigDutchman Voliere Natura	Kleinvoliere BigDutchman
<b>Beschreibung</b>	Innenraum als Ganzrostboden über Kotgrube, flankiert von eingestreutem Kaltscharrraum (räumlich getrennt), Freilaufwiese mit Häckselguteinstreu im stallnahen Bereich, Strukturelemente vorhanden	Kotgrube und innen liegender Scharrraum; Sitzstangen auf 3 Ebenen	Kotband unter A-Reiterfläche mit Sitzstangen und Fütterungssystem	Käfigabteile mit 40 und 60 Hennen im Wechsel auf 3 Ebenen, Familienester, Scharrfläche, Sitzstangen
<b>Geforderte Fläche/Henne</b>	5/m <sup>2</sup>	9/m <sup>2</sup>	9/m <sup>2</sup>	12/m <sup>2</sup>
<b>Lüftungsprinzip</b>	Zwangsbelüftung temperaturregelt	Zwangsbelüftung temperaturregelt	Zwangsbelüftung temperaturregelt	Zwangsbelüftung temperaturregelt
<b>Licht</b>	Tageslicht + Lichtprogramm	Lichtprogramm	Lichtprogramm	Lichtprogramm
<b>Zuchtlinie</b>	Lohman Brown	Lohmann Brown	Lohmann LSL	760 Lohmann Brown, 740 White Leghorn Light
<b>Umgebung</b>	Schweinestall auf dem Gelände	Stall der gleichen Größe innerhalb des Gebäudes	Im Nebenraum alte Käfighaltung in 2008 noch ein letztes mal eingestallt (12/07)	Käfighaltung und Voliere in Nachbarräumen; Diverse Tierhaltungen auf dem Gelände

\* Der Ausstalltermin wurde zu kurzfristig angesetzt und konnte nicht messtechnisch begleitet werden. Als Ersatz wurde das „Ausstallen“ als Tätigkeit am 02.06.08 in einer vergleichbaren Bodenhaltung des gleichen Betreibers vermessen.

**Tabelle 2: Informationen zu den ausgewählten Betrieben für Modul A bis E**

## **4 Durchführung und Ergebnisse der Module**

Da bei der Berichterstattung die Zuordnung der Arbeiten und der Ergebnisse zu den beiden Projektpartnern gewährleistet werden muss, werden die Fragestellung, Methoden, Ergebnisse und Diskussion der einzelnen Module zunächst getrennt dargestellt. Die Modul zusammenfassende Diskussion folgt in Kapitel 5 und 6.

### **4.1 Modul A1 – Ermittlung von Endotoxinen, Glukanen und Schimmelpilzen in der Luft am Arbeitsplatz im Stall und zugeordneten Arbeitsbereichen und Tätigkeiten**

#### **4.1.1 Fragestellung**

In Modul A1 (Projektpartner Witten) wurde die Konzentration von Endotoxinen, Glukanen und Schimmelpilzen in der Luft an Arbeitsplätzen im Bereich der Legehennenhaltung bestimmt. Die gewonnenen Daten fließen ein in die Beantwortung der o.g. Fragen 1a und 1b sowie 3 und 4 ein.

#### **4.1.2 Materialien und Methoden**

Die Erfassung erfolgte arbeitsplatz- bzw. tätigkeitsbezogen, entsprechend der Vorgaben des deutschen Arbeitsschutzes unter Verwendung des vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit (BGIA) empfohlenen GSP/PGP-Systems. Neben der Bestimmung der Gesamtkeimzahl der Schimmelpilze erfolgte auch die Differenzierung von thermophilen Actinomyceten und *Aspergillus fumigatus*, da diese beim Menschen sensibilisierende Wirkung entfalten können. Als weitere Belastungsparameter wurden die Endotoxin- und Glucankonzentrationen in der Luft analysiert.

In der Planung wurden die Messungen regelmäßig alle 3 Monate an 2 aufeinander folgenden Tagen (2 Messtage = 1 Messkampagne) angelegt. Über die gewählten Messintervalle sollte die Abbildung jahreszeitlicher Einflüsse sichergestellt werden.

Die Messungen wurden sowohl stationär als auch personengetragen gemäß TRBA 405 [1] durchgeführt. Entsprechend der Erfahrungen in anderen Forschungsprojekten [2, 3, 4] wurde hierbei über stationäre Messungen die Belastung der Stallluft ohne Tätigkeiten des Menschen morgens, mittags und abends erfasst. Die Luftkonzentration bei verschiedenen Tätigkeiten wurde über personengetragene Messungen abgebildet. Wie durch die Anfor-

derungen an das Messverfahren vorgegeben, wurden die Schimmelpilz- und Endotoxinproben i.d.R. über 30 Minuten genommen. Bei den tätigkeitsbezogenen Messungen wurde diese Zeitspanne allerdings bedingt durch die Tätigkeitsdauer nicht in jedem Fall erreicht. Während eines Messtages wurde je eine personengetragene Messung während einer simulierten Stallbegehung durchgeführt. Eine weitere tätigkeitsbezogene Messung während des Eiersortierens erfolgte wegen des begrenzten Aktionsradius der arbeitenden Person stationär und wurde einmal je Messkampagne (d.h. an einem der beiden Messtage) durchgeführt. Weitere spezifische Tätigkeiten, wie die Reinigung des Kotbandes in der Voliere oder das Fegen des Stalls im ausgestalteten Käfig, wurden zusätzlich beprobt. Ergänzend wurden Referenzmessungen zum Vergleich der Stallluft mit der unbelasteten Außenluft aufgenommen. Diese Referenzwerte wurden je Messtag an einem hofnahen Ort (Abstand ca. 20 m) und an einem hoffernen Ort (Abstand ca. 200 m) gesammelt – jeweils gegen die vorherrschende Windrichtung. Für die Freilandhaltung erfolgten täglich drei ergänzende Messungen im Auslaufbereich der Tiere. Die messtechnische Begleitung der Ein- und Ausstalltätigkeiten konnte erst in den Jahren 2008/2009 erfolgen.

Die mikrobiologischen Analysen wurden im Mikrobiologischen Labor Dr. Balfanz – Dr. Lohmeyer GbR, Münster, (im Verlauf des Projektes Mikrobiologisches Labor Dr. Lohmeyer, Münster) durchgeführt.

#### Schimmelpilze, Aktinomyzeten, Aspergillus fumigatus

Für die Analyse der Gesamtkeimzahl der Schimmelpilze bzw. der Konzentration von Aktinomyzeten und *Aspergillus fumigatus* im einatembaren Bioaerosol wurden Pumpen der Firma Gilian (Model HFS 513) mit einem Volumenstrom von 3,5 l/min verwendet. Die Probenahmeköpfe (GSP-Kopf) sind mit Polycarbonatfilter bestückt. Die Probenahme erfolgt in 1,50 m Höhe. Die Analyse im Labor erfolgt indirekt, d.h. die auf den Filtern abgeschiedenen Partikeln wurden in Lösung gebracht und aus der Lösung auf Agarplatten platinert. Die Agarplatten wurden bei standardisierten Umgebungsbedingungen bebrütet und anschließend ausgewertet.

#### Endotoxine, Glucane

Zur Bestimmung der Endotoxinaktivitäten wurde ein vergleichbarer Messaufbau verwendet. Die Sammlung des Bioaerosols erfolgte allerdings auf depyrogenisierten Borosilikatfiltern. Im Labor wurde das Substrat mit dem chromogen-kinetischen Limulustest COAMATIC® Chromo-LAL K (Firma Chromogenix) auf Endotoxinaktivitäten untersucht. Die Glu-

canbestimmung erfolgte mit demselben Testsystem unter Zugabe einer spezifischen Glucanpuffer-Lösung.

### Durchführung der Messungen

Zwischen Juni 2007 und März 2009 konnten acht Messreihen durchgeführt werden. Zusätzliche Messungen erfolgten zum Aus- bzw. Einstallen.

Die Ein- und Ausstallungstermine sowie alle Messtermine sind in Tabelle 3 dargestellt.

Messreihe	Freilandhaltung	Bodenhaltung	Volierenhaltung	Bundesratskäfig
I	12.-13.06.07	26.-27.06.07	03.-04.07.07	19.-20.06.07
II	11.-12.09.07	19.-20.09.07	25.-26.09.07	05.-06.09.07
III	27.-28.11.07	04.-05.12.07	18.-19.12.07	11.-12.12.07
IV	06.-07.02.08	19.-20.02.08	26.-27.02.08	13.02.2008
V	28.-29.04.08	*	*	*
V-2	29.07.2008	-	-	-
Ausstallen	30.07.2008	02.06.2008 **	09.04.2008	11.03.2008
Einstallen	13.08.2008	09.07.2008	27.05.2008	23.04.2008
V-3	-	-	17.06.2008	3.-4.06.08
VI	17.09.2008	03.09.2008	10.09.2008	27.08.2008
VII	9.-10.12.08	25.-26.11.08	2.-3.12.08	16.-17.12.08
VIII	4.-5.3.09	10.-11.3.09	17.-18.3.09	24.-25.3.09

\*Stall leer \*\* Der Ausstalltermin wurde zu kurzfristig angesetzt und konnte nicht messtechnisch begleitet werden. Als Ersatz wurde das „Ausstallen“ als Tätigkeit am 02.06.08 in einer vergleichbaren Bodenhaltung des gleichen Betreibers vermessen.

**Tabelle 3: Ein- und Ausstalltermine, sowie alle wahrgenommenen Messtermine in Modul A1**

Es sei darauf hingewiesen, dass die Darstellungen als Pyrogen-Gesamtaktivität (Endotoxin- und Glucan-Aktivität zusammengefasst) und als Endotoxinaktivität (unter Verwendung des Glucanpuffers) auf die Art des verwendeten Tests zurückzuführen ist. Dieser Test zeigt eine hohe Querempfindlichkeit gegenüber Glucanen, so dass bei Analyse der Proben unter Zugabe von Pufferlösung eine Aussage zur reinen Endotoxinbelastung bzw. zur Glucanbelastung (= Differenz zwischen Pyrogen-Gesamtaktivität und Endotoxin-Aktivität) möglich wird.

### 4.1.3 Ergebnisse

#### Freilandhaltung – Belastungen der Stallluft und tätigkeitsbezogene Belastungen

In der Freilandhaltung konnten während aller Messreihen erhöhte Schimmelpilzkonzentrationen im Stall im Vergleich zur Außenluft festgestellt werden (Ausnahme Juni 2007 siehe 4.1.4) festgestellt werden (Tabelle 15). Die mittels stationärer Messung bestimmten Konzentrationen variierten von im Median 700-800 KBE/m<sup>3</sup> in den Wintermonaten und 3.000 bis 20.000 KBE/m<sup>3</sup> in den Sommermonaten. Abbildung 17 zeigt eine starke Abhängigkeit der Schimmelpilzkonzentrationen von der Außentemperatur, während ein Trend der Zunahme der Konzentrationen im Verlauf der Aufstallungszeit nicht ersichtlich ist (

Abbildung 8). Thermophile Actinomyceten wurden im September 2007 mit bis zu 92.000 KBE/m<sup>3</sup> nachgewiesen. In den übrigen Monaten schwankte der Median zwischen 160 und 3.000 KBE/m<sup>3</sup> Luft, wobei auch im Winter 2007/2008 relativ hohe Werte mit bis zu 1.500 KBE/m<sup>3</sup> gemessen wurden. Aspergillus wurde aus unseren Proben weniger häufig extrahiert. Hier gab es insbesondere im September einen extrem hohen Wert von maximal 64.000 KBE/m<sup>3</sup> Luft. In den übrigen Monaten schwankten die Werte zwischen der Nachweisgrenze und im Median 400 KBE/m<sup>3</sup>.

Im Stall wurden Pyrogenkonzentrationen im Bereich von 500 bis 15.000 EU/m<sup>3</sup> Luft gemessen. Die niedrigsten Werte wurden im Sommer 2008 ermittelt, der höchste Wert im Juli 2007. In den übrigen Messreihen lagen die Konzentrationen im Bereich von 4.000 und 5.000 EU/m<sup>3</sup>.

Der Anteil der Endotoxine an der insgesamt gemessenen Pyrogenaktivität schwankte zwischen 50% und 90% bzw. 100 % (Tabelle 20). Im April und Juli 2008 bis zum Ende des ersten Aufstallungsdurchgangs waren bei insgesamt geringerer Pyrogenaktivität kaum Glucane nachweisbar. Dagegen stellten Glucane im Sommer 2007 bis zur Hälfte der Pyrogenaktivität dar, womit zugleich die höchste Belastung durch diese Abbauprodukte festgestellt werden konnte.

Die personengetragene Messungen bei Simulation des täglichen Kontrollgangs zeigten bezogen auf Schimmelpilze keine eindeutig höhere Belastung durch die Tätigkeit (Tabelle 18) als bei Erfassung der Grundbelastung im menschenleeren Stall mittels stationärer Messung. Auch die Pyrogenbelastungen entsprachen in etwa denen der Grundbelastung. Die Tätigkeiten „Ausstallen“, „Ausbau der Futterrinnen“ und „Ausmisten des Wintergartens“ als vermessene besondere Tätigkeiten schienen jedoch mit einer deutlich höheren Belastung an Schimmelpilzen (22.000 KBE/m<sup>3</sup>, 9.000 KBE/m<sup>3</sup>, 8.000 KBE/m<sup>3</sup>) einherzugehen (Tabelle 19) Hierbei wurden auch thermophile Actinomyceten nachgewiesen (600 bis 1.000 KBE/m<sup>3</sup>) und beim Ausmisten des Wintergartens der Keim *Aspergillus fumigatus* mit 1.300 KBE/m<sup>3</sup> (Tabelle 11, Tabelle 12, Tabelle 13, Tabelle 13, Tabelle 14). Die tätig-

keitsassoziierten Pyrogenbelastungen lagen jedoch nicht deutlich über der Grundbelastung im Stall.

Am ebenfalls vermessenen Arbeitsplatz im Vorraum beim „Eierauslassen“ lagen Luftbelastungen etwas über der Hintergrundbelastung der Außenluft.

#### Bodenhaltung – Belastungen der Stallluft und tätigkeitsbezogene Belastungen

Anders als in der Freilandhaltung wurde die Grundbelastung im Stall (stationäre Messung) in der Bodenhaltung nicht von den Schimmelpilzen dominiert. Die Werte lagen im Studienverlauf im Bereich von überwiegend unter 1.000 KBE/m<sup>3</sup> und damit meist im Bereich der Außenluftkonzentrationen. Ausnahmen bildeten die Messreihen im Herbst 2008 (Median 6.000 KBE/m<sup>3</sup>) und die Wintermessungen 2008 (Median 600 KBE/m<sup>3</sup>) (Tabelle 21). Die Pyrogenaktivität war stattdessen sehr viel stärker ausgeprägt als in der Freilandhaltung. Werte zwischen im Median von 11.000 bis 42.000 EU/m<sup>3</sup> wurden im Jahr 2007 gemessen. Mit Beginn des 2. Durchgangs im Sommer 2008 schwankten die Werte zwischen maximal 2.000 und 7.000 EU/m<sup>3</sup> (Mediane: 1.000 bis 3.000 EU/m<sup>3</sup>) (Tabelle 8 und Abbildung 14). Das Verhältnis zwischen Endotoxinen und Glucanen war in 2007 etwa 1:1, während im Durchgang 2008/2009 die Endotoxine in den Vordergrund traten (Tabelle 24). Bei den personengetragenen Messungen wurden sehr hohe Belastungen durch Pyrogene festgestellt, die im Median zwischen 3.000 und 67.000 EU/m<sup>3</sup> Luft lagen. Beim Aus<sup>1</sup>- bzw. Einstellen wurden Werte im Bereich von im Median 3.000 bis 7.000 EU/m<sup>3</sup> Luft ermittelt (Tabelle 23). Hier wurden parallel ebenfalls hohe Schimmelpilzbelastungen von 20.000 bzw. 55.000 KBE/m<sup>3</sup> Schimmelpilze dokumentiert (Tabelle 22).

Die Luftkonzentrationen im Vorraum der Bodenhaltung waren beim „Eiersortieren“ bezogen auf Schimmelpilze (unterhalb der Außenluftkonzentrationen) und der Pyrogene eher gering (< 300 EU/m<sup>3</sup>; Ausnahme September 2007: 3.000 EU/m<sup>3</sup>).

#### Volierenhaltung – Belastungen der Stallluft und tätigkeitsbezogene Belastungen

**Die Schimmelpilzbelastung im Stall überschritt jeweils in den Herbstmonaten die als Referenz gemessenen Werte der Außenluft (2.000 KBE/m<sup>3</sup> bzw. 900 KBE/m<sup>3</sup> im Median). Pyrogene traten im Konzentrationsbereich von im Median 400 bis 8.000 EU/m<sup>3</sup> auf, mit dem Maximalwert von 10.000 EU/m<sup>3</sup> im März 2009 (Tabelle 5, Tabelle 8, Abbildung 10).**

Die personengetragenen Messungen im Stall (Kontrollgang) lagen im Median oberhalb der Grundbelastung bei Werten zwischen 1.000 und 12.000 EU/m<sup>3</sup>, während Tätigkeiten

---

<sup>1</sup> Die Messung „Ausstallen“ wurde in einer anderen Bodenhaltung der gleichen Bauart und desgleichen Betreibers durchgeführt.

wie das Aus- und Einstallen mit Werten unterhalb 1.000 EU/m<sup>3</sup> belastet waren. Schimmelpilze spielten hier nur beim Einstallen mit 200.000 KBE/m<sup>3</sup> eine wesentliche Rolle (Tabelle 26, Tabelle 27). Dieser Wert ist die zweithöchste im Projekt ermittelte Schimmelpilzkonzentration. Die Volierenhaltung war mit einem Kotband ausgestattet, das wöchentlich in den unter dem Stall liegenden Kotbunker entleert wurde, wobei ein Beschäftigter in der Nähe des Bunkers, halb im Freien stehend, mit der Schaufel arbeitete (personenge-tragene Messung). Die Pyrogenbelastung bei dieser Tätigkeit ging nur im Februar 2008 mit einem hohen Wert von 900 EU/m<sup>3</sup> einher und lag damit im Bereich der Tätigkeiten im Stall. Der Endotoxin-Anteil lag für die Messungen im Stall zwischen 50% und 100 % der gesamten Pyrogenaktivität. Bei den tätigkeitsbezogenen Messungen schien der Anteil überwiegend etwas höher zu liegen (Tabelle 28). Die Schimmelpilzbelastung im Stall lag teilweise sehr hoch bei 18.000 KBE/m<sup>3</sup> im Juni 2007 bzw. 1.300 KBE/m<sup>3</sup> im Juni 2008, sonst aber unterhalb der Hintergrundbelastung. Thermophile Actinomyceten und *Aspergillus fumigatus* konnten in geringen Konzentrationen von ca.100 bis 200 KBE/m<sup>3</sup> nachgewiesen werden (Tabelle 11, Tabelle 12, Tabelle 13, Tabelle 13, Tabelle 14).

#### Kleingruppenhaltung – Belastungen der Stallluft und tätigkeitsbezogene Belastungen

In der Kleingruppenhaltung lagen die Schimmelpilzkonzentrationen im Stall meist unter den Bedingungen der Außenluft (Abbildung 11) und insgesamt auf einem niedrigen Niveau von unter 1.000 KBE/m<sup>3</sup> (Tabelle 5). Für die Pyrogenbelastung galt ein ebenfalls durchgängig niedriges Niveau von im Median unter 1.000 EU/m<sup>3</sup> (Tabelle 8). Nur im Juli 2007 konnten höhere Belastungen von maximal 7.000 EU/m<sup>3</sup> gemessen werden. Im Vorraum der Stallungen wurden Pyrogene nur in geringsten Mengen < 80 EU/m<sup>3</sup> gemessen werden. Hier lagen die Schimmelpilzkonzentrationen im Dezember 2007 und im März 2009 mit 1.400 bzw. 1.000 KBE/m<sup>3</sup> oberhalb der Außenluftkonzentrationen (Tabelle 31). Die tätigkeitsbezogenen Messungen während der „Tierkontrolle“ zeigten zum Teil wesentlich höhere Schimmelpilzbelastungen als die Grundbelastung im Stall. Hierbei sei anzumerken, dass in einigen Fällen gleichzeitig im Stall gefegt wurde. Der Effekt dieser Tätigkeit auf die Staubbelastung wurde in Modul B eindrücklich demonstriert (vgl. Abbildung 40). In den Sommermessungen der Jahre 2007 und 2008 lagen die Konzentrationen im Median bei 30.000 KBE/m<sup>3</sup> (Tabelle 30). Zusätzliche Messungen während des Kotbandlaufs ergaben eine extrem hohe Schimmelpilzkonzentration im Sommer und Herbst 2007 mit 700.000 KBE/m<sup>3</sup> und 70.000 KBE/m<sup>3</sup>. Auch im Winter 2008 konnten hohe Werte von im Median 12.000 KBE/m<sup>3</sup> nachgewiesen werden. Interessant ist hierbei die hohe Belas-

tung durch thermophile Actinomyceten und *Aspergillus fumigatus* im Sommer 2007 mit 86.000 bzw. 31.000 KBE/m<sup>3</sup>. In der darauf folgenden Messreihe lagen die Werte noch deutlich über der Nachweisgrenze bei 600 bzw. 400 KBE/m<sup>3</sup> (Tabelle 11, Tabelle 12, Tabelle 13, Tabelle 13, Tabelle 14). In den übrigen Messreihen wurden diese beiden Keime zwar noch nachgewiesen, jedoch lagen die Werte dann unter 200 KBE/m<sup>3</sup>. Die Pyrogenbelastung in den Messreihen Sommer und Herbst 2007 und Winter 2008 lagen hier entsprechend bei 40.000 EU/m<sup>3</sup>, 14.000 EU/m<sup>3</sup> und 3.000 EU/m<sup>3</sup> (Tabelle 31) und auch in den übrigen Messreihen lag die ermittelte Konzentration noch ungefähr zweifach über der Grundbelastung im Stall. Der Anteil der Endotoxinaktivität schwankte zwischen 30% und 80 % der gesamten Pyrogenaktivität (Tabelle 32). In der Grundbelastung im Stall war dieser Anteil durchschnittlich etwas höher zwischen 50% und 100%.

Während des Aus- bzw. Einstallens wurden Schimmelpilzbelastungen von im Median 5.000 bzw. 800 KBE/m<sup>3</sup> gemessen. Die Pyrogenbelastung lag bei 3.000 und 6.000 KBE/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.4 Diskussion

##### Referenzmessungen in der unbelasteten Außenluft – natürliches Vorkommen

Schimmelpilzkonzentrationen als Belastungsparameter müssen vor dem Hintergrund eines möglichen Schimmelpilzaufkommens in der natürlichen Umgebung betrachtet werden. Diese sog. Hintergrundbelastung variierte im Jahresverlauf entsprechend der Vegetationsperiode stark. Abbildung 7 zeigt die im Studienverlauf nachgewiesenen Schimmelpilzkonzentrationen im Stall (nicht nach Haltungform differenziert) im Vergleich zu den in der Stallumgebung durchgeführten Referenzmessungen. Besonders hohe natürliche Schimmelpilzkonzentrationen fanden sich demnach jeweils im Juni und Juli des Untersuchungszeitraums. Besonders dominant erscheint hier eine Hintergrundbelastung im Juni/Juli 2007 von im Median 4.890 KBE/m<sup>3</sup> im Nahbereich und 7.048 KBE/m<sup>3</sup> im Fernbereich der Stallumgebung, so dass es sich vermutlich bei der relativ hohen Belastungen im Stall mit 3.303 KBE/m<sup>3</sup> (Tabelle 6) um einen Eintrag aus der Umgebungsluft handelte. Für die übrigen Messtermine gilt diese starke Beeinflussung der Stallluft durch hohe Außenkonzentrationen jedoch nicht.

Für die Stallluft-Konzentrationen von *Aspergillus fumigatus*, thermophilen Actinomyceten und der Pyrogenaktivität spielte der Vergleich mit der Außenluft hingegen keine Rolle, da die Keime bzw. Abbauprodukte von Keimen in der natürlichen Umgebung in der Regel

nicht oder nur in sehr geringem Umfang im Bereich der Nachweisgrenze vorkamen (Tabelle 7, Tabelle 9, Tabelle 10).

## Vergleich der Haltungsformen – Grundbelastung im Stall ohne Aufenthalt von Menschen

### a) Schimmelpilze

Hohe Schimmelpilzkonzentrationen in der Stallluft wurden im Studienverlauf hauptsächlich in der Freilandhaltung nachgewiesen. Mit Ausnahme der Juni/Juli Messkampagne 2007, lagen alle gemessenen Luftkonzentrationen um das 10 bis 20-fache über der jeweiligen Hintergrundbelastung (

Abbildung 8). Der Maximalwert lag hier im September 2007 bei 47.620 KBE/m<sup>3</sup> (Tabelle 15). In Boden-, Volieren- und Kleingruppenhaltung traten nur vereinzelt erhöhte Konzentrationen mit bis zum 6-fachen der Hintergrundbelastung auf. Das Maximum lag im August/September 2008 bei 17.818 KBE/m<sup>3</sup> in der Bodenhaltung, bei 6.858 KBE/m<sup>3</sup> in der Volierenhaltung und bei 3.620 KBE/m<sup>3</sup> in der Kleingruppenhaltung (Tabelle 21, Tabelle 25, Tabelle 29). Abbildung 17 zeigt die Verteilung der Schimmelpilzkonzentrationen bezogen auf vier Außentemperaturbereiche. Entsprechend der Vegetationsperiode lagen die maximalen Konzentrationen bei Temperaturen > 12°C, wobei die Belastung der Stallluft bei diesen Temperaturen sehr viel stärker anstieg als die Vergleichswerte in der Außenluft (Abbildung 18).

Entsprechend **Abbildung 5** ergab sich auf der Grundlage unserer Messungen für keine der untersuchten Haltungsformen ein sich wiederholendes Belastungsprofil im Verlauf der Aufstallung. Es konnte somit kein typisches Muster für Schimmelpilzkonzentrationen in der Stallluft während einer Aufstallungsperiode beschrieben werden.

### b) Pyrogene

Entsprechend der Charakteristika des verwendeten Testverfahrens erfolgte der Nachweis von Endotoxinen und Glucanen gemeinsam. Die Endotoxinkonzentration wurde in einem zweiten Schritt unter Verwendung eines sog. Glucanpuffers ermittelt.

Die gemessenen Pyrogenkonzentrationen schienen im Jahr 2007 insgesamt höher zu liegen als im Jahr 2008 und Frühling 2009 (Abbildung 12). So wurden in 2007 in der Freilandhaltung maximal 15.000 EU/m<sup>3</sup>, in der Bodenhaltung 42.000 EU/m<sup>3</sup>, in der Volierenhaltung 4.000 EU/m<sup>3</sup> und in der Kleingruppenhaltung knapp 5.000 EU/m<sup>3</sup> nachgewiesen. In 2008 lagen die Maximalwerte bei 7.000 EU/m<sup>3</sup>, 15.000 EU/m<sup>3</sup>, 4.000 EU/m<sup>3</sup> bzw. ca.

1.000 EU/m<sup>3</sup> (Tabelle 8). Verglichen mit der Außentemperatur sind die Korrelationen weniger deutlich ausgeprägt als bei den Schimmelpilzbelastungen. Maximale Konzentrationen wurden bereits bei unter 12°C erreicht. Auch für die Pyrogenkonzentrationen ließ sich für den Verlauf der Aufstallung kein typisches sich wiederholendes Muster feststellen (Abbildung 6).

### Vergleich der tätigkeitsassoziierten Belastungen in den untersuchten Haltungsformen

#### a) Schimmelpilze

Für die Tätigkeit der täglichen „**Tierkontrolle**“ zeigten im direkten Vergleich (Abbildung 21) die Kleingruppenhaltung punktuell in den Sommermonaten und die Bodenhaltung im Herbst 2008 sehr hohe Belastungen durch Schimmelpilze im Bereich von 30.000 KBE/m<sup>3</sup> bzw. 20.000 KBE/m<sup>3</sup>, die erheblich über der Grundbelastung der Ställe lagen. Während der übrigen Messreihen lagen die Werte dagegen, wie in der Freilandhaltung durchgängig, im Bereich der Grundbelastung. Entsprechend der stationär gemessenen Werte, ergaben sich auch in der „Tierkontrolle“ hohe Konzentrationen von thermophilen Actinomyces (Tabelle 10-12). In der Freilandhaltung wurde im April 2008 außerdem der Keim *Aspergillus fumigatus* mit 1.800 KBE/m<sup>3</sup> nachgewiesen. Zum Projektbetrieb Bodenhaltung ist anzumerken, dass diese Tätigkeit zeitaufwendiger war als in den anderen Haltungsformen. Die Mitarbeiterin hatte in jedem Stallsegment auf die Kotgrube zu klettern (Aufstiege fehlten) und das Eierlaufband zu kontrollieren. Wegen der langen Laufbandstrecke kam es hier häufig zu „Eierstauungen“, die händisch beseitigt werden mussten. Bei jedem Öffnen und Schließen der Legenesterabdeckungen wurden große Mengen Staub aufgewirbelt. Auch für die Volierenhaltung ergaben die „Kontrollgang“ bezogenen Belastungen überwiegend keine Erhöhung der Messwerte. Auffällig war hier nur eine Belastungsspitze auf niedrigem Niveau von 1.500 KBE/m<sup>3</sup> im Winter 2007 (Tabelle 18, Tabelle 21, Tabelle 26, Tabelle 30).

Das „**Ausstallen**“ ist für das helfende Personal je nach Größe des Betriebs in Dauer und physischer Beanspruchung sehr belastend. Fängerkolonnen arbeiten in der Regel ohne jeglichen Schutz gegen die Staubbelastrungen im Stall. Hinzu kommen Arbeitszeiten von nicht selten über 10 Stunden am Tag und extreme Witterungsbedingungen. Hier sei angemerkt, dass bei hohen sommerlichen Temperaturen und starker körperlicher Beanspruchung das Tragen von Staubmasken zusätzlich zu einer starken Beanspruchung führt und auf kostspieligen, gebläseunterstützten Atemschutz zurückgegriffen werden müsste. Grundsätzlich müssten jedoch Erholungszeiten und regelmäßige Pausen eingehalten

werde. Die Belastungen durch Schimmelpilze waren beim Ausstallen insbesondere in der Freiland- (22.000 KBE/m<sup>3</sup>) und der Bodenhaltung (20.000 KBE/m<sup>3</sup>) sehr hoch. In der Freilandhaltung wurden erneut thermophile Actinomyceten im Bereich von 1000 KBE/m<sup>3</sup> nachgewiesen (Tabelle 12) Auch in der Kleingruppenhaltung lagen die Werte bei dieser Tätigkeit noch bei 5.000 KBE/m<sup>3</sup> (Abbildung 25).

Überraschend erschienen die hohen gemessenen Schimmelpilzkonzentrationen beim „**Einstallen**“, denn der Ursprung der Keime musste von den Tieren selbst ausgehen. Stall und Einbauten wurden zuvor gründlichste gereinigt und desinfiziert und blieben mehrere Wochen im Leerstand. In der Bodenhaltung wurden Werte von 71.000 KBE/m<sup>3</sup> gemessen, in der Voliere sogar 225.000 KBE/m<sup>3</sup>. In der Kleingruppenhaltung lagen die Werte dazu im Vergleich bei unter 1000 KBE/m<sup>3</sup>, die Freilandhaltung konnte messtechnisch nicht begleitet werden.

Die Belastungssituation bei der Tätigkeit „**Eiersortieren**“ ist stark an die bauliche Trennung des Luftraums zwischen Stall und Arbeitsraum – hier jeweils Vorraum der Stallungen – gekoppelt. Je nach Wetterlage findet hier eine Belüftung durch geöffnete Tore oder Türen statt. Auffällig in der Bodenhaltung war eine für die Mitarbeiterin ungünstige Luftführung, die im Winter „Durchzug“ an ihrem stationären Arbeitsplatz verursachte, aber im Sommer wegen der angelockten Fliegen ein Öffnen der Türen verbot. Die Belastung des Arbeitsbereichs durch Schimmelpilze war dagegen in dieser Haltungsform unauffällig. Überraschend erschienen dagegen punktuell die Messungen in der Kleingruppenhaltung, mit optimaler Lüftungstechnischer Trennung von Stall- und Vorraum und konsequent eingehaltenem Reinigungsplan. Im Dezember 2007 lagen die Werte oberhalb der Grundbelastung des Stalls und im März 2009 noch im Bereich der Stallbelastung, aber erheblich über der Hintergrundbelastung der Außenluft (1.400 KBE/m<sup>3</sup> bzw. 1.000 KBE/m<sup>3</sup>).

Der Vorraum der Voliere war sehr klein und diente ausschließlich dem händischen Setzen von Eiern auf die Tablett. Die Sortierung fand in einem anderen Gebäude statt. Daher war der Zeitaufwand im Allgemeinen kleiner als 30 Minuten. Außerdem wurde bei geöffneter Außentür gearbeitet. Dennoch wurden hier die Hintergrundbelastung und die Außenluftkonzentrationen im Sommer 2007 und im März 2009 überschritten. In den übrigen Messreihen war dies aber nicht der Fall. Auch in der Freilandhaltung zeigte sich nur während der Messreihe im Winter 2008 eine Belastung durch Schimmelpilze, die die Stall- und Außenluftkonzentrationen überstieg (2.400 KBE/m<sup>3</sup>). Die erhöhten Konzentrationen für thermophile Actinomyceten im April 2008 in der Grundbelastung im Stall finden sich auch im Vorraum wieder (1.700 KBE/m<sup>3</sup>) (Tabelle 11). Hier wurde im Winter bei geschlos-

senem und im Sommer bei geöffnetem Außentor gearbeitet. Die Trennung der Lufträume von Stall und Vorraum (in diesem Fall gleichzeitig Vorraum einer zweiten „Zwillings“-Stallung für Legehennen) war grundsätzlich gut gelöst.

Im Vorraum gemessene Schimmelpilze, die über die Stallbelastungen hinaus gingen, können möglicherweise den raumklimatischen Bedingungen, die ein Schimmelpilzwachstum begünstigen oder einem Mangel an Sauberkeit geschuldet sein.

#### b) Pyrogene

Bezogen auf die Pyrogenbelastung während des simulierten **Kontrollgangs** im Stall fällt äquivalent zur Grundbelastung im Stall die Bodenhaltung mit sehr hohen Werten mit bis zu 100.000 EU/m<sup>3</sup> im Jahr 2007 auf (Abbildung 22). Insgesamt liegt die tätigkeitsbezogene Belastung hier, sowie in der Volieren- und der Kleingruppenhaltung teilweise ein Mehrfaches über der Grundbelastung im Stall (Tabelle 23, Tabelle 27, Tabelle 30 ). In der Freilandhaltung sind tätigkeitsbezogene Belastung und Grundbelastung dagegen vergleichbar (Tabelle 19).

Beim **Ausstallen und Einstallen** traten erhöhte Pyrogenbelastungen in der Volierenhaltung und der Freilandhaltung nicht in den Vordergrund (Voliere: 100 und 700 EU/m<sup>3</sup>; Freilandhaltung (Ausstallen): 1.400 EU/m<sup>3</sup> im Median). In der Bodenhaltung wurde bei diesen Tätigkeiten Konzentrationen von 3.000 und 9.000 EU/m<sup>3</sup> ermittelt. In der Kleingruppenhaltung lagen die Belastungen beim Ausstallen bei bis zu 4.000 EU/m<sup>3</sup> maximal und beim Einstallen bei ca. 6.000 EU/m<sup>3</sup>.

Im Vorraum, im Arbeitsbereich für die **Eiersortierung**, lagen die Pyrogenkonzentrationen in der Kleingruppenhaltung stets unter 100 EU/m<sup>3</sup>, in der Freilandhaltung unter 700 KBE/m<sup>3</sup> und in der Bodenhaltung zwischen <100 und 2.900 EU/m<sup>3</sup> Luft. Die Grundbelastung im Stall wurde immer weit unterschritten, während die Konzentrationen im Vorraum der Voliere das Niveau der Grundbelastung im Stall durchaus erreichten.

#### Bewertung der ermittelten Konzentrationen

### a) Schimmelpilze

Auslöser für allergische Atemwegserkrankungen sind unter anderem bedingt durch Schimmel- und Strahlenpilze, die sich in Form einer IgE-vermittelte Erkrankung (Asthma bronchiale, Heuschnupfen) oder auch einer IgG-vermittelten Erkrankung, der so genannten Farmerlunge. Zu den Hauptverursachern dieser Erkrankung zählen thermophile Actinomyceten, Aspergillen und andere Schimmelpilze, sowie Bruchstücke von Vogelfederpartikeln verbunden mit Tiersekreten oder Proteinen von Insekten. Teilweise konnten Zusammenhänge zwischen der Konzentration der Allergene und der Intensität der allergischen Reaktion gefunden werden. Hohe Konzentrationen von Schimmelpilzen können entsprechend insbesondere bei immungeschwächten Menschen mit einem erhöhten Risiko für eine Sensibilisierung einhergehen und den Krankheitsverlauf entsprechen negativ beeinflussen.

Die im Projekt gefundenen Schimmelpilzkonzentrationen bei Tätigkeiten im Stall waren punktuelle sehr hoch. Besonders auffallend ist, dass viele Keime bereits durch die Tiere mit dem Einstellen in den Stall verbracht werden und in der folgenden Aufstallungsphase möglicherweise die Keimflora beeinflussen. Der Nachweis von thermophilen Actinomyceten in der Freilandhaltung legt nahe, dass dieser Keim insbesondere durch die Tiere von Außen in den Stall eingetragen wird. Als Quelle erscheint außerdem das Kotband der Kleingruppenhaltung, obwohl hier durch die optimale Trocknung des Kots Ausgasungen und Keimwachstum gering gehalten werden sollen.

### b) Endotoxine

Für die Entwicklung chronischer Atemwegsbeschwerden bzw. chronischer Einschränkungen der Lungenfunktion ist die Konzentration an luftgetragenen Endotoxinen in der Stallluft der beste Prädiktor. In verschiedenen Studien wurden Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge bei einer Langzeitexposition durch Endotoxinen in einem Konzentrationsbereich ab 150 EU/m<sup>3</sup> ermittelt<sup>2</sup>. Dieser Konzentrationsbereich wird innerhalb unseres Projekts regelmäßig und zum Teil um Zehnerpotenzen überschritten. Neben einigen Spitzenbelastungen von bis zu 100.000 EU/m<sup>3</sup> stehen vor allem latente Expositionen durch die Grundbelastung im Stall im Vordergrund. Hier werden dauerhaft Werte von im Median 1.000 bis 15.000 EU/m<sup>3</sup> zu erwarten sein. Im Hinblick auf individuell sehr unterschiedliche Empfäng-

---

<sup>2</sup> Bericht des ABAS (Arbeitskreis für biologische Arbeitsstoffe): [http://www.baua.de/nn\\_12372/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/ABAS/aus-dem-ABAS/pdf/Endotoxinpapier.pdf](http://www.baua.de/nn_12372/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/ABAS/aus-dem-ABAS/pdf/Endotoxinpapier.pdf)

lichkeiten und je nach Betriebsgröße und Betriebsstruktur sehr unterschiedliche Expositionszeiten ist eine verallgemeinernde Aussage zu den Gesundheitsgefahren durch die Exposition durch Pyrogene bei Tätigkeit in Legehennenhaltungen nicht möglich.

Auf Grundlage der BioStoffV<sup>3</sup> besteht ein grundsätzliches Minimierungsgebot gegenüber biologischen Arbeitsstoffen, wie sie auch Bestandteil des Stallbioaerosols sind. Expositionen sollten in Qualität und Quantität auf ein Mindestmaß reduziert sein. Dabei sind zunächst alle technischen und organisatorischen Maßnahmen (ArbSchG<sup>4</sup>) auszuschöpfen, bevor durch persönliche Schutzmaßnahmen ein individueller Schutz erreicht werden kann. Voraussetzung für einen individuellen Schutz ist zunächst die Aufklärung des betroffenen Personenkreises gegenüber den Gesundheitsrisiken, allgemeinen Hygieneanforderungen sowie den Möglichkeiten und Grenzen persönlicher Schutzmaßnahmen durch z.B. partikelfiltrierende Halbmasken oder ggf. durch belüftete Atemhelme.

---

<sup>3</sup> BioStoffV: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen. Zuletzt geändert am 18.12.2008.

<sup>4</sup> ArbSchG: Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit. Zuletzt geändert 5.2.2009.

### 4.1.5 Diagramme und Tabellen für Modul A1

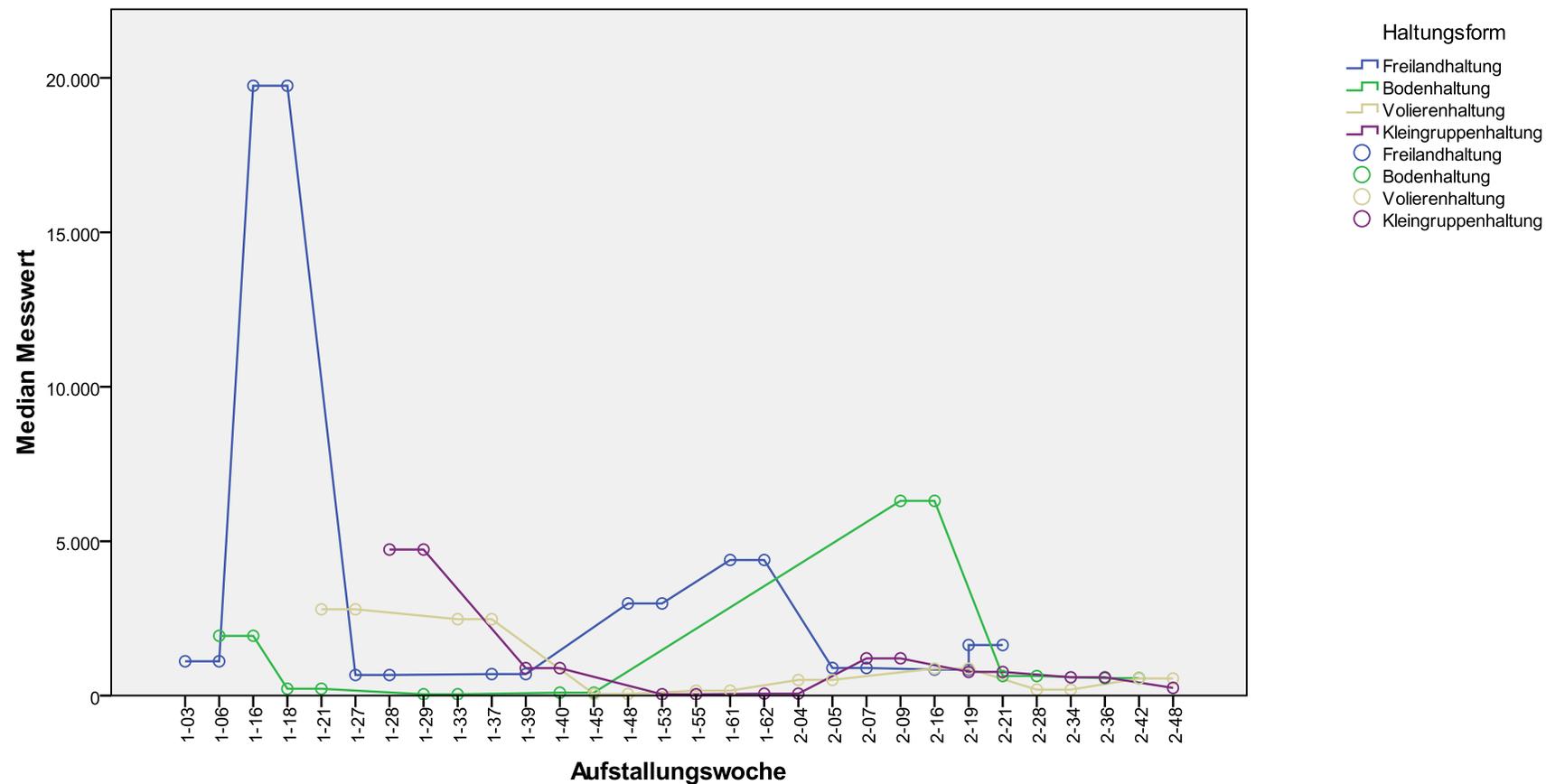


Abbildung 5: Schimmelpilzbelastung (KBE/m³) im Stall, dargestellt als Mediane der gemessenen Konzentrationen im Verlauf der Aufstallung

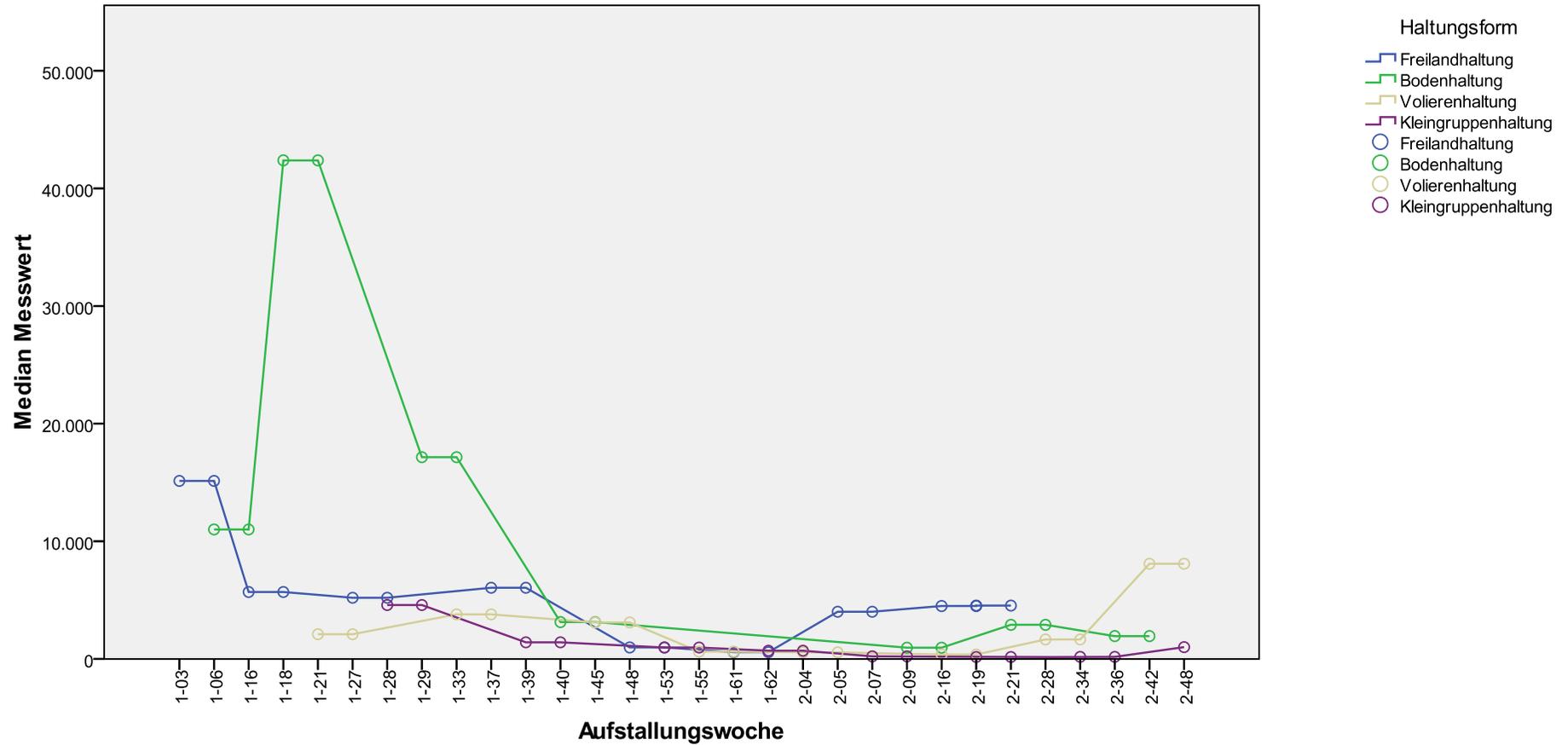


Abbildung 6: Pyrogenbelastung (EU/m<sup>3</sup>) im Stall, dargestellt als Mediane der gemessenen Konzentrationen im Verlauf der Aufstallung

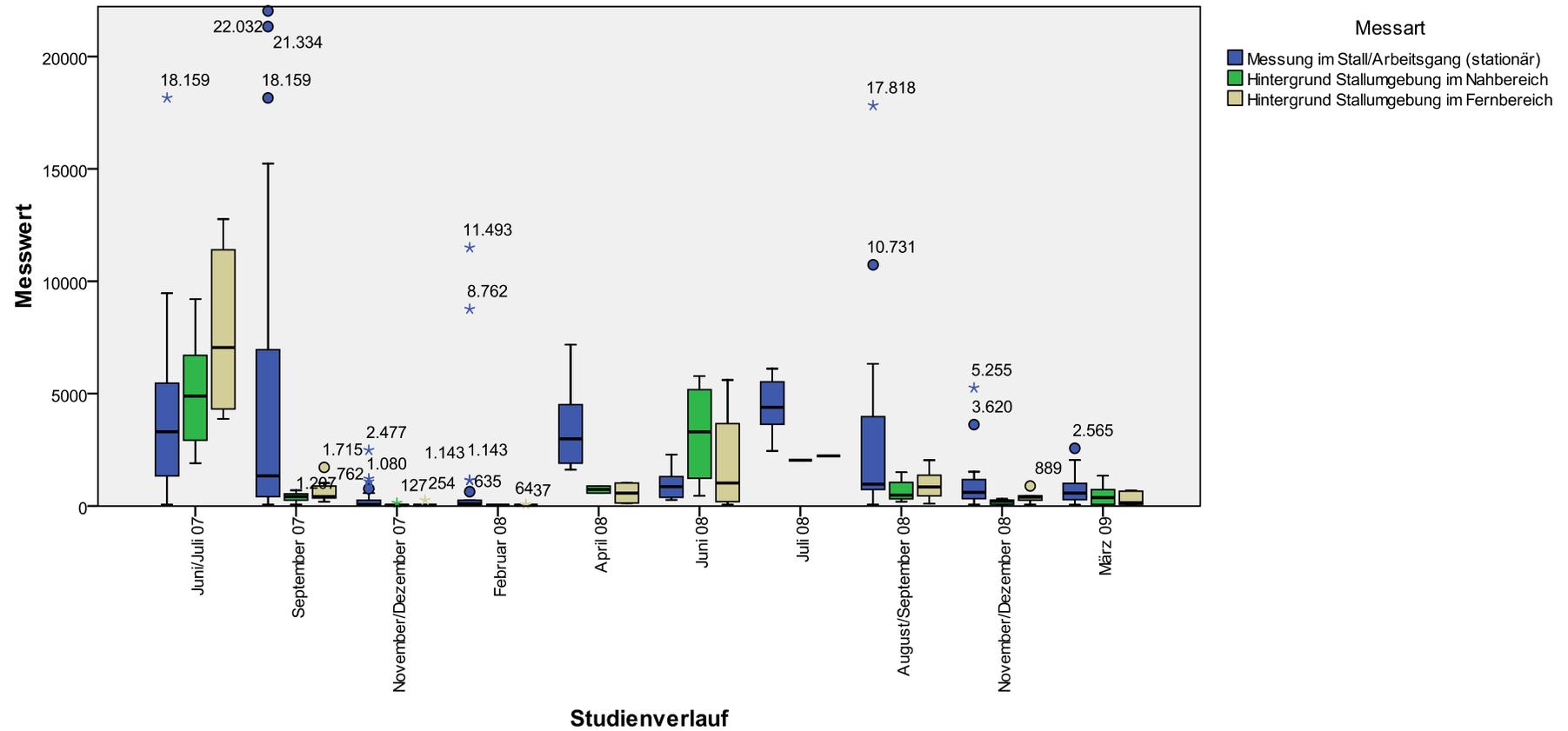


Abbildung 7: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) im Stall im Vergleich zu den Hintergrundkonzentrationen der unbelasteten Außenluft im Durchschnitt aller Haltungsformen

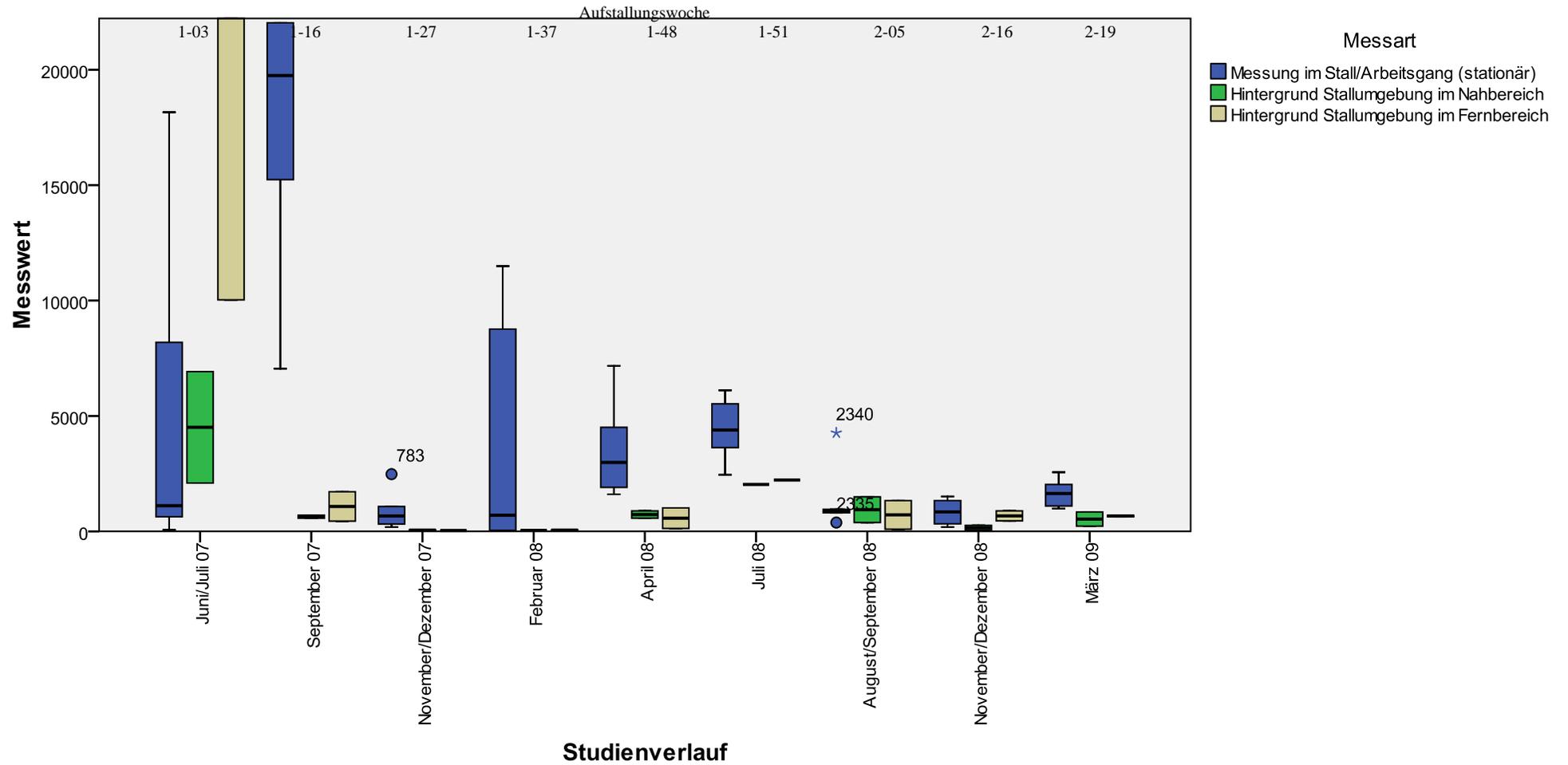


Abbildung 8: Freilandhaltung: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) im Stall im Vergleich zu den Hintergrundkonzentrationen der unbelasteten Außenluft

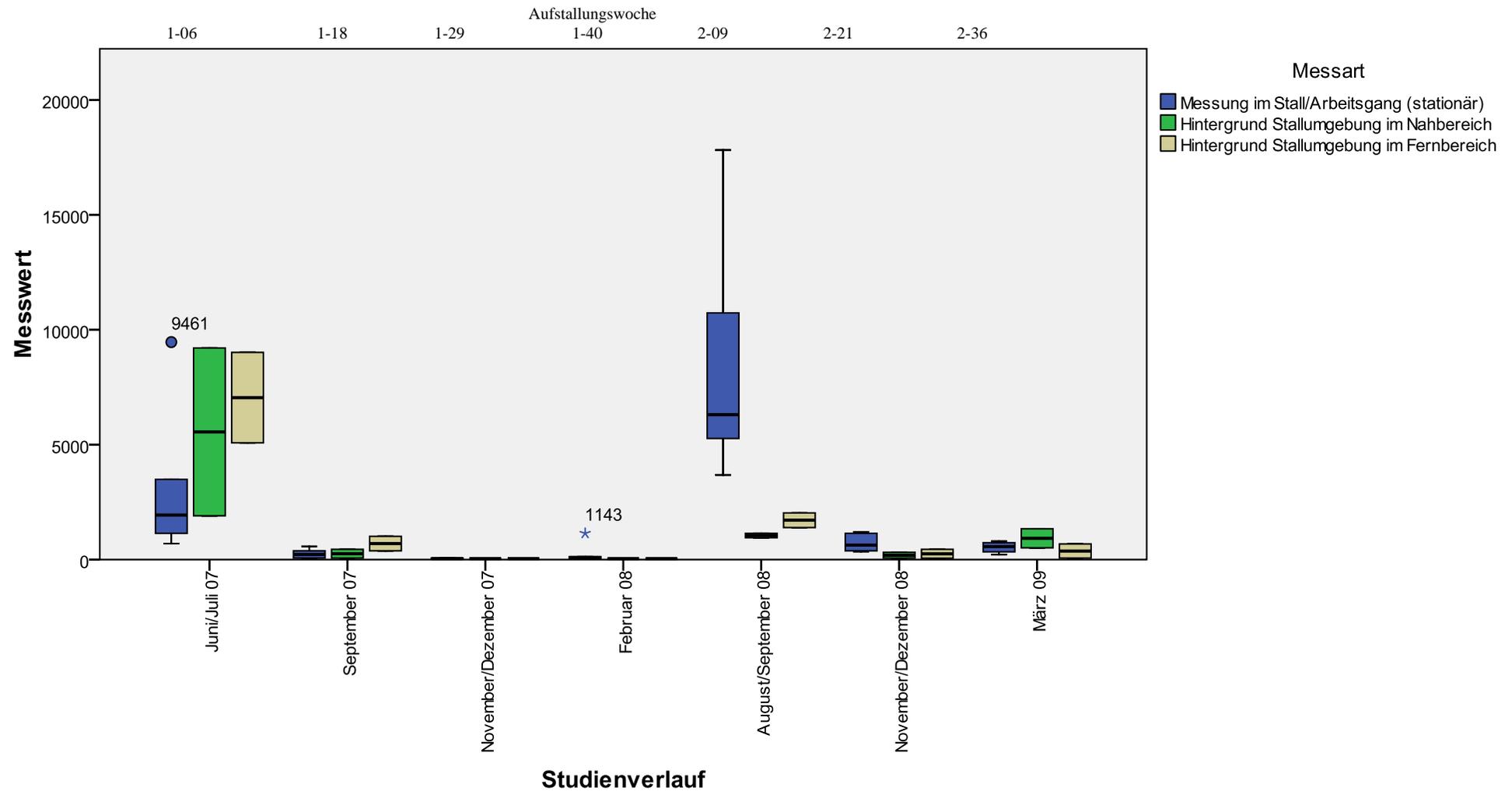


Abbildung 9: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) im Stall im Vergleich zu den Hintergrundkonzentrationen der unbelasteten Außenluft in der Bodenhaltung

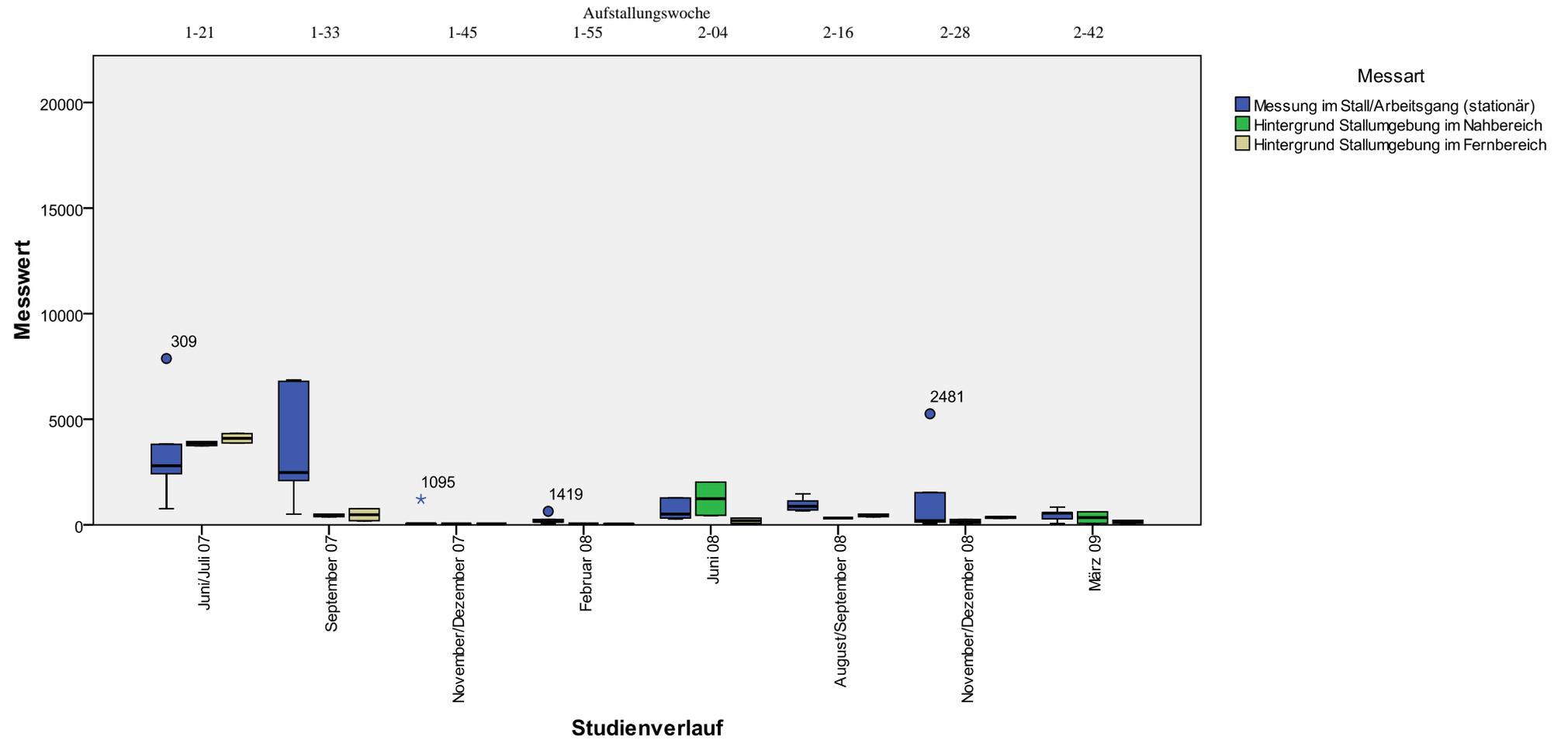


Abbildung 10: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) im Stall im Vergleich zu den Hintergrundkonzentrationen der unbelasteten Außenluft in der Volierenhaltung

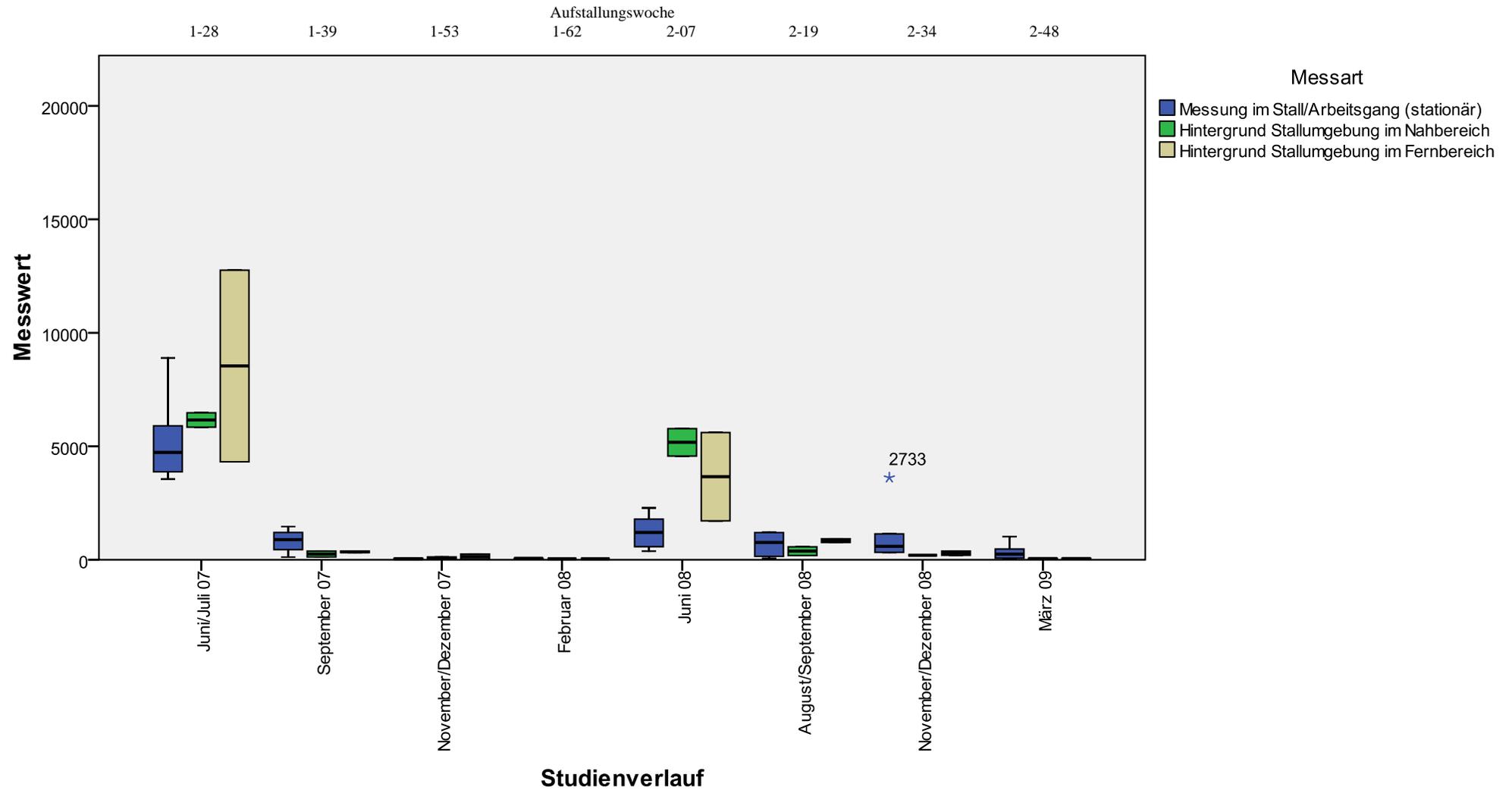


Abbildung 11: Kleingruppenhaltung: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) im Stall im Vergleich zu den Hintergrundkonzentrationen der unbelasteten Außenluft (Aufstallungswoche: z.B. 1-28 = 1. Durchgang, 28. Woche)

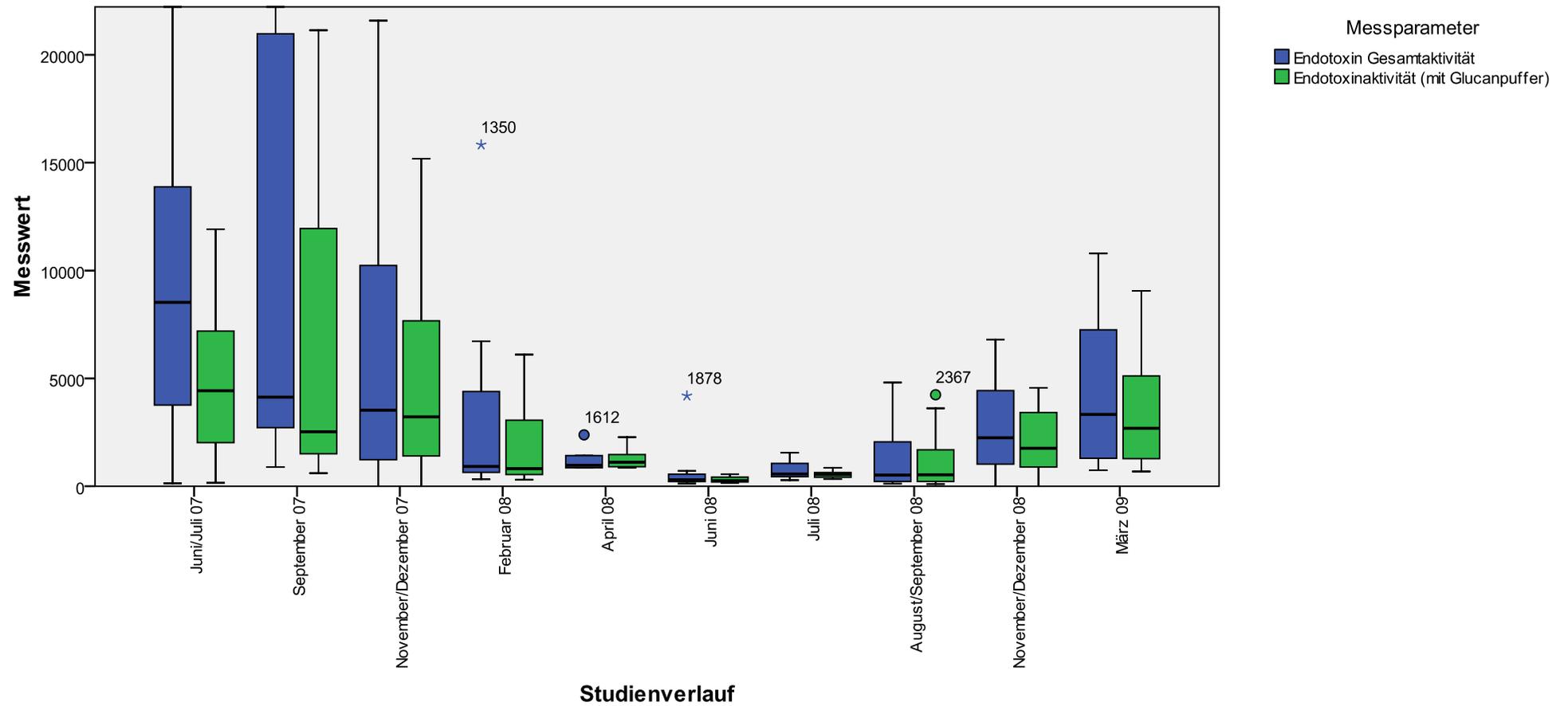


Abbildung 12: Pyrogenkonzentrationen (EU/m<sup>3</sup>) im Stall im Studienverlauf; Durchschnitt (Median) über alle Haltungsformen

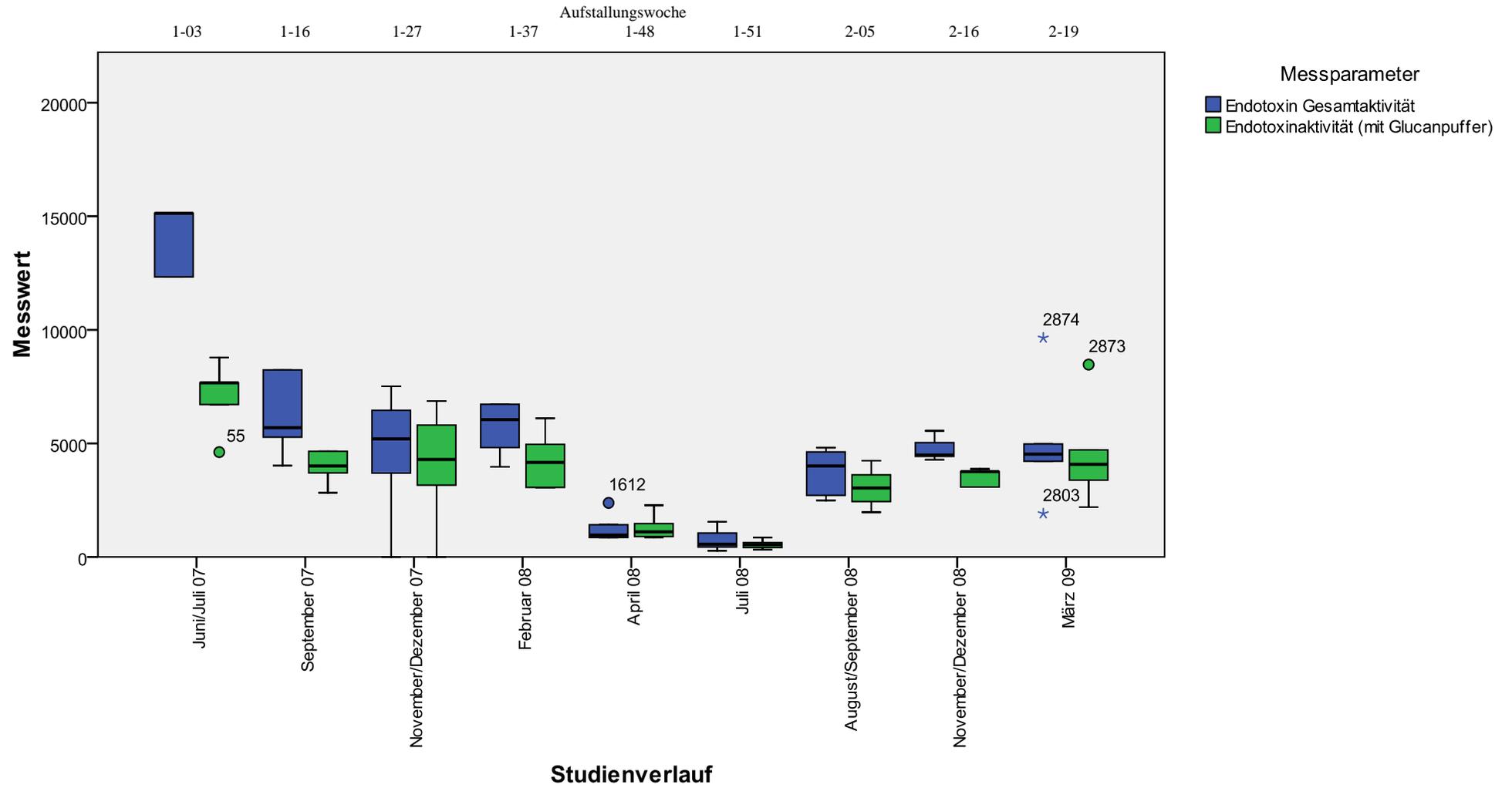


Abbildung 13: Pyrogenkonzentrationen (EU/m<sup>3</sup>) im Stall im Studienverlauf in der Freilandhaltung

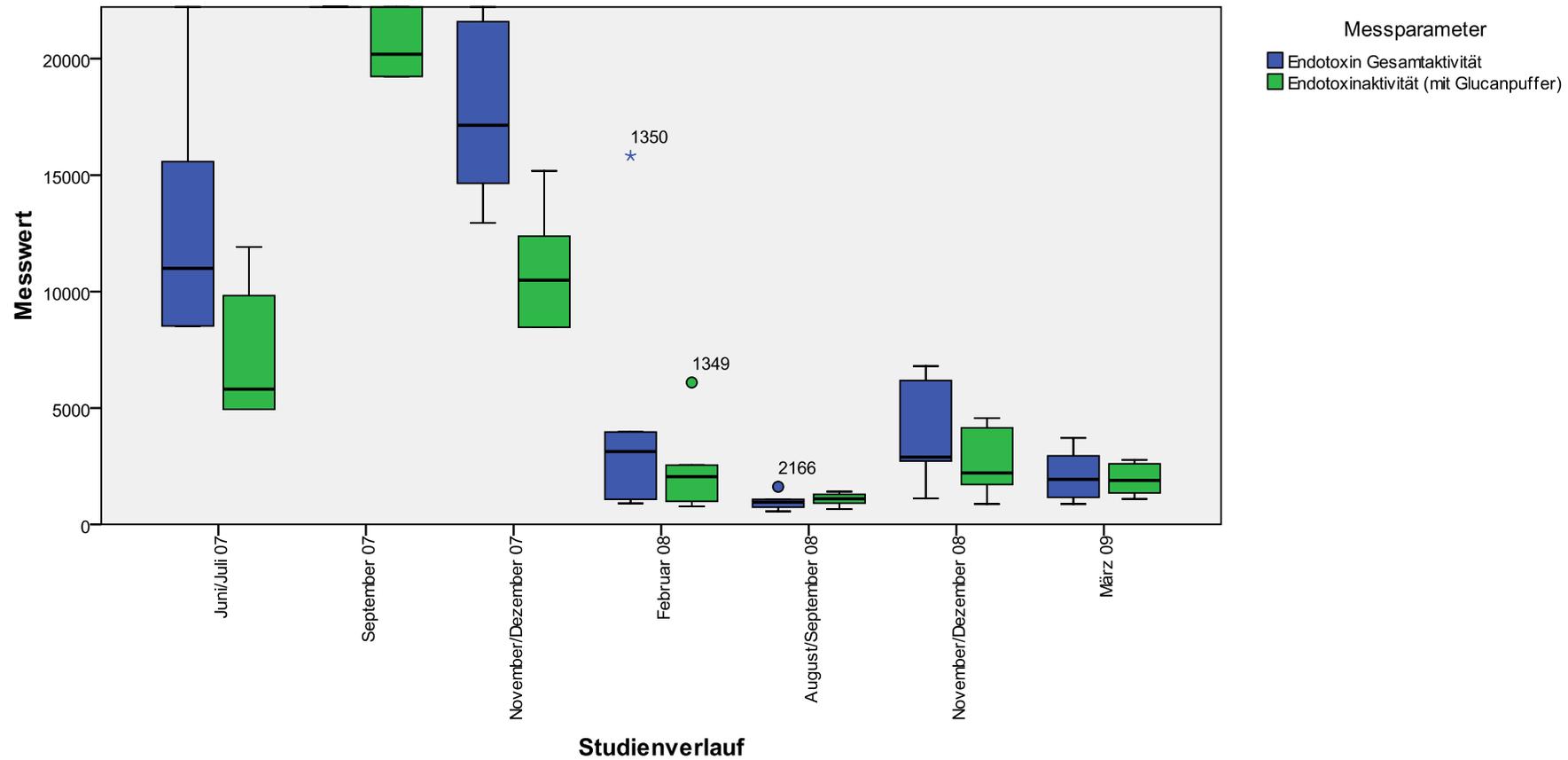
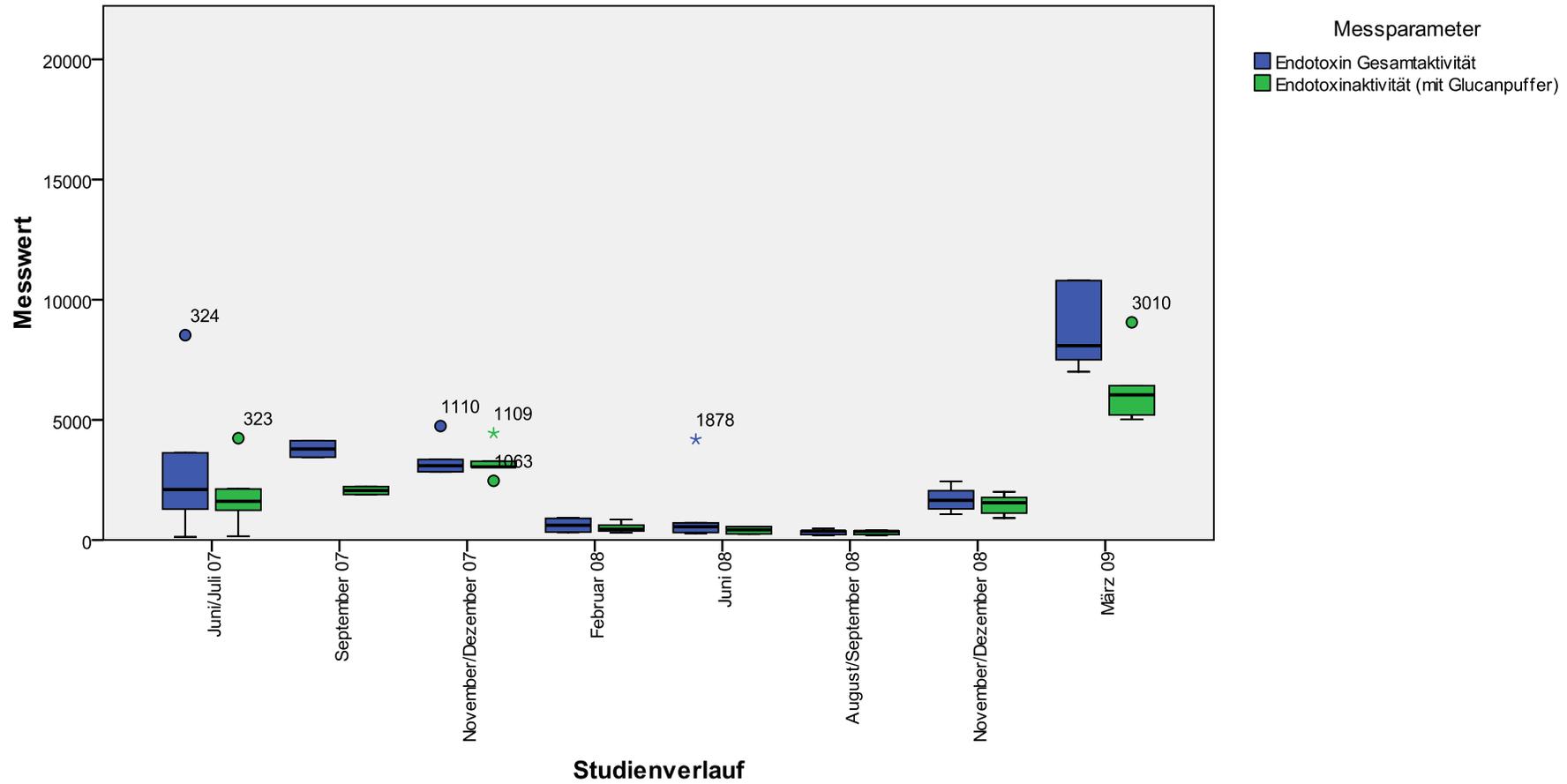


Abbildung 14: Bodenhaltung: Pyrogenkonzentrationen (EU/m<sup>3</sup>) im Stall im Studienverlauf

Abbildung 15: Pyrogenkonzentrationen (EU/m<sup>3</sup>) im Stall im Studienverlauf in der Volierenhaltung

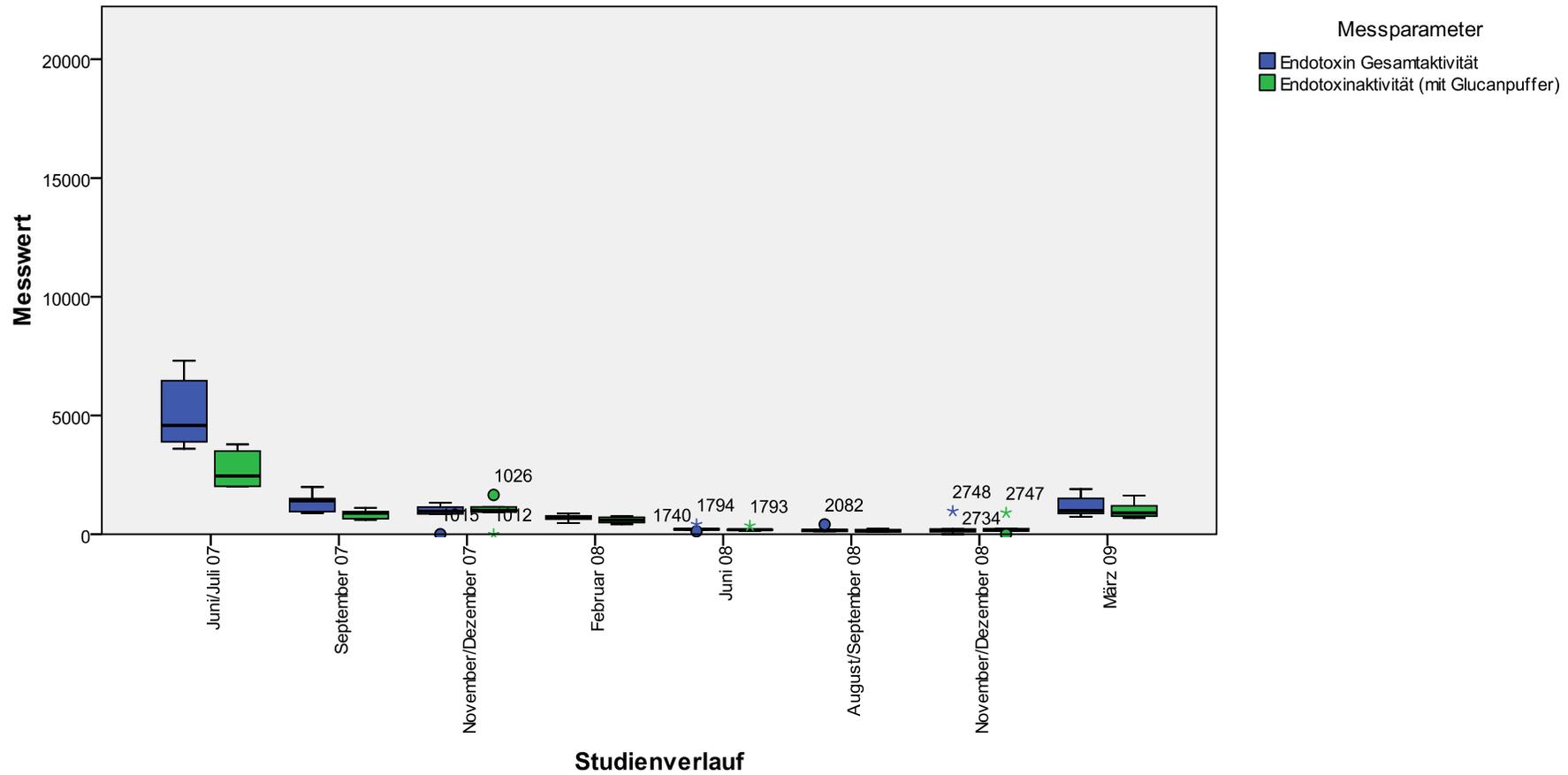


Abbildung 16: Pyrogenkonzentrationen (EU/m<sup>3</sup>) im Stall im Studienverlauf in der Kleingruppenhaltung

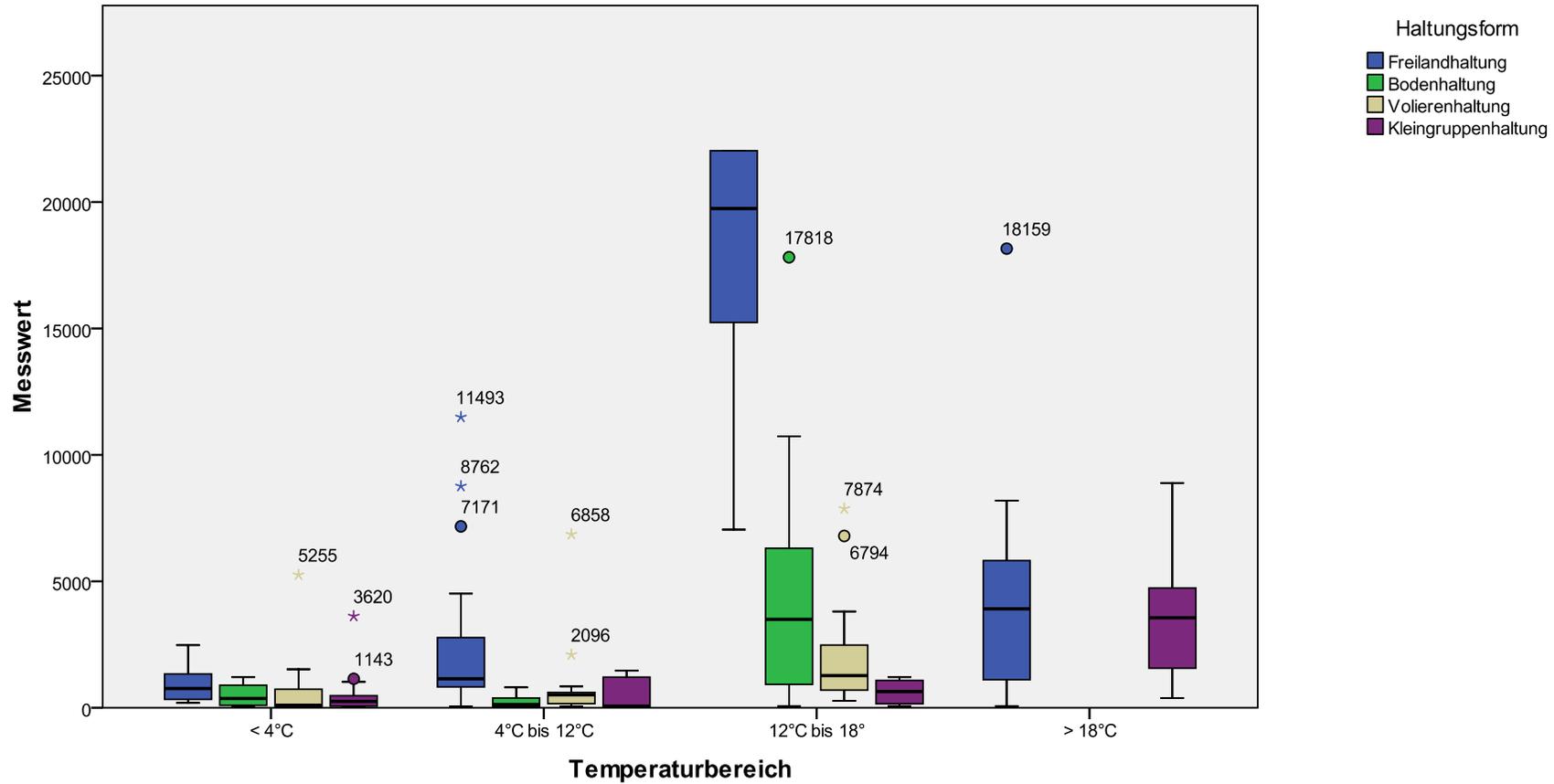


Abbildung 17: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) im Stall nach Haltungsform und Außentemperatur (Kategorien)

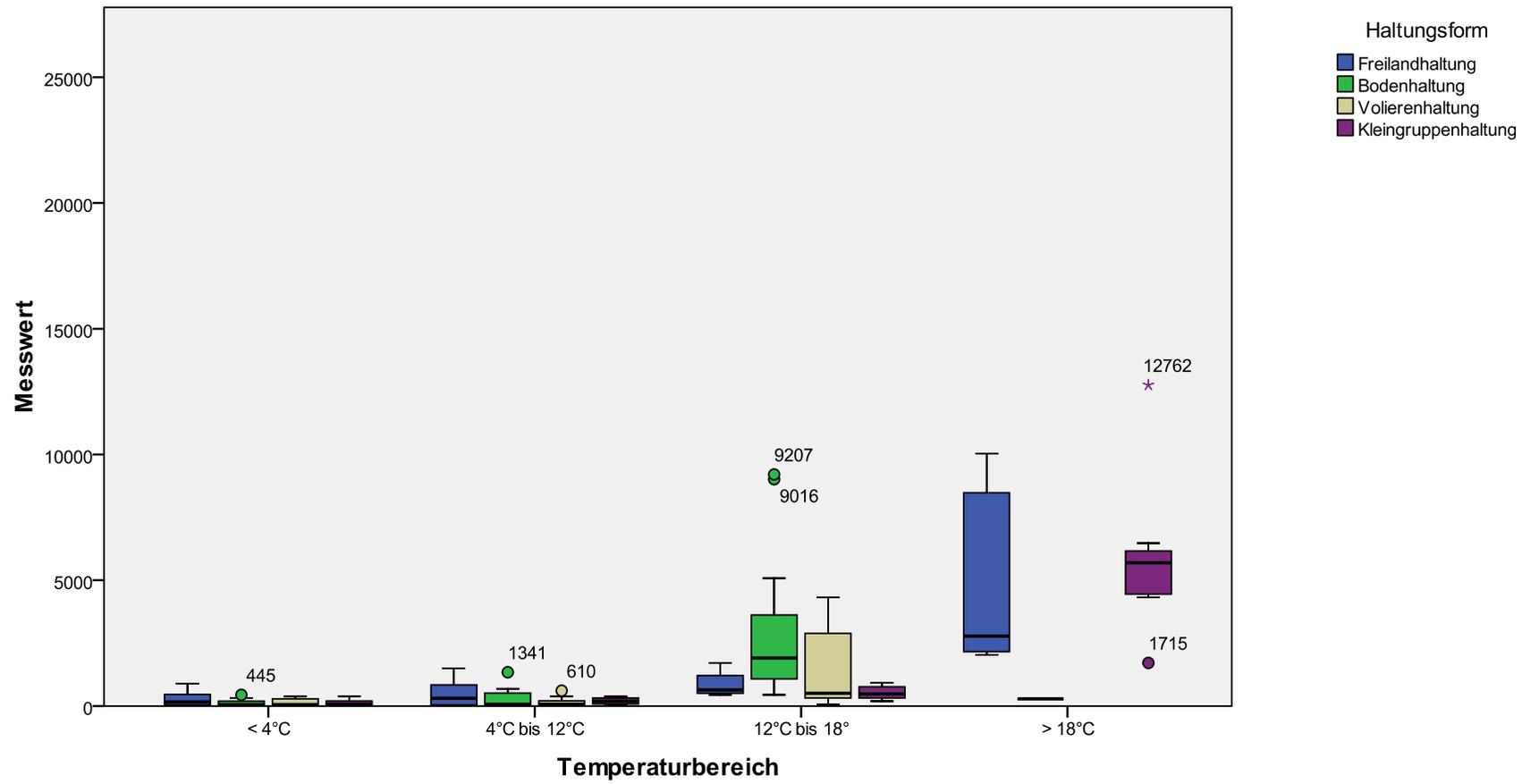


Abbildung 18: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) in der Außenluft in Abhängigkeit von der Außentemperatur (Kategorien)

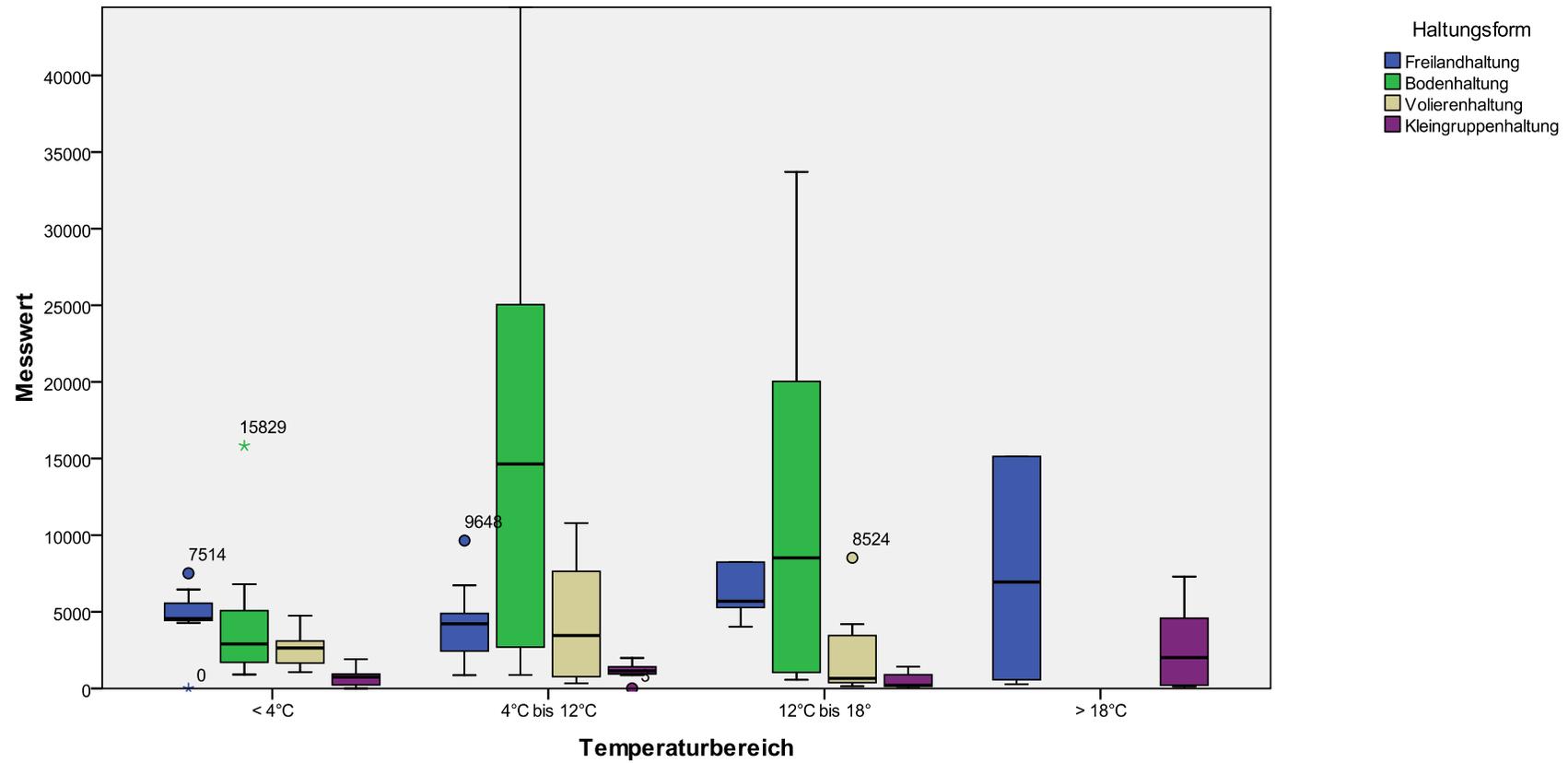


Abbildung 19: Endotoxinkonzentrationen (EU/m<sup>3</sup>) im Stall in Abhängigkeit von der Außentemperatur (Kategorien)

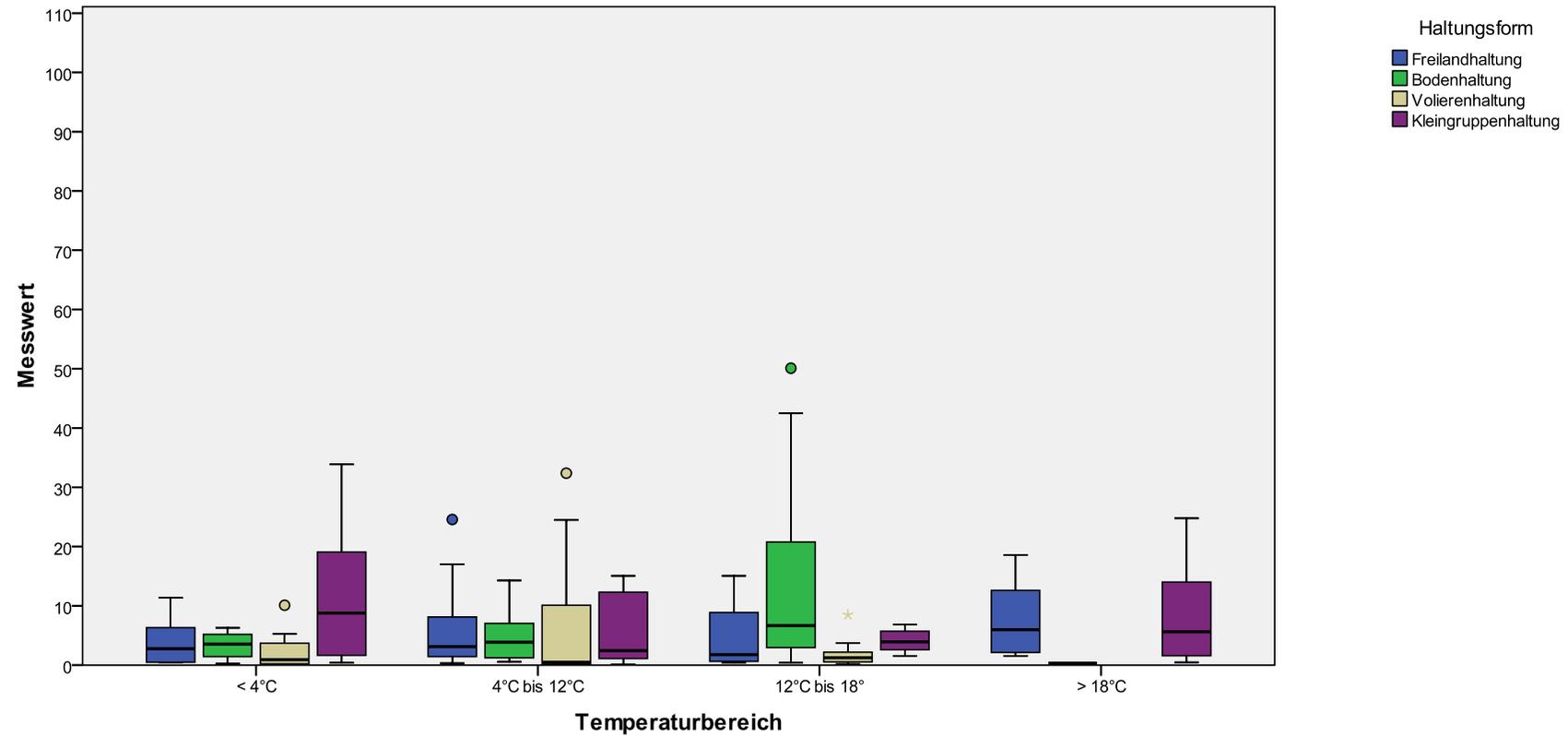
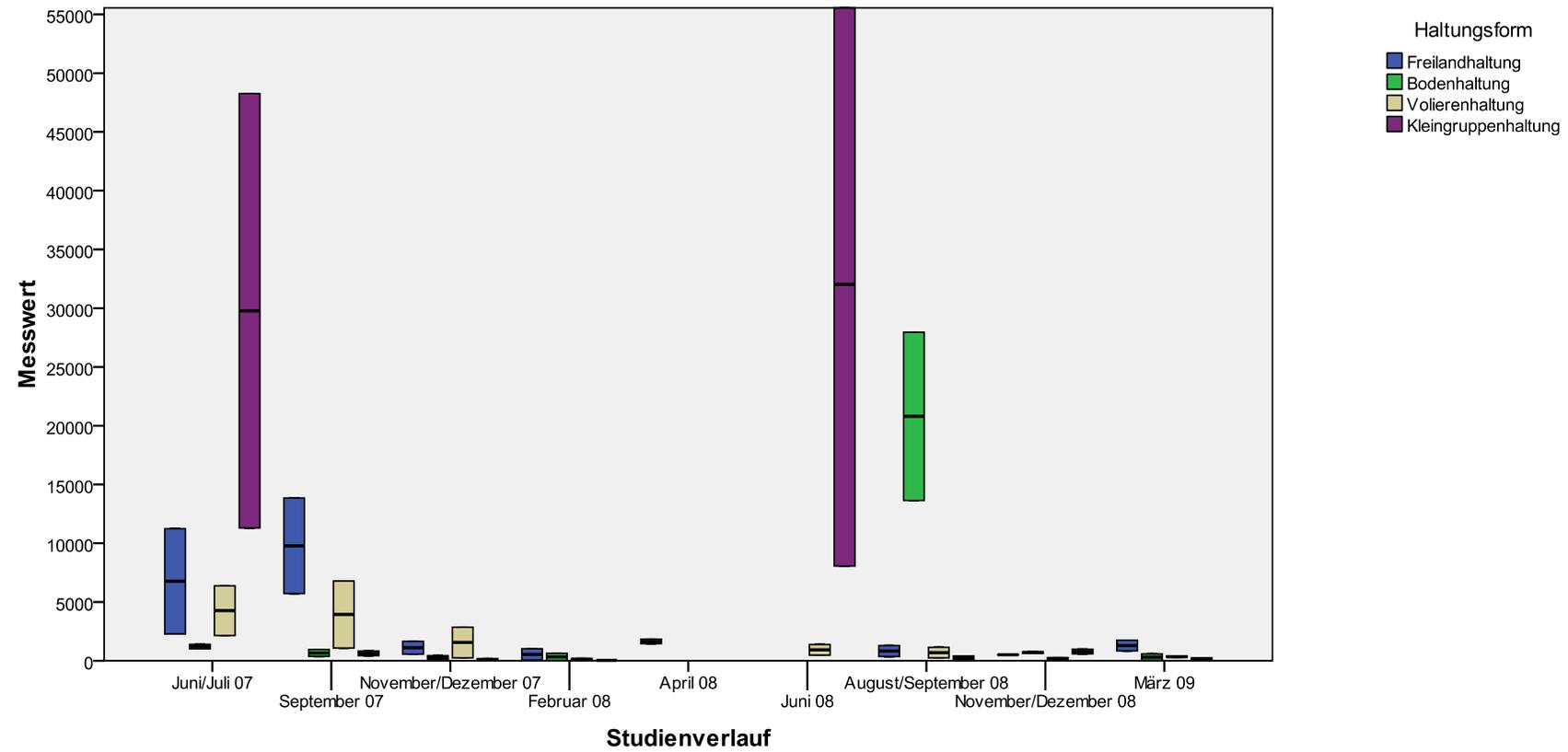
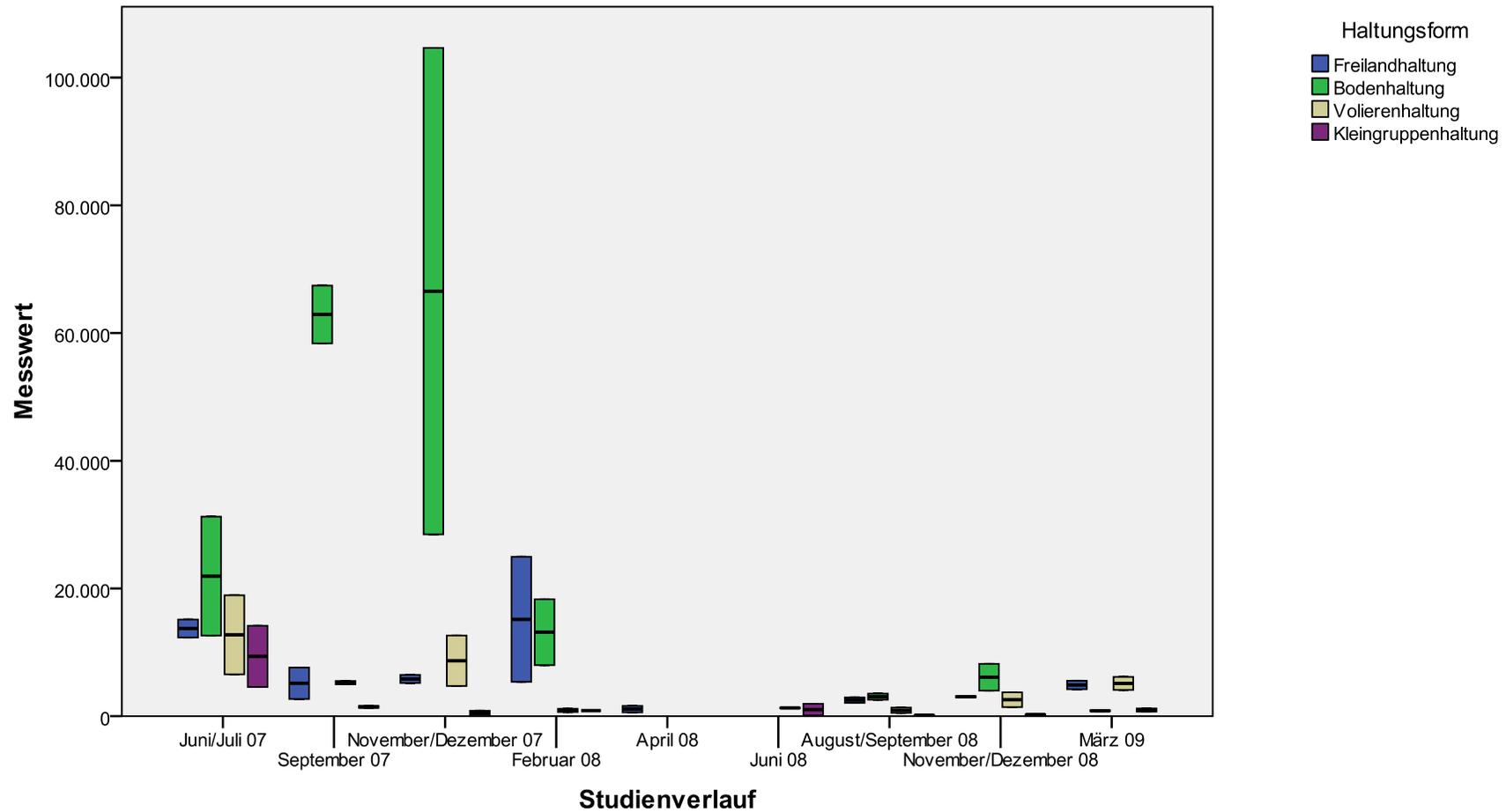


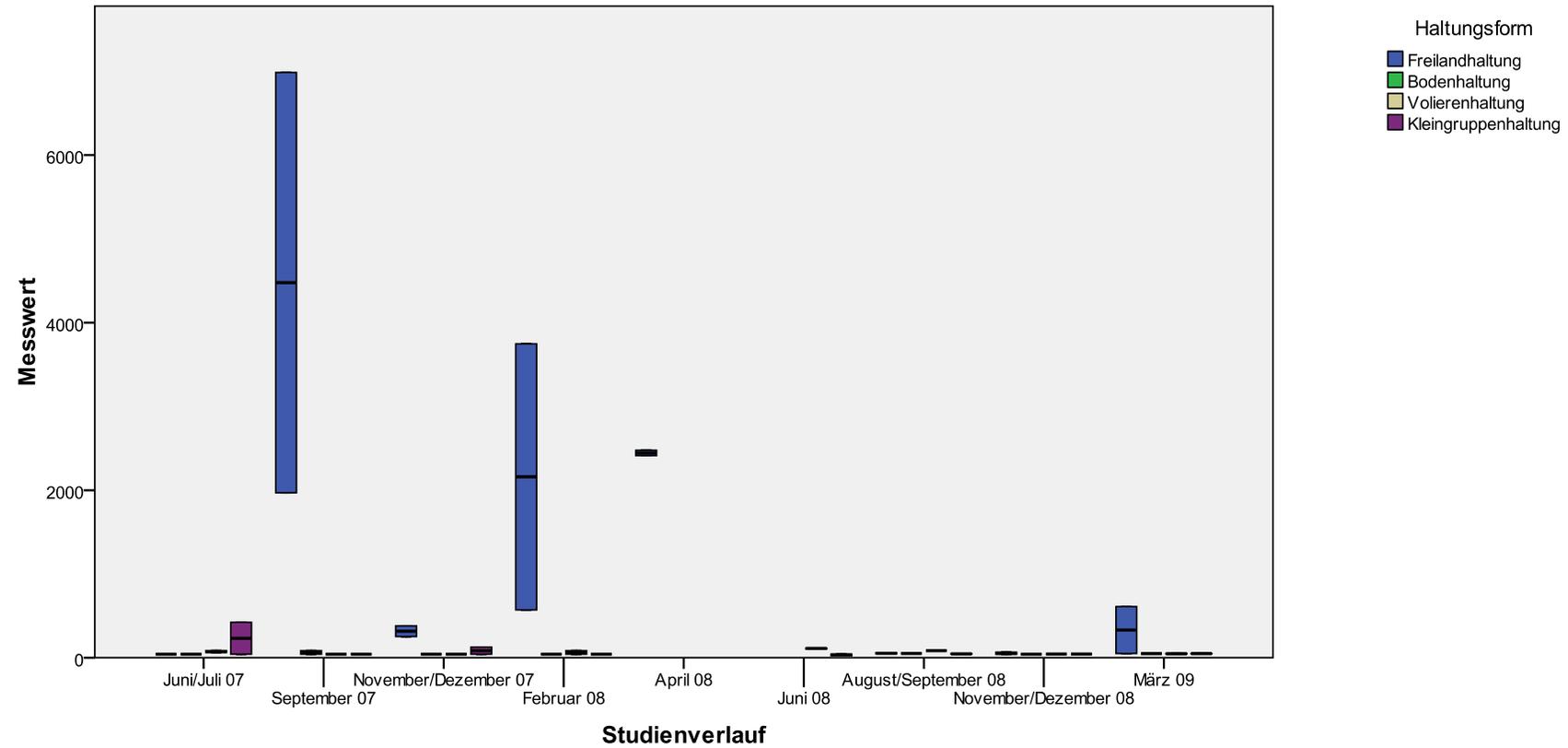
Abbildung 20: Endotoxinkonzentrationen (EU/m<sup>3</sup>) in der Außenluft in Abhängigkeit von der Außentemperatur (Kategorien)



**Abbildung 21: Schimmelpilzbelastung (KBE/m<sup>3</sup>) bei der Tätigkeit „Tierkontrolle“ (personengetragenen Messungen ) im Vergleich der Haltungsformen**



**Abbildung 22: Pyrogenbelastungen (EU/m<sup>3</sup>) bei der Tätigkeit „Tierkontrolle“ (personengetragenen Messungen) im Vergleich der Haltungsformen**



**Abbildung 23: Thermophile Actinomyceten (KBE/m<sup>3</sup>) bei der Tätigkeit „Tierkontrolle“ (personengetragenen Messungen ) im Vergleich der Haltungsformen**

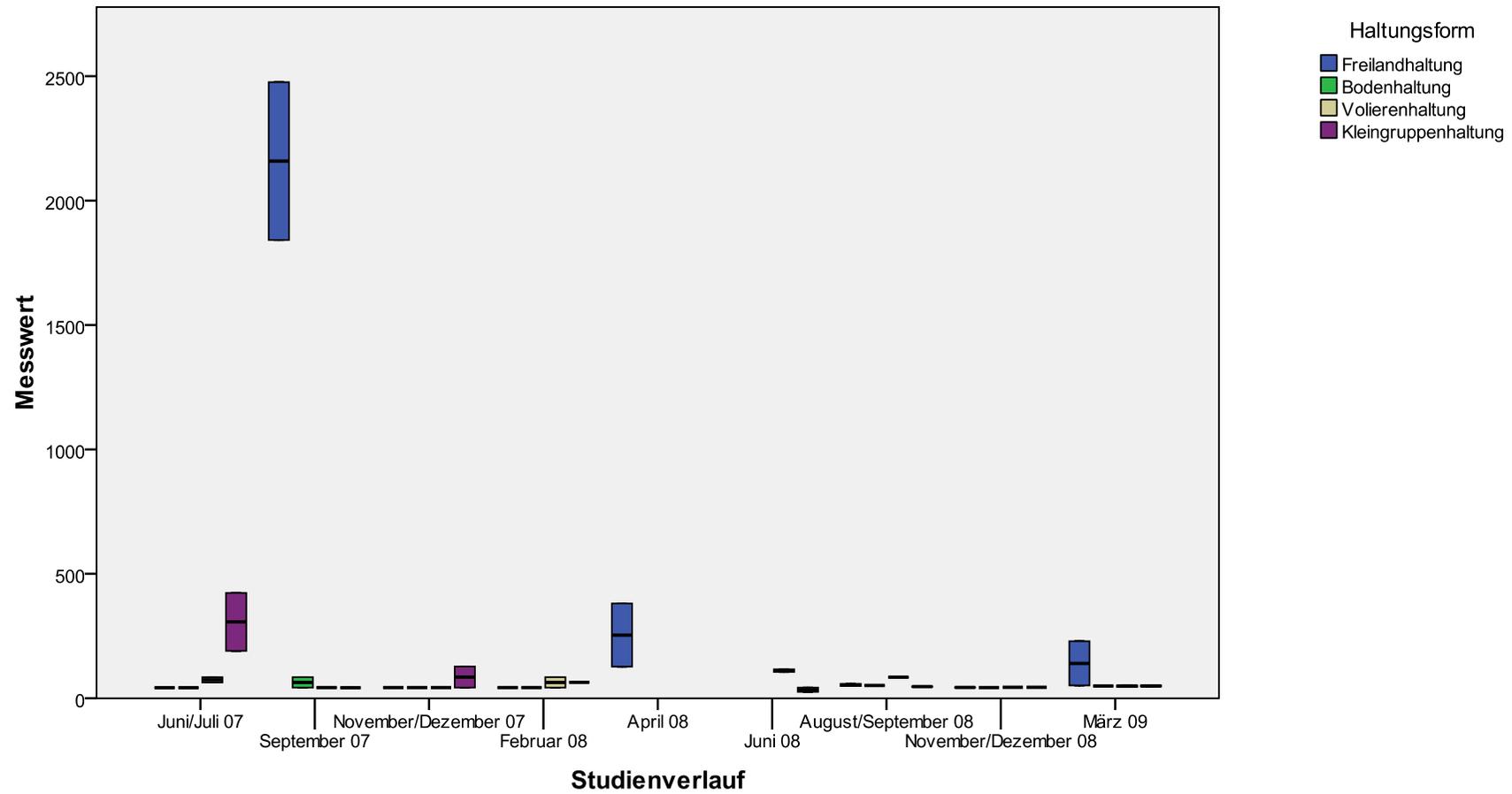


Abbildung 24: *Aspergillus fumigatus* (KBE/m<sup>3</sup>) bei der Tätigkeit „Tierkontrolle“ (personengetragenen Messungen ) im Vergleich der Haltungformen

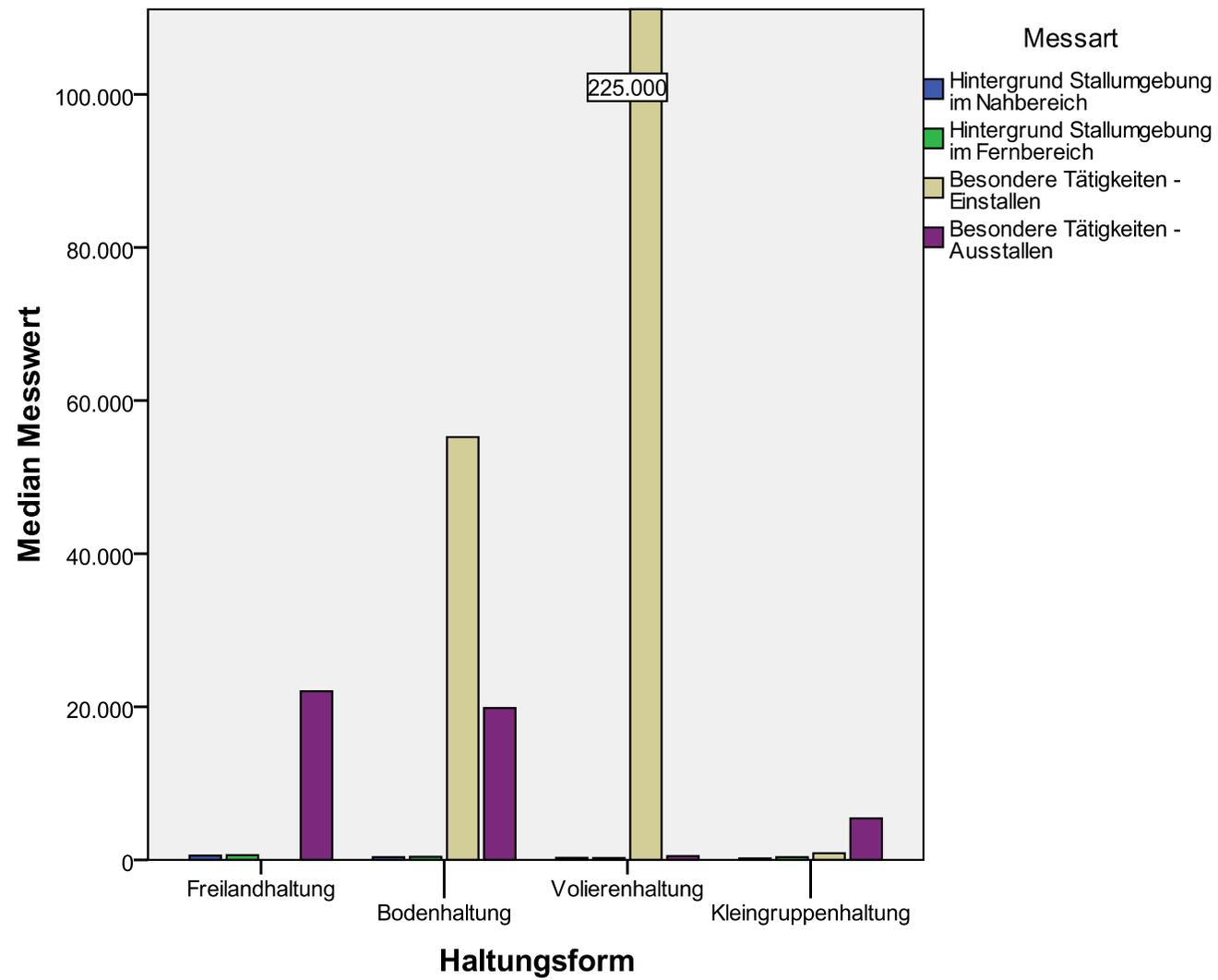


Abbildung 25: Schimmelpilzbelastungen (KBE/m<sup>3</sup>) beim Ausstallen (personengetragene Messung) im Vergleich der Haltungsformen

		Anzahl der im Studienverlauf durchgeführten Messungen (n)																
		Juni/Juli 07	September 07	November/Dezember	Februar 08	März 08 (Ausställen)	April 08 (Ausställen)	April 08 (Einställen)	April 08	Mai 08 (Einställen)	Juni 08 (Ausställen)	Juni 08	Juli 08 (Ausställen)	Juli 08 (Einställen)	Juli 08	August/September 08	November/Dezember	März 09
Freilandhaltung	Schimmelpilze (GKZ)	19	20	20	20	0	0	0	20	0	0	0	7	0	9	20	20	21
	Thermophile Aktinomyzeten	19	20	20	20	0	0	0	20	0	0	0	7	0	9	20	20	21
	Aspergillus fumigatus	19	20	20	20	0	0	0	20	0	0	0	7	0	9	20	20	21
	Endotoxin Gesamtaktivität	19	20	20	20	0	0	0	20	0	0	0	7	0	9	20	20	21
	Endotoxinaktivität (mit Glucanpuffer)	19	20	20	20	0	0	0	20	0	0	0	7	0	9	20	20	21
Bodenhaltung	Schimmelpilze (GKZ)	13	14	14	14	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0	14	14	15
	Thermophile Aktinomyzeten	13	14	14	14	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0	14	14	15
	Aspergillus fumigatus	13	14	14	14	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0	14	14	15
	Endotoxin Gesamtaktivität	13	14	14	14	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0	14	14	15
	Endotoxinaktivität (mit Glucanpuffer)	13	14	14	14	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0	14	14	15
Volierenhaltung	Schimmelpilze (GKZ)	14	14	14	15	0	4	0	0	2	0	15	0	0	0	14	14	15
	Thermophile Aktinomyzeten	14	14	14	15	0	4	0	0	2	0	15	0	0	0	14	14	15
	Aspergillus fumigatus	14	14	14	15	0	4	0	0	2	0	15	0	0	0	14	14	15
	Endotoxin Gesamtaktivität	14	14	14	15	0	4	0	0	2	0	15	0	0	0	14	14	15
	Endotoxinaktivität (mit Glucanpuffer)	14	14	14	15	0	4	0	0	2	0	15	0	0	0	14	14	15
Kleingruppenhaltung	Schimmelpilze (GKZ)	14	15	15	12	4	0	4	0	0	0	15	0	0	0	14	15	16
	Thermophile Aktinomyzeten	14	15	15	12	4	0	4	0	0	0	15	0	0	0	14	15	16
	Aspergillus fumigatus	14	15	15	12	4	0	4	0	0	0	15	0	0	0	14	15	16
	Endotoxin Gesamtaktivität	14	15	15	12	4	0	4	0	0	0	15	0	0	0	14	15	16
	Endotoxinaktivität (mit Glucanpuffer)	14	15	15	12	4	0	4	0	0	0	15	0	0	0	14	15	16

Tabelle 4: Anzahl der im Studienverlauf durchgeführte Analysen der Stall-, Außen- und tätigkeitsbezogenen -Luftproben

	Haltungsform															
	Freilandhaltung				Bodenhaltung				Volierenhaltung				Kleingruppenhaltung			
	Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	64 (1112)	18159	6	699 (1937)	9461	6	762 (2795)	7874	6	3556 (4731)	8889	6	120 (890)	1461	
September 07	6	7048 (19747)	47620	6	64 (223)	572	6	508 (2477)	6858	6	43 (43)	64	6	43 (43)	64	
November/Dezember 07	6	43 (699)	11493	6	39 (96)	1143	6	43 (159)	635	6	38 (64)	64	6	381 (1207)	2286	
Februar 08	6	1608 (2985)	7171	0	.	.	0	.	.	0	.	.	0	.	.	
April 08	6	2449 (4393)	6112	0	.	.	0	.	.	0	.	.	0	.	.	
Juni 08	0	.	.	0	.	.	0	.	.	0	.	.	0	.	.	
Juli 08	6	381 (896)	4267	6	3683 (6305)	17818	6	673 (875)	1461	6	62 (767)	1207	6	318 (592)	3620	
August/September 08	6	191 (845)	1511	6	347 (635)	1207	6	66 (193)	5255	6	66 (251)	1021	6	66 (251)	1021	
November/Dezember 08	6	991 (1638)	2565	6	220 (565)	806	6	47 (555)	839	6	66 (251)	1021	6	66 (251)	1021	
März 09	6	991 (1638)	2565	6	220 (565)	806	6	47 (555)	839	6	66 (251)	1021	6	66 (251)	1021	

Tabelle 5: Schimmelpilzkonzentrationen in der Stallluft (KBE/m<sup>3</sup>) – Stationäre Messungen

	Messart											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Hintergrund Stallumgebung im Nahbereich				Hintergrund Stallumgebung im Fernbereich			
	Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	24	64 (3303)		18159	8	1905 (4890)		9207	8	3874 (7048)		46985
September 07	24	64 (1334)		47620	8	64 (413)		699	8	191 (413)		1715
November/Dezember 07	24	43 (64)		2477	8	43 (43)		127	8	37 (43)		254
Februar 08	24	38 (96)		11493	7	43 (43)		43	7	37 (43)		64
März 08 (Ausstallen)	0	.		.	1	254 (254)		254	0	.		.
April 08 (Ausstallen)	0	.		.	1	191 (191)		191	0	.		.
April 08 (Einstallen)	0	.		.	1	381 (381)		381	0	.		.
April 08	6	1608 (2985)		7171	2	572 (731)		889	2	127 (572)		1016
Mai 08 (Einstallen)	0	.		.	1	127 (127)		127	0	.		.
Juni 08 (Ausstallen)	0	.		.	1	281 (281)		281	0	.		.
Juni 08	12	273 (858)		2286	4	445 (3297)		5778	4	64 (1017)		5606
Juli 08 (Ausstallen)	0	.		.	1	2778 (2778)		2778	0	.		.
Juli 08 (Einstallen)	0	.		.	1	2159 (2159)		2159	0	.		.
Juli 08	6	2449 (4393)		6112	1	2032 (2032)		2032	1	2223 (2223)		2223
August/September 08	24	62 (971)		17818	8	191 (477)		1497	8	96 (844)		2032
November/Dezember 08	24	66 (604)		5255	8	51 (198)		318	8	62 (381)		889
März 09	24	47 (569)		2565	8	49 (371)		1341	8	46 (142)		693

**Tabelle 6: Analyse von Schimmelpilzen im Stall im Vergleich zur unbelasteten Außenluft, nicht nach Haltungsform differenziert**

	Messart											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Hintergrund Stallumgebung im Nahbereich				Hintergrund Stallumgebung im Fernbereich			
					Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	24	133	(8524)	24476	8	2	(8)	42	8	0	(6)	50
September 07	24	895	(4133)	87619	8	2	(12)	29	8	0	(2)	10
November/Dezember 07	24	0	(3524)	28486	8	0	(3)	14	8	0	(2)	10477
Februar 08	24	324	(916)	15829	7	0	(2)	10	7	0	(2)	5
März 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	1	0	(0)	0	0	.	.	.
April 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	1	0	(0)	0	0	.	.	.
April 08 (Einstallen)	0	.	.	.	1	3	(3)	3	0	.	.	.
April 08	6	857	(971)	2384	2	1	(1)	2	2	0	(1)	1
Mai 08 (Einstallen)	0	.	.	.	1	0	(0)	0	0	.	.	.
Juni 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	1	0	(0)	0	0	.	.	.
Juni 08	12	124	(300)	4190	4	1	(3)	14	4	1	(2)	2
Juli 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	1	6	(6)	6	0	.	.	.
Juli 08 (Einstallen)	0	.	.	.	1	13	(13)	13	0	.	.	.
Juli 08	6	278	(564)	1555	1	2	(2)	2	1	17	(17)	17
August/September 08	24	120	(519)	4811	8	0	(3)	7	8	0	(1)	504
November/Dezember 08	24	0	(2250)	6800	8	0	(4)	6	8	0	(2)	365
März 09	24	741	(3330)	10794	8	0	(10)	34	8	1	(8)	32

**Tabelle 7: Analyse der Pyrogenaktivität (E/M<sup>3</sup>) im Stall im Vergleich zur unbelasteten Außenluft, nicht nach Haltungform differenziert**

	Haltungsform															
	Freilandhaltung				Bodenhaltung				Volierenhaltung				Kleingruppenhaltung			
	Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )				Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	12333,33	15133,33	15133,33	6	8523,81	11000,00	24476,19	6	133,33	2100,00	8523,81	6	3600,00	4580,95	7303,57
September 07	6	4028,57	5690,48	8238,10	6	33714,29	42380,95	87619,05	6	3447,62	3790,48	4133,33	6	895,24	1410,12	1990,48
Novem- ber/Dezember 07	6	,29	5200,00	7514,29	6	12952,38	17142,86	28485,71	6	2838,10	3095,24	4742,86	6	3,05	966,67	1323,81
Februar 08	6	3971,43	6047,62	6723,81	6	909,09	3128,57	15828,57	6	323,81	614,29	923,81	6	476,19	695,24	876,19
April 08	6	857,14	971,43	2383,93	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.
Juni 08	0	.	.	.	0	.	.	.	6	285,71	557,14	4190,48	6	123,81	214,29	415,58
Juli 08	6	277,55	564,29	1554,62	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.
August/September 08	6	2493,51	4012,38	4811,43	6	561,90	953,65	1619,05	6	209,52	370,37	476,19	6	119,82	162,32	412,70
Novem- ber/Dezember 08	6	4285,71	4492,94	5556,65	6	1114,29	2895,24	6800,00	6	1076,19	1655,34	2443,35	6	,39	174,39	971,43
März 09	6	1912,09	4528,35	9648,35	6	878,31	1938,78	3714,29	6	7000,00	8088,89	10793,65	6	740,74	998,59	1908,16

**Tabelle 8: Pyrogenaktivität in der Stallluft (EU/m<sup>3</sup>) – Stationäre Messungen in den vier Haltungsformen**

	Aspergillus fumigatus (GKZ/m <sup>3</sup> )											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Hintergrund Stallumgebung im Nahbereich				Hintergrund Stallumgebung im Fernbereich			
	Messparameter				Messparameter				Messparameter			
	Aspergillus fumigatus				Aspergillus fumigatus				Aspergillus fumigatus			
	Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
	Juni/Juli 07	24	42,33	42,33	126,98	8	42,33	42,33	63,49	8	42,33	42,33
September 07	24	39,68	42,67	64127,00	8	42,33	42,50	42,67	8	42,33	42,67	63,49
November/Dezember 07	24	42,67	42,67	127,00	8	42,67	42,67	64,00	8	36,67	42,67	64,00
Februar 08	24	38,67	42,67	127,00	7	42,67	42,67	64,00	7	36,67	42,67	64,00
April 08	6	120,00	419,00	699,00	2	42,67	42,67	42,67	2	64,00	74,50	85,00
Juni 08	12	38,67	42,67	318,00	4	38,67	42,67	42,67	4	42,67	42,67	55,00
Juli 08	6	36,67	125,50	318,00	1	42,67	42,67	42,67	1	53,33	53,33	53,33
August/September 08	24	26,67	42,67	87,00	8	42,67	42,67	64,00	8	28,67	42,67	64,00
November/Dezember 08	24	38,67	42,67	66,00	8	42,67	44,00	51,33	8	41,33	42,67	263,00
März 09	24	41,33	47,33	220,00	8	46,00	50,33	64,00	8	44,00	47,33	347,00

**Tabelle 9: Analyse von Aspergillus fumigatus (KBE/m<sup>3</sup>) im Stall im Vergleich zur unbelasteten Außenluft, nicht nach Haltungsform differenziert**

	Thermophile Actinomyceten (GKZ/m <sup>3</sup> )											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Hintergrund Stallumgebung im Nahbereich				Hintergrund Stallumgebung im Fernbereich			
	Messparameter				Messparameter				Messparameter			
	Thermophile Actinomyceten				Thermophile Actinomyceten				Thermophile Actinomyceten			
	Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	24	42,67	42,67	127,00	8	42,67	42,67	42,67	8	42,67	42,67	423,33
September 07	24	40,00	42,67	92064,00	8	42,67	42,67	42,67	8	42,67	42,67	42,67
November/Dezember 07	24	42,67	42,67	508,00	8	42,67	42,67	42,67	8	36,67	42,67	42,67
Februar 08	24	38,00	42,67	1524,00	7	42,67	42,67	42,67	7	36,67	42,67	42,67
April 08	6	834,00	3143,50	5155,00	2	42,67	53,33	64,00	2	28,67	35,67	42,67
Juni 08	12	36,67	42,67	42,67	4	38,67	42,67	42,67	4	36,67	42,67	42,67
Juli 08	6	40,00	168,50	617,00	1	42,67	42,67	42,67	1	80,00	80,00	80,00
August/September 08	24	26,67	42,67	229,00	8	42,67	42,67	46,00	8	28,67	42,67	64,00
November/Dezember 08	24	38,67	42,67	2365,00	8	42,67	44,00	51,33	8	41,33	42,67	66,00
März 09	24	41,33	47,33	2052,00	8	46,00	50,33	64,00	8	44,00	47,33	70,67

**Tabelle 10: Analyse von thermophilen Actinomyceten im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) im Vergleich zur unbelasteten Außenluft, nicht nach Haltungsf orm differenziert**

		Haltungsform															
		Freilandhaltung				Bodenhaltung				Volierenhaltung				Kleingruppenhaltung			
		Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )			
		n	min	Median	max	n	min	Median	max	n	min	Median	max	n	min	Median	max
Juni/Juli 07	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	42,67	42,67	2	64,00	74,33	84,67	2	42,67	233,00	423,33
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	1	169,33	169,33	169,33	1	86905,00	86905,00	86905,00
	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	1	127,00	127,00	127,00	1	42,67	42,67	42,67	1	84,67	84,67	84,67	1	42,67	42,67	42,67
September 07	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	1969,00	4477,00	6985,00	2	42,67	63,67	84,67	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	42,67	42,67
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.	1	635,00	635,00	635,00
	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	1	42,67	42,67	42,67	1	42,67	42,67	42,67	1	64,00	64,00	64,00	1	42,67	42,67	42,67
November/Dezember 07	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	254,00	317,50	381,00	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	85,00	127,33
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.	1	127,33	127,33	127,33
	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	1	42,67	42,67	42,67	1	42,67	42,67	42,67	1	70,67	70,67	70,67	1	42,67	42,67	42,67
Februar 08	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	572,00	2159,50	3747,00	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	63,67	84,67	1	42,67	42,67	42,67

	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	1	159,33	159,33	159,33	1	98,00	98,00	98,00
	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	1	42,67	42,67	42,67	1	42,67	42,67	1	75,33	75,33	75,33	1	42,67	42,67	42,67
April 08	Messung im Stall - Kontroll-gang (personengetragen)	2	2413,00	2445,00	2477,00	0	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.
	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	1	1674,00	1674,00	1674,00	0	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.
Juni 08	Messung im Stall - Kontroll-gang (personengetragen)	0	.	.	.	0	.	.	2	106,00	111,00	116,00	2	26,00	34,33	42,67
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	1	212,00	212,00	212,00	1	141,33	141,33	141,33
	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	1	98,00	98,00	98,00	1	42,67	42,67	42,67
Juli 08	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	1	64,00	64,00	64,00	0	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.
Au- gust/Septem- ber 08	Messung im Stall - Kontroll-gang (personengetragen)	2	49,33	53,67	58,00	2	51,33	51,33	2	84,67	84,67	84,67	2	46,00	46,67	47,33
	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	1	42,67	42,67	42,67	1	42,67	42,67	1	127,33	127,33	127,33	1	42,67	42,67	42,67
Novem- ber/Dezemb- er 08	Messung im Stall - Kontroll-gang (personengetragen)	2	42,67	54,33	66,00	2	42,67	42,67	2	44,00	44,00	44,00	2	44,00	44,00	44,00
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	1	182,00	182,00	182,00	1	64,00	64,00	64,00

	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	1	44,00	44,00	44,00	1	42,67	42,67	42,67	0				1	42,67	42,67	42,67
März 09	Messung im Stall - Kontroll-gang (personengetragen)	2	51,33	330,67	610,00	2	49,33	49,33	49,33	2	46,00	48,67	51,33	2	47,33	49,33	51,33
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0				0				0				1	127,33	127,33	127,33
	Messung im Vorraum - Eier-sortierung (stationär)	1	58,00	58,00	58,00	1	46,00	46,00	46,00	1	127,33	127,33	127,33	1	46,00	46,00	46,00

**Tabelle 11: Teil 1 – Konzentration thermophiler Actinomyceten im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) im Vergleich an verschiedenen Messorten**

	Haltungsform															
	Freilandhaltung				Bodenhaltung				Volierenhaltung				Kleingruppenhaltung			
	Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )			
	n	Minimum	Median	Maximum												
März 08 (Ausstallen)	0				0				0				2	42,67	42,67	42,67
April 08 (Ausstallen)	0				0				2	84,67	84,67	84,67	0			
April 08 (Einstallen)	0				0				0				2	32,00	37,33	42,67
Mai 08 (Einstallen)	0				0				1	42,67	42,67	42,67	0			
Juni 08 (Ausstallen)	0				2	42,67	63,67	84,67	0				0			
Juli 08 (Ausstallen)	2	785,00	869,00	953,00	0				0				0			
Juli 08 (Einstallen)	0				2	42,67	42,67	42,67	0				0			

**Tabelle 12: Teil 2 - Konzentration thermophiler Actinomyceten im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) im Vergleich bei verschiedenen Tätigkeiten**

		Haltungsform															
		Freilandhaltung				Bodenhaltung				Volierenhaltung				Kleingruppenhaltung			
		Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )			
		n	min	Median	max	n	min	Me- dian	max	n	min	Median	max	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	42,33	42,33	42,33	2	42,33	42,33	42,33	2	63,49	74,07	84,66	2	190,48	306,88	423,28
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	1	169,31	169,31	169,31	1	30952,38	30952,38	30952,38
	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	1	42,33	42,33	42,33	1	42,33	42,33	42,33	1	84,66	84,66	84,66	1	42,33	42,33	42,33
September 07	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	1841,27	2158,73	2476,19	2	42,67	63,67	84,67	2	42,67	42,67	42,67	2	42,33	42,33	42,33
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.	1	423,28	423,28	423,28
	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	1	317,46	317,46	317,46	1	42,67	42,67	42,67	1	64,00	64,00	64,00	1	42,33	42,33	42,33
November/Dezember 07	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	85,00	127,33
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.	1	127,33	127,33	127,33
	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	1	127,00	127,00	127,00	1	42,67	42,67	42,67	1	70,67	70,67	70,67	1	42,67	42,67	42,67

Februar 08	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	63,67	84,67	1	64,00	64,00	64,00
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	1	159,33	159,33	159,33	1	146,67	146,67	146,67
	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	1	42,67	42,67	42,67	1	42,67	42,67	42,67	1	75,33	75,33	75,33	1	64,00	64,00	64,00
April 08	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	127,00	254,00	381,00	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.
	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	1	116,00	116,00	116,00	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.
Juni 08	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	0	.	.	.	0	.	.	.	2	106,00	111,00	116,00	2	26,00	34,33	42,67
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	1	212,00	212,00	212,00	1	141,33	141,33	141,33
	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	1	98,00	98,00	98,00	1	42,67	42,67	42,67
Juli 08	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	1	64,00	64,00	64,00	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.
Au- gust/Septemb er 08	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	49,33	53,67	58,00	2	51,33	51,33	51,33	2	84,67	84,67	84,67	2	46,00	46,67	47,33
	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	1	42,67	42,67	42,67	1	42,67	42,67	42,67	1	127,33	127,33	127,33	1	42,67	42,67	42,67
Novem- ber/Dezember	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	42,67	43,33	44,00	2	42,67	42,67	42,67	2	44,00	44,00	44,00	2	44,00	44,00	44,00

März 09	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	1	182,00	182,00	182,00	1	64,00	64,00	64,00
	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	1	44,00	44,00	44,00	1	42,67	42,67	42,67	0	.	.	.	1	42,67	42,67	42,67
	Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)	2	51,33	140,17	229,00	2	49,33	49,33	49,33	2	46,00	48,67	51,33	2	47,33	49,33	51,33
	Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.	1	127,33	127,33	127,33
	Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)	1	58,00	58,00	58,00	1	46,00	46,00	46,00	1	127,33	127,33	127,33	1	46,00	46,00	46,00

Tabelle 13: Teil 1 - Konzentration von *Aspergillus fumigatus* im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) im Vergleich an verschiedenen Messorten

	Haltungsform															
	Freilandhaltung				Bodenhaltung				Volierenhaltung				Kleingruppenhaltung			
	Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )			
	n	Minimum	Median	Maximum												
März 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.	2	42,67	42,67	42,67
April 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	0	.	.	.	2	84,67	84,67	84,67	0	.	.	.
April 08 (Einstallen)	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.	2	42,67	45,33	48,00
Mai 08 (Einstallen)	0	.	.	.	0	.	.	.	1	42,67	42,67	42,67	0	.	.	.
Juni 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	2	42,67	63,67	84,67	0	.	.	.	0	.	.	.
Juli 08 (Ausstallen)	2	38,00	72,00	106,00	0	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	.
Juli 08 (Einstallen)	0	.	.	.	2	42,67	42,67	42,67	0	.	.	.	0	.	.	.

Tabelle 14. Teil 2 - Konzentration von *Aspergillus fumigatus* im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) im Vergleich an verschiedenen Messorten

	Schimmelpilze (GKZ/m <sup>3</sup> ) in der Freilandhaltung											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Hintergrund Stallumgebung im Nahbereich				Hintergrund Stallumgebung im Fernbereich			
	Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	64,00	1111,50	18159,00	2	2096,00	4508,50	6921,00	2	10032,00	28508,50	46985,00
September 07	6	7048,00	19746,50	47620,00	2	572,00	635,50	699,00	2	445,00	1080,00	1715,00
November/Dezember 07	6	191,00	667,00	2477,00	2	42,67	53,33	64,00	2	36,67	36,67	36,67
Februar 08	6	42,67	698,50	11493,00	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	53,33	64,00
April 08	6	1608,00	2985,00	7171,00	2	572,00	730,50	889,00	2	127,00	571,50	1016,00
Juli 08	6	2449,00	4392,50	6112,00	1	2032,00	2032,00	2032,00	1	2223,00	2223,00	2223,00
August/September 08	6	381,00	896,00	4267,00	2	381,00	939,00	1497,00	2	96,00	715,00	1334,00
November/Dezember 08	6	191,00	844,50	1511,00	2	51,33	157,17	263,00	2	458,00	673,50	889,00
März 09	6	991,00	1637,50	2565,00	2	229,00	534,00	839,00	2	635,00	664,00	693,00

**Tabelle 15: Schimmelpilzkonzentrationen in der Freilandhaltung im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) im Vergleich zur unbelasteten Außenluft**

	Haltungsform							
	Freilandhaltung							
	Messparameter							
	Thermophile Actinomyceten				Aspergillus fumigatus			
	Messwert				Messwert			
Anzahl	Minimum	Median	Maximum	Anzahl	Minimum	Median	Maximum	
Juni/Juli 07	6	43 (43)	127	6	42 (53)	63	63	
September 07	6	1334 (7397)	92064	6	1206 (3175)	64127	64127	
November/Dezember 07	6	43 (159)	508	6	43 (64)	127	127	
Februar 08	6	254 (890)	1524	6	43 (43)	127	127	
April 08	6	834 (3144)	5155	6	120 (419)	699	699	
Juli 08	6	40 (169)	617	6	37 (126)	318	318	
August/September 08	6	49 (64)	229	6	43 (51)	87	87	
November/Dezember 08	6	43 (1052)	2365	6	43 (43)	44	44	
März 09	6	51 (697)	2052	6	44 (63)	220	220	

**Tabelle 16: Aspergillus fumigatus und therm. Actinomyceten in der Stallluft (KBE/m<sup>3</sup>) der Freilandhaltung**

		Messorte											
		Hintergrund Stallumgebung im Nahbereich				Hintergrund Stallumgebung im Fernbereich				Messung im Auslauf			
		Messwert				Messwert				Messwert			
		n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Schimmelpilze (KBE/m <sup>3</sup> )	Juni/Juli 07	2	2096	(4509)	6921	2	10032	(28509)	46985	6	1334	(2699)	12826
	September 07	2	572	(636)	699	2	445	(1080)	1715	6	254	(667)	1905
	November/Dezember 07	2	43	(53)	64	2	37	(37)	37	6	43	(43)	64
	Februar 08	2	43	(43)	43	2	43	(53)	64	6	38	(43)	254
	April 08	2	572	(731)	889	2	127	(572)	1016	6	381	(794)	4318
	Juli 08	1	2032	(2032)	2032	1	2223	(2223)	2223	0	.	.	.
	August/September 08	2	381	(939)	1497	2	96	(715)	1334	6	69	(458)	2690
	November/Dezember 08	2	51	(157)	263	2	458	(674)	889	6	43	(44)	198
	März 09	2	229	(534)	839	2	635	(664)	693	6	51	(571)	1905
Thermophile Aktinomycceten (KBE/m <sup>3</sup> )	Juni/Juli 07	2	43	(43)	43	2	43	(233)	423	6	43	(43)	43
	September 07	2	43	(43)	43	2	43	(43)	43	6	41	(53)	191
	November/Dezember 07	2	43	(43)	43	2	37	(37)	37	6	43	(43)	43
	Februar 08	2	43	(43)	43	2	43	(43)	43	6	38	(43)	43
	April 08	2	43	(53)	64	2	29	(36)	43	6	43	(43)	445
	Juli 08	1	43	(43)	43	1	80	(80)	80	0	.	.	.
	August/September 08	2	43	(44)	46	2	64	(64)	64	6	46	(50)	75
	November/Dezember 08	2	44	(48)	51	2	43	(47)	51	6	43	(44)	44

Aspergillus fumigatus (KBE/m <sup>3</sup> )	März 09	2	51 (51)	51	2	58 (64)	71	6	47 (51)	64
	Juni/Juli 07	2	42 (53)	63	2	42 (233)	423	6	42 (42)	42
	September 07	2	42 (42)	42	2	42 (42)	42	6	41 (95)	254
	November/Dezember 07	2	43 (53)	64	2	37 (37)	37	6	43 (43)	64
	Februar 08	2	43 (43)	43	2	43 (43)	43	6	38 (43)	43
	April 08	2	43 (43)	43	2	64 (75)	85	6	43 (53)	572
	Juli 08	1	43 (43)	43	1	53 (53)	53	0	.	.
	August/September 08	2	43 (44)	46	2	51 (58)	64	6	47 (51)	75
	November/Dezember 08	2	44 (48)	51	2	43 (47)	51	6	43 (44)	44
Pyrogenaktivität (EU/m <sup>3</sup> )	März 09	2	51 (51)	51	2	71 (209)	347	6	47 (51)	153
	Juni/Juli 07	2	3 (11)	19	2	2 (5)	8	6	16 (51)	142
	September 07	2	3 (9)	15	2	0 (1)	1	6	25 (35)	82
	November/Dezember 07	2	1 (6)	11	2	0 (13)	25	6	0 (3)	29
	Februar 08	2	2 (4)	5	2	3 (4)	5	6	2 (9)	76
	April 08	2	1 (1)	2	2	0 (1)	1	6	0 (1)	32
	Juli 08	1	2 (2)	2	1	17 (17)	17	0	.	.
	August/September 08	2	2 (3)	3	2	0 (252)	504	6	0 (1)	12
	November/Dezember 08	2	0 (3)	6	2	1 (3)	4	6	1 (3)	10
März 09	2	4 (11)	17	2	8 (9)	9	6	2 (13)	62	

Tabelle 17: Luftanalysen im Auslauf der Freilandhaltung im Vergleich zur unbelasteten Außenluft

	Messart											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)				Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)			
	Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	64	(1112)	18159	2	2286	(6763)	11239	1	9143	(9143)	9143
September 07	6	7048	(19747)	47620	2	5715	(9779)	13842	1	1778	(1778)	1778
November/Dezember 07	6	191	(667)	2477	2	572	(1112)	1651	1	64	(64)	64
Februar 08	6	43	(699)	11493	2	64	(540)	1016	1	43	(43)	43
April 08	6	1608	(2985)	7171	2	1461	(1652)	1842	1	1155	(1155)	1155
Juli 08	6	2449	(4393)	6112	0	.	.	.	1	2191	(2191)	2191
August/September 08	6	381	(896)	4267	2	367	(833)	1299	1	826	(826)	826
November/Dezember 08	6	191	(845)	1511	2	508	(517)	526	1	395	(395)	395
März 09	6	991	(1638)	2565	2	839	(1296)	1753	1	693	(693)	693

	Messart											
	Besondere Tätigkeiten - Ausställen				Besondere Tätigkeiten - Ausbau der Futterrinnen				Besondere Tätigkeiten - Ausmisten Wintergarten			
	Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )			
	N	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juli 08 (Ausställen)	2	21905	(22045)	22185	1	9291	(9291)	9291	1	8327	(8327)	8327

**Tabelle 18: Freilandhaltung: Schimmelpilzbelastungen im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) – Grundbelastung (stationär) und verschiedene Tätigkeiten**

	Messart											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)				Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)			
	Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )				Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )				Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	12333	(15133)	15133	2	12333	(13733)	15133	1	610	(610)	610
September 07	6	4029	(5690)	8238	2	2695	(5157)	7619	1	564	(564)	564
November/Dezember 07	6	0	(5200)	7514	2	5190	(5824)	6457	1	676	(676)	676
Februar 08	6	3971	(6048)	6724	2	5371	(15167)	24962	1	103	(103)	103
April 08	6	857	(971)	2384	2	610	(1110)	1610	1	29	(29)	29
Juli 08	6	278	(564)	1555	0	.	.	.	1	13	(13)	13
August/September 08	6	2494	(4012)	4811	2	2104	(2519)	2934	1	15	(15)	15
November/Dezember 08	6	4286	(4493)	5557	2	2946	(3054)	3162	1	114	(114)	114
März 09	6	1912	(4528)	9648	2	4217	(4886)	5554	1	114	(114)	114

	Messart											
	Besondere Tätigkeiten - Ausstallen				Besondere Tätigkeiten - Ausbau der Futterrinnen				Besondere Tätigkeiten - Ausmisten Wintergarten			
	Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )				Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )				Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )			
	N	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juli 08 (Ausstallen)	2	452	(1403)	2353	1	571	(571)	571	1	1984	(1984)	1984

**Tabelle 19: Freilandhaltung: Pyrogenbelastungen im Stall (EU/m<sup>3</sup>) – Grundbelastung (stationär) und verschiedene Tätigkeiten**

	Messart											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personenge-tragen)				Messung im Auslauf			
	Messwert (Prozent von Gesamtpyrogen)				Messwert (Prozent von Gesamtpyrogen)				Messwert (Prozent von Gesamtpyrogen)			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	30,5	(54,4)	62,2	2	50,7	(52,6)	54,4	6	30,0	(31,8)	60,1
September 07	6	56,5	(68,0)	75,9	2	56,6	(59,9)	63,3	6	48,7	(60,1)	65,7
November/Dezember 07	6	33,3	(87,8)	92,5	2	81,7	(85,8)	90,0	6	61,1	(90,9)	166,7
Februar 08	6	57,1	(73,8)	90,8	2	24,5	(50,1)	75,7	6	51,2	(74,4)	88,8
April 08	6	95,5	(104,6)	122,2	2	86,4	(99,4)	112,5	6	44,4	(75,5)	100,0
Juli 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	0	.	.	.	1	104,0	(104,0)	104,0
Juli 08	6	38,9	(92,5)	117,6	0	.	.	.	0	.	.	.
August/September 08	6	75,7	(78,7)	90,0	2	64,0	(73,4)	82,7	6	16,7	(94,3)	116,7
November/Dezember 08	6	69,6	(72,3)	87,8	2	75,6	(76,9)	78,1	6	42,3	(71,2)	93,5
März 09	6	78,1	(90,2)	114,9	2	88,5	(90,5)	92,6	6	15,3	(64,8)	92,6

**Tabelle 20: Freilandhaltung: Anteil der Endotoxine an der gesamten Pyrogenaktivität in Prozent; Ermittlung über Verwendung eines sog. Glucanpuffers**

	Schimmelpilze (KBE/m <sup>3</sup> ) in der Bodenhaltung											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Hintergrund Stallumgebung im Nahbereich				Hintergrund Stallumgebung im Fernbereich			
	Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	699,00	1937,00	9461,00	2	1905,00	5556,00	9207,00	2	5080,00	7048,00	9016,00
September 07	6	64,00	222,50	572,00	2	64,00	254,50	445,00	2	381,00	698,50	1016,00
November/Dezember 07	6	42,67	42,67	64,00	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	42,67	42,67
Februar 08	6	38,67	95,50	1143,00	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	42,67	42,67
August/September 08	6	3683,00	6305,00	17818,00	2	953,00	1048,00	1143,00	2	1397,00	1714,50	2032,00
November/Dezember 08	6	347,00	635,00	1207,00	2	64,00	191,00	318,00	2	62,00	253,50	445,00
März 09	6	220,00	565,00	806,00	2	513,00	927,00	1341,00	2	66,00	373,50	681,00

**Tabelle 21: Bodenhaltung: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) im Stall im Vergleich zur unbelasteten Außenluft**

	Messart											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)				Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)			
	Messwert (KBE/ m <sup>3</sup> )				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	699	(1937)	9461	2	1016	(1207)	1397	1	2350	(2350)	2350
September 07	6	64	(223)	572	2	381	(667)	953	1	254	(254)	254
November/Dezember 07	6	43	(43)	64	2	127	(286)	445	1	43	(43)	43
Februar 08	6	39	(96)	1143	2	43	(339)	635	1	43	(43)	43
August/September 08	6	3683	(6305)	17818	2	13639	(20801)	27962	1	572	(572)	572
November/Dezember 08	6	347	(635)	1207	2	635	(699)	762	1	2413	(2413)	2413
März 09	6	220	(565)	806	2	49	(318)	587	1	46	(46)	46

	Messart							
	Besondere Tätigkeiten – Einstallen (personengetragen)				Besondere Tätigkeiten – Ausstallen (personengetragen)			
	Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	2	10223	(19842)	29461
Juli 08 (Einstallen)	2	38731	(55239)	71747	0	.	.	.

**Tabelle 22: Bodenhaltung: Schimmelpilzbelastungen im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) – Grundbelastung (stationär) und verschiedene Tätigkeiten**

	Messart											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)				Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)			
	Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )				Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )				Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	8524	(11000)	24476	2	12629	(21938)	31248	1	245	(245)	245
September 07	6	33714	(42381)	87619	2	58381	(62905)	67429	1	2848	(2848)	2848
November/Dezember 07	6	12952	(17143)	28486	2	28486	(66562)	104638	1	210	(210)	210
Februar 08	6	909	(3129)	15829	2	8000	(13162)	18324	1	445	(445)	445
August/September 08	6	562	(954)	1619	2	2583	(3057)	3531	1	9	(9)	9
November/Dezember 08	6	1114	(2895)	6800	2	4010	(6105)	8200	1	150	(150)	150
März 09	6	878	(1939)	3714	2	791	(852)	912	1	41	(41)	41

	Messart							
	Besondere Tätigkeiten – Einstallen (personengetragen)				Besondere Tätigkeiten – Ausstallen (personengetragen)			
	Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )				Messwert (EU/ m <sup>3</sup> )			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	2	2019	(3029)	4038
Juli 08 (Einstallen)	2	6562	(8852)	11143	0	.	.	.

**Tabelle 23: Bodenhaltung: Pyrogenbelastungen im Stall (EU/m<sup>3</sup>) (stationär) – Grundbelastung (stationär) und verschiedene Tätigkeiten**

	Messart							
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)			
	Messwert (Prozent von Gesamtpyrogen)				Messwert (Prozent von Gesamtpyrogen)			
	Anzahl	Minimum	Median	Maximum	Anzahl	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	46,0	(55,4)	68,2	2	46,7	(48,3)	50,0
September 07	6	32,7	(50,9)	57,1	2	49,1	(50,5)	52,0
November/Dezember 07	6	53,3	(59,4)	65,4	2	48,2	(50,8)	53,3
Februar 08	6	38,5	(74,8)	92,0	2	41,5	(62,8)	84,0
August/September 08	6	87,1	(118,7)	125,6	2	98,4	(101,4)	104,4
November/Dezember 08	6	62,9	(71,7)	78,6	2	55,1	(55,4)	55,6
März 09	6	71,9	(111,3)	125,0	2	97,1	(125,5)	153,8

**Tabelle 24: Bodenhaltung: Prozentualer Anteil der Endotoxinaktivität an der gesamten Pyrogenaktivität; Ermittlung über Verwendung eines sog. Glucanpuffers**

	Schimmelpilze (KBE/m <sup>3</sup> ) in der Volierenhaltung											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Hintergrund Stallumgebung im Nahbereich				Hintergrund Stallumgebung im Fernbereich			
	Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	762,00	2794,50	7874,00	2	3747,00	3842,00	3937,00	2	3874,00	4096,00	4318,00
September 07	6	508,00	2476,50	6858,00	2	381,00	444,50	508,00	2	191,00	476,50	762,00
November/Dezember 07	6	42,67	53,33	1207,00	2	42,67	42,67	42,67	2	42,67	42,67	42,67
Februar 08	6	42,67	159,00	635,00	2	42,67	42,67	42,67	2	36,67	39,67	42,67
Juni 08	6	273,00	508,00	1270,00	2	445,00	1233,00	2021,00	2	64,00	191,00	318,00
August/September 08	6	673,00	875,00	1461,00	2	318,00	318,00	318,00	2	381,00	444,50	508,00
November/Dezember 08	6	66,00	193,00	5255,00	2	71,00	162,50	254,00	2	308,00	344,50	381,00
März 09	6	47,33	555,00	839,00	2	69,00	339,50	610,00	2	71,00	141,50	212,00

**Tabelle 25: Volierenhaltung: Schimmelpilzkonzentrationen im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) im Vergleich zur unbelasteten Außenluft**

	Messart															
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)				Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)				Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)			
	Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	762 (2795)	7874	2	2159 (4270)	6381	1	18540 (18540)	18540	1	7239 (7239)	7239				
September 07	6	508 (2477)	6858	2	1080 (3937)	6794	0	.	.	1	572 (572)	572				
November/Dezember 07	6	43 (53)	1207	2	254 (1556)	2858	0	.	.	1	71 (71)	71				
Februar 08	6	43 (159)	635	2	85 (138)	191	1	159 (159)	159	1	75 (75)	75				
Juni 08	6	273 (508)	1270	2	477 (932)	1386	1	1270 (1270)	1270	1	147 (147)	147				
August/September 08	6	673 (875)	1461	2	254 (699)	1143	0	.	.	1	191 (191)	191				
November/Dezember 08	6	66 (193)	5255	2	132 (198)	263	1	273 (273)	273	0	.	.				
März 09	6	47 (555)	839	2	305 (357)	409	0	.	.	1	1715 (1715)	1715				

	Messart							
	Besondere Tätigkeiten – Einstallen				Besondere Tätigkeiten - Ausstallen			
	Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
April 08 (Ausstallen)	0	.	.	2	254 (508)	762	.	
Mai 08 (Einstallen)	1	224762 (224762)	224762	0	.	.	.	

**Tabelle 26: Volierenhaltung: Schimmelpilzbelastungen im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) – Grundbelastung (stationär) und verschiedene Tätigkeiten**

	Messart															
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)				Messung im Stall - Kotband- Entleerung (stationär)				Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)			
	Messwert (EU/m <sup>3</sup> )				Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	133	(2100)	8524	2	6552	(12748)	18943	1	305	(305)	305	1	207	(207)	207
September 07	6	3448	(3790)	4133	2	4990	(5248)	5505	0	.	.	.	1	34	(34)	34
November/Dezember 07	6	2838	(3095)	4743	2	4743	(8690)	12638	0	.	.	.	1	270	(270)	270
Februar 08	6	324	(614)	924	2	648	(905)	1162	1	924	(924)	924	1	905	(905)	905
Juni 08	6	286	(557)	4190	2	1247	(1290)	1333	1	42	(42)	42	1	11	(11)	11
August/September 08	6	210	(370)	476	2	514	(924)	1333	0	.	.	.	1	11	(11)	11
November/Dezember 08	6	1076	(1655)	2443	2	1429	(2586)	3744	1	7	(7)	7	0	.	.	.
März 09	6	7000	(8089)	10794	2	4112	(5136)	6160	0	.	.	.	1	7149	(7149)	7149

	Messart							
	Besondere Tätigkeiten – Einstallen (personengetragen)				Besondere Tätigkeiten – Ausstallen (personengetragen)			
	Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
April 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	2	33	(101)	169
Mai 08 (Einstallen)	1	667	(667)	667	0	.	.	.

**Tabelle 27: Volierenhaltung: Pyrogenbelastungen im Stall (EU/m<sup>3</sup>) – Grundbelastung (stationär) und verschiedene Tätigkeiten**

	Messart											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)				Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)			
	Messwert (Prozent von Gesamtpyrogen)				Messwert (Prozent von Gesamtpyrogen)				Messwert (Prozent von Gesamtpyrogen)			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	49,7	(77,2)	121,4	2	46,0	(62,0)	77,9	1	100,0	(100,0)	100,0
September 07	6	45,9	(54,4)	64,6	2	47,9	(50,4)	52,9	0	.	.	.
November/Dezember 07	6	86,9	(95,8)	107,4	2	76,5	(85,1)	93,8	0	.	.	.
Februar 08	6	49,5	(93,5)	114,3	2	101,5	(101,6)	101,6	1	92,6	(92,6)	92,6
Juni 08	6	11,1	(82,9)	90,0	2	87,5	(88,4)	89,3	1	84,3	(84,3)	84,3
August/September 08	6	80,0	(100,0)	108,6	2	95,7	(101,6)	107,4	0	.	.	.
November/Dezember 08	6	82,3	(85,8)	95,3	2	53,4	(74,3)	95,2	1	31,3	(31,3)	31,3
März 09	6	55,2	(71,7)	87,7	2	70,9	(96,4)	122,0	0	.	.	.

**Tabelle 28: Volierenhaltung: Anteil der Endotoxine an der Pyrogenaktivität in Prozent; Ermittlung über Verwendung eines sog. Glucanpuffers**

	Schimmelpilze (KBE/m <sup>3</sup> ) in der Kleingruppenhaltung											
	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Hintergrund Stallumgebung im Nahbereich				Hintergrund Stallumgebung im Fernbereich			
	Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	3556,00	4730,50	8889,00	2	5842,00	6159,50	6477,00	2	4318,00	8540,00	12762,00
September 07	6	120,00	889,50	1461,00	2	127,00	254,00	381,00	2	318,00	349,50	381,00
November/Dezember 07	6	42,67	42,67	64,00	2	42,67	84,83	127,00	2	42,67	148,33	254,00
Februar 08	6	38,00	64,00	64,00	1	42,67	42,67	42,67	1	42,67	42,67	42,67
Juni 08	6	381,00	1207,00	2286,00	2	4572,00	5175,00	5778,00	2	1715,00	3660,50	5606,00
August/September 08	6	62,00	766,50	1207,00	2	191,00	381,50	572,00	2	762,00	844,00	926,00
November/Dezember 08	6	318,00	592,00	3620,00	2	198,00	198,00	198,00	2	198,00	289,50	381,00
März 09	6	66,00	251,00	1021,00	2	49,33	56,67	64,00	2	46,00	55,00	64,00

**Tabelle 29: Kleingruppenhaltung: Schimmelpilzkonzentrationen im Stall (KBE/m<sup>3</sup>) im Vergleich zur unbelasteten Außenluft**

	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personenge-tragen)				Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)				Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)			
	Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	3556	(4731)	8889	2	11302	(29778)	48254	1	714286	(714286)	714286	1	1905	(1905)	1905
September 07	6	120	(890)	1461	2	445	(636)	826	1	66667	(66667)	66667	1	254	(254)	254
Novem-ber/Dezember 07	6	43	(43)	64	2	43	(117)	191	1	191	(191)	191	1	1461	(1461)	1461
Februar 08	6	38	(64)	64	1	43	(43)	43	1	1319	(1319)	1319	1	64	(64)	64
Juni 08	6	381	(1207)	2286	2	8064	(32032)	56000	1	1059	(1059)	1059	1	4635	(4635)	4635
August/September 08	6	62	(767)	1207	2	142	(276)	409	0	.	.	.	1	445	(445)	445
Novem-ber/Dezember 08	6	318	(592)	3620	2	592	(789)	986	1	12000	(12000)	12000	1	127	(127)	127
März 09	6	66	(251)	1021	2	142	(186)	229	1	1143	(1143)	1143	1	953	(953)	953

	Messart							
	Besondere Tätigkeiten – Einstallen (personenge-tragen)				Besondere Tätigkeiten – Ausstallen (personenge-tragen)			
	Messwert (KBE/m <sup>3</sup> )				Messwert			
	Anzahl	Minimum	Median	Maximum	Anzahl	Minimum	Median	Maximum
März 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	2	4826	(5429)	6032
April 08 (Einstallen)	2	762	(881)	1000	0	.	.	.

**Tabelle 30: Kleingruppenhaltung: Schimmelpilzbelastungen im Stall (KBE/m<sup>3</sup>)– Grundbelastung (stationäre Messung) und verschiedene Tätigkeiten**

	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)			Messung im Stall - Kotband-Entleerung (stationär)			Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)					
	Messwert (EU/m <sup>3</sup> )				Messwert			Messwert			Messwert					
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	3600	(4581)	7304	2	4581	(9371)	14162	1	36952	(36952)	36952	1	76	(76)	76
September 07	6	895	(1410)	1990	2	1314	(1462)	1610	1	3048	(3048)	3048	1	29	(29)	29
Novem- ber/Dezember 07	6	3	(967)	1324	2	4	(430)	857	1	14514	(14514)	14514	1	67	(67)	67
Februar 08	6	476	(695)	876	1	876	(876)	876	1	2198	(2198)	2198	1	23	(23)	23
Juni 08	6	124	(214)	416	2	114	(1029)	1943	1	545	(545)	545	1	4	(4)	4
August/September 08	6	120	(162)	413	2	148	(156)	163	0	.	.	.	1	62	(62)	62
Novem- ber/Dezember 08	6	0	(174)	971	2	207	(256)	305	1	3349	(3349)	3349	1	9	(9)	9
März 09	6	741	(999)	1908	2	720	(966)	1211	1	2457	(2457)	2457	1	36	(36)	36

	Besondere Tätigkeiten – Einstallen (personengetragen)				Besondere Tätigkeiten – Ausstallen (personengetragen)			
	Messwert (EU/m <sup>3</sup> )				Messwert			
	Anzahl	Minimum	Median	Maximum	Anzahl	Minimum	Median	Maximum
März 08 (Ausstallen)	0	.	.	.	2	2069	(3059)	4049
April 08 (Einstallen)	2	5562	(5577)	5593	0	.	.	.

**Tabelle 31: Kleingruppenhaltung: Pyrogenbelastungen im Stall (EU/m<sup>3</sup>) – Grundbelastung (stationär) und verschiedene Tätigkeiten**

	Messung im Stall/Arbeitsgang (stationär)				Messung im Stall - Kontrollgang (personengetragen)				Messung im Stall - Kotband- Entleerung (stationär)				Messung im Vorraum - Eiersortierung (stationär)			
	Messwert (EU/m <sup>3</sup> )				Messwert				Messwert				Messwert			
	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum	n	Minimum	Median	Maximum
Juni/Juli 07	6	44,1	(53,0)	63,2	2	44,1	(48,1)	52,1	1	49,3	(49,3)	49,3	1	62,5	(62,5)	62,5
September 07	6	56,0	(63,3)	69,0	2	62,3	(63,1)	63,9	1	71,9	(71,9)	71,9	1	166,7	(166,7)	166,7
Novem- ber/Dezember 07	6	9,4	(106,8)	125,2	2	76,9	(82,9)	88,9	1	77,0	(77,0)	77,0	1	85,7	(85,7)	85,7
Februar 08	6	77,2	(87,5)	94,9	1	77,2	(77,2)	77,2	1	44,0	(44,0)	44,0	1	91,7	(91,7)	91,7
Juni 08	6	85,4	(89,2)	123,1	2	84,4	(92,2)	100,0	1	63,2	(63,2)	63,2	1	100,0	(100,0)	100,0
August/September 08	6	23,1	(106,2)	116,7	2	100,0	(103,1)	106,3	0				1	79,8	(79,8)	79,8
Novem- ber/Dezember 08	6	91,7	(100,6)	137,0	2	95,2	(96,2)	97,1	1	33,2	(33,2)	33,2	1	76,3	(76,3)	76,3
März 09	6	78,1	(85,5)	103,1	2	84,7	(97,3)	109,9	1	78,1	(78,1)	78,1	1	21,4	(21,4)	21,4

	Besondere Tätigkeiten - Einstallen				Besondere Tätigkeiten - Ausstallen			
	Messwert(EU/m <sup>3</sup> )				Messwert			
	Anzahl	Minimum	Median	Maximum	Anzahl	Minimum	Median	Maximum
März 08 (Ausstallen)	0				2	24,4	(32,8)	41,2
April 08 (Einstallen)	2	61,7	(63,9)	66,1	0			

**Tabelle 32: Kleingruppenhaltung: Anteil der Endotoxinaktivität an der Pyrogenaktivität in Prozent; Ermittlung über Verwendung eines sog. Glucanpuffers**

## **4.2 Modul A2 – Ermittlung von Bakterien und Endotoxinen in der Luft am Arbeitsplatz**

### **4.2.1 Fragestellungen**

Modul A2 bildete mit stationären Messungen der luftgetragenen Mikroorganismen und Endotoxine im Stall die Datengrundlage zur Ermittlung von Umfang und Höhe luftgetragener Keimbelastungen und Gasemissionen (Frage 1a und 1c).

### **4.2.2 Messrhythmus und Methoden**

Die vier verschiedenen Probenahmeställe wurden für die stationären Messungen im wöchentlichen Wechsel angefahren, so dass pro Monat mindestens eine Messung in jeder Haltungform durchgeführt werden konnte. Die Messkampagne wurde im Juni 2007 begonnen und im August 2009 beendet, der entstandene Datensatz umfasst folglich Messergebnisse aus 27 Monaten. Messausfälle gab es nur während des Leerstandes der Ställe nach Ausstallung, und wenn den Betreibern aus anderen Gründen eine Begehung der Legehennenhaltung nicht zugemutet werden konnte. Besonders aufgrund der erhöhten Nachfrage nach Eiern durch die Verbraucher in den Wochen um Ostern und Weihnachten war die Arbeitsbelastung auf den Betrieben in diesen Zeiträumen häufig so hoch, dass nur wenige Messungen in den Monaten März, April und Mai sowie November, Dezember und Januar erfolgen konnten.

Der Beginn der Messkampagne war in der Freilandhaltung dadurch gekennzeichnet, dass die Hennen erst drei Wochen zuvor eingestallt wurden und sich noch in der Eingewöhnungsphase befanden. Entsprechend hatten sie noch keinen Zugang zu Wintergarten (Scharraum) oder Freifläche. Auch in der Bodenhaltung wurden vergleichsweise junge Hennen vorgefunden (6. Woche im Stall), der Scharrbereich war entsprechend in der Bodenhaltung war noch nicht eingestreut. Die Legeperioden der Hennen in der Kleingruppenhaltung und der Volierenhaltung waren dagegen zu Beginn der Messungen schon weiter fortgeschritten (28. bzw. 21. Woche im Stall), und den Hennen in der Volierenhaltung stand ein eingestreuter Scharrbereich zur Verfügung.

Zur Sammlung der Keime wurden Impinger vom Typ AGI 30 benutzt. Dieses Verfahren weist bei Messungen in Ställen in der Regel die höchsten Keimausbeuten auf [5,6] und gilt als hinreichend schonend für die gesammelten Keime. Pro Messtermin

und Probeort wurden 4 x 2 Parallelproben gezogen. In sechs Impingern wurde dabei Phosphatpuffer verwendet, um einer Verschiebung des pH-Wertes durch den hohen Ammoniakgehalt in der Stallluft vorzubeugen. Zur Anreicherung von luftgetragenen Salmonellen und *Campylobacter* wurde je ein Impinger mit Peptonwasser bzw. Boltonbouillon beschickt. Die Messstationen wurden so aufgebaut, dass sich die Ansaugöffnungen der Waschflaschen auf der mittleren Einatemhöhe des Menschen, 150 cm über dem Boden befanden. Die Öffnungen wurden außerdem zu Beginn der Messung zur Stallmitte hin orientiert. Während der Messungen wurden die Impinger in auf 15 °C temperierten Aluminiumbehältern gehalten, um die Sammelbedingungen bei jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen im Stallinnenraum angleichen zu können.

Nach Beendigung der Probennahme wurden die Impinger abgedeckt und gekühlt ins Labor transportiert, wo anschließend die mikrobiologische Aufarbeitung erfolgte.

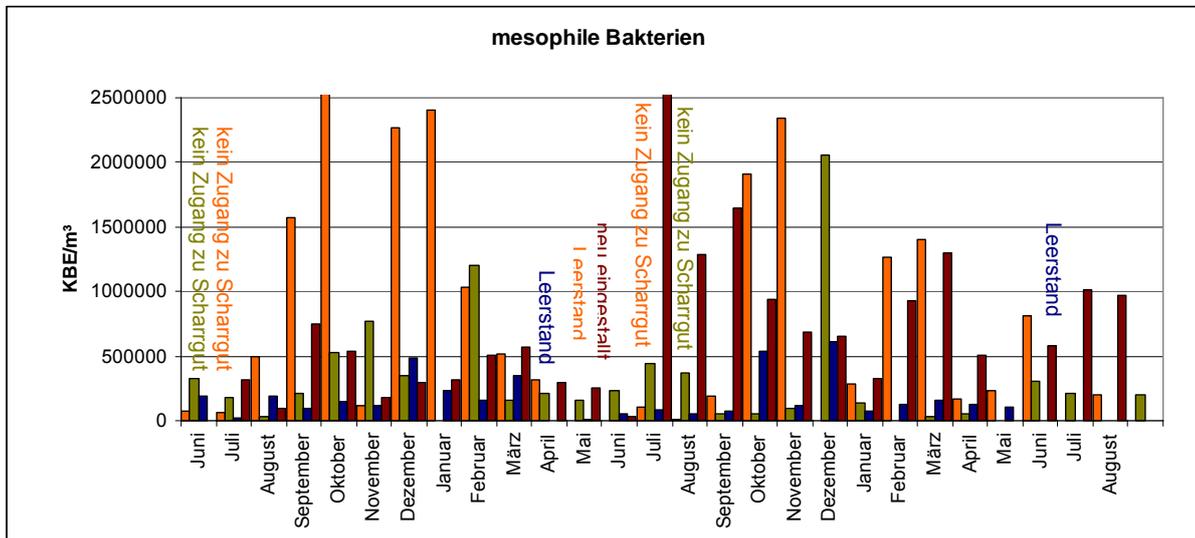
#### **4.2.3 Bestimmung der luftgetragenen Gesamtbakterienzahl**

Zur Bestimmung der Gesamtbakterienzahl wurde ein das allgemeine Wachstum der meisten aeroben Keime fördernder Blutagar (Oxoid Ltd., Basingstoke, England) eingesetzt.

Dazu wurden aus den Probelösungen in den Impingern Verdünnungsreihen angelegt und von diesen Aliquots von 100µl entnommen und in jeweils drei Ansätzen auf den Nährboden ausgespatelt. Nach Bebrütung der Proben für 48 Stunden bei 36° C wurden die koloniebildenden Einheiten (KBE) ausgezählt und ihre Konzentration auf das Probevolumen umgerechnet. Die derart ermittelte Gesamtbakterienzahl entspricht somit der Konzentration der luftgetragenen mesophilen, aeroben und kultivierbaren Bakterien. Schimmelpilze und Hefen wurden bei der Bestimmung der Gesamtkeimzahl nicht berücksichtigt.

In der Zusammenschau der ermittelten Gesamtbakterienkonzentrationen lässt sich ein deutlicher Unterschied in der durchschnittlichen Keimbelastung der Luft zwischen den untersuchten alternativen Haltungformen erkennen (Abbildung 26). Die höchsten Gehalte an Gesamtbakterien ließen sich regelmäßig bei der Bodenhaltung feststellen, gefolgt von der Volierenhaltung, der Freilandhaltung und der Kleingruppenhaltung. Ebenfalls zu erkennen ist eine saisonale Abhängigkeit der Bakterienkonzentrationen. Die höchsten Werte fanden sich in den kalten Jahreszeiten, wenn der Luftaustausch zur Vermeidung von zu hohen Wärmeverlusten betriebsseitig auf ein Minimum reduziert war. Makroskopisch wiesen die Kolonien die höchste morphologische Vielfalt auf, die aus den Luftproben der Freilandhaltung isoliert wurden. Zugleich wurde hier ein deutlich höherer Anteil

der ausgezählten Kolonien der Gattung *Bacillus* zu geordnet als bei Luftproben der übrigen Haltungsformen<sup>5</sup>. Eine über die Bestimmung der Kolonieform hinausgehende genaue Analyse des Bakterienspektrums erfolgte an dieser Stelle noch nicht.



**Abbildung 26: Darstellung der Konzentrationen an luftgetragenen mesophilen, aeroben und kultivierbaren Bakterien (Gesamtbakterien) in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen** (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=18 Bestimmungen pro Termin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.

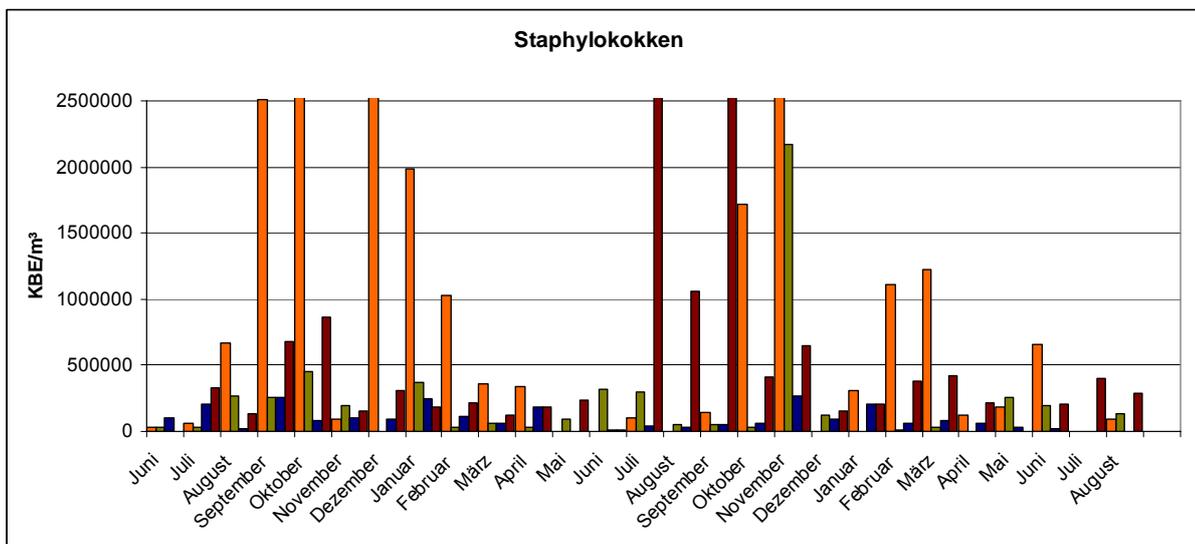
#### 4.2.4 Bestimmung der luftgetragenen Staphylokokken

Die Zahl an luftgetragenen Staphylokokken wurde durch Anzucht auf einem Selektivnährboden bestimmt. Dazu wurden aus den Probelösungen in den Impingern Verdünnungsreihen angelegt und von diesen Aliquots von 100µl entnommen und in jeweils drei Ansätzen auf Mannit-Kochsalz-Agar (Oxoid, Wesel) ausplattiert. Nach Bebrütung bei 36° C für 48 Stunden konnten die koloniebildenden Einheiten nach den minimalen Standards [7] bis zur Gattung bestimmt werden. Eine weitere Differenzierung erfolgte über Stoffwechselleistungen mit dem API-System (BioMerieux, Frankreich). Die Konzentrationen der luftgetragenen Staphylokokken wiesen ein den Konzentrationen der mesophilen, aeroben und kultivierbaren Bakterien sehr ähnlichen Verlauf auf (Abbildung 27). Auch hier wurden die höchsten Werte zumeist für die Bodenhaltung gefunden, gefolgt von der Volierenhaltung, der Freilandhaltung und der Kleingruppenhaltung. Tatsächlich machten die luftgetragenen Staphylokokken einen Großteil der mesophilen, aerob kultiv-

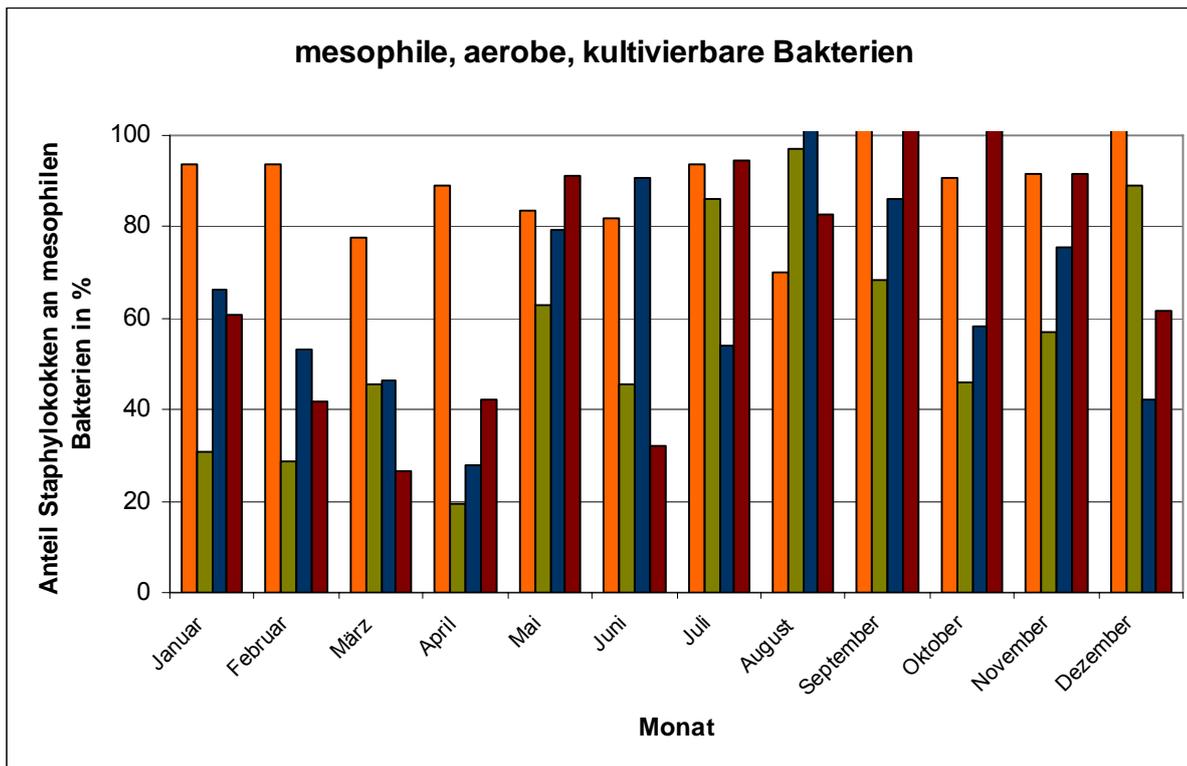
<sup>5</sup> Die Zuordnung erfolgte auf der Basis der Kolonieform.

vierbaren Bakterien aus, wobei sich die Höhe des Staphylokokken-Anteils zwischen den Haltungssystemen unterschied (Abbildung 28).

Während bei der Bodenhaltung die Bakterienfracht der Luft nahezu vollständig aus Staphylokokken zu bestehen scheint und auch bei der Volieren- und der Kleingruppenhaltung die Staphylokokken dominieren, deutet sich bei der Freilandhaltung – mutmaßlich durch den vermehrten Austausch mit der Außenwelt – ein diverseres Spektrum an. Hier machen die Staphylokokken durchschnittlich nur etwa 50 % der Gesamtbakterien aus.



**Abbildung 27: Darstellung der Konzentrationen an luftgetragenen Staphylokokken in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen** (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=18 Bestimmungen pro Termin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.



**Abbildung 28: Mittlerer Anteil der gefundenen Staphylokokken an detektierten mesophilen Gesamtbakterien im Jahresverlauf in den untersuchten Legehennenhaltungssystemen (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung).**

Von den gefundenen und mit dem API-Staph Kit (Bio Merieux, Frankreich) näher identifizierten Staphylokokken ergab sich anhand der StoffwechsellLeistungen für über 80% eine Zuordnung zu Species *Staphylococcus xylosus*. In geringeren Zahlen wurden in der Luft der Legehennenställe *S. arlettae*, *S. warneri*, *S. cohnii*, *S. lentus* und darüber hinaus in der Volierenhaltung insgesamt dreimal *S. aureus* nachgewiesen. Die drei *S. aureus*-Isolate wurden im Hinblick auf das zur Zeit stark diskutierte Vorkommen von MRSA (Methicillin resistente *S. aureus*) in Tierställen zusätzlich auf ihr Resistenzspektrum getestet, erwiesen sich jedoch als sensitiv gegenüber Antibiotika (MSSA).

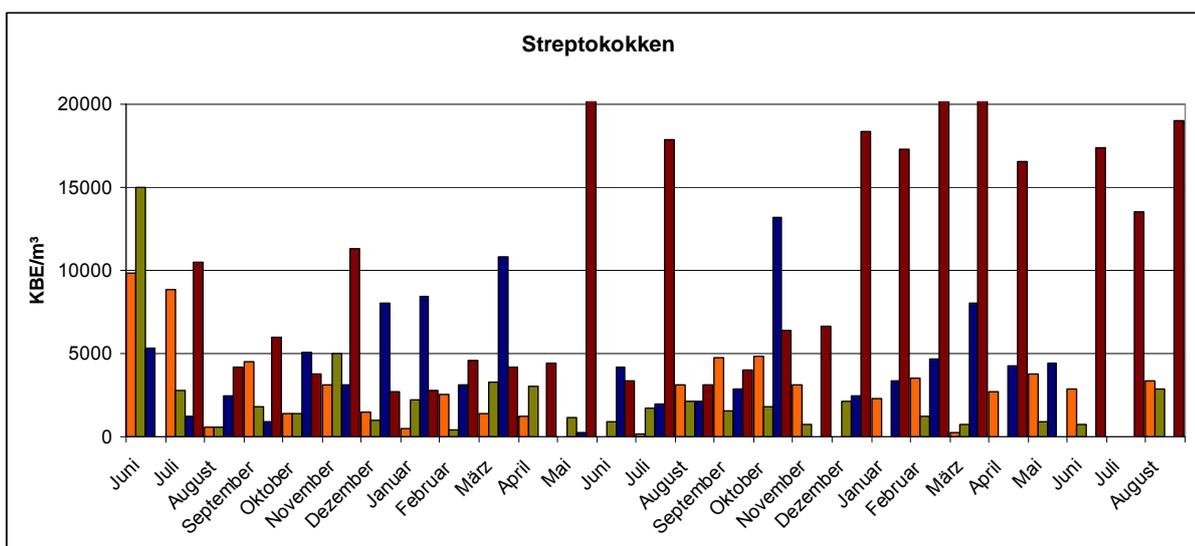
#### **4.2.5 Bestimmung der luftgetragenen hämolysierenden Streptokokken**

Der Anteil an Streptokokken wurde durch Bebrütung bei 36° C in 5%iger CO<sub>2</sub>-Atmosphäre bestimmt. Es wurden Verdünnungsreihen aus den Probelösungen in den Impingern angelegt und von diesen Aliquots von 100µl entnommen und in jeweils drei Ansätzen auf den Nährboden (Schafsblut-Agar mit Azid) ausgespatelt.

Nach 96stündiger Bebrütung wurden die hämolysierenden koloniebildenden Einheiten ausgezählt und mittels mikroskopischer Untersuchung und API-System weiter

differenziert.

Die Speziesbestimmung mittels API-System ergab in 90% der Fälle *Aerococcus viridans* (*A. viridans* 1, *A. viridans* 2, *A. viridans* 3), die übrigen Isolate ließen sich als Enterokokken (*Enterococcus gallinarum*, *E. faecium* und *E. faecalis*) oder *Streptococcus acidominimus* identifizieren. Eine weitergehende Quantifizierung der gefundenen Spezies fand nicht statt, die Enterokokkenkonzentrationen wurde jedoch durch die gesonderte Verwendung eines Selektivmediums bestimmt (4.2.4). Den weitaus höchsten Gehalt an hämolysierenden Streptokokken zeigte die Volierenhaltung, gefolgt von der Kleingruppenhaltung (Abbildung 29). Der Gehalt an hämolysierenden Streptokokken in der Luft der Freiland- und der Bodenhaltung lag im Verlauf des Messzeitraumes meist deutlich darunter. Eine saisonale Abhängigkeit der Konzentrationen in der Stallluft lässt sich dabei nicht erkennen.



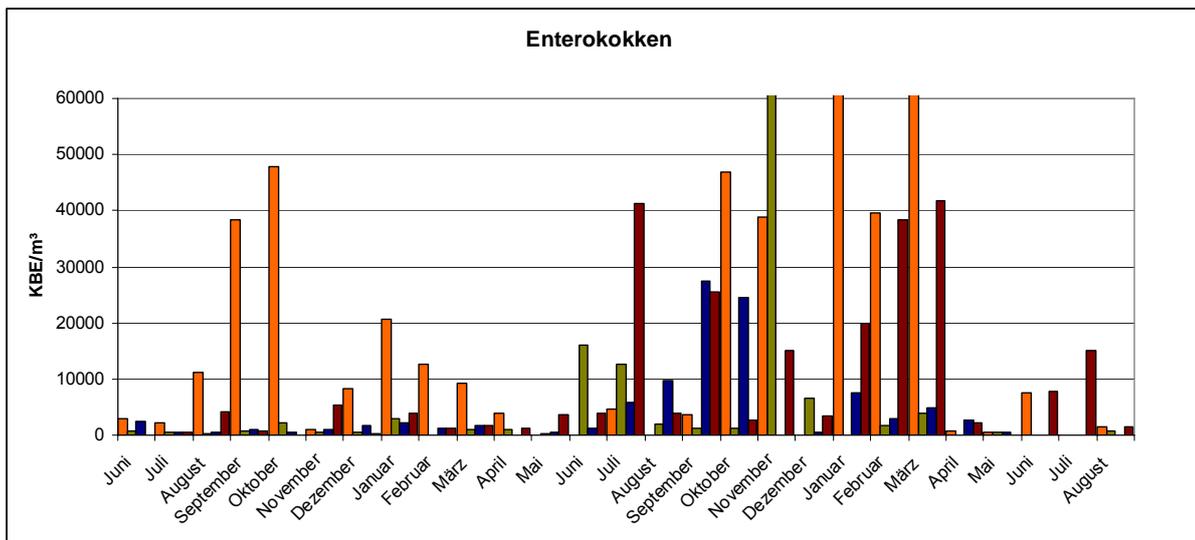
**Abbildung 29: Darstellung der Konzentrationen an luftgetragenen Streptokokken in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen** (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=18 Bestimmungen pro Termin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.

#### 4.2.6 Bestimmung der luftgetragenen Enterokokken

Die Zahl an luftgetragenen Enterokokken wurde durch Anzucht auf einem Selektivnährboden bestimmt. Dazu wurden aus den Probelösungen in den Impingern Verdünnungsreihen angelegt und von diesen Aliquots von 100µl entnommen und in jeweils drei Ansätzen auf Enterococcosel<sup>®</sup>-Agar (Oxoid, Wesel) ausplattiert. Nach Bebrütung bei 36° C für

48 Stunden konnten die koloniebildenden Einheiten ausgezählt werden. Eine weitere Differenzierung erfolgte hier nicht.

Anders als bei den Gesamtbakterien oder Staphylokokken lassen sich bei den Enterokokken keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Haltungssystemen feststellen, jedoch weist auch hier die Bodenhaltung regelmäßig die höchsten Werte auf (Abbildung 30).



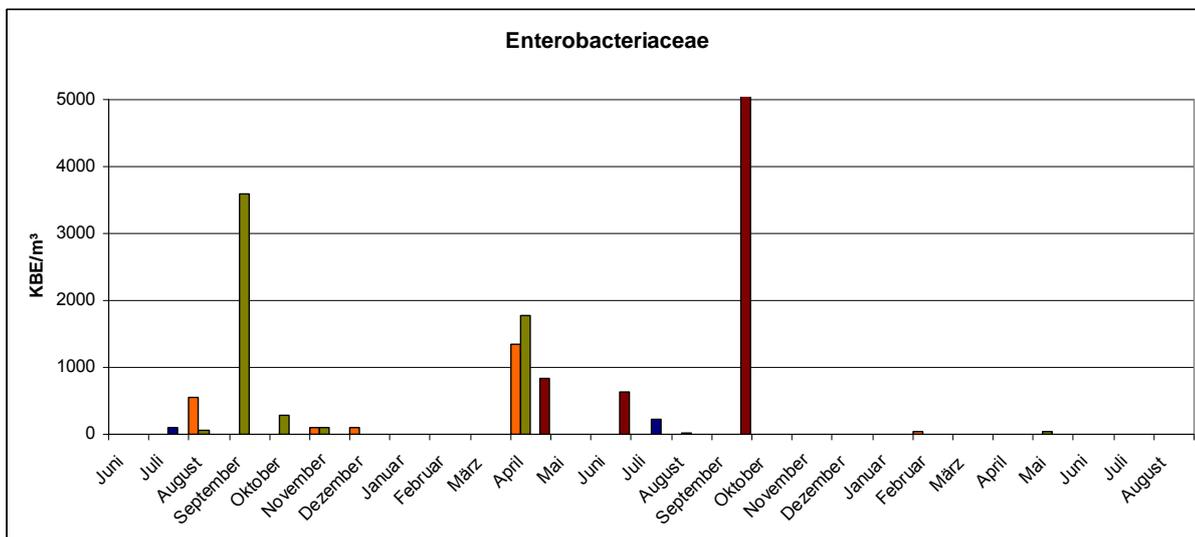
**Abbildung 30: Darstellung der Konzentrationen an luftgetragenen Enterokokken in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen** (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingurppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=18 Bestimmungen pro Termin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.

#### 4.2.7 Bestimmung der luftgetragenen Enterobacteriaceae

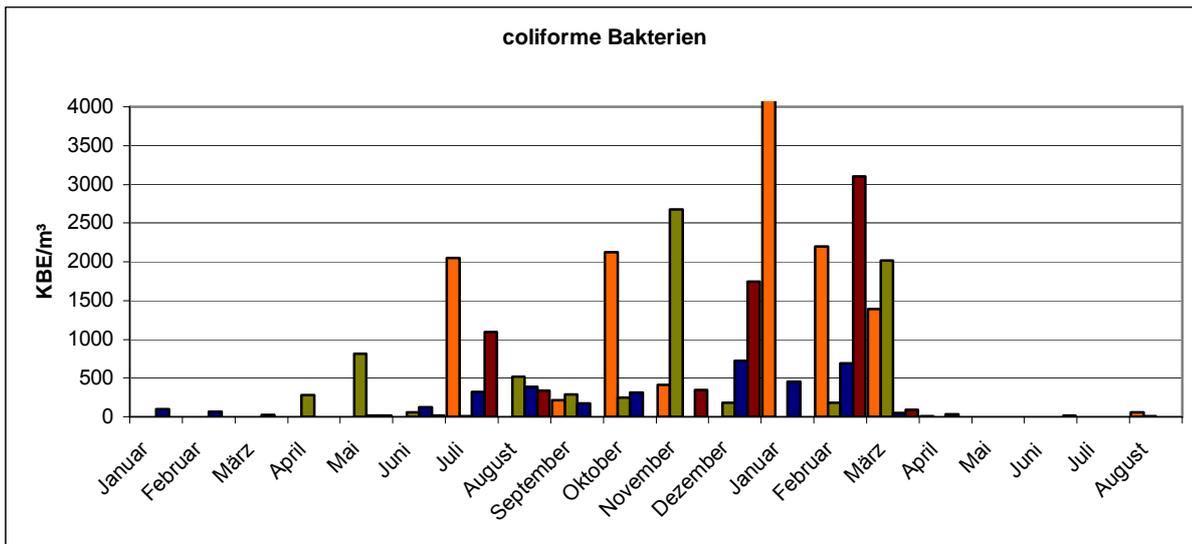
Die Bestimmung der Enterobacteriaceae erfolgte auf Selektivmedium (McConkey, Oxoid, Wesel und EndoC-Agar, Oxoid, Wesel). Dazu wurden Aliquots von 100µl jeder Probelösung auf den Nährboden ausplattiert. Um auch Enterobacteriaceae-Konzentrationen in der Stallluft unterhalb der Nachweisgrenze des Impingements (ca. 300 KBE/m<sup>3</sup>) nachweisen zu können, wurden ab Januar 2008 Luftproben im Stall auf 150 cm Höhe mit einem Impaktor (MLE, Dresden) genommen und direkt auf Selektivmedien (EndoC-Agar, Oxoid, Wesel) abgeschieden. Alle Platten wurden 48 Stunden bei 36 °C bebrütet und die koloniebildenden Einheiten anschließend ausgezählt. Escherichia coli Kolonien konnten über charakteristische Farb- und Formgebung auf dem Selektivmedium diskriminiert werden und wurden gesondert ausgezählt.

Wie schon im ersten Zwischenbericht dargestellt, lassen die mit dem Impingement erhaltenen Werte für die Konzentrationen an luftgetragenen Enterobacteriaceae, abgebildet in Abbildung 31, in den vier Ställen keine Aussagen zu Unterschieden zwischen den Hal-

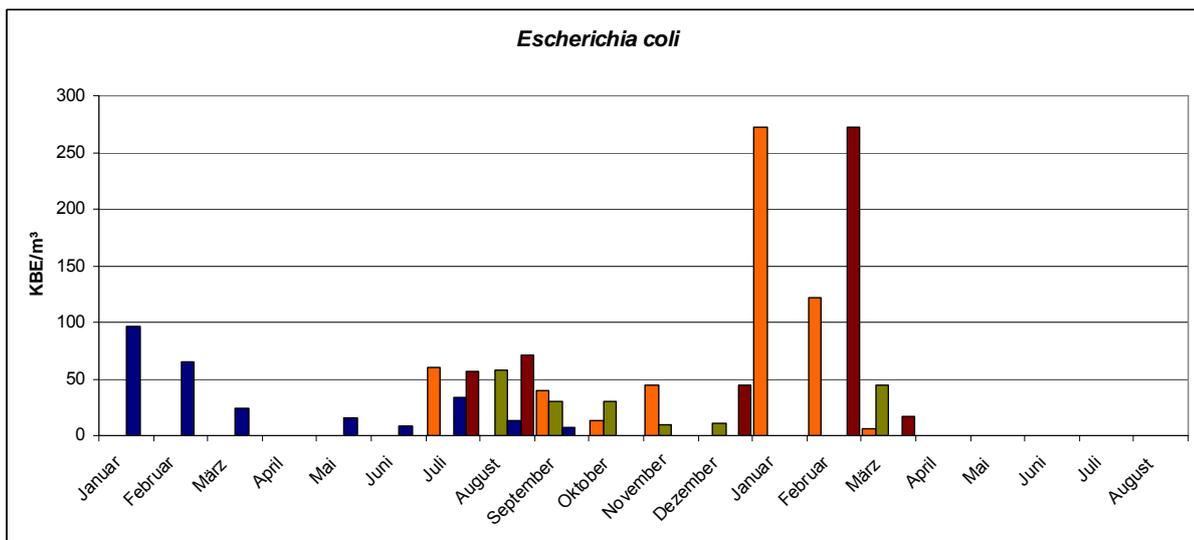
tungssystemen zu. Die ab 2008 mittels Impaktion ermittelten Konzentrationen an coliformen Keimen und speziell *Escherichia coli* in den vier untersuchten Haltungssystemen sind in Abbildung 32 und Abbildung 33 im Jahresverlauf dargestellt. Wie schon bei den zuvor behandelten Bakterienspezies weist auch hier die Luft der Bodenhaltung die höchsten Keimkonzentrationen auf und die Kleingruppenhaltung die niedrigsten Konzentrationen. Von den n=144 im Jahr 2008 gezogenen Luftproben zeigten nur 39 einen Gehalt an coliformen Bakterien von über 500 KBE/m<sup>3</sup>. Unter diesen waren alle vier Haltungssysteme vertreten, so dass anhand der Datenlage nicht bestimmt werden kann, welche Haltungssystem sich günstig auf die Konzentrationen an luftgetragenen coliformen Bakterien auswirkt. Gleiches gilt auch für die Konzentrationen von *Escherichia coli*. Insgesamt schwanken die Konzentrationen innerhalb des relativ niedrigen Konzentrationsbereiches von 0 bis 300 KBE/m<sup>3</sup> in allen Haltungssystemen zu stark, um eine eindeutige Unterscheidung zwischen den Haltungssystemen treffen zu können.



**Abbildung 31: Darstellung der Konzentrationen an luftgetragenen Enterobacteriaceae in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen** (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=18 Bestimmungen pro Termin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.



**Abbildung 32:** Darstellung der Konzentrationen an luftgetragenen coliformen Bakterien in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingurppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=3 Bestimmungen pro Messtermin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.



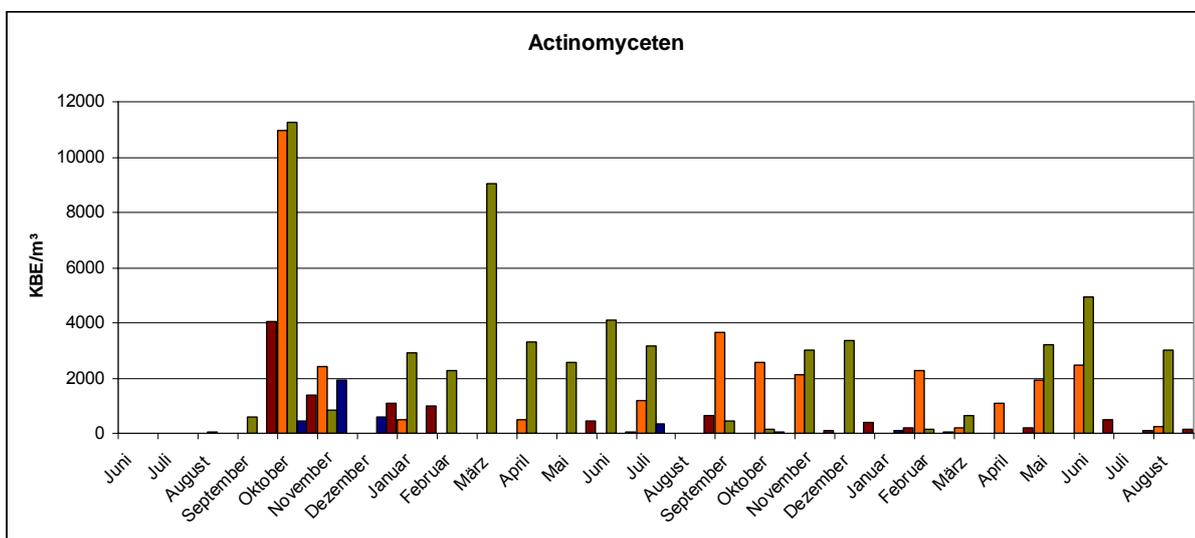
**Abbildung 33:** Darstellung der Konzentrationen an luftgetragenen *Escherichia coli* in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingurppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=3 Bestimmungen pro Messtermin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.

#### 4.2.8 Bestimmung der luftgetragenen Actinomyceten

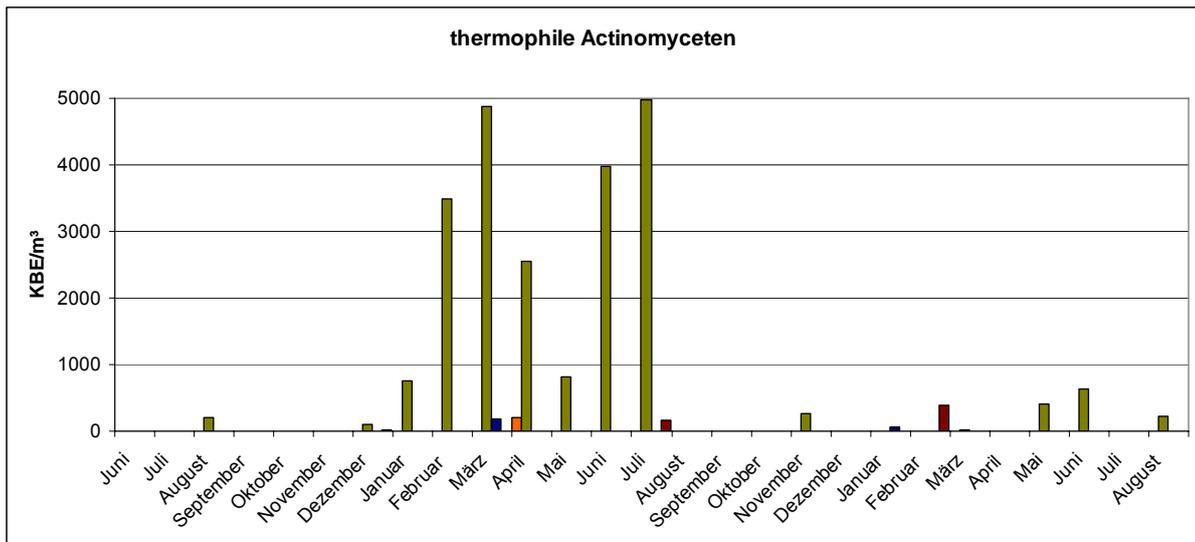
Der Anteil an Actinomyceten wurde durch Bebrütung bei 25 °C und der Anteil an thermophilen Actinomyceten durch Bebrütung bei 50° ermittelt. Es wurden Verdünnungsreihen aus den Probelösungen in den Impingern angelegt, von diesen Aliquots von 100µl entnommen und in jeweils drei Ansätzen auf den Nährboden (Actinomyceten-Agar) aus-

gespatelt. Nach drei- bzw. siebentägiger Bebrütung wurden die koloniebildenden Einheiten ausgezählt. Eine weitere Differenzierung erfolgte hier nicht.

Bei Betrachtung des Gehaltes an Actinomyceten in der Stallluft weist die Freilandhaltung regelmäßig die höchsten Konzentrationen auf. Auch in der Luft der Bodenhaltung konnten häufig Actinomyceten nachgewiesen werden, während in der Volieren- und der Kleingruppenhaltung Actinomyceten seltener und in geringeren Konzentrationen auftraten (Abbildung 34). Deutlicher werden diese Unterschiede in der Darstellung der gefundenen luftgetragenen thermophilen Actinomyceten: hierbei war die Freilandhaltung die einzige Haltungsform, für die diese häufig nachgewiesen werden konnten (Abbildung 35).



**Abbildung 34: Darstellung der Konzentrationen an luftgetragenen Actinomyceten in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen** (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=12 Bestimmungen pro Messtermin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.



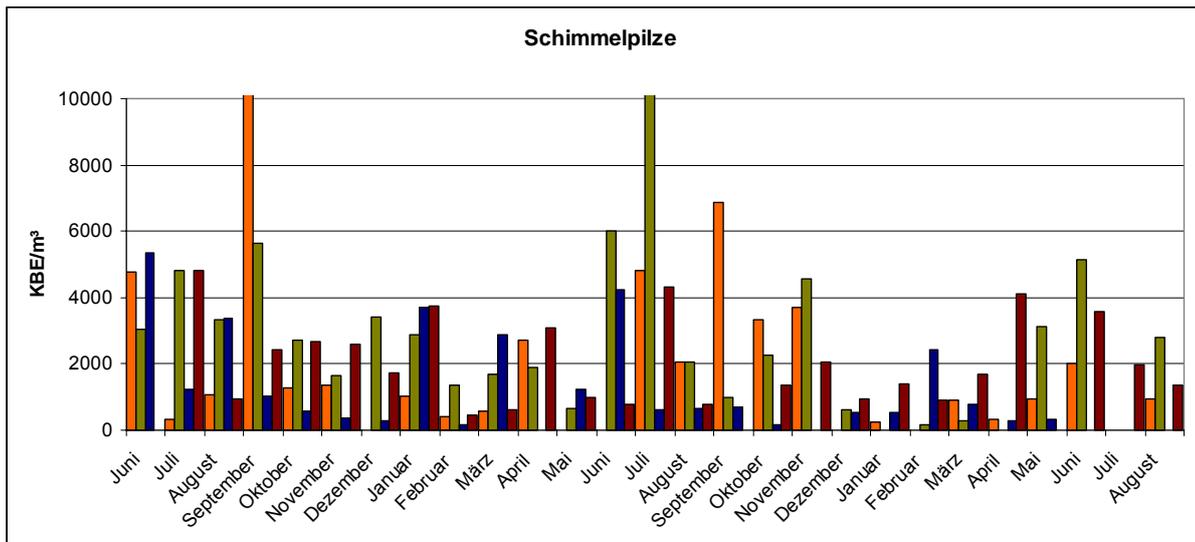
**Abbildung 35: Darstellung der Konzentrationen an luftgetragenen thermophilen Actinomyceten in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen** (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=6 Bestimmungen pro Messtermin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.

#### 4.2.9 Bestimmung der luftgetragenen Schimmelpilze

Die Bestimmung der Schimmelpilze erfolgte auf Selektivmedium (DG-18, Oxoid, Wesel). Dazu wurden Aliquots von 100µl jeder Probelösung auf den Nährboden ausplattiert. Die Platten wurden 96 Stunden bei 25 °C bebrütet und die koloniebildenden Einheiten anschließend ausgezählt. Auf eine weitere Differenzierung wurde verzichtet.

Bei den Konzentrationen der luftgetragenen Schimmelpilze lassen sich keine eindeutigen Unterschiede zwischen den untersuchten Legehennenhaltungssystemen erkennen. Hohe Konzentrationen wurden häufig für die Freilandhaltung gefunden, aber auch in den anderen Haltungssystemen wurden regelmäßig und besonders in den Sommer- und Herbstmonaten Konzentrationen von mehr als 1000 KBE Schimmelpilze pro Kubikmeter Luft gefunden. Der saisonale Verlauf der gefundenen Schimmelpilzkonzentration ist allen Haltungssystemen gemein: In den Vegetationsphasen im Sommer und Herbst, wenn auch in der Umwelt viel verrottbares organisches Material anfällt und entsprechend hohes Schimmelpilzvorkommen zu erwarten ist, steigen die Konzentrationen in der Stallluft ebenfalls an.

**(Abbildung 36)**



**Abbildung 36: Darstellung der luftgetragenen Schimmelpilze in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen** (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=18 Bestimmungen pro Messtermin) der gefundenen KBE pro m<sup>3</sup> dar.

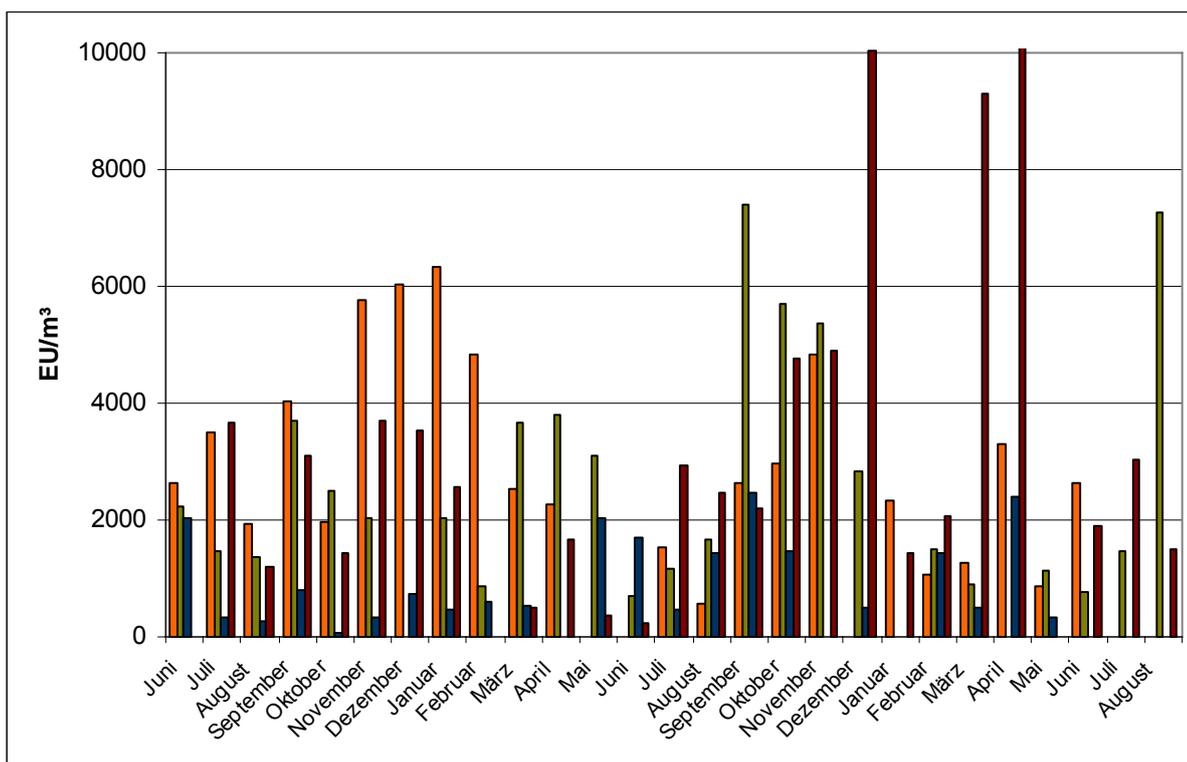
#### 4.2.10 Detektion von luftgetragenen Salmonellen und Campylobacter

Die Nährlösungen aus den Impingern, Peptonwasser und Boltonbouillon, wurden nach der Probenahme und dem Transport in sterile Schraubgefäße umgefüllt und für 24 Stunden bei 36 bzw. 42 °C bebrütet. Nach dieser Voranreicherung wurden Aliquots von jeweils 100 µl auf entsprechende Selektivnährmedien (MSRV- und CCDA-Agar, Oxoid Wesel) gegeben, um bei Koloniebildung nach weiterer Inkubation bei 42 °C für 24 Stunden einen qualitativen Nachweis dieser Keime führen zu können. Zur Kontrolle wurden zusätzlich Kotproben entnommen. Während in diesen *Campylobacter* in jeder der Haltungsformen nachgewiesen werden konnten, waren die vier untersuchten Betriebe im gesamten Untersuchungszeitraum *Salmonella* negativ. Die aus der Stallluft gewonnenen Proben waren stets ohne Befund, es konnte keine der beiden Spezies aerogen nachgewiesen werden.

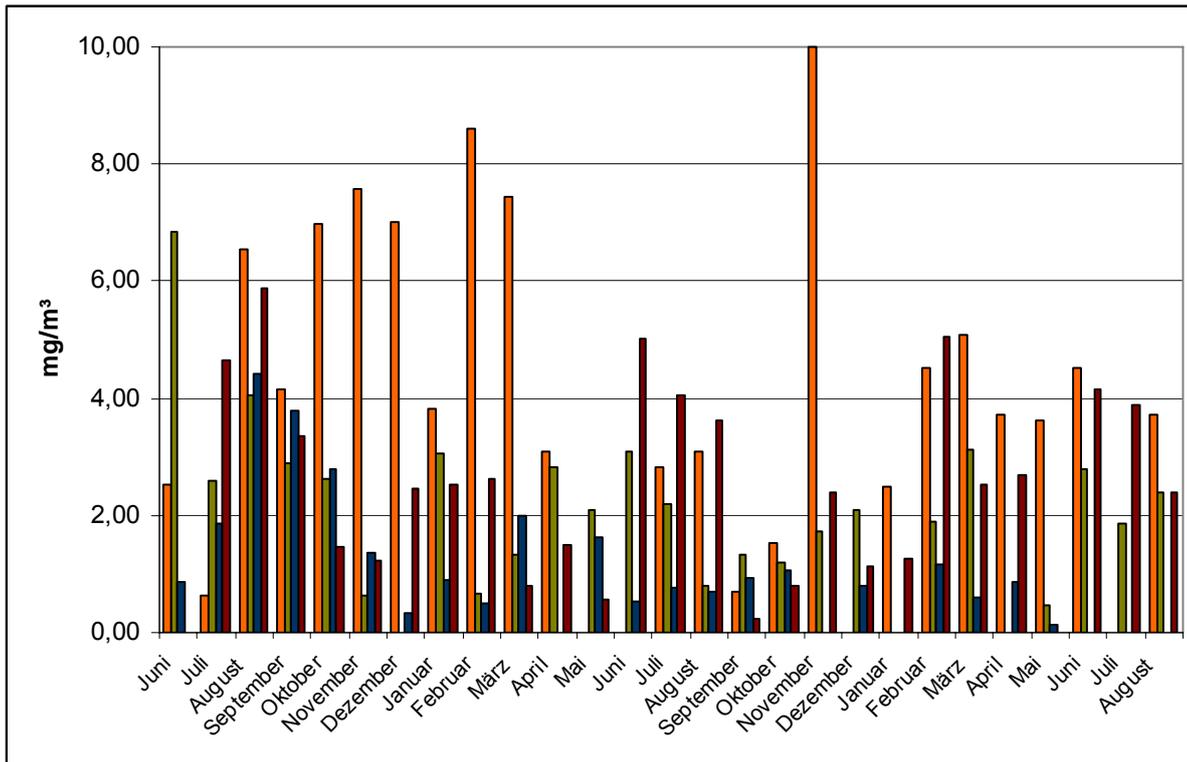
#### 4.2.11 Bestimmung von luftgetragenen Endotoxinen und einatembarem Staub

Luftgetragene Endotoxine wurden stationär in 150 cm Höhe in der Mitte des Arbeitsganges mittels Filtrationstechnik gesammelt. Dazu wurden die Endotoxine auf einem Glasfaserfilter in einem I.O.M-Sammelkopf mit einer Durchflussgeschwindigkeit von 2,5 l/min (Universal-Pumpe, SKC, Dorset, UK) abgeschieden und im Labor mittels Limulus-Amöbozyten-Lysat-Test (chromogen-kinetischer KQCL-Test, Lonza, Walkersville, USA) nachgewiesen und ihre Konzentrationen anhand des Luftprobenvolumens in EU/m<sup>3</sup> um-

gerechnet. Die verwendeten Filter wurden vor und nach der Probenahme bei konstant 20 °C und 60% relativer Luftfeuchte ausgewogen und so indirekt durch Berechnung der Gewichtszunahme pro Luftprobenvolumen der Gehalt an einatembarem Staub in mg pro Kubikmeter ermittelt. Bei den derart ermittelten Konzentrationen an einatembarem Staub in der Stallluft (Abbildung 38) weist die Kleingruppenhaltung die niedrigsten Werte auf, höhere Werte zeigen die beiden Haltungsformen mit innen liegendem Scharrraum. Eine lüftungsabhängige respektive saisonal verlaufende Tendenz lässt sich hier nicht erkennen. Ähnliches gilt für die Konzentrationen der luftgetragenen Endotoxine (Abbildung 37), hier steigen jedoch die Konzentrationen bei der Boden- und der Freilandhaltung zu den Wintermonaten hin leicht an.



**Abbildung 37: Darstellung der Konzentrationen luftgetragener Endotoxine in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen** (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung).. Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=3 Bestimmungen pro Messtermin) der gefundenen EU (=Endotoxin Units) pro m<sup>3</sup> dar.



**Abbildung 38:** Darstellung der Konzentrationen luftgetragenen einatembaren Staubes (bestimmt durch Auswiegen der für die Endotoxinbestimmung verwendeten Glasfaserfilter) in den vier untersuchten Legehennenhaltungssystemen (orange=Bodenhaltung, grün=Freilandhaltung, blau=Kleingruppenhaltung, rot=Volierenhaltung). Die Säulen stellen jeweils den Wert des arithmetischen Mittels (n=3 Bestimmungen pro Messtermin) der gefundenen mg pro m<sup>3</sup> dar.

#### 4.2.12 Diskussion der Ergebnisse aus Modul A2

Die Konzentrationen an luftgetragenen Keimen fallen in den vier untersuchten alternativen Haltungssystemen für Legehennen durchaus unterschiedlich aus. Den weitaus größten Effekt auf die Konzentrationen luftgetragener Keime in der Stallluft hat dabei jedoch stalltypübergreifend die Lüftungsrate. Bei niedrigen Außentemperaturen, wie in den kalten Wintermonaten, ist der Luftaustausch in allen Ställen meist auf ein Minimum reduziert, um Wärmeverluste und damit gesteigerte Kosten (z. B. durch erhöhten Futterbedarf der Hennen) zu vermeiden. Bei nahezu allen untersuchten Keimspezies weist die Kleingruppenhaltung die niedrigsten Konzentrationen in der Luft auf, während für die Bodenhaltung regelmäßig die höchsten Zahlen an luftgetragenen Keimen gefunden werden. Zu Zeitpunkten, an denen den Hennen der Zugang zu Scharrgut verwehrt ist, wie z. B. in der Eingewöhnungsphase, fallen die Keimkonzentrationen auch dort niedriger aus. Die Lage der Scharrfläche und die Art des Scharrgutes scheinen ebenfalls einen Einfluss auf den

Keimgehalt der Luft zu haben. Dies wurde besonders bei den robusten und austrocknungsresistenten Keimen wie den Staphylokokken deutlich, wo für die beiden Systeme mit innen liegendem Scharrraum die höheren Konzentrationen an luftgetragenen Keimen ermittelt als für die Systeme ohne bzw. mit außen liegendem Scharrbereich. Der Anteil der Staphylokokken an den Gesamtbakterien in der Stallluft ist in allen Systemen sehr hoch. Unter allen nachgewiesenen kultivierbaren, aeroben und mesophilen Bakterien ist *Staphylococcus* die vorherrschende Gattung, obschon sich die Anteile von Staphylokokken an den Gesamtbakterien unter den vier Haltungformen in ihrer Höhe unterscheiden. Dieser Befund weist auf ein unterschiedliches Bakterienspektrum in der Stallluft einiger Systeme. Bei der Freilandhaltung besteht ein deutlich größerer Anteil dieses Spektrums aus Bakterien aus der Gruppe der Aktinomyzeten. Die Freilandhaltung erwies sich als die einzige Haltungform, in der regelmäßig thermophile Aktinomyzeten in der Luft nachgewiesen werden konnten, wenn auch die Konzentrationen insgesamt gering blieben. Actinomyceten sind häufig in verrottendem Pflanzenmaterial zu finden, und so erklärt sich der im Vergleich zu den anderen Haltungformen höhere Anteil an Actinomyceten in der Luft im Stall der Freilandhaltung mit einem durch den Freigang der Hühner erhöhten Austausch an Keimen zwischen Stall und Umwelt. Hierbei kommt vermutlich dem mit Rindenmulch eingestreuten vorderen Bereich der Freilaufläche eine besondere Bedeutung zu. Gleiches gilt für Bakterien der Gattung *Bacillus*, die vor allem in der Luft in der Freilandhaltung häufig unter den Gesamtkeimen identifiziert wurden und die besonders leicht in Form von Sporen in und aus der Umwelt verbreitet werden.

Der Großteil der identifizierten Staphylokokken ließ sich als *Staphylococcus xylosus* identifizieren, ein Keim der ebenfalls typischerweise in Umweltproben gefunden wird. Die übrigen Identifizierungen weisen auf Staphylokokkenspezies hin (*S. arlettae*, *S. warneri*, *S. cohnii*, *S. lentus*), die üblicherweise als Kommensalen auf der Haut- und Schleimhautoberfläche der Tiere in Legehennenställen vorkommen. Auch *S. aureus* wird häufig in Tier- und auch Legehennenbeständen nachgewiesen, in diesem Forschungsvorhaben wurde dieser Keim jedoch nur insgesamt dreimal identifiziert. *S. aureus* ist ein Kommensale auf Haut und Schleimhäuten der oberen Atemwege von Warmblütern und gilt als potentieller Erreger zum Teil lebensbedrohlicher Erkrankungen wie z. B. Wundinfektionen, Toxisches Schocksyndrom oder Sepsis und gehört zu den häufigsten Erregern von Noskomialinfektionen. Unter diesen Erkrankungen sind etwa 60 % auf antibiotikaresistente Staphylokokken (u.a. MRSA) zurückzuführen, die ebenfalls regelmäßig in Tierställen nachgewiesen werden und von dort auf Mensch und Tier übertragen werden können. Der

geringe Nachweis von MSSA (methicilin sensitive *S. aureus*) in den untersuchten Legehennenställen, erklärt sich wahrscheinlich durch die Tatsache, dass *S. aureus* insgesamt und besonders die resistenten *S. aureus*, ohne den Einsatz von Antibiotika im Tierbestand keinen nennenswerten Selektionsvorteil gegenüber den übrigen Staphylokokken haben, mit diesen konkurrieren müssen und damit in ihren Konzentrationen gering (unter der Nachweisgrenze) bleiben. Diese Situation stellt sich somit in der Legehennenhaltung anders dar als z.B. in der Masttierhaltung, wo der Antibiotikaeinsatz weiter verbreitet ist.

Bei Betrachtung der luftgetragenen Streptokokken weisen erstaunlicherweise die beiden Systeme mit Kotband häufig die höheren Konzentrationen auf, während die Konzentrationen an Enterokokken wiederum ein anderes Bild zeigen. Dies erscheint zunächst wenig plausibel, zumal die zu den Streptococcaceae gehörenden Enterokokken auch in deutlich höheren Konzentrationen nachgewiesen wurden. Letzteres lässt sich aber durch die unterschiedlichen Anzuchtbedingungen erklären: Während die Bestimmung der Enterokokken-Konzentrationen auf Nährmedium stattfand, welches optimal auf die Wachstumsbedingungen dieser abgestimmt ist, wurden die Streptokokken unter mikro-aerophilen Bedingungen inkubiert, um Begleitkeime auszuschließen und unter den Kolonien nur solche mit sichtlich hämolysierenden Bakterien ausgezählt. Auf diesem Nährmedium konnten viel mehr Bakterienspezies (hämolysierende und nicht-hämolysierende Streptokokken, seltener auch Staphylokokken) anwachsen als auf dem Enterokokken-Medium, womit es auch zu gegenseitiger Hemmung und unterdrücktem Wachstum durch Konkurrenz um Nährstoffe kommen konnte. Die gefundenen Isolate unter den hämolysierenden Streptokokken wurden überwiegend als *Aerococcus viridans* identifiziert, ein Keim, der auf dem Enterokokken-Selektivmedium nicht wächst.

*Aerococcus viridans* ist eine mikro-aerophile, Gram-positive, Katalase-negative Kokke die meist vereinzelt oder in Tetraden vorkommt. *A. viridans* wird häufig in der Luft von Tierställen, aber auch in Gebäuden (v.a. a. Krankenhäusern) und in der Außenluft nachgewiesen und gilt als potentiell pathogen. *A. viridans* kolonialisiert ebenso wie *Streptococcus acidominimus* den Darmtrakt von Wirbeltieren. Möglicherweise führte der im Gegensatz zu den Systemen mit Kotgrube vermehrte Luftkontakt des Kots auf den Kotbändern zu einer erhöhten Befruchtung der Luft mit Streptokokken fäkalen Ursprungs, was sich in den hohen Konzentration an hämolysierenden Streptokokken niederschlägt. Unter diesen wäre der Anteil an *A. viridans* dann besonders hoch, würde aber unter den Enterokokken nicht nachgewiesen. Der ebenfalls identifizierte *S. acidominimus* wird regelmäßig in Geflügelbeständen oder auf Schlachtkörpern von Geflügel nachgewiesen, die potentielle Pa-

thogenität von *S. acidominimus* ist aber erst durch wenige Fallstudien belegt. Die unter den hämolysierenden Streptokokken identifizierten Enterokokken lassen sich ebenfalls häufig in Tierbeständen (*Enterococcus faecium* und *E. faecalis*) und besonders Geflügelhaltungen (*E. gallinarum*) nachweisen. *Enterococcus faecium* und *E. faecalis* sind aufgrund zahlreicher natürlicher und erworbener Antibiotikaresistenzen als potentielle Pathogene von Bedeutung sind. Unter den Konzentrationen der übrigen mit Faeces assoziierten Keime, den Enterobacteriaceae, den coliformen Keimen und speziell *Escherichia coli*, lässt sich kein deutlicher Unterschied zwischen den Haltungsformen ausmachen. Hier blieben die Detektionsereignisse und die Konzentrationen zu gering, um zu einer sicheren Aussage zu kommen. Die ebenfalls im Darmtrakt von Hühnern vorkommenden Gattungen *Salmonella* und *Campylobacter*, beides typische Geflügel-assoziierte Zoonose-Erreger, konnten in der Luft nicht nachgewiesen werden, obwohl *Campylobacter* in zur Kontrolle entnommenen Kotproben in allen vier Haltungsformen gefunden wurde. Hier muss davon ausgegangen werden, dass beide Gram-negativen Spezies zu empfindlich auf den Sammelstress des Impingements reagieren, um anschließend erfolgreich angereichert und kultiviert werden zu können. Zudem scheinen sie generell nur in sehr geringen Konzentrationen (und damit unterhalb der Nachweisgrenze des Impingements) in der Luft vorzukommen. Die Endotoxine, Zerfallsprodukte Gram-negativer Bakterienzellen, zeigen zu meist in den beiden Systemen mit innen liegendem Scharrraum die höchsten Konzentrationen. In Monaten der wärmeren Jahreszeit steigen auch die Endotoxinkonzentrationen in der Freilandhaltung an, was unter Umständen wieder auf einen vermehrten Eintrag von Bakterien aus der Umwelt (z. B. Pseudomonaden, die besonders im Sommer häufig auf z. B. Pflanzenoberflächen gefunden werden können) schließen lässt. Eventuell hat auch die Kotgrube, mit einer im Verlauf der Legeperiode stetig steigenden Kotfracht und damit steigendem Gehalt an Gram-negativen Bakterien, die dort zersetzt werden, einen verstärkenden Einfluss auf den Endotoxingehalt der Luft. Der Verlauf der Konzentrationen luftgetragenen einatembaren Staubes folgt in etwa dem der Gesamtbakterien: Höchste Werte finden sich zum einen bei den beiden Systemen mit innen liegendem Scharrraum, bedingt durch die erhöhte Staubbildung bei Aktivität der Hennen. Zum anderen finden sich erhöhte Endotoxinkonzentrationen in den Monaten mit kühlen Außentemperaturen, wenn der Luftaustausch reduziert ist.

Bei Betrachtung aller in Modul A2 untersuchter Parameter lässt sich festhalten, dass die Jahreszeit, d.h. die Außentemperaturen, und das Lüftungsregime den größten Einfluss auf die Konzentrationen an luftgetragenen Keimen und Endotoxinen haben. Weitere ein-

flussreiche Parameter sind die Lage, Nutzung und Beschickung des Scharrraumes und das Faeces-Management. Die geringen Konzentrationen an luftgetragendem Staub, Bakterien, Schimmelpilzen und Endotoxinen in der Kleingruppenhaltung sind wohl vor allem darauf zurückzuführen, dass den Hennen hier nur einmal am Tag eine kleine Menge staubarmes Streugut auf der dafür vorgesehenen Sandbadematte zur Verfügung gestellt wurde. Dieses Streugut war meist innerhalb der nächsten halben Stunde verbraucht, während den Hennen in den übrigen Haltungsformen zumindest während der Lichtphase ein tief eingestreuter Bereich zum Scharren und Sandbaden zur Verfügung stand, in dem sich im Laufe der Legeperiode der Anteil an Kot-, Feder- und Hautpartikel zunehmend erhöhte. Darüber hinaus scheint es auch Faktoren zu geben, die eine grundsätzliche Unterscheidung des Bakterienspektrums in der Luft der verschiedenen Haltungsformen bedingen. Hierbei scheint vor allem dem verschieden ausgeprägten Eintrag von Umweltkeimen eine besondere Bedeutung zuzukommen.

### **4.3 Modul B – Ermittlung der Staubfraktionen in der Luft am Arbeitsplatz Stall und in der Abluft**

#### **4.3.1 Fragestellung**

Ziel der Untersuchungen von Modul B war es Erkenntnisse zu den Konzentrationen verschiedener Staubfraktionen im Vergleich der vier untersuchten Legehennenhaltungssysteme und im Verlauf von Tages- und Arbeitsgang, sowie im Jahresverlauf und über die Legeperiode zu gewinnen.

#### **4.3.2 Messrhythmus und Methoden**

Die Messungen wurden in jedem Stall einmal pro Monat durchgeführt, so dass sich in der Darstellung ein Zeitversatz von einer bis 4 Wochen einstellte. Gemessen wurde jeweils eine Stunde lang in einem Zeitfenster von 12 - 14 Uhr an einer zentralen Messstelle in der Mitte des jeweiligen Stalles.

Die Behandlung von Partikeln und Partikeldispersionen in Szenarien der Luftreinhaltung erfordert im Gegensatz zu den Gasen zusätzliche Informationen über Größe, Form, Oberfläche, Substanz und Herkunft der Partikeln. Eine der wichtigsten Angaben ist dabei die der Größe. Je nach Zielsetzung existieren unterschiedliche Definitionen von Partikelgrößenfraktionen, die zumeist messtechnisch begründet sind. Für die Beschreibung der Ab-

scheidewahrscheinlichkeiten im menschlichen Thorax in Abhängigkeit von der Partikelgröße wurde DIN EN 481 und US EPA 2001a und c herangezogen [106, 107]. Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden folgende Fraktionen bestimmt:

- Gesamtstaub (GS),
- PM10,
- PM2,5 mit Bezug zur Umwelt und der
- alveolengängige (A) Staub im Hinblick auf die Arbeitsplatzbelastung.

Letzterer wird im Folgenden mit PM4 bezeichnet.

Die Bestimmung der einzelnen Fraktionen erfolgt generell messtechnisch über die Verwendung entsprechender aerodynamisch wirkender Vorabscheider oder aber rechnerisch durch Anwendung der in der DIN EN 481 beschriebenen Abscheidewahrscheinlichkeit unterschiedlicher Partikelgrößen. Beide Prinzipien kamen zur Anwendung.

Zum Einsatz kommen Messgeräte, die z.T. auf unterschiedlichen Messprinzipien beruhen:

- Gravimetrie (TEOM Staubmonitor) als Referenzsystem für PM10 und GS und Streulichtoptik (Grimm Partikelmonitor 1.108). Der Gesamtstaub ist nicht identisch mit dem E-Staub, mit dem er in der Vergangenheit häufig gleichgesetzt wurde.
- Das Laserstreulichtmessgerät 1.108 der Firma Grimm wurde eingesetzt, um die Konzentration der einzelnen Staubfraktionen zu erhalten. Die Daten werden quasi-online alle sechzig Sekunden aufgezeichnet und geben somit den Zeitverlauf der Partikelanzahlen der einzelnen Staubfraktionen wieder. Deren Mittelwerte werden später mit der Partikeldichte und deren Volumen multipliziert, um die Konzentrationen der gewünschten Fraktionen zu erhalten.

Messort ist eine zentrale stationäre Anordnung im Stall zur Ermittlung der Luftqualität im Hinblick auf die mögliche Belastung von Mensch und Tier.

### **4.3.3 Staubkonzentrationen in der Stallluft**

Abbildung 39 stellt die Tagesgänge von PM10 dar, die in den vier untersuchten Haltungssystemen zwar quantitative Unterschiede aber prinzipiell gleiches Verhalten zeigen. Diese Aussage gilt auch für PM4.

Abbildung 40 zeigt am Beispiel der „Freilandhaltung“ einen PM10 Tagesgang, in dem zusätzlich die unterschiedlichen Mittelwerte für Tag, Nacht und die Spottmessungen eingetragen sind. Der Mittelwert „Tag“ weicht deutlich vom Mittelwert „Nacht“ ab. Der im Messzeitraum ermittelte Wert ist allerdings repräsentativ für den am Arbeitsplatz relevanten

Zeitraum während des Tages. Gesamtstaub und PM4-Konzentrationen folgten ebenfalls diesem Rhythmus.

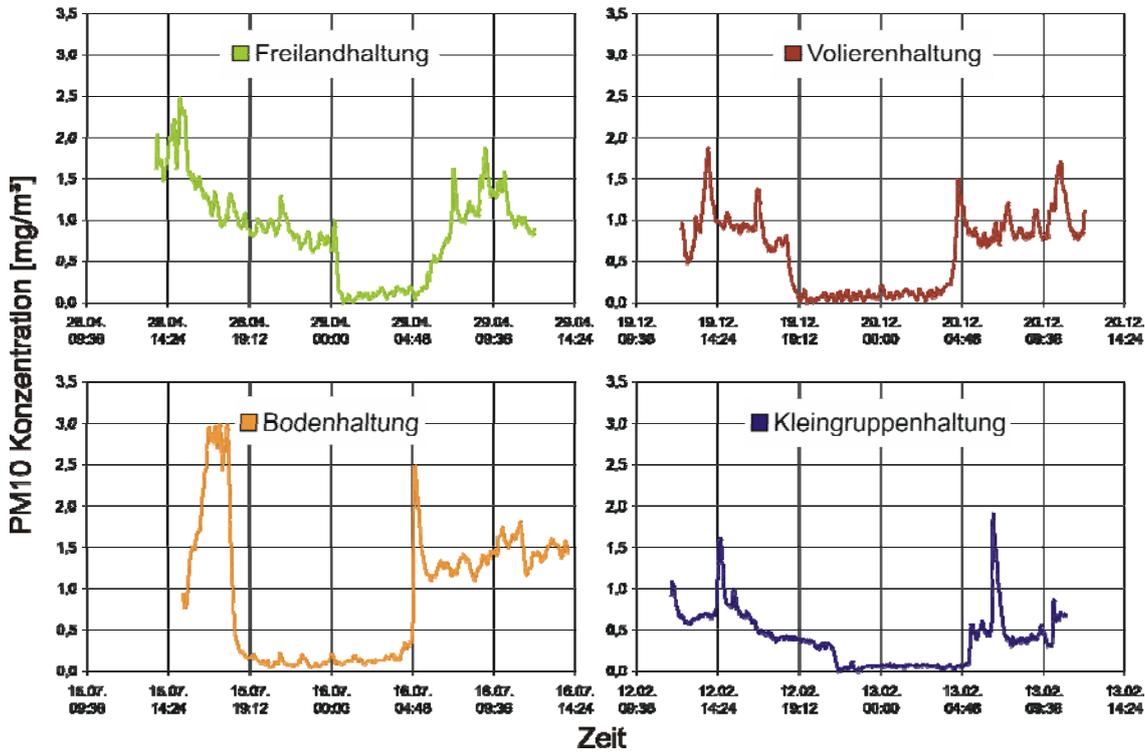


Abbildung 39: Tagesgang der PM10 Konzentrationen in allen untersuchten Ställen, dargestellt am Beispiel eines exemplarisch ausgewählten Tages

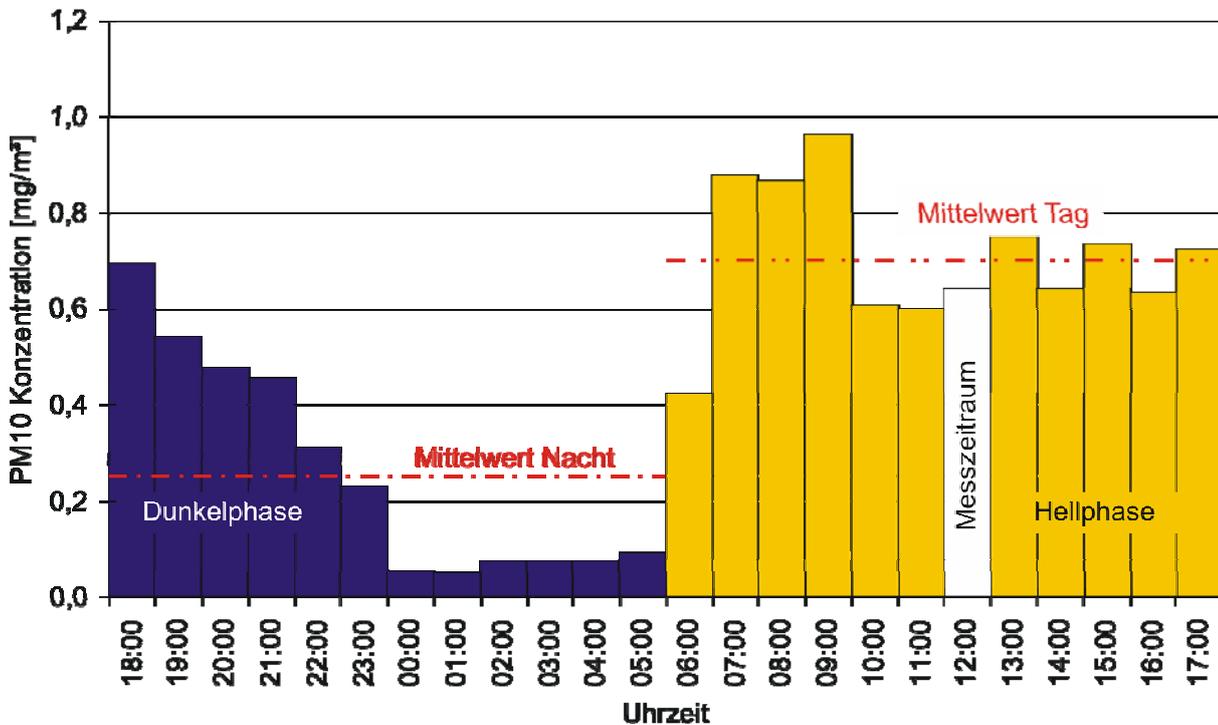
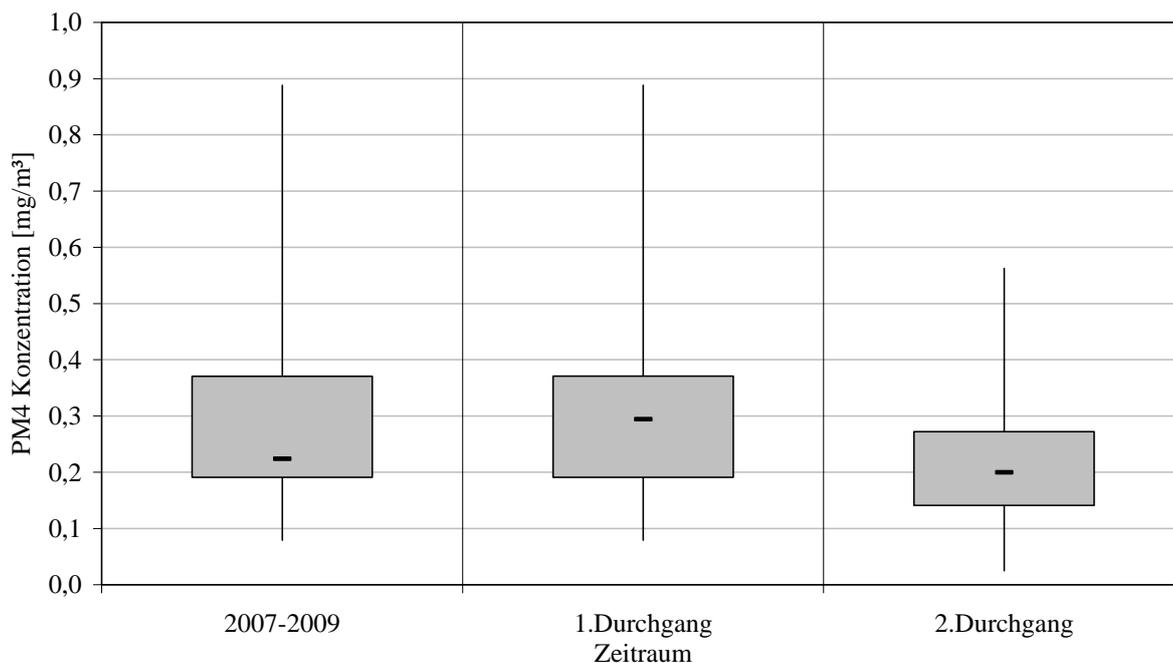


Abbildung 40: Tagesgang der PM10 Konzentrationen am Beispiel der Freilandhaltung, Darstellung der Ergebnisse der Spotmessungen und deren Mittelwert in den beiden Zeiträumen „Tag“ und „Nacht“

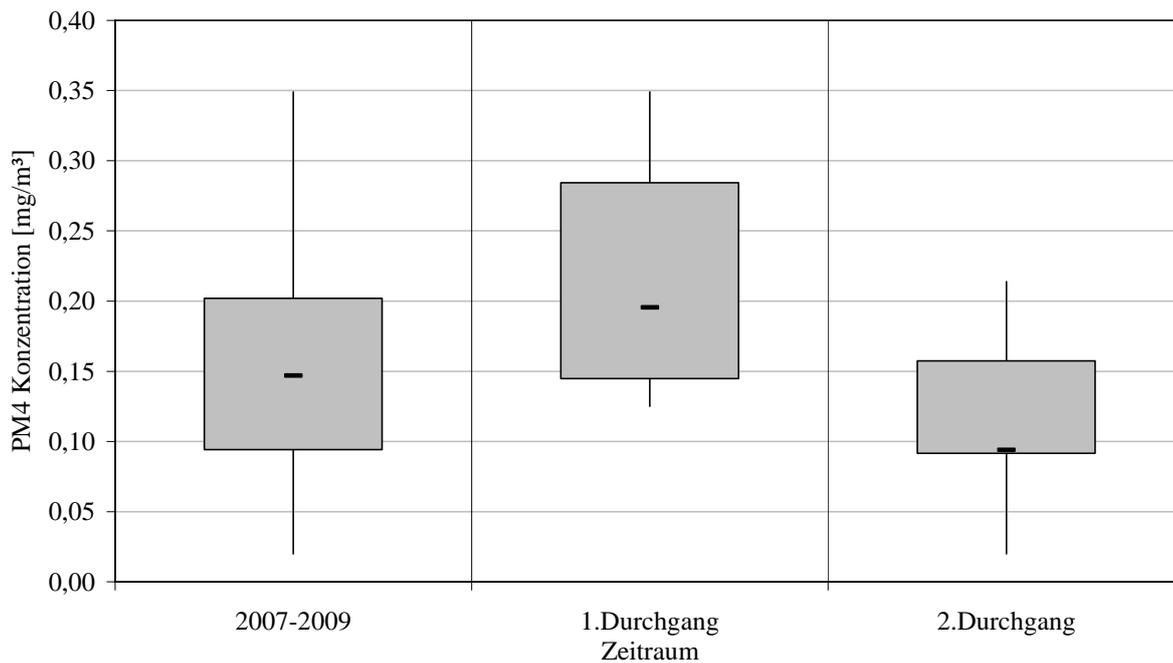
Abbildungen Abbildung 41, Abbildung 42, Abbildung 43, Abbildung 44 stellen die an der ortsfesten Messposition im der Mitte des Arbeitsganges im Stall ermittelten Konzentrationen von PM4 in Form von Boxplots dar. Gezeigt wird das Ergebnis beider Messperioden und deren Zusammenfassung. Die Abszissen in den Abbildungen sind den jeweiligen Konzentrationsbereichen angepasst und somit nicht einheitlich. Die Daten weisen bei zum Teil erheblichen Schwankungsbreiten Medianwerte zwischen  $0,1 \text{ mg/m}^3$  und  $1,7 \text{ mg/m}^3$  auf. Diese sind außerordentlich niedrige Werte.

Für die Freilandhaltung (Abbildung 41) liegt der Medianwert in der Größenordnung von  $0,2 \text{ mg/m}^3$ . Oberes und unteres Quartil (75% und 25%) entsprechen in der Zusammenfassung  $0,4$  bzw.  $0,2 \text{ mg/m}^3$ . Das Maximum erreicht  $0,9 \text{ mg/m}^3$  und das Minimum ist  $0,1 \text{ mg/m}^3$ .



**Abbildung 41: Konzentration PM4 in der Freilandhaltung (Box and Whiskers Plot, Median), Arbeitsplatz**

Der Medianwert für die Kleingruppenhaltung (Abbildung 42) liegt in der Größenordnung von  $0,15 \text{ mg/m}^3$ , wobei die mediane Konzentration an PM4 im zweiten Durchgang deutlich geringer war als im ersten Durchgang. In der Zusammenfassung beider Durchgänge betragen oberes und unteres Quartil (75% und 25%)  $0,2$  bzw.  $0,1 \text{ mg/m}^3$ . Das Maximum erreicht  $0,35 \text{ mg/m}^3$  und das Minimum ist  $0,02 \text{ mg/m}^3$ .

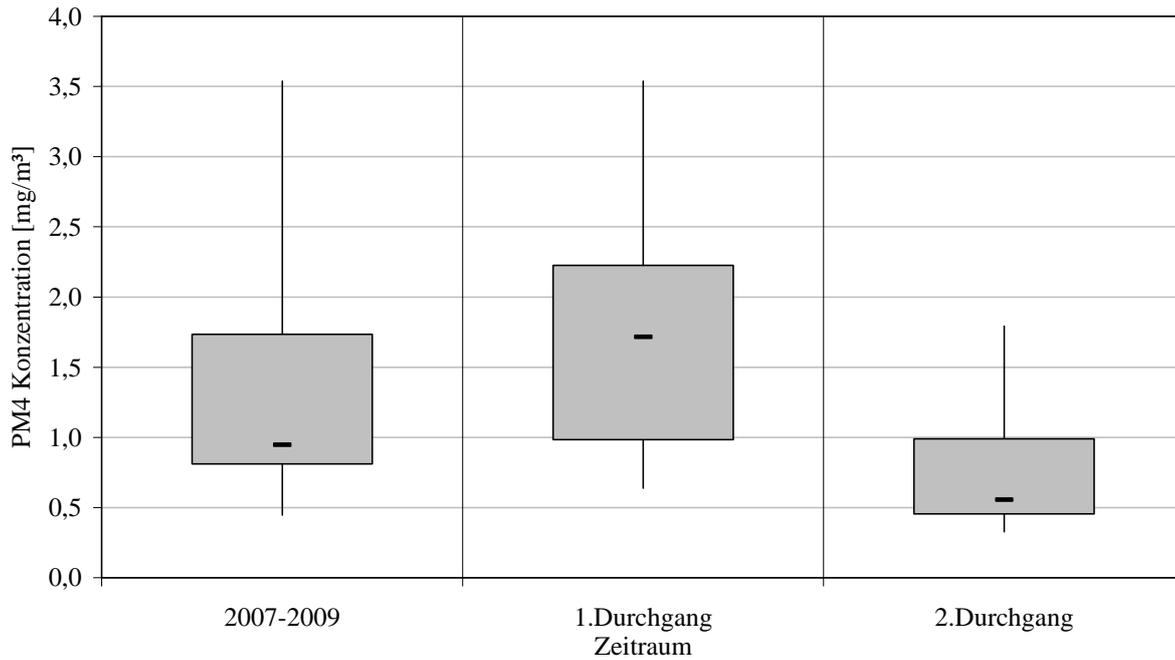


**Abbildung 42: Konzentration PM4 in der Kleingruppenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), Arbeitsplatz**

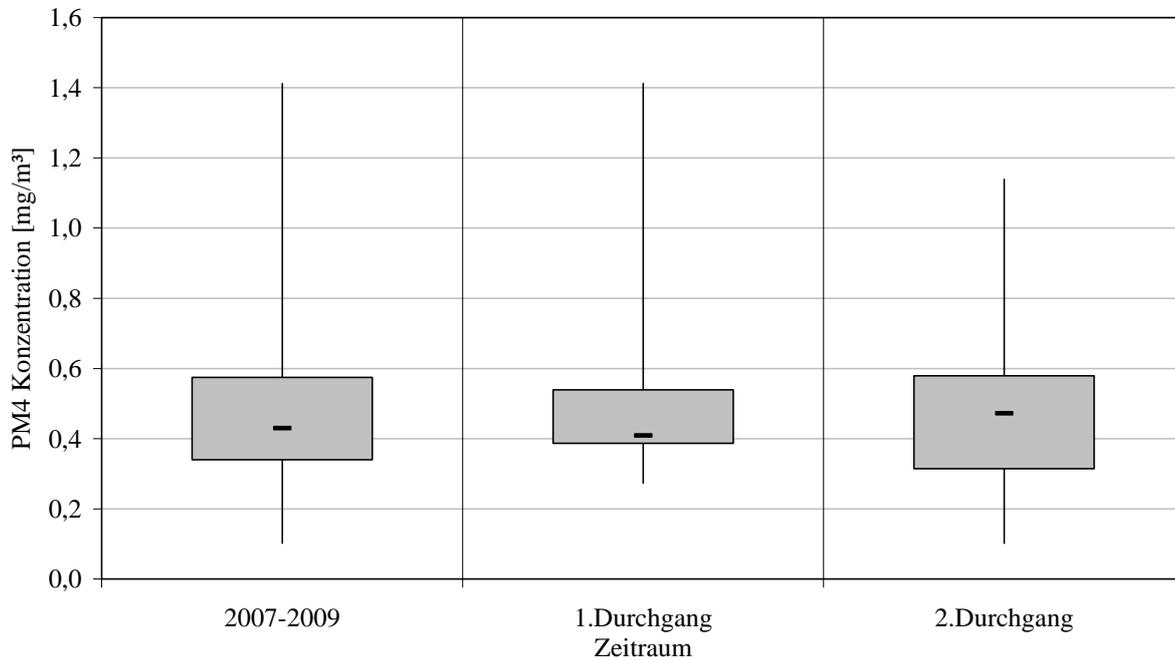
Für die Bodenhaltung (Abbildung 43) liegt der Medianwert im Größenbereich zwischen 0,6 und 1,7 mg/m<sup>3</sup>, wobei die PM4-Konzentration im zweiten Durchgang geringer war als im ersten Durchgang. In der Zusammenfassung beider Durchgänge entsprechen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) 1,7 bzw. 0,8 mg/m<sup>3</sup>. Das Maximum erreicht 3,5 mg/m<sup>3</sup> und das Minimum ist 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

Der Medianwert für die Volierenhaltung (Abbildung 44) liegt in der Größenordnung von 0,45 mg/m<sup>3</sup>. In der Zusammenfassung der beiden Durchgänge betragen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) 0,6 bzw. 0,3 mg/m<sup>3</sup>. Das Maximum erreicht 1,4 mg/m<sup>3</sup> und das Minimum ist 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

Abbildung 45 zeigt alle im Untersuchungszeitraum erfassten Messergebnisse (Mittelwerte) bezüglich der PM4 Konzentrationen in den einzelnen Ställen. Der Wertebereich reicht von 0,02 mg/m<sup>3</sup> bis 2,6 mg/m<sup>3</sup>.



**Abbildung 43: Konzentration PM4 in der Bodenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), Arbeitsplatz**



**Abbildung 44: Konzentration PM4 in der Volierenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), Arbeitsplatz**

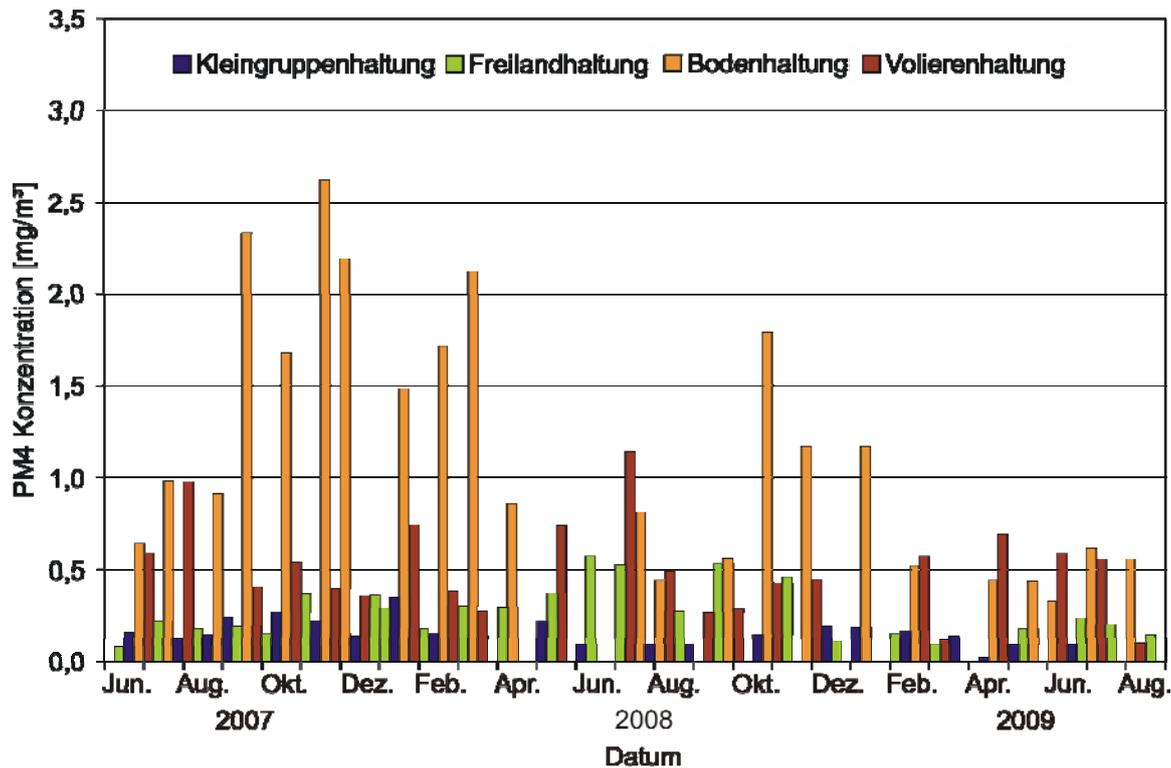


Abbildung 45: Mittlere PM4-Konzentrationen in den untersuchten Haltungssystemen im Untersuchungszeitraum

#### 4.3.4 Diskussion der Ergebnisse aus Modul B

Im Vergleich der Ergebnisse zur PM4-Konzentration aus beiden Durchgängen (Boxplots) werden auf Ebene der Medianwerte gut reproduzierbare Messwerte ermittelt. Die Schwankungsbreiten sind jedoch erheblich.

Die Darstellung in Boxplots über die gesamte Messzeit überdeckt allerdings mögliche saisonale Abhängigkeiten [109]. Diese ließen sich für PM4 allerdings nicht darstellen.

Bei der Staubfraktion PM4 liegen alle Werte unter dem in der TRGS 900 [108] genannten Grenzwert für die alveolengängige Fraktion von  $3 \text{ mg/m}^3$ . Hinsichtlich einer Arbeitsplatzexposition ist jedoch auch die Expositionsdauer zu berücksichtigen, die im Normalfall in der Hennenhaltung niedrig ist.

Die Staubentwicklung ist auf die Aktivität der Tiere zurückzuführen. Diese ist vom Beleuchtungsprogramm abhängig und kann somit darüber gesteuert werden.

## **4.4 Modul C – Ermittlung der Ammoniakkonzentrationen in der Stallluft**

### **4.4.1 Fragestellung**

Modul C diente der Erfassung der Ammoniakkonzentrationen in der Stallluft der vier Haltungssysteme. Der Messrhythmus wurde analog dem in Modul B gewählt.

### **4.4.2 Messrhythmus und Methoden**

Die Ammoniakkonzentration in der Abluft wurde quasi-online, ca. alle 1,5 Minuten, durch ein optoakustisches Messgerät (Gerät 1302 der Firma Innova) aufgezeichnet. Die Messungen fanden zeitgleich mit den Messungen zu den Staubkonzentrationen in 1,5 Metern Höhe in der Mitte des Arbeitsganges statt.

Mit diesem Messprinzip ist simultan eine selektive Messung unterschiedlicher Gase möglich. Im Rahmen dieses Projektes wurde jedoch nur Ammoniak betrachtet. Die in der Abluft gemessenen Konzentrationen werden auch zur Beurteilung der Stallluft herangezogen. Inhomogenitäten wurden über den Einsatz eines Multiplexers und eines weiteren Messgerätes aufgezeigt. Aus dem gemessenen Konzentrationsfeld wurde ein Korrekturfaktor ermittelt, so dass die Messung an einem Ort als ausreichend zu betrachten ist. Dieses gilt auch für die Emissionen in Ställen mit mehreren Abluftschächten.

### **4.4.3 Ammoniakkonzentrationen in der Stallluft**

Analog zu den Darstellungen zu den Staubkonzentrationen geben die Abbildung 46, Abbildung 47, Abbildung 48, Abbildung 49, Abbildung 50 und Abbildung 51 die Befunde für Ammoniak wieder, wobei in den beiden Abbildungen auch der saisonale Einfluss von Sommer und Winter deutlich wird.

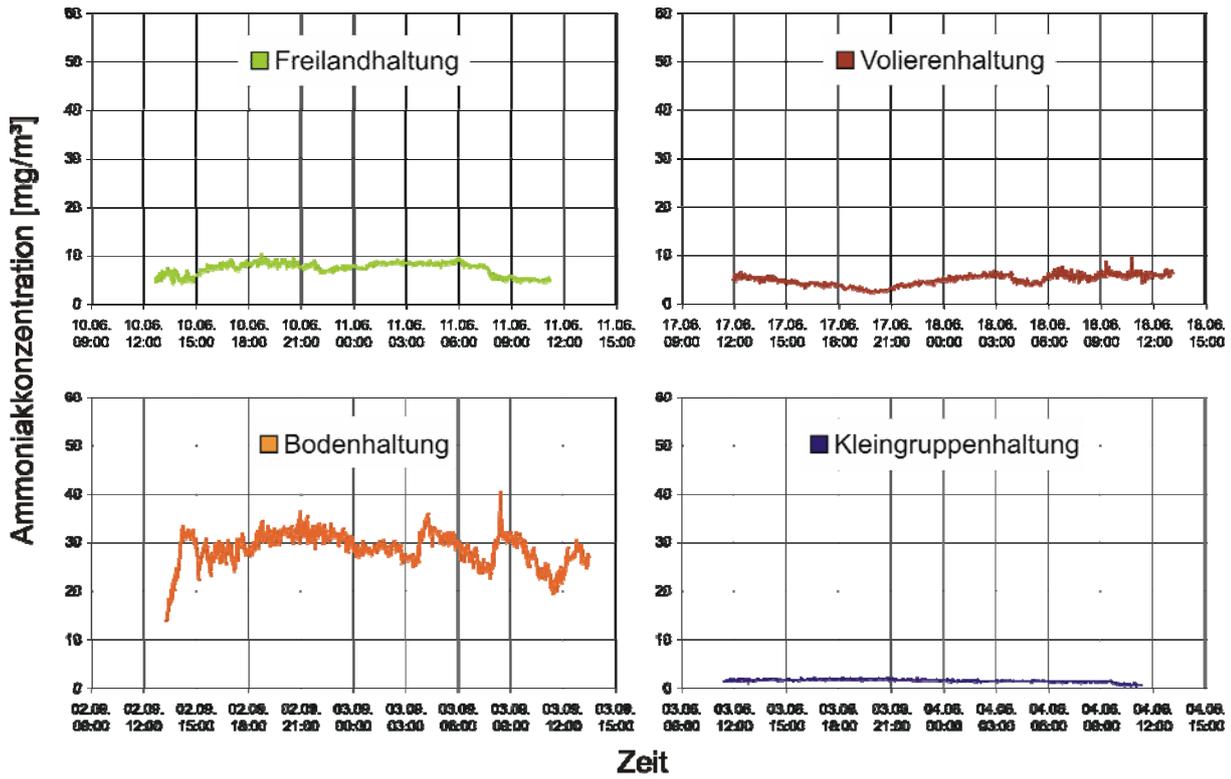


Abbildung 46: Tagesgang der NH<sub>3</sub> Konzentrationen in allen untersuchten Ställen, ein beispielhaft ausgewählter Tag im Sommer

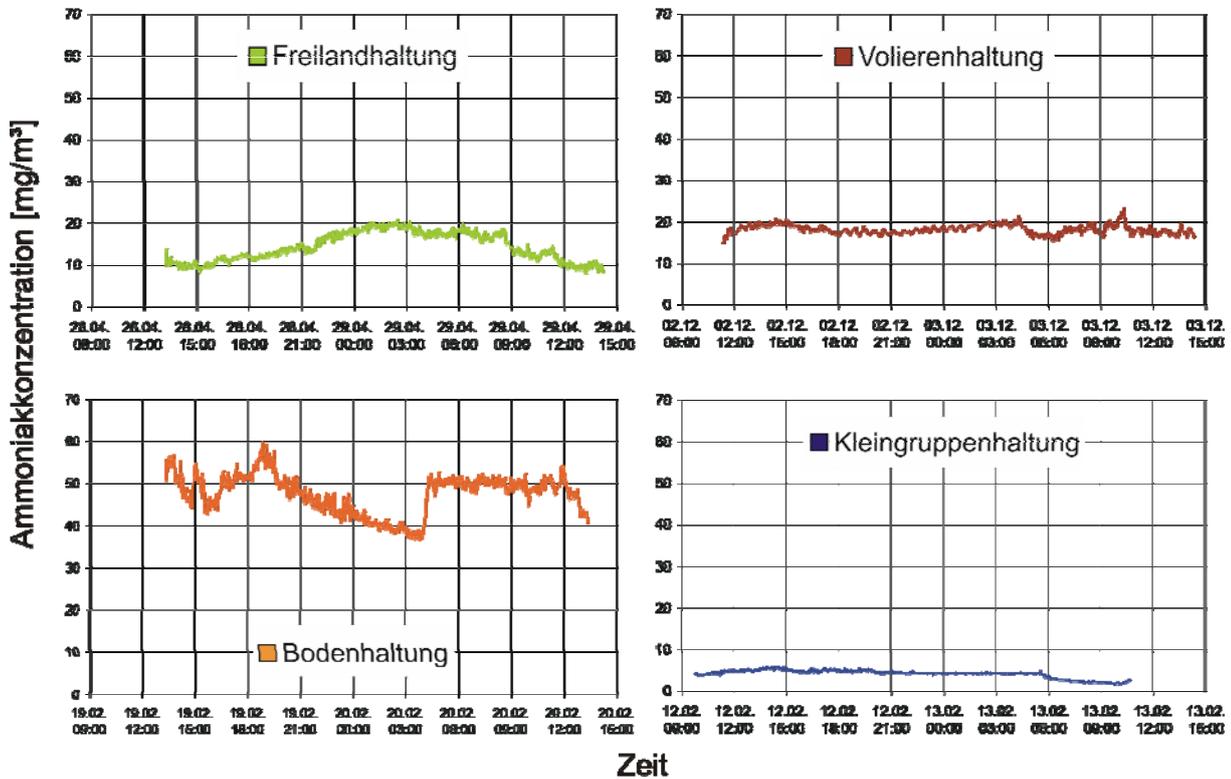


Abbildung 47: Tagesgang der NH<sub>3</sub> Konzentrationen in allen untersuchten Ställen, ein beispielhaft ausgewählter Tag im Winter

In Abbildung 48 sind im Tagesgang der  $\text{NH}_3$  Konzentrationen die unterschiedlichen Mittelwerte für Tag, Nacht und die Spotmessungen am Beispiel der „Freilandhaltung“ eingetragen. Der Mittelwert Tag weicht nur wenig vom Mittelwert Nacht ab. Der im Messzeitraum ermittelte Wert ist, genau wie beim Staub, repräsentativ für den am Arbeitsplatz relevanten Zeitraum während des Tages.

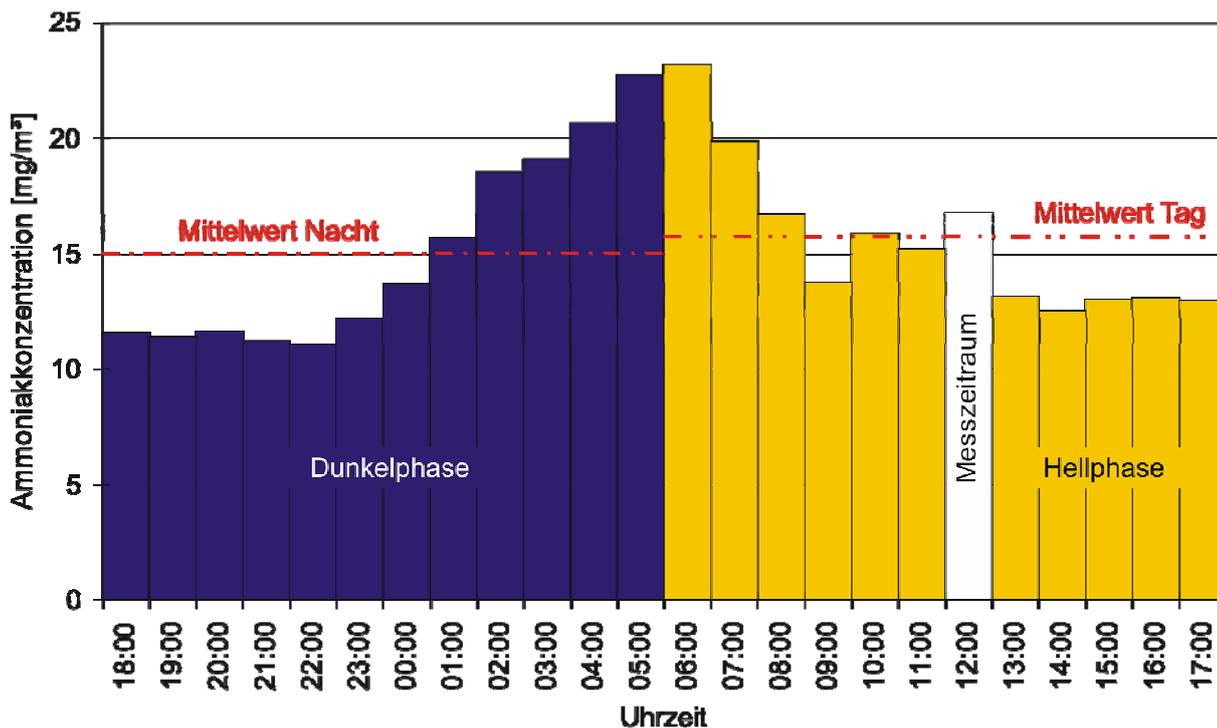
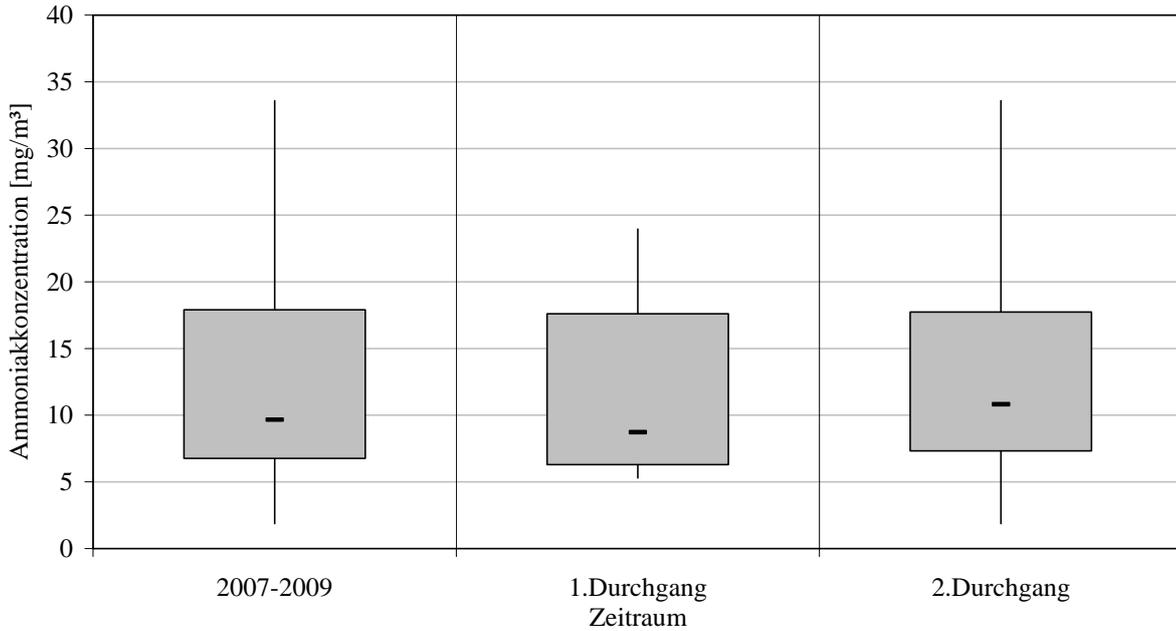


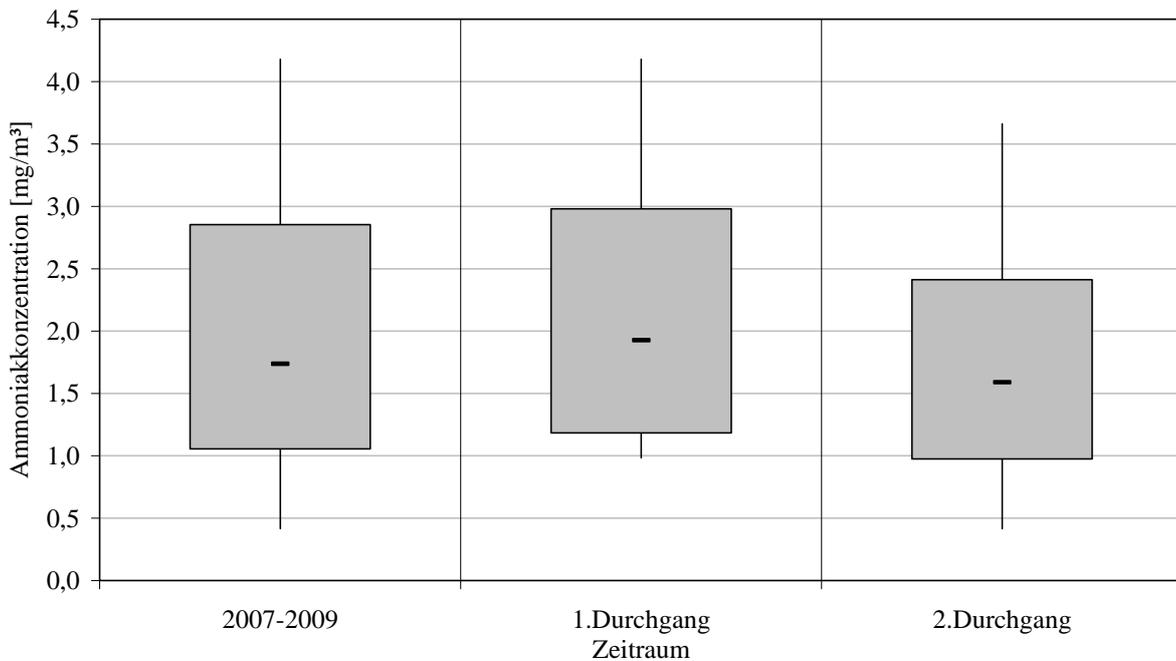
Abbildung 48: Tagesgang der  $\text{NH}_3$  Konzentration am Beispiel der Freilandhaltung

Für die Freilandhaltung (Abbildung 49) liegt der Medianwert in der Größenordnung von  $10 \text{ mg/m}^3$ . In der Zusammenfassung beider Durchgänge liegen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) bei  $17,9$  bzw.  $6,7 \text{ mg/m}^3$ . Das Maximum erreicht  $33,6 \text{ mg/m}^3$  und das Minimum ist  $1,9 \text{ mg/m}^3$ .



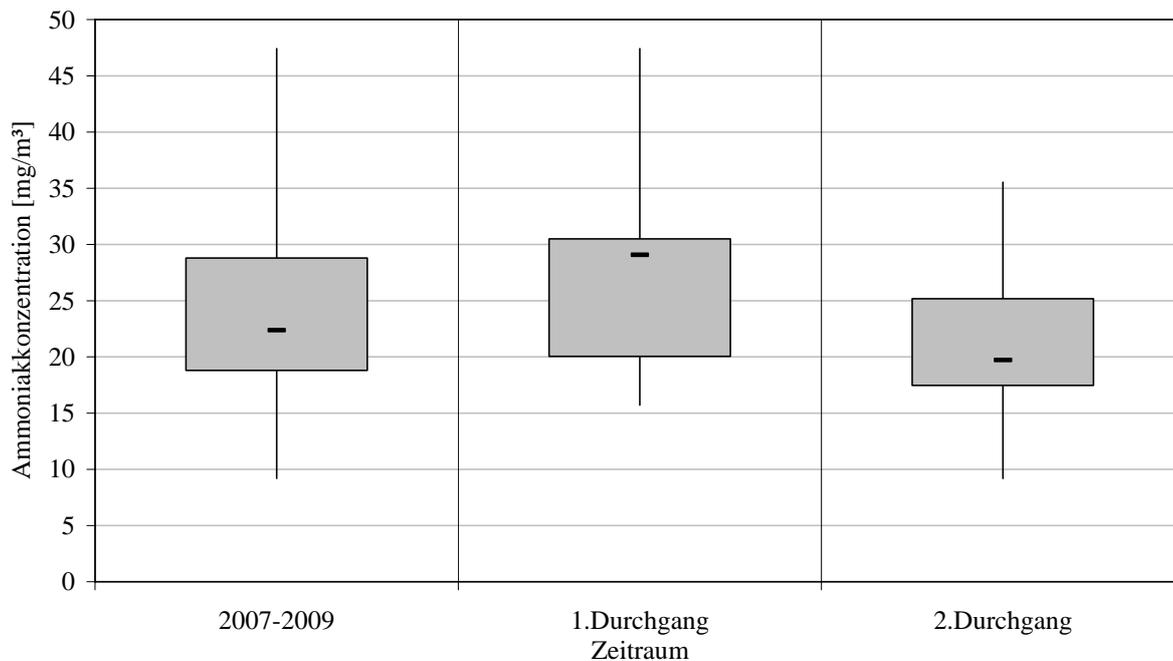
**Abbildung 49: Konzentration NH<sub>3</sub>-Konzentration in der Freilandhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), Arbeitsplatz**

Der Medianwert für die Kleingruppenhaltung (Abbildung 50) liegt in der Größenordnung von 1,7 mg/m<sup>3</sup>. In der Zusammenschau beider Durchgänge liegen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) bei 2,9 bzw. 1,1 mg/m<sup>3</sup>. Das Maximum erreicht 4,2 mg/m<sup>3</sup> und das Minimum ist 0,4 mg/m<sup>3</sup>.



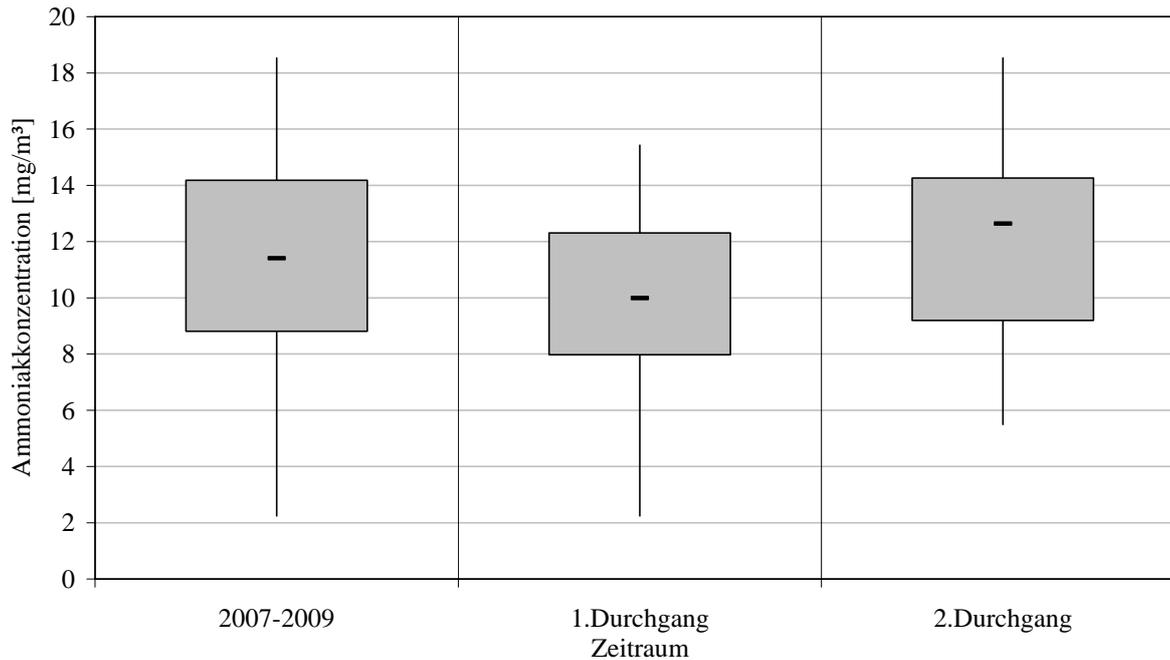
**Abbildung 50: NH<sub>3</sub>-Konzentration in der Kleingruppenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), Arbeitsplatz**

Für die Bodenhaltung (Abbildung 51) liegt der Medianwert im Größenbereich zwischen 20 und 30 mg/m<sup>3</sup>, wobei die Konzentration im ersten Durchgang etwas höher lag als im zweiten Durchgang. In der Zusammenfassung beider Durchgänge betragen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) 28,8 bzw. 18,8 mg/m<sup>3</sup>. Das Maximum erreicht 47,4 mg/m<sup>3</sup> und das Minimum ist 9,2 mg/m<sup>3</sup>.



**Abbildung 51: NH<sub>3</sub>-Konzentration in der Bodenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), Arbeitsplatz**

Der Medianwert für die Volierenhaltung (Abbildung 52) liegt in der Größenordnung von 11,4 mg/m<sup>3</sup>. In beiden Durchgängen zusammengenommen lagen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) bei 14,2 bzw. 8,8 mg/m<sup>3</sup>. Das Maximum erreicht 18,5 mg/m<sup>3</sup> und das Minimum ist 2,2 mg/m<sup>3</sup>.



**Abbildung 52: NH<sub>3</sub>-Konzentration in der Volierenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), Arbeitsplatz**

#### 4.4.4 Diskussion der Ergebnisse aus Modul C

Die Ergebnisse der NH<sub>3</sub>-Messungen (Darstellung über Boxplots) zeigt eine gute Reproduzierbarkeit für die beiden Durchgänge, soweit die Medianwerte betrachtet werden. Die Schwankungsbreiten sind jedoch erheblich. Die Darstellung in Boxplots über die gesamte Messzeit überdeckt mögliche saisonale Abhängigkeiten [111]. Diese sind jedoch – wie grafisch am Beispiel der Tagesgänge im Sommer und im Winter dargestellt - für Ammoniak gegeben. Mit Bezug auf arbeitsplatzrelevante Grenzwerte der NH<sub>3</sub>-Konzentration wurden diese hauptsächlich im Winter überschritten. Die Überschreitungen waren zum Teil drastisch. Lediglich die Kleingruppenhaltung machte hier die positive Ausnahme.

Die Ammoniakkonzentrationen sind in erster Linie von der Lüftungs- und Entmistungsstrategie abhängig. Die Kotlagerung im Stall ist in dieser Hinsicht als ein wesentlicher negativer Punkt bei den beiden Bodenhaltungssystemen festzustellen. Eine positive Wirkung zeigt sich für die Systeme mit Kotband und dessen wöchentlicher Abreinigung.

## 4.5 Modul D – Bestimmung der Emissionsmassenströme (vTI)

### 4.5.1 Fragestellung

Zur Vorbereitung der Immissionsberechnungen in Modul D2 sollten für alle vier Haltungssysteme die Emissionsmassenströme für Staub und Ammoniak im Abluftstrom der Ställe bestimmt werden.

### 4.5.2 Messrhythmus und Methoden

Die Ermittlung der Emissionen aus einer geführten Quelle errechnet sich aus der Konzentration  $c$  und dem Volumenstrom  $Q$  basierend auf der Formel

$$m=c \cdot Q$$

In Ställen mit mehreren Abluftschächten wird in einem ersten Ansatz die Gesamtemission aus dem Einzelergebnis berechnet, das durch Messung an einem Abluftschacht gewonnen wurde. Zu deren Durchführung wird eine Sonde zur Teilstromentnahme in die Abluftströmung eingebracht. Hierbei kommen die folgenden Messgeräte und- verfahren zum Einsatz:

- Als Referenz dient ein High-Volume-Sampler EM100 der Firma Sartorius mit einem Vorabscheider zur Trennung von Fein- und Grobstaub entsprechend der Johannisburger Konvention [112]. Der Grobstaubanteil, der für weitere Untersuchungen zur Verfügung steht, und der Feinstaubanteil ergeben zusammen die Gesamtstaubkonzentration.

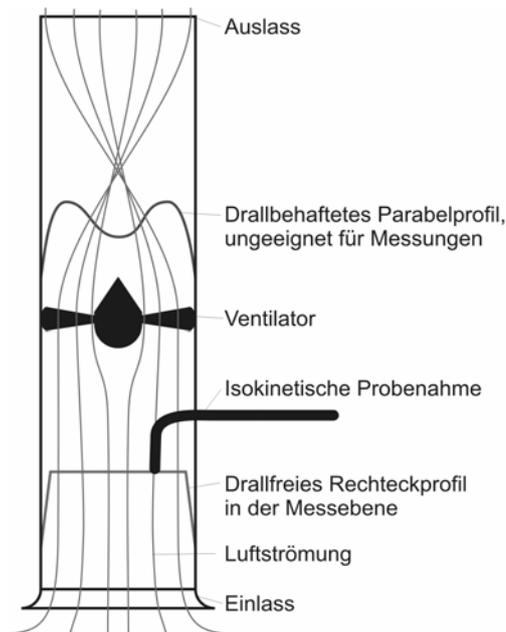
- Partikelzähler Grimm 1.105 im Messbereich bis 15  $\mu\text{m}$  für PM10, PM2.5.

Die Messdauer beträgt in der Regel 1,5h - 2h. Jeweils einmal pro Kampagne ist ein 24 h Monitoring vorgesehen, um die Einzelergebnisse im Tagesverlauf der Hennenhaltung einordnen zu können.

Die Emissionen werden als Massenströme in kg/h und als bezogene Massenströme in kg/(h\* Tierplatz) angegeben.

Mit Blick auf eine isokinetische Probenahme wurde als Messort die ungestörte Strömung vor dem Ventilator gewählt [123]. Hier ist die Strömung noch drallfrei. Im Randbereich ist durch Reibung an den Kanalwänden eine geringere Strömungsgeschwindigkeit zu erwarten (Abbildung 53), die zur Ausbildung typischer Geschwindigkeitsprofile führt.

Die Geschwindigkeitsprofile der Abluftströmung wurden durch Messung mit einem Flügelradanemometer ermittelt.



**Abbildung 53: Schematische Darstellung der Strömung im Abluftschacht mit isokinetischen Probenahmen**

Der bei den Emissionsmessungen aufgenommene Einpunkt- Geschwindigkeitswert kann mit einem Faktor versehen werden, der die mittlere Austrittsgeschwindigkeit widerspiegelt und zur Massenstrombestimmung herangezogen wird.

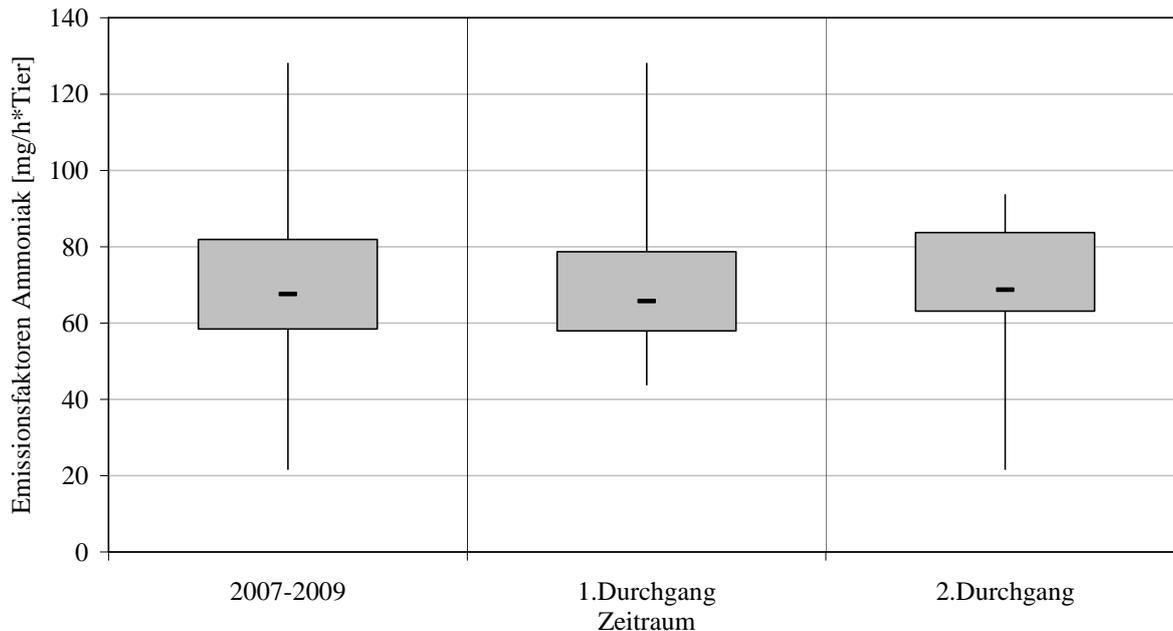
Eine Besonderheit der Volumenstrombestimmung liegt im Stall der Kleingruppenhaltung vor. Hier ist vom Stallausrüster im Abluftschacht ein Messventilator installiert worden, der kontinuierlich den Volumenstrom misst. Die Daten werden auf einen Rechner ausgegeben und deren Mittelwert stündlich gespeichert. Im Rahmen des Projektes wurden die über den Messventilator ermittelten Werte über Messungen per Flügelradanemometer validiert.

Im Folgenden werden als Belastungen für die Umwelt die Emissionsfaktoren von Ammoniak und PM10 als Boxplots dargestellt, die an dem repräsentativen Abluftkanal jedes einzelnen Stalles aufgenommen wurden. Gezeigt wird das Ergebnis beider Messperioden und deren Zusammenfassung Die Abszissen in den folgenden Bildern 16-23 sind den jeweiligen Massenstrombereichen angepasst und somit nicht einheitlich.

#### 4.5.3 NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren

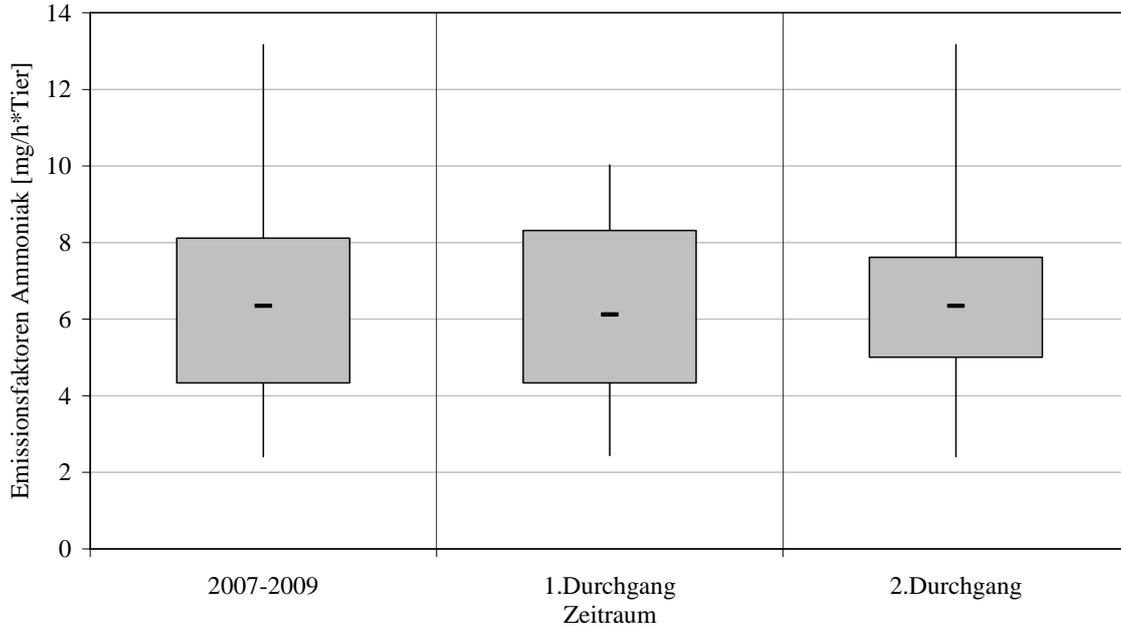
Die in den Boxplots für die NH<sub>3</sub> Massenströme pro Tierplatz ermittelten Medianwerte liegen zwischen 6 mg/(h\*Tier) und ca. 70 mg/(h\*Tier).

Für die Freilandhaltung (Abbildung 54) liegt der Medianwert in der Größenordnung von 67,6 mg/(h\*Tier) mit hohen positiven Abweichungen im ersten und negativen im zweiten Durchgang. In der Zusammenfassung liegen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) bei 81,9 bzw. 58,4 mg/(h\*Tier). Das Maximum erreicht 128,1 mg/(h\*Tier) und das Minimum ist 21,7 mg/(h\*Tier).



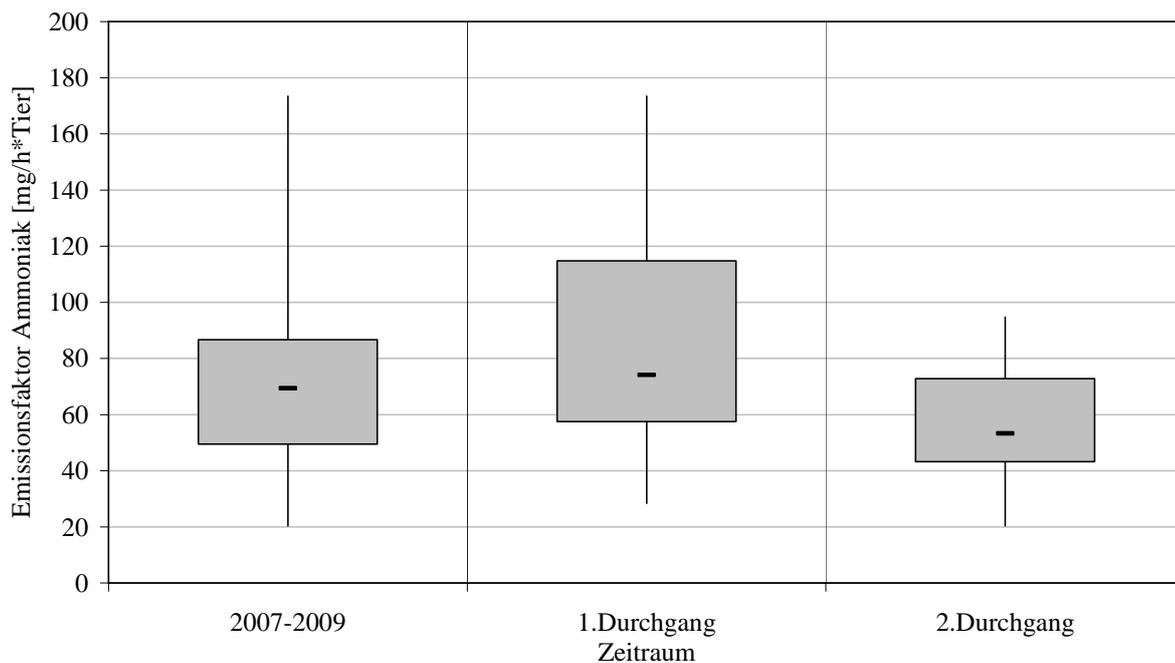
**Abbildung 54: Emissionsfaktor NH<sub>3</sub> in der Freilandhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), stallbezogen**

Der Medianwert für die Kleingruppenhaltung (Abbildung 55) liegt in der Größenordnung von 6,4 mg/(h\*Tier). In der Zusammenfassung beider Durchgänge betragen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) 8,1 bzw. 4,3 mg/(h\*Tier). Das Maximum erreicht 13,2 mg/m<sup>3</sup> und das Minimum ist 2,4 mg/(h\*Tier).



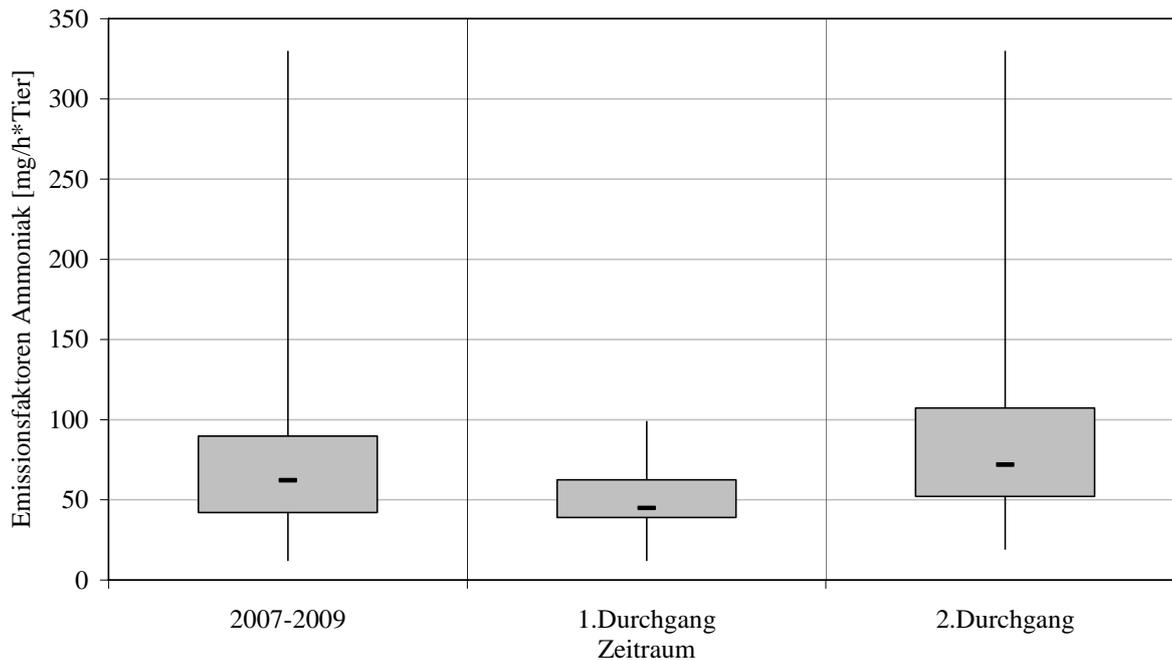
**Abbildung 55: Emissionsfaktor  $\text{NH}_3$  in der Kleingruppenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), stallbezogen**

Für die Bodenhaltung (Abbildung 56) liegt der Medianwert im Größenbereich zwischen 53 und 74  $\text{mg}/(\text{h} \cdot \text{Tier})$ . Beide Durchgänge zusammengefasst liegen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) bei 87 bzw. 49  $\text{mg}/(\text{h} \cdot \text{Tier})$ . Das Maximum erreicht 173  $\text{mg}/(\text{h} \cdot \text{Tier})$  und das Minimum ist 20  $\text{mg}/(\text{h} \cdot \text{Tier})$ . Auffällig ist der deutliche Ausschlag der Schwankungen hin zu höheren Werten im ersten Durchgang.



**Abbildung 56: Emissionsfaktor  $\text{NH}_3$  in der Bodenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), stallbezogen**

Der Medianwert für die Volierenhaltung (Abbildung 57) liegt der Medianwert im Größenbereich zwischen 45 und 72 mg/(h\*Tier). In der Zusammenfassung beider Durchgänge liegen oberes und unteres Quartil (75% und 25%) bei 90 bzw. 42 mg/(h\*Tier). Das Maximum erreicht 330 mg/(h\*Tier) und das Minimum ist 12 mg/(h\*Tier). Auffällig ist der deutliche Ausschlag der Schwankungen zu höheren Werten im zweiten Durchgang.

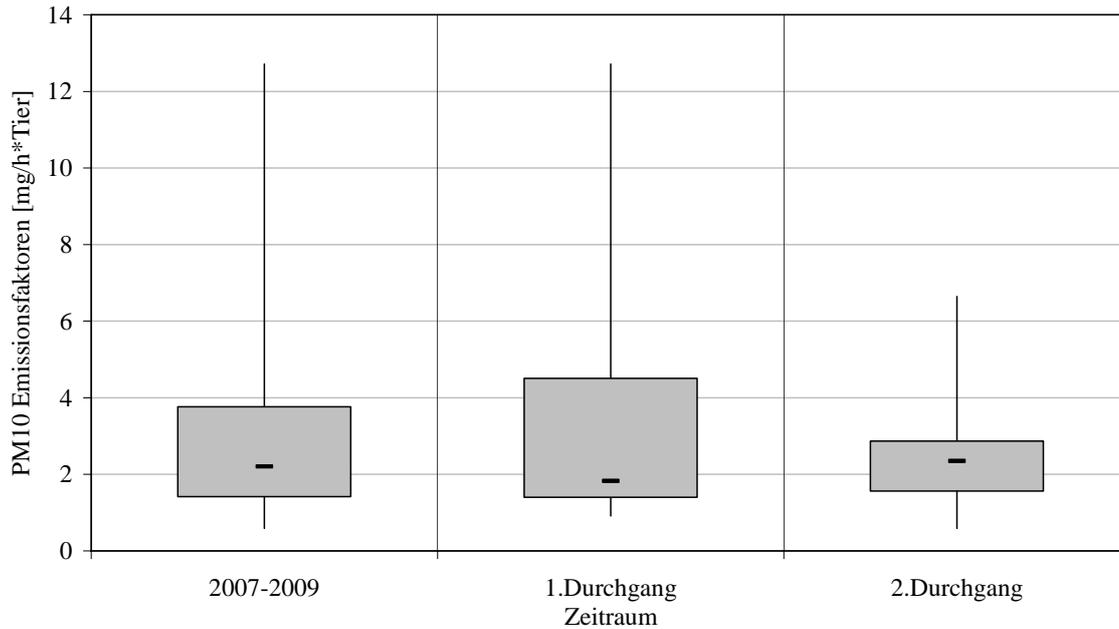


**Abbildung 57: Emissionsfaktor NH<sub>3</sub> in der Volierenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), stallbezogen**

#### 4.5.4 PM10-Massenströme

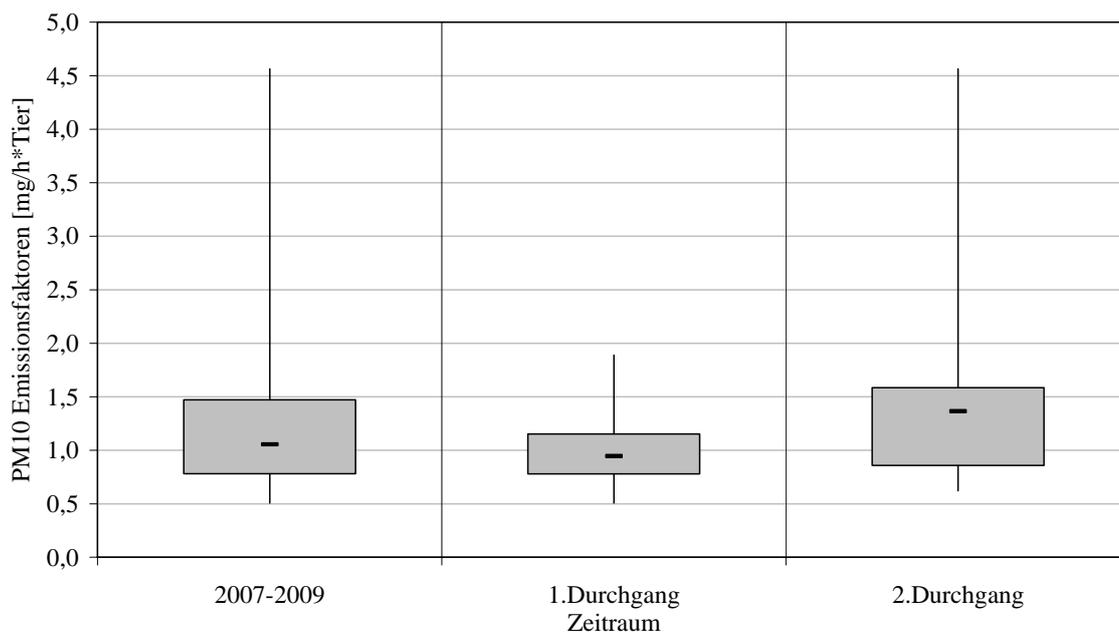
Die in den Boxplots für die PM10 Massenströme pro Tierplatz ermittelten Medianwerte liegen zwischen 1 mg/(h\*Tier) und ca. 6 mg/(h\*Tier).

Für die Freilandhaltung (Abbildung 58) liegt der Medianwert in der Größenordnung von 2,2 mg/(h\*Tier). Oberes und unteres Quartil (75% und 25%) entsprechen in der Zusammenfassung beider Durchgänge 3,7 bzw. 1,4 mg/(h\*Tier). Das Maximum erreicht 12,7 mg/(h\*Tier) und das Minimum ist 0,6 mg/(h\*Tier).



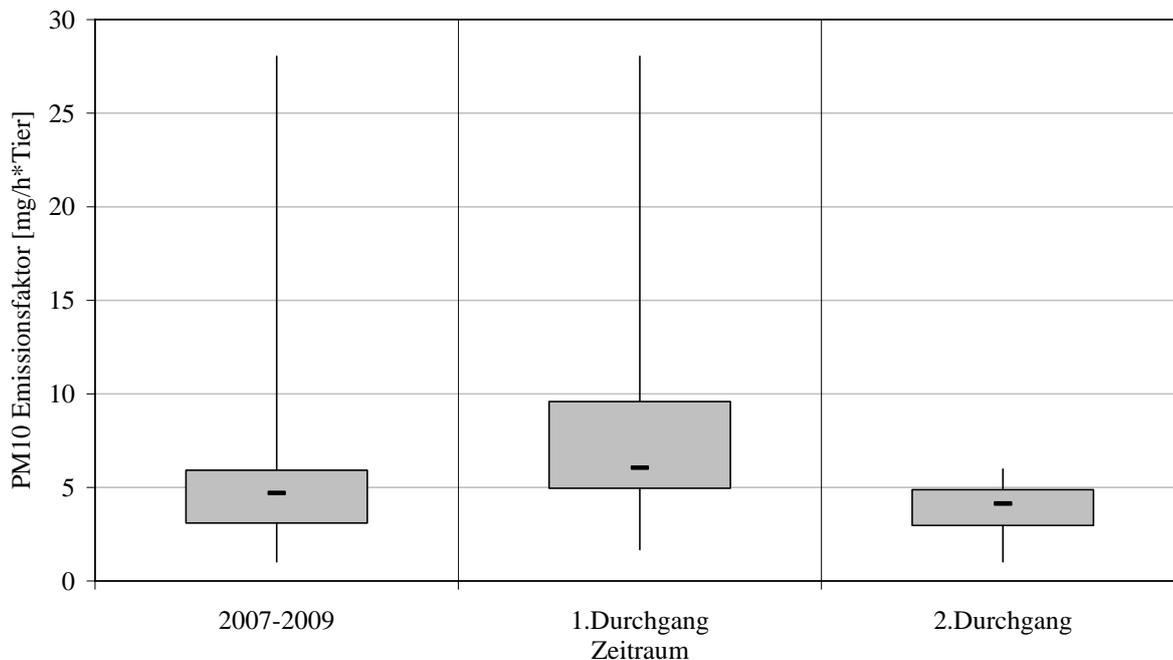
**Abbildung 58: PM10 Emissionsfaktoren – Freilandhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), stallbezogen**

Der Medianwert für die Kleingruppenhaltung (Abbildung 59) liegt in der Größenordnung von 1,1 mg/(h\*Tier). Oberes und unteres Quartil (75% und 25%) entsprechen in der Zusammenfassung beider Durchgänge 1,5 bzw. 0,8 mg/(h\*Tier). Das Maximum erreicht 4,6 mg/(h\*Tier) und das Minimum ist 0,5 mg/(h\*Tier). Auffällig ist die geringe Schwankungsbreite im ersten Durchgang.



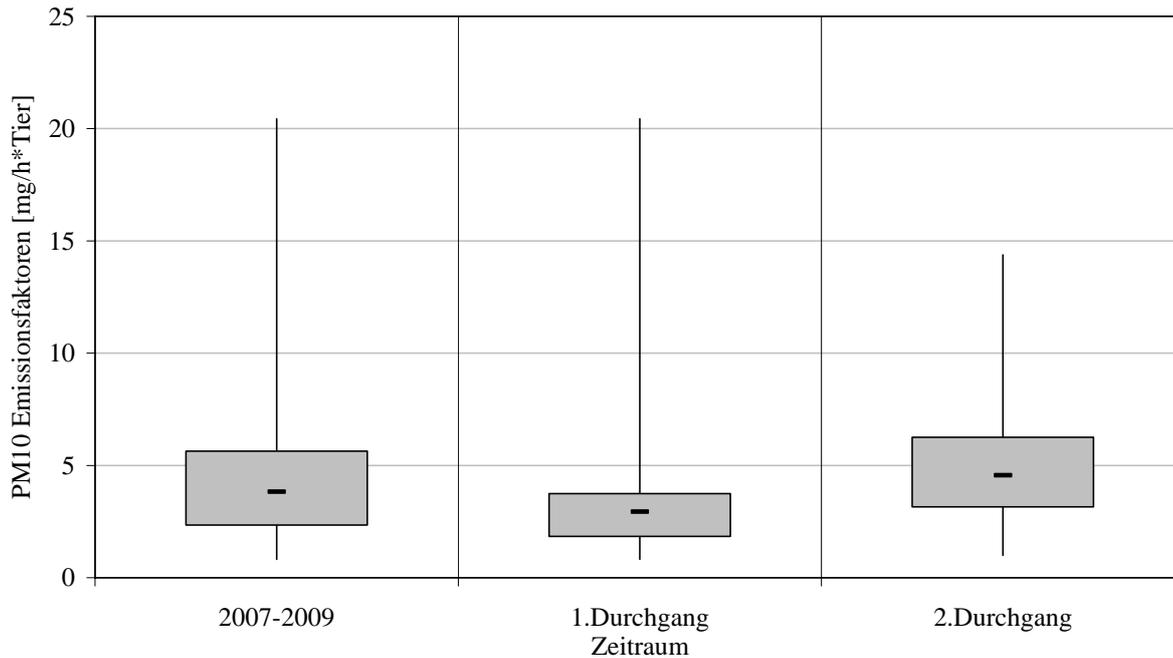
**Abbildung 59: PM10 Emissionsfaktoren – Kleingruppenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), stallbezogen**

Für die Bodenhaltung (Abbildung 60) liegt der Medianwert in der Größenordnung von 4,7 mg/(h\*Tier). Oberes und unteres Quartil (75% und 25%) liegen in der Zusammenfassung der beiden Durchgänge bei 5,9 bzw. 3,1 mg/(h\*Tier). Das Maximum erreicht 28,0 mg/(h\*Tier) und das Minimum ist 1,0 mg/(h\*Tier). Auffällig ist der deutliche Ausschlag der Schwankungen zu höheren Werten im ersten Durchgang.



**Abbildung 60: PM10 Emissionsfaktoren – Bodenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), stallbezogen**

Der Medianwert für die Volierenhaltung (Abbildung 61) liegt im Größenbereich zwischen 3,0 und 4,6 mg/(h\*Tier). Oberes und unteres Quartil (75% und 25%) entsprechen in der Zusammenfassung beider Durchgänge 5,6 bzw. 2,3 mg/(h\*Tier). Das Maximum erreicht 20,4 mg/(h\*Tier) und das Minimum ist 0,8 mg/(h\*Tier).



**Abbildung 61: PM10 Emissionsfaktoren – Volierenhaltung (Box and Whiskers Plot, Mediane), stallbezogen**

In der Zusammenschau der an den einzelnen Messterminen ermittelten Emissionsfaktoren für Ammoniak (Abbildung 62) wird die große Spannweite der Werte deutlich. Diese reichen von 2,5 mg/(h\*Tier) in der Kleingruppenhaltung bis 170 mg/(h\*Tier) bei einem Messtermin in der Bodenhaltung. Vergleichbar hohe Werte fanden sich auch vereinzelt in der Volierenhaltung.

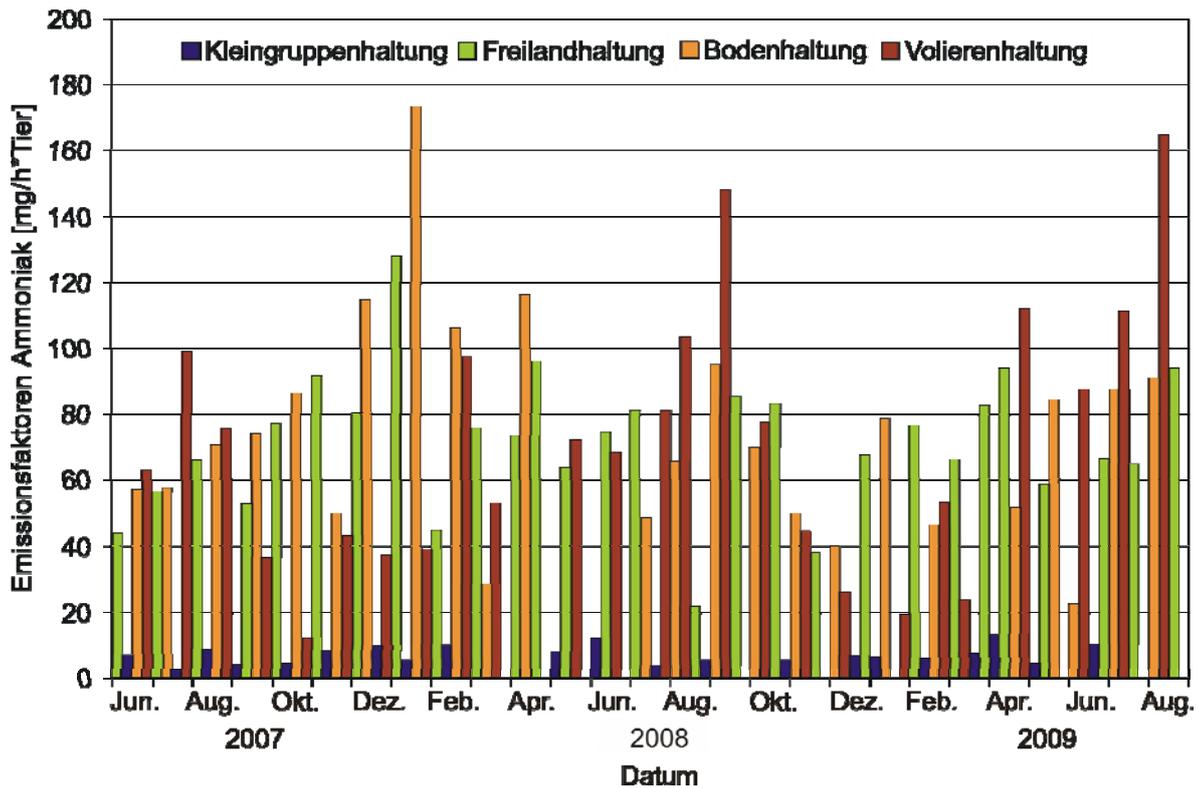


Abbildung 62: Emissionsfaktoren für Ammoniak aus den untersuchten Haltungssystemen im Untersuchungszeitraum

Auch in Bezug auf die PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren zeigte sich eine große Spannweite der ermittelten Werte (Abbildung 63). Der Wertebereich reicht von 0,5 mg/(h\*Tier) bis zu vereinzelt ermittelten hohen Emissionsfaktoren von bis zu 28 mg/(h\*Tier) (Einzelmessung in der Bodenhaltung).

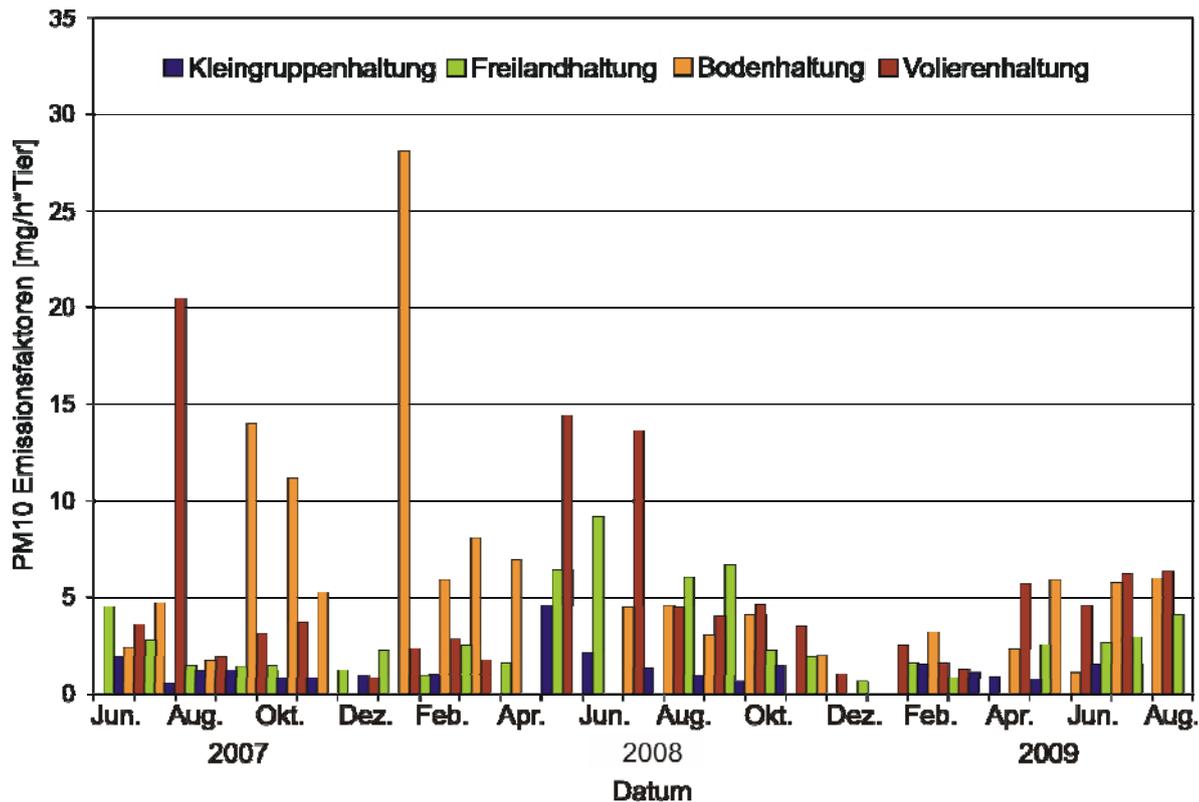


Abbildung 63: Emissionsfaktoren für PM10 aus den untersuchten Haltungssystemen im Untersuchungszeitraum

#### 4.5.5 Diskussion der Ergebnisse aus Modul D

Die untersuchten Haltungssysteme unterscheiden sich deutlich in ihrem Emissionsverhalten.

Die mittels Boxplot dargestellten Ergebnisse zeigen eine gute Reproduzierbarkeit für die beiden Durchgänge, soweit die Medianwerte betrachtet werden. Die Schwankungsbreiten sind jedoch erheblich. Diese Aussage gilt stärker für Ammoniak als für PM10.

In der TA-Luft [122] werden Ammoniak-Emissionsfaktoren genannt, die für Käfighaltung mit belüftetem Kotband 4,44 mg/(h\*Tier), für Volierenhaltung mit belüftetem Kotband 10,40 mg/(h\*Tier) und für Bodenhaltung mit Freilauf 36,04 mg/(h\*Tier) betragen. Diese werden in den vorliegend untersuchten Haltungssystemen im Medianwert überschritten. Das Minimum der Messwerte liegt aber zumeist in der Größenordnung der in der TA-Luft genannten Emissionsfaktoren.

Die TA-Luft enthält keine Grenzwerte zu Beurteilung der PM10-Emissionen. Um aber auch hier zu einer Aussage zu kommen, werden Werte aus dem Guidebook der European Environment Agency (EEA) [120] herangezogen. Abhängig vom Haltungsverfahren betragen die hier genannten Werte zwischen 1,94 mg/(h\*Tier) bei der Käfighaltung und bis zu 9,59 mg/(h\*Tier) bei der Volierenhaltung. RAINS [121] geht von einem Wert von

5,37 mg/(h\*Tier) aus. Alle vier untersuchten Ställe unterschreiten im Median den in RAINS genannten Wert. Die untersuchte Kleingruppenhaltung unterschreitet sogar den Wert, der für Käfighaltung im EEA Guidebook genannt wird.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse sich auf den Messzeitraum von einer Stunde beziehen und ein direkter Vergleich mit den zitierten Emissionsfaktoren nicht oder nur bedingt zulässig ist, da diese auf ein Jahr bezogen sind. Dieses gilt insbesondere für die Emissionen von Staub. Soll der spezifische Emissionsmassenstrom für 24h-Tagesgänge berechnet werden, so sind die in Tabelle 4 für PM10 aufgeführten Werte mit dem Faktor 0,6 zu korrigieren.

Tabelle 33 zeigt für alle Ställe die Medianwerte (Gesamtmessung), das Minimum und das Maximum der Emissionsfaktoren von Ammoniak und PM10.

**Tabelle 33 : Kenngrößen der Emissionsfaktoren für Ammoniak und NH<sub>3</sub> in den untersuchten Ställen, einstündige Messungen (stallbezogen)**

Stallsystem	Median NH <sub>3</sub>	Minimum NH <sub>3</sub>	Maximum NH <sub>3</sub>	Median PM10	Minimum PM10	Maximum PM10
Bodenhaltung mit Freilandzugang	74,02	21,68	128,05	2,20	0,59	9,16
Volierenhaltung	68,44	12,29	164,78	3,56	0,82	20,44
Bodenhaltung	70,17	22,50	173,42	4,70	1,03	28,03
Kleingruppenhaltung	6,41	2,44	13,17	1,05	0,51	4,56

Alle Werte in mg/(h\*Tier)

#### 4.6 Modul D1 – Immissionsmessungen (vTI)

Als Folge der Emissionen treten im Außenbereich der Legehennenhaltung Immissionen auf. Deren Höhe ist für die verschiedenen Aufpunkte abhängig von den Emissionen und

den Bedingungen der Ausbreitung. Bestimmt werden die Immissionen häufig durch Ausbreitungsrechnungen und durch Messungen, die auch zur Verifizierung der für die Berechnung genutzten Modelle benutzt werden. Diese Fragestellung wurde auch im Rahmen dieses Projektes bearbeitet, wobei die Lösung des inversen Problems (d.h. die Bestimmung der Quellstärke aus den außerhalb des Stalls gemessenen Konzentrationen) im Mittelpunkt stand und den Einfluss der Quelle „Auslauf“ bestimmen sollte.

Bei Haltungsformen mit natürlicher Lüftung oder mit Auslauf ist die Größe des Emissionsmassenstromes bisher nicht eindeutig bestimmbar. In diesen Fällen soll aus den gemessenen Immissionen und Wetterdaten durch ein angepasstes Modell die Quellstärke berechnet werden. Als Messtechnik finden Passivsammler Anwendung, die im Umfeld der Anlage an entsprechenden Masten aufgehängt werden. Hiermit werden mittlere Ammoniakkonzentrationen wiedergeben.

Um die Bestimmung der Quellstärke einer bestimmten Quelle zu ermöglichen, ist zu gewährleisten, dass keine weiteren Quellen die Konzentrationsfelder beeinflussen. Dies lässt sich dadurch sicherstellen, dass keine weiteren Quellen existieren oder aber dass nur Wetterlagen mit einer bestimmten Windrichtung berücksichtigt werden. Im vorliegenden Projekt wurde vor diesem Hintergrund die Freilandhaltung für die Immissionsmessung ausgewählt. Dieses gelang im Projekt nur bedingt, wie dem Bericht von Herrn Dr. Öttl zu entnehmen ist (Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

#### **4.6.1 Wetter**

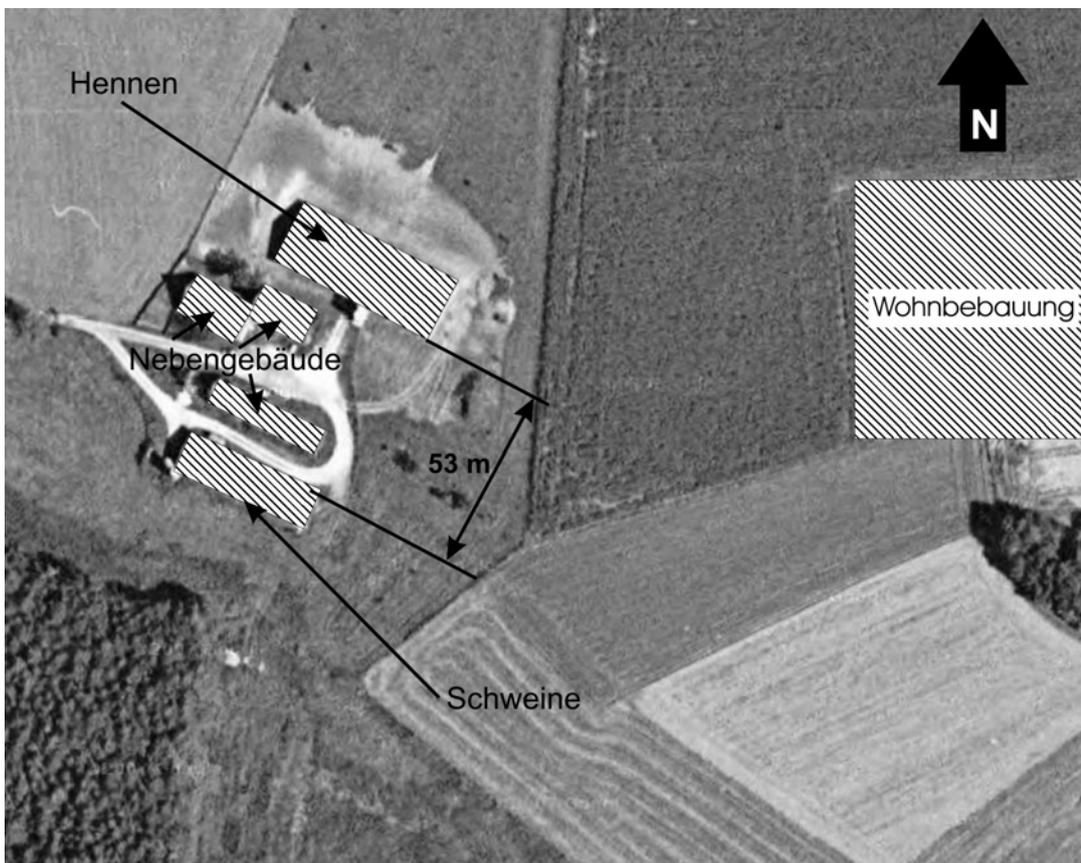
Wetterbedingungen sind in der Regel stark ortsabhängig. Sie sollten daher am Messort aufgenommen werden, um repräsentative Daten zu erhalten. Parameter sind neben Windrichtung und -geschwindigkeit auch Temperatur, relative Feuchte und Globalstrahlung. Das Instrumentarium ist auf einem Mast in drei Meter Höhe montiert, und die gelieferten Daten werden kontinuierlich auf einem Datenlogger aufgezeichnet.

Zusätzlich wird auf Daten des Deutschen Wetterdienstes(DWD) zurückgegriffen, der in der Nähe des Stalles eine Messstelle betreibt. Ein Vergleich der vor Ort gemessenen Winddaten mit denen des DWD findet sich im Bericht Öttl.

#### **4.6.2 Ammoniakkonzentrationen - Immissionen**

Die Immissionskonzentrationen von Ammoniak sind in größeren Abständen vom Stall gering, weisen aber in direkter Nähe durchaus relevante Werte auf. Es hat sich gezeigt, dass sich Passivsammler nach Ferm [5] sehr gut für diese Problemstellung eignen. Sie

ermitteln eine Konzentration über den Aufstellungszeitraum, der normalerweise zwischen einem Tag und 4 Wochen variiert. Im vorliegenden Fall werden die Sammler 14 Tage zur Aufnahme eines Ammoniakstatus in der Umgebung des Stalles und im 24 Stunden Takt zur Quellstärkenbestimmung eingesetzt. Vorgesehen ist dieses Prozedere an einem zwangbelüfteten Stall, für den die Emissionen messbar sind, um das Modell zu validieren. Im vorliegenden Projekt bestand das Ziel jedoch auch darin, für eine Anlage mit Freilauf die gesamte Emissionsfracht zu bestimmen, denn die für den zwangsbelüfteten Stall bestimmten Emissionen beziehen sich nur auf den Teil der Vögel, die sich im Stall befinden. Die Emissionen des Freilaufs werden hiermit nicht erfasst. Die Passivsammler werden wegen der o.g. Schwierigkeit der Einwirkung anderer Quellen (bei der Freilandhaltung z.B. war auch eine Freianlage zu berücksichtigen, auf der neben den Legehennen auch Schweine gehalten werden) gezielt im Leebereich der Stallanlage arrangiert. Die Abbildungen Abbildung 64, Abbildung 65 und Abbildung 66 zeigen die Anlage im Gesamten (a), die Aufteilung des Auslaufes (b) und die Positionierung der Masten mit Passivsammlern (c).



**Abbildung 64:: Gesamtansicht der Stallanlage, die für die Immissionsmessungen herangezogen wurde**

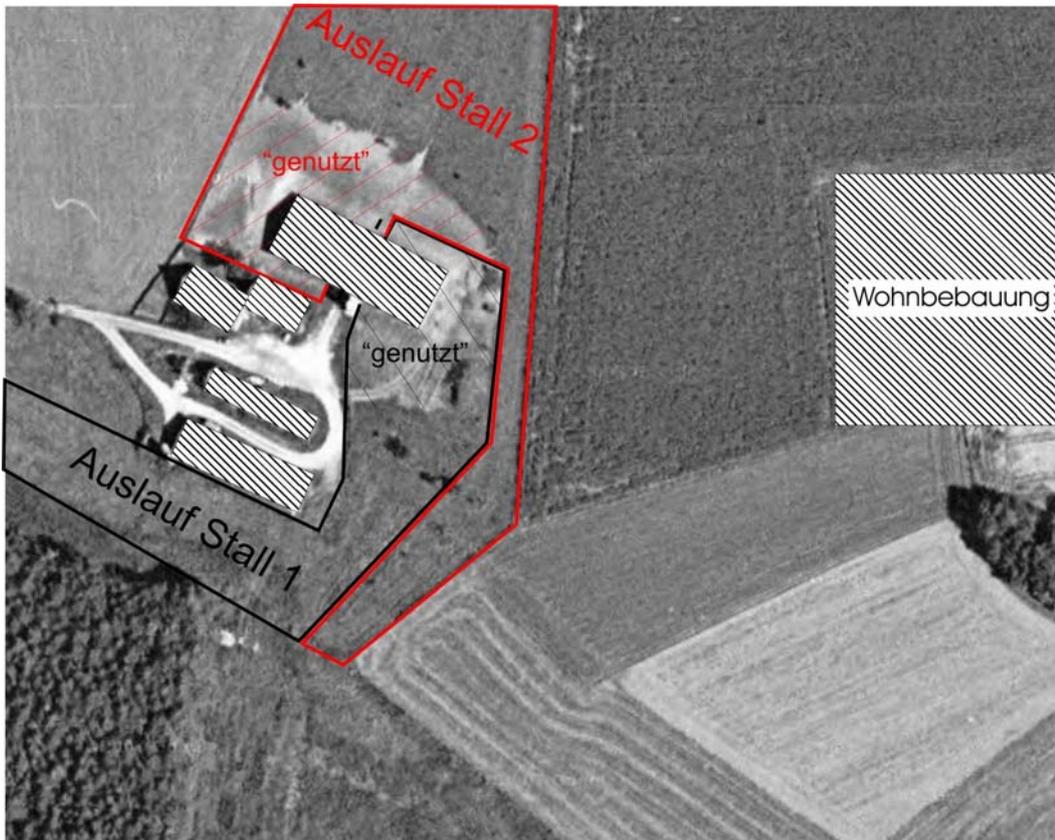


Abbildung 65:: Freilandhaltung - Aufteilung der Ausläufe auf die beiden Stallabteile

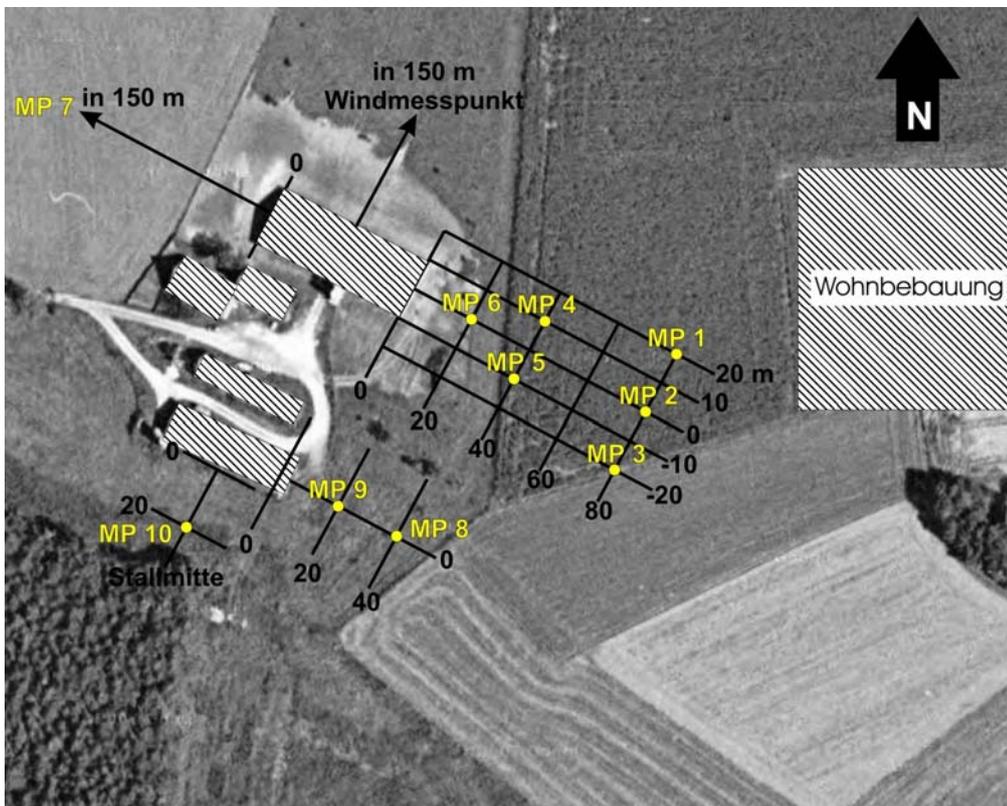


Abbildung 66: Anordnung der Passivsammler um die Stallgebäude

Der Betriebsablauf ermöglichte die Erfassung folgender Quellzustände:

- Alle Quellen aktiv – das bedeutet beide Hennenställe und der Schweinestall sind belegt.
- Nur ein Hennenstall und der Schweinestall sind belegt.
- Nur ein Hennenstall ist belegt.

Diese drei Betriebszustände sind Grundlagen der Simulationsrechnungen.

Als Grundlage für die Simulationsrechnungen wurden die Ammoniakkonzentrationen (Immissionen) im Nahbereich der Anlage gemessen. Die gemessenen Konzentrationen lagen im Bereich von  $5,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $35,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei einer Messung während des Ausmistens des Legehennenstalls wurde ein Wert von  $46,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt. Die ermittelten Werte flossen in die Ausbreitungsrechnung von Herrn Dr. Öttl ein (vgl. Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die hierfür verwerteten Daten sind in Abbildung 67, Abbildung 68, und Abbildung 69f dargestellt.

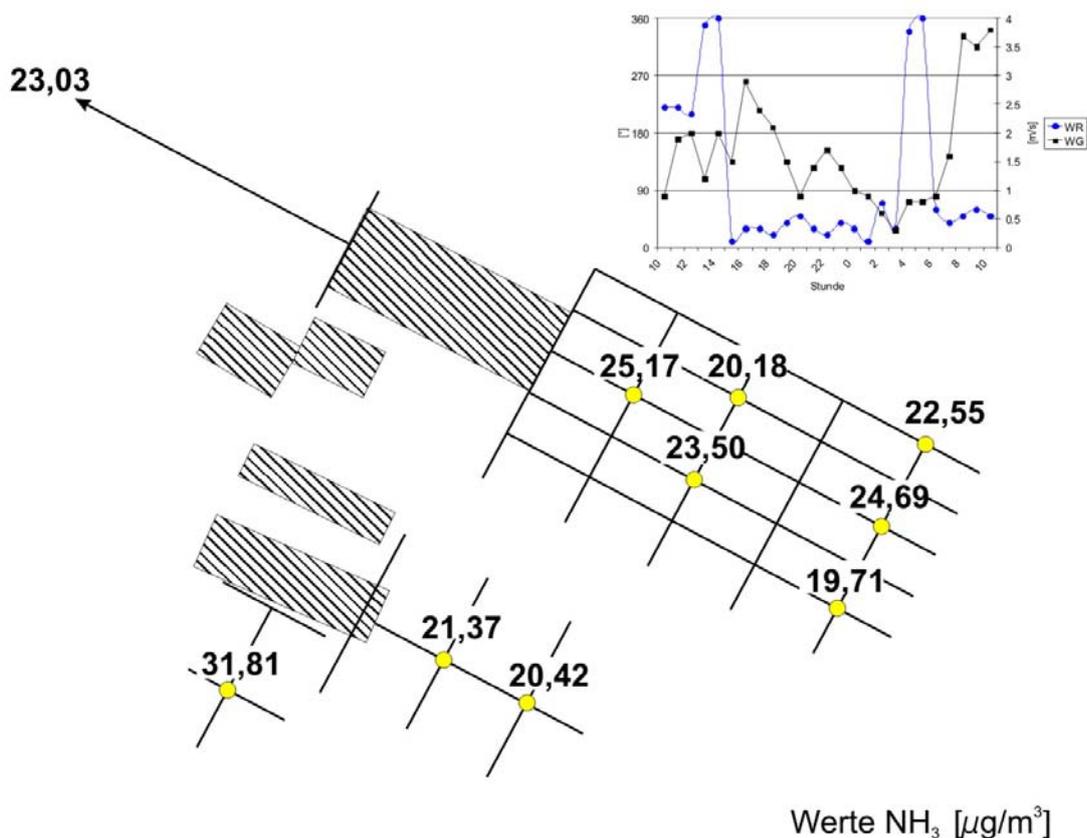


Abbildung 67: Ammoniakimmissionen, Windrichtung (WR) und Windgeschwindigkeit (WG) im Nahbereich der Anlage „Freiland“ am 31.03.-01.04.09

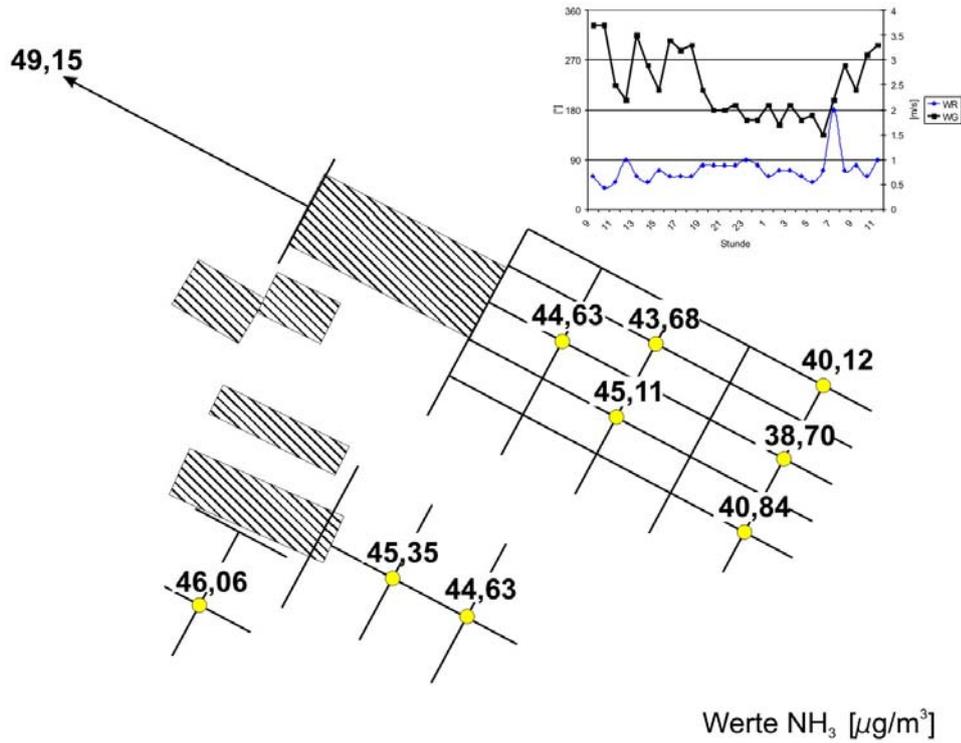


Abbildung 68: Ammoniakimmissionen, Windrichtung (WR) und Windgeschwindigkeit (WG) im Nahbereich der Anlage „Freiland“ am 15.04.-16.04.09 während des Ausmistens

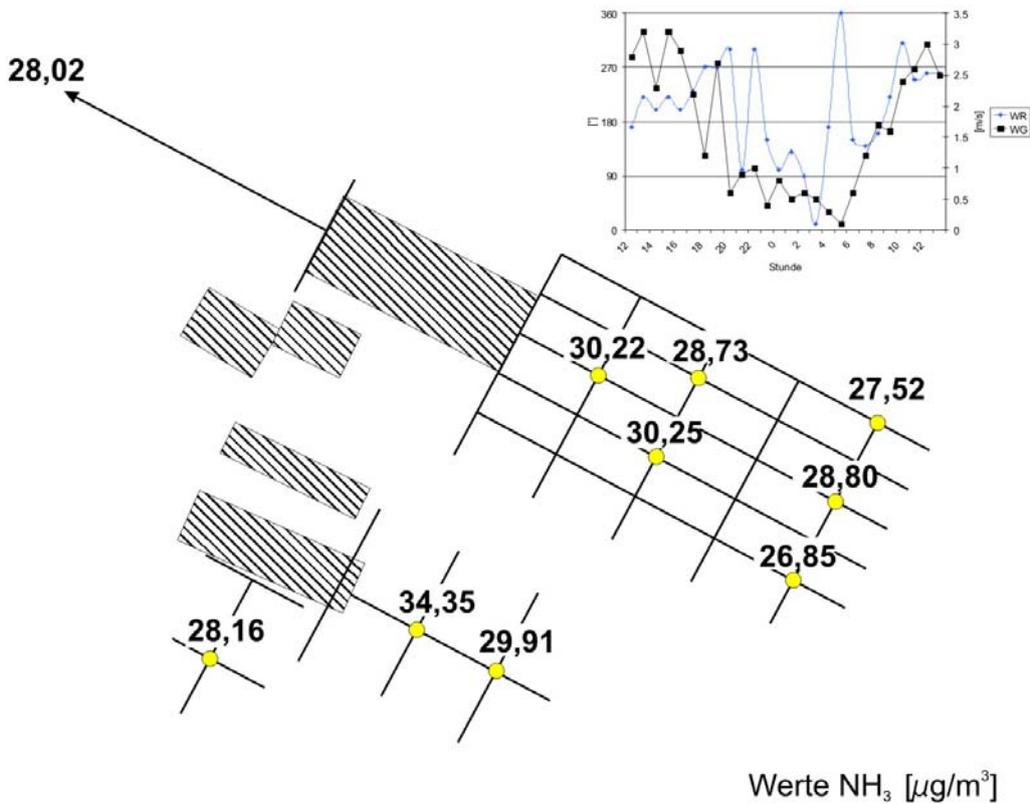


Abbildung 69: Ammoniakimmissionen, Windrichtung (WR) und Windgeschwindigkeit (WG) im Nahbereich der Anlage „Freiland“ am 19.05.-20.05.09.

## 4.7 Modul D2: Ausbreitungsrechnung – Ammoniak und Staubimmissionen

Die Ausbreitungsrechnung wurde vom Kooperationspartner Dr. Öttl, Deutsch Goritz (Österreich), im Rahmen eines Unterauftrags durchgeführt. Herr Dr. Öttl griff dabei auf die in Modul B und C erhobenen Messwerte zurück und arbeitete in engem Austausch mit Herrn Dr. Hinz, Johann Heinrich von Thünen-Institut. Die nachfolgenden Texte gehen auf den Abschlussbericht von Herrn Dr. Öttl zurück. Die ausführliche Darstellung zur Ausbreitungsrechnung findet sich im Anhang.

### 4.7.1 Fragestellung

Im Rahmen von Modul D2 sollten mittels numerischer Ausbreitungssimulation Quellstärken für Ammoniak bestimmt werden, d.h. die Ermittlung von Emissionen erfolgte indirekt über Immissionsmessungen und Ausbreitungssimulationen. Über die Ergebnisse aus der Ausbreitung von Ammoniak sollte auch die Ausbreitung von Staub und Mikroorganismen simuliert werden.

### 4.7.2 Methodik

Messwerte (Modul B und C) für die Ausbreitungsrechnung konnten nur für die Stallform Freilandhaltung gewonnen werden, da an den anderen Standorten keine Immissionsmessungen in der Stallumgebung möglich waren. Die Ausbreitungsrechnung wurde allerdings bei dem Betrieb mit der Freilandhaltung dadurch erschwert, dass in räumlicher Nähe zu den Legehennenställen ein Schweinestall betrieben wurde.

Als Datengrundlage für die Ausbreitungsberechnungen standen grundsätzlich folgende Angaben zur Verfügung:

- Auf Basis von Volumenstrommessungen in einem der vier Abluftkanäle der beiden Hühnerställe und parallel durchgeführten  $\text{NH}_3$  Messungen ermittelte Emissionsfrachten. Diese Messungen über jeweils etwa 24 Stunden wiesen eine hohe zeitliche Auflösung auf, sodass hier stündliche Emissionen zur Verfügung standen.
- Auf einem fixen Gitternetz in ca. 2,5 m über Grund wurden in der näheren Umgebung des Betriebes  $\text{NH}_3$ -Immissionskonzentrationen mittels Passivsammler gemessen. Diese standen als Mittelwerte über die jeweiligen Untersuchungszeiträume zur Verfügung. Aufgrund der Örtlichkeit des Betriebes wurde das Gitternetz so errichtet, dass bei den zu erwartenden häufigen Südwest- Westwinden eine optimale

Messung der Zusatzbelastung möglich sein sollte. Die Anordnung der Messpunkte zu den Gebäuden ist oben (Abb. 4.7 d-f) und im Anhang dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Modul D des Abschlußberichtes des Gesamtprojektes.

- In der Umgebung des Betriebes wurden mit einer Aufzeichnungsrate von 10 Hz Messungen der Windgeschwindigkeit der beiden Horizontalgeschwindigkeiten (u und v) mit einem Ultraschallanemometer in ca. 3 m über Grund durchgeführt. Zusätzlich standen stündliche Daten der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Globalstrahlung einer benachbarten DWD-Station zur Verfügung.
- Zur Ermittlung von Lüftungsraten sowie von NH<sub>3</sub>-Emissionsfrachten, insbesondere des Schweinestalls, wurden die Tierbestände für die jeweiligen Zeiträume der Messkampagnen zur Verfügung gestellt. Bei den Mastschweinen wurde von einer täglichen Gewichtszunahme von 0,8 kg/Tag ausgegangen, um das Durchschnittsgewicht zum Zeitpunkt der Messkampagnen zu ermitteln. In den beiden Hühnerställen wurden 6.000 Legehennen der Rasse Lohmann Brown mit einem durchschnittlichen Gewicht von 2 kg gehalten. Durch eine Klappe ist es den Legehennen möglich in der Zeit zwischen 10:00 h und 22:00 h in die Auslaufflächen zu gelangen. Die Hennen nutzen die Auslaufflächen vorwiegend bei schönem Wetter. Der Belegungsgrad der Auslaufflächen wurde auf 10 % abgeschätzt. Im Tagesdurchschnitt ergibt sich damit eine mittlere Belegung von 5 %.
- Geometrien der Ställe:
  - Schweinestall:
    - Firsthöhe: 4,5 m
    - Traufenhöhe: 3,4 m
    - Entlüftung: 5 Abluftkamine mit Durchmesser 63 cm, 2 m über Dach, Belüftung nach DIN 18910
  - Hühnerstall:
    - Firsthöhe: 5,5 m
    - Traufenhöhe: 3,2 m
    - Entlüftung: 4 Abluftkamine (je 2 pro Abteil) mit Durchmesser 1,1 cm, ca. 1,5 m über Dach, Belüftung nach DIN 18910

Periode	Hintergrundbelastung	NH <sub>3</sub> - Emission Schweinegestall	NH <sub>3</sub> - Emission Hühnerställe	Klare An- strömrich- tung	Simulation
21.5.- 30.7.08	nein	nein	nein	Ja	Ja
12.11.- 25.11.08	ja	nein	nein	Ja	Ja
19.5.- 20.5.09	nein	ja	nein	nein	Ja
31.3.- 1.4.09	nein	nein	ja	nein	Ja
3.3.- 4.3.09	nein	nein	ja	nein	Nein
15.4.- 16.4.09	nein	nein	ja	nein	Nein

**Tabelle 34: Zusammenfassung der Verfügbarkeit der für die Ausbreitungsmodellierung notwendigen Parameter für die einzelnen Untersuchungszeiträume**

Für die Ausbreitungsrechnung stand ein Lagrange'sches Partikelmodell zur Verfügung, entwickelt von der Technischen Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik. Dieses wird nachstehend kurz beschrieben:

Die Ausbreitung von Luftschadstoffen wird durch die räumlichen Strömungs- und Turbulenzvorgänge bestimmt. Diese sind für bodennahe Quellen neben den allgemeinen meteorologischen Bedingungen auch von der Geländestruktur, von Verbauungen und von unterschiedlichen Bodennutzungen abhängig. Um die Einflüsse möglichst gut zu erfassen, wurde in dieser Untersuchung das Lagrange'sche Partikelmodell GRAL Vs. 10.9 zur Bestimmung der Zusatzbelastung der Immission verwendet. Dieses kann den Einfluss der meteorologischen Verhältnisse, die Lage der Emissionsquellen und den Einfluss von windschwachen Wetterlagen berücksichtigen. Im Gegensatz zu Gauß-Modellen, die für gewisse Einschränkungen (homogenes Windfeld, homogene Turbulenz, ebenes Gelände, etc.) eine analytische Lösung der Advektions-Diffusionsgleichung verwenden, unterliegen

Lagrange-Modelle weniger Einschränkungen. Bei diesen Modellen wird die Schadstoffausbreitung durch eine große Anzahl von Teilchen simuliert, deren Bewegung durch das vorgegebene Windfeld sowie einer überlagerten Turbulenz bestimmt ist. Der Vorteil liegt darin, dass inhomogene Wind- und Turbulenzverhältnisse berücksichtigt werden können. Außerdem können im Prinzip beliebige Formen von Schadstoffquellen simuliert werden.

Für die Bestimmung von Immissionskonzentrationen wurde in einem festgelegten Gitter zu jedem Zeitpunkt die Anzahl an Teilchen in jedem Gittervolumen ermittelt und über die Zeit integriert. Da erfahrungsgemäß die vertikalen Konzentrationsgradienten höher sind als die horizontalen, wurde ein Auszählgitter verwendet, dessen horizontale Abmessung 5 m und in der Vertikale 1 m beträgt. Damit werden die räumlichen Gradienten der Konzentration genügend genau erfasst und statistische Unsicherheiten vermieden.

Eine umfangreiche Beschreibung sowie die Validierung des Modells GRAL finden sich in Öttl und Uhrner [119].

Zur Berechnung der mittleren Immissionsbeiträge der verschiedenen NH<sub>3</sub>-Quellen wurde für die beiden 14-tägigen Messkampagnen eine Ausbreitungsklassenstatistik entsprechend U.S.-EPA [118] in leicht modifizierter Form erstellt. Folgende Klasseneinteilungen wurden festgelegt:

- Windgeschwindigkeiten:  $\leq 0,5$  m/s, 0,5 – 1,0 m/s, 1,0 – 2,0 m/s, 2,0 – 3,0 m/s,  $\geq 3,0$  m/s
- Windrichtungen: 10° Sektoren
- Ausbreitungsklassen nach Turner: 1 – 7 (ermittelt aus der Globalstrahlung und der Windgeschwindigkeit)

Für die 24 Stunden Kampagnen wurden die entsprechenden Zeitreihen der gemessenen Windgeschwindigkeit, -richtung und Ausbreitungsklasse verwendet.

Für die Messkampagne vom 12.11. – 25.11.2008 wurden die Messdaten der DWD-Station sowie der lokalen Windmessung verglichen. Dabei zeigte sich, dass die DWD Station durchaus repräsentativ für die Umgebung des Stalles ist. Die gemessene durchschnittliche Windgeschwindigkeit an der DWD Station lag mit 4,5 m/s etwas höher als die lokal gemessene Windgeschwindigkeit mit 3,4 m/s. Dies ist aber auf die unterschiedlichen Messhöhen von 10 m bei der DWD Station und etwa 3 m bei der lokalen Messung zurückzuführen. Aus Gründen der Datenhomogenität wurden in der Folge alle Ausbreitungssimulationen mit den DWD Daten durchgeführt.

Weitere Angaben zur Methodik finden sich in Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** – Bericht Dr. Öttl.

### 4.7.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen zu den einzelnen Messkampagnen sind im Anhang wieder gegeben. Zusammenfassend lässt sich das Ergebnis der Durchführung von Modul D2 wie folgt beschreiben:

Es handelte sich um die Ermittlung von  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den beiden Auslaufzonen von zwei Hühnerställen eines landwirtschaftlichen Betriebes in Norddeutschland. Dabei wurden  $\text{NH}_3$  Konzentrationsmessungen über Zeiträume von 24 h bis 14 Tage durchgeführt. Da es sich bei den  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den Auslaufzonen um diffuse Emissionen handelt, deren Fracht [kg/h] nicht direkt bzw. nur mit enormem Aufwand gemessen werden könnte, wurde mit Hilfe von Ausbreitungsberechnungen versucht, die Frachten rückzurechnen.

Erschwerend für die Simulationsrechnungen war, dass neben den Auslaufzonen noch weitere Emissionsquellen durch einen angrenzenden Schweinestall und zwei Hühnerställen mit gefasster Entlüftung vorhanden waren. Für den Schweinestall gab es während der Versuche nur eine Stichprobenmessung von  $\text{NH}_3$  im Stallbereich, sodass hier die Emissionen auf Basis von Literaturwerten berechnet wurden. In den beiden Hühnerställen wurden bei mehreren Versuchen  $\text{NH}_3$ -Messungen im Stall vorgenommen, teilweise standen Messungen des Volumenstroms zur Verfügung, sodass Emissionswerte zur Verfügung standen.

Das Immissionsnetz wurde so aufgebaut, dass bei West- Südwestwinden eine klare Beaufschlagung erfolgen sollte. Weiters wurde westlich der Stallbauten eine Hintergrundmessstelle errichtet. Aufgrund ungünstiger Ausbreitungsbedingungen stellte sich nur in einer Periode eine klare Westwindsituation ein, die dann tatsächlich eine verlässliche Ermittlung einer Hintergrundkonzentration sowie der Emissionsfracht aus den Auslaufzonen ermöglichte.

Bei der Periode vom 12.11.-25.11.08 war eine eindeutige Anströmrichtung vorhanden, die auch eine entsprechend hohe räumliche Inhomogenität bei der Immissionsmessung bewirkte. Dies ist damit die einzige Periode, in der modellseitig ein klares Ergebnis bezüglich möglicher Emissionen aus den Auslaufzonen abgeleitet werden konnte. Überraschenderweise ergeben sich relativ hohe Emissionen im Bereich von 0,1 kg/h (praktisch ein ähnlich hoher Wert wie aus den beiden Ställen), obwohl sich im Mittel die Hühner nur zu ca. 5 % im Freien aufhalten. Bezogen auf eine Henne, ergeben sich für diese Periode also etwa

15-mal so hohe Emissionen im Auslaufbereich gegenüber dem Stall (2,9 kg/a/Henne im Auslaufbereich gegenüber 0,2 kg/a/Henne im Stallbereich). Möglicherweise kommt es zum Anreichern des Hühnerkotes und damit zu mehr oder weniger dauerhaften Emissionen vom Boden. Eine regelmäßige Entmistung, wie im Stall findet im Außenbereich nicht statt. Um diese Emissionen mit jenen aus geschlossenen Ställen vergleichen zu können, müsste man zu letzteren noch die weiteren Emissionen an  $\text{NH}_3$  während der Lagerung und Ausbringung des Wirtschaftsdüngers hinzurechnen. Lokal könnte damit die Haltung von Hühnern in Auslaufzonen zu immissionsseitigen Problemen führen (Geruchsprobleme und Forst). Möglicherweise sind die Emissionen aus den Auslaufzonen insgesamt mit einer noch größeren Variabilität behaftet, als Emissionen aus geschlossenen Stallbauten, da hier z.B. durch Niederschlagsereignisse eine Beeinflussung erwartet werden kann. Unter Umständen war dies auch der Grund, warum in der Periode vom 21.5.-31.7.08 eine niedrige Hintergrundbelastung (nur  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und gleichzeitig eine niedrige Emission von unter 0,01 kg/h (das ist bezogen auf eine Henne in etwa eine gleich hohe Emission, wie aus dem Stall, nämlich ca. 0,2 kg/a/Henne) aus den Auslaufzonen ermittelt wurde.

Es kann damit festgehalten werden, dass die geplante Vorgangsweise zur Ermittlung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den Auslaufzonen grundsätzlich geeignet wäre, um diese mit genügender Genauigkeit zu bestimmen. Die in diesem Projekt durchgeführten Messungen waren jedoch größtenteils geprägt durch Windrichtungshäufigkeiten, die genau diametral zu den ansonsten häufigsten Winden aus dem Sektor West- Südwest standen. Darüber hinaus scheint es gerade im Ostsektor Quellen mit signifikanter  $\text{NH}_3$ -Emission zu geben, die zu höheren Belastungen bei den  $\text{NH}_3$ -Immissionsmessungen führten, als jene Emissionen des untersuchten Betriebes selbst.

## **4.8 Modul E – Ermittlung von Bakterien in der Stallumgebung / Korrelation zu Modul A2**

### **4.8.1 Fragestellung**

In Modul E sollten die Ausbreitungsentfernungen von Bakterien aus den Legehennenställen experimentell ermittelt werden. Als Indikatorkeime für Tierhaltungsanlagen wurden hierbei Gesamtbakterien und Staphylokokken verwendet.

#### 4.8.2 Messrhythmus und Methoden

Untersuchungen zu Keimimmissionen aus dem Stall wurden in der Stallumgebung von drei der vier Probenahmebetriebe durchgeführt. Bei der Kleingruppenhaltung wurde auf diese Untersuchung verzichtet, da hier in der direkten Stallumgebung weitere Tierhaltungsanlagen standen und auch im Stallgebäude selbst andere Legehennenhaltungsformen vertreten waren. Entsprechend war es hier nicht möglich, die Kleingruppenhaltungsspezifischen Emissionen zu erfassen. Auch bei der Freilandhaltung und der Volierenhaltung befanden sich weitere Tierhaltungsanlagen (bei der Legehennenhaltung im Freiland: Mastschweine, bei den Legehennen in Bodenhaltung: Gänse in Freilandhaltung) in unmittelbarer Umgebung, welche einen Einfluss auf die ermittelten Konzentrationen an luftgetragenen Keimen in der Außenluft haben konnten.

In fünf bis zehn Metern Entfernung (stallnah) und in 50 bis 100 Metern Entfernung (stallfern) wurden durch einen Impaktor (MLE, Dresden) jeweils in drei Ansätzen 100 Liter Luft angesaugt und die enthaltenen Partikel auf Nährbodenplatten für die Kultivierung von mesophilen, aeroben Gesamtbakterien (Blut-Basis-Agar, Oxoid, Wesel) und Staphylokokken (Mannit-Salz-Agar, Oxoid, Wesel) abgeschieden. Die Standorte wurden dabei so gewählt, dass der Probenahmeort im Lee des Stalles beziehungsweise dessen Emissionsschwerpunktes lag und weitestgehend frei angeströmt werden konnte (Abbildung 70). Die Außenmessungen fanden parallel zu den stationären Luftprobenahmen im Stallinnenraum (Modul A2) statt. Die Agarplatten wurden anschließend sicher verschlossen und beschriftet ins Labor transportiert, wo sie bei 36 °C für 48 Stunden inkubiert wurden.

Die Außenmessungen wurden nur bei niederschlagsfreien Bedingungen und stabiler Windrichtung durchgeführt. Die relativ weit gefasste Einteilung von „stallnah“ mit fünf bis zehn Metern und „stallfern“ mit 50 bis 100 Metern ist dabei dem Umstand geschuldet, dass Grundstücksgrenzen beachtet und Anbauflächen geschont werden mussten. Unter diesen Voraussetzungen konnte ein gleichmäßiger Abstand bei jeder Windrichtung nicht überall eingehalten werden.

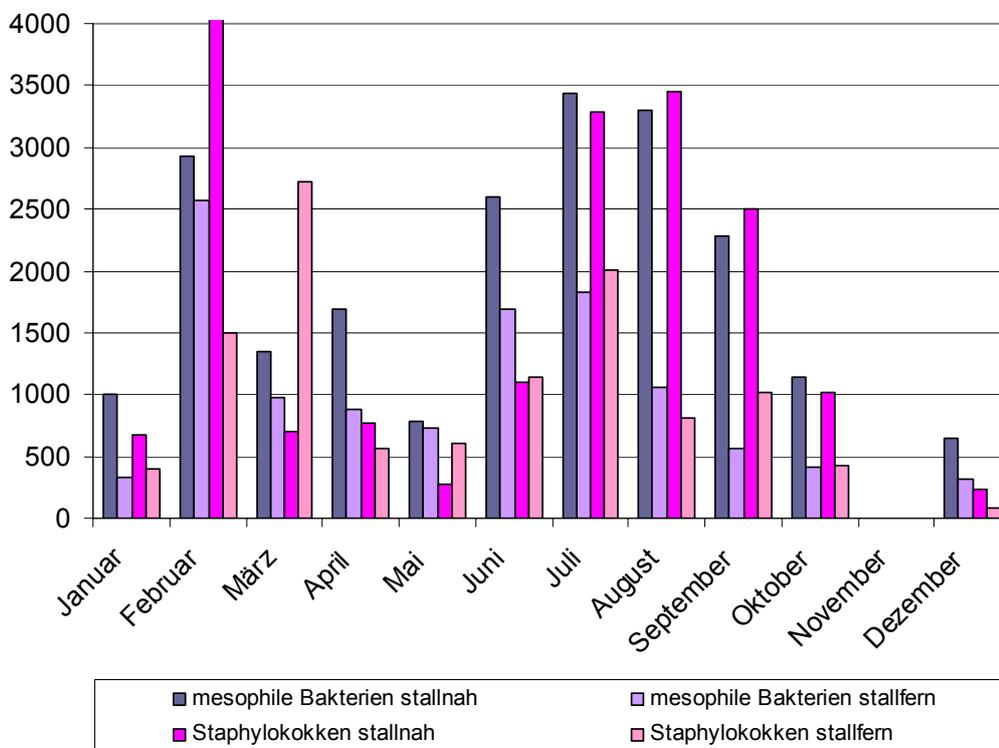


**Abbildung 70:** Lage der untersuchten Legehennenställe im Gelände. Von links nach rechts: Bodenhaltung, Freilandhaltung, Kleingruppenhaltung, Volierenhaltung. Rot eingezeichnet sind beispielhaft einige Probenahmeplätze für die Außenmessungen „stallfern“.

Insgesamt konnten für die Bodenhaltung und die Freilandhaltung je 11 und für die Volierenhaltung 12 Außenmessungen durchgeführt und ausgewertet werden. Nach Inkubation wurden die koloniebildenden Einheiten (KBE) ausgezählt und die Ergebnisse auf KBE pro Kubikmeter Außenluft umgerechnet.

### 4.8.3 Bakterienimmissionen in der Stallumgebung

In Abbildung 71, Abbildung 72, Abbildung 73 ist der Mittelwert aus je drei Proben pro Messung und betrachteter Keimspezies im Jahresverlauf für jede der drei beobachteten Haltungsformen für Legehennen dargestellt.



**Abbildung 71:** Bodenhaltung: **Bakterienimmissionen im Lee des Stalles in 5 bis 10 Metern („stallnah“) bzw. 50 bis 100 Metern („stallfern“) Entfernung**

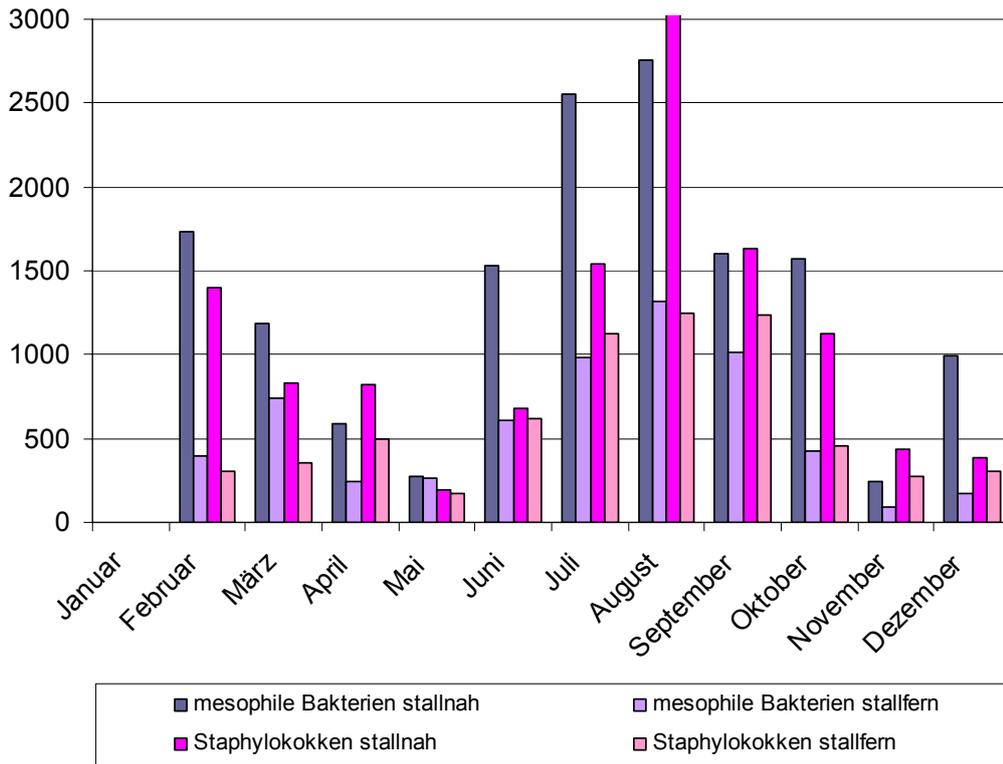


Abbildung 72: Freilandhaltung: Bakterienimmissionen im Lee des Stalles in 5 bis 10 Metern („stallnah“) bzw. 50 bis 100 Metern („stallfern“) Entfernung

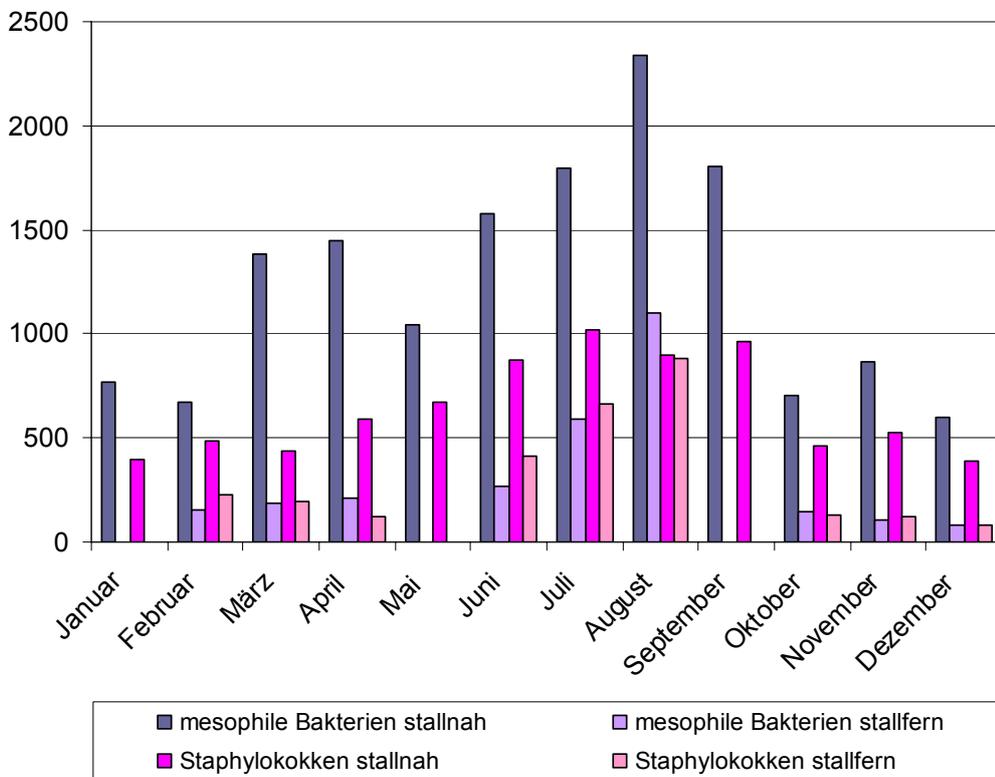
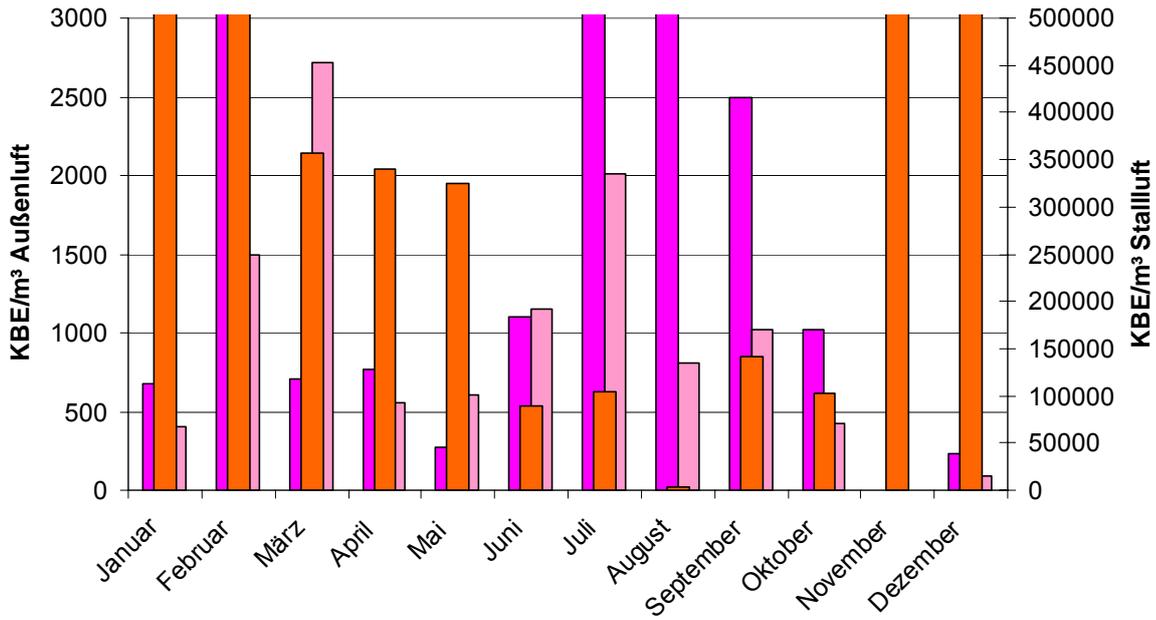


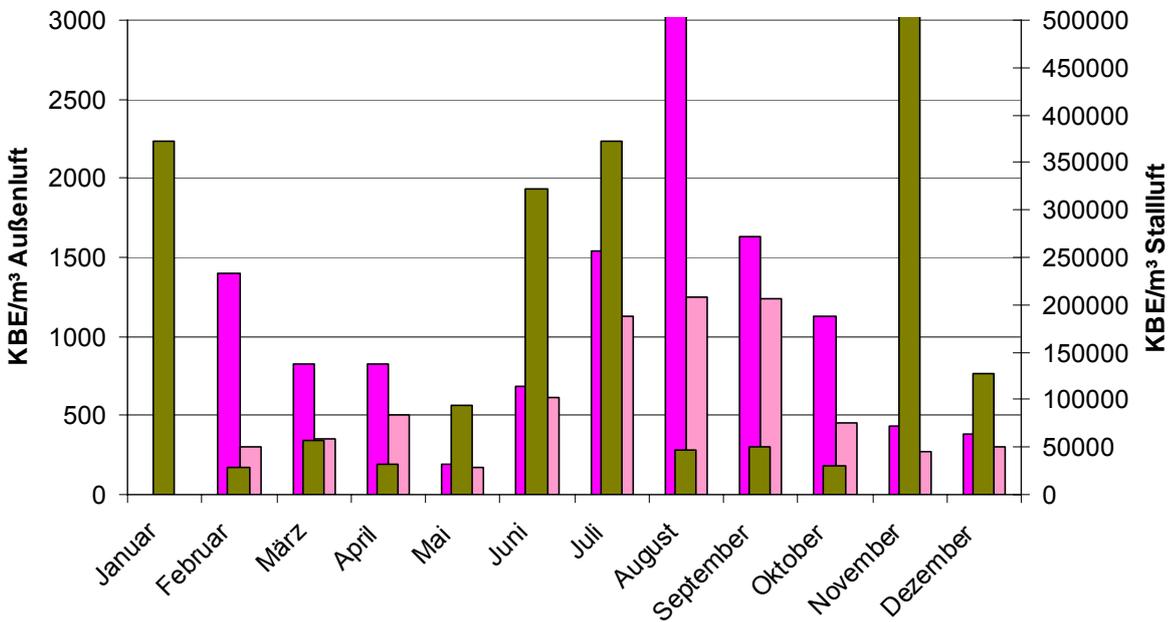
Abbildung 73: Volierenhaltung: Bakterienimmissionen im Lee des Stalles in 5 bis 10 Metern („stallnah“) bzw. 50 bis 100 Metern („stallfern“) Entfernung.

#### **4.8.4 Diskussion der Befunde aus Modul E**

Bei allen drei Haltungformen und besonders deutlich bei der Volierenhaltung ist ein saisonaler Verlauf erkennbar: die höchsten Keimkonzentrationen traten in den warmen Monaten auf, wenn der Luftaustausch im Stall am höchsten ist und besonders viel verbrauchte, keimbelastete Luft nach außen abgeführt wurde. Stallnah ließen sich erwartungsgemäß höhere Keimkonzentrationen in der Stallluft nachweisen als im stallfernen Bereich. Stallfern und insgesamt in den kalten Monaten blieben die Konzentrationen an luftgetragenen Keimen im Schwankungsbereich der üblichen Hintergrundbelastung der Außenluft in ländlichen Gebieten (100 bis 3000 KBE/m<sup>3</sup>) [116, 117]. Bei erhöhter Lüftungsrate in den warmen Monaten ließen sich jedoch bei der Bodenhaltung im stallnahen Bereich höhere Konzentrationen nachweisen. Staphylokokken müssen dabei gesondert betrachtet werden, da sie in der unbelasteten Außenluft kaum oder nur in sehr geringen Konzentrationen vorkommen und deshalb als Indikatoren für Tierhaltungsanlagen in der Umgegend gelten können. Die hier gefundenen Staphylokokkenkonzentrationen folgen dem Konzentrationsverlauf der Gesamtbakterien zu Anteilen ähnlich denen in der Stallluft (s. a. Abbildung 72). Die Abhängigkeit der Konzentrationen in der Außenluft von den Keimkonzentrationen in der Stallluft - vermittelt über den Luftaustausch - wird in Abbildung 74, Abbildung 75 und Abbildung 76 verdeutlicht. Im Sommer bewirkt eine hohe Lüftungsrate eine erhöhte Emission von Keimen mit der Abluft und durch den gesteigerten Austausch der Stallluft mit Frischluft eine Reduktion der Keimfracht im Stall. Im Gegensatz dazu wird in der kalten Jahreszeit die Luftwechselrate betriebsseitig herunterreguliert, so dass deutlich weniger emittiert wird und im Inneren des Stallraumes u.a. die Keimfracht ansteigt.



**Abbildung 74:** Mittlere Staphylokokkenkonzentrationen der Außenmessungen bei der Bodenhaltung (pinkfarbene bzw. rosafarbene Säulen, linke Y-Achse, n=3) und der stationären Messungen im Stall am selben Probenahmetag (orangefarbene Säulen, rechte Y-Achse, n=18) im Jahresverlauf.



**Abbildung 75:** Mittlere Staphylokokkenkonzentrationen der Außenmessungen bei der Freilandhaltung (pinkfarbene bzw. rosafarbene Säulen, linke Y-Achse, n=3) und der stationären Messungen im Stall am selben Probenahmetag (grüne Säulen, rechte Y-Achse, n=18) im Jahresverlauf.

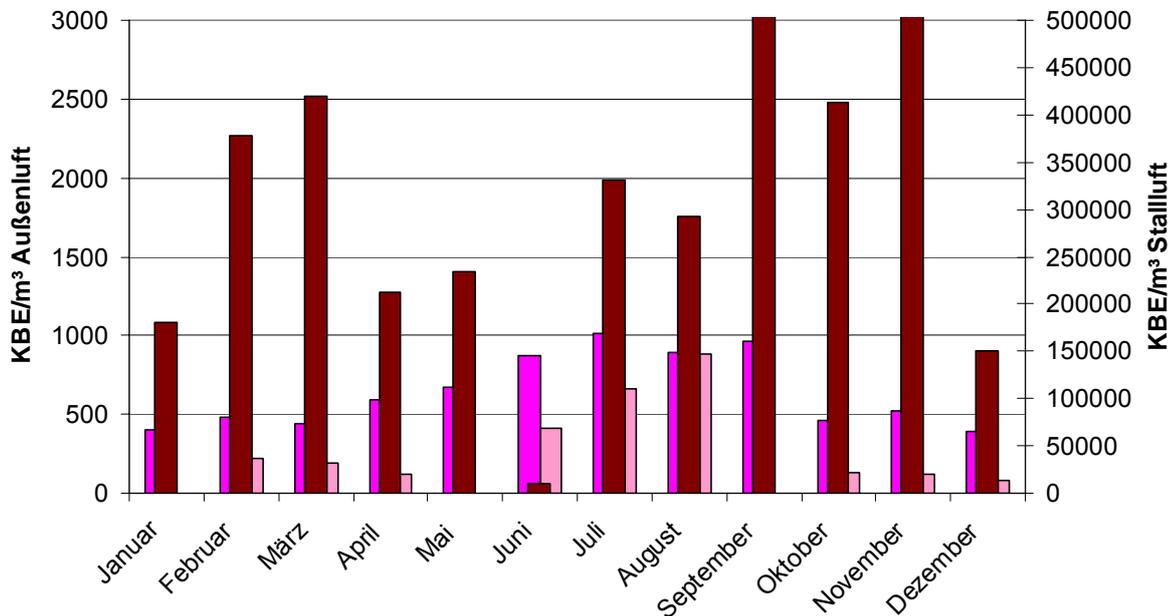


Abbildung 76: Mittlere Staphylokokkenkonzentrationen der Außenmessungen bei der Bodenhaltung (pinkfarbene bzw. rosafarbene Säulen, linke Y-Achse, n=3) und der stationären Messungen im Stall am selben Probenahmetag (dunkelrote Säulen, rechte Y-Achse, n=18) im Jahresverlauf.

## 4.9 Modul F – Befragung von Legehennenhaltern zur „Best Practice“ zur Emissions- und Immissionsminimierung

### 4.9.1 Fragestellung

Ziel war es, aus einer Befragung von Praxisbetrieben die „best practice“ für die alternative Haltung von Legehennen im Hinblick auf Tiergerechtigkeit, Arbeits- und Anwohnerschutz abzuleiten. Dies sollte durch zwei Teilziele erreicht werden: 1. Quantifizierung von Problemen in der Praxis (z.B. in Bezug auf die Tiergesundheit, Stallluftqualität, Geruchsemissionen, Beschwerden von Beschäftigten und Anwohnern): In welchem Ausmaß treten Probleme in diesen Bereichen in der Praxis auf? 2. Identifizierung und Quantifizierung von

Risikofaktoren: Welche Faktorkombinationen führen in welchem Ausmaß zu einer Reduktion bzw. Zunahme der beschriebenen Schwierigkeiten?

#### 4.9.2 **Methoden und Durchführung**

Zur Entwicklung des Fragebogens wurde innerhalb der Projektpartner ein Brainstorming zu den möglichen Einflussfaktoren für Emissions- und Immissionsmerkmale durchgeführt (Universität Witten Herdecke, ITTN und vTi). Das Ergebnis war eine Vielzahl von Einzelfaktoren, die in diesem Umfang keine Grundlage für einen akzeptablen Fragebogen hätten ergeben können (Tabelle 46). Je nach Anzahl der Rückläufe, bestünde die Gefahr einer nicht auswertbaren Antwortheterogenität mit zugleich stark sinkender Bereitschaft, den Fragebogen überhaupt auszufüllen. Alternativ sollte ausgehend von den Experteninterviews (Modul G) ein standardisierter Fragebogen erarbeitet werden, der nur die wesentlichen in den Interviews genannten Themenbereiche abdeckte. Es resultierte ein Fragebogen, in dem die in den Interviews genannten typischen Einflussfaktoren auf die Luftqualität im Stall in ihrer Konsequenz für die Gesundheit von Mensch und Tier, die Umwelt und die Nachbarschaft bewertet wurden (Tabelle 35).

Nr.	Fragebogen Items
1	Bewertung des möglichen Einflusses der typischen haltungsspezifischen Merkmale auf die Luftqualität im Stall.
2	Bewertung der Bedeutung der Luftqualität auf die betroffenen Bereiche Tiergesundheit, Tierschutz, Umweltschutz, Nachbarschaftsschutz und Arbeitsschutz, aber auch auf die letztendlich die Betriebsstrukturen prägende Wirtschaftlichkeit.
3	Bewertung von möglichen Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität im Stall.
4	Nennung von häufigen Problemen in der eigenen Betriebsform bezogen auf Luftqualität, Tiergesundheit und Gesundheit der Arbeitnehmer.
5	Abfrage möglicher Ursachen und Lösungsansätze dieser Probleme.
6	Abfrage von Empfehlungen für die Auswahl von Einstreu, Entmistung, Futter, Luftqualität und Stallausstattung.
7	Abfrage der Betriebsstruktur

**Tabelle 35: Wesentliche Abfrage-Items für die Entwicklung des Fragebogens zur „Best-Practice“.**

Die Abfrage wurde entsprechend der wissenschaftlichen Empfehlungen einerseits über Endpunkt-benennende Intervallskalen ohne „Nullpunkt“ und andererseits über Freitext- An-

gaben zu eigenen Problemlösungs-Erfahrungen und persönlichen Empfehlungen entwickelt [115]. Statistische Angaben zu Haltungsform und Anzahl der Tierplätze ergänzten die Informationen (Fragebogen im Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Modul F).

Nach Durchlauf eines internen Pretests, wurde der Fragebogen postalisch mit einem Anschreiben versandt, in dem auf die anonyme Durchführung der Befragung, die Bedeutung der einzelnen Erfahrungen im Hinblick auf die Luftqualität im Stall und die Förderung des Projektes durch das BMELV / BLE hingewiesen wurde. Für die Rückantwort lag ein frankierter Rückumschlag bei.

Die Adressen für den Versand der Fragebögen wurden der Liste der EWG-Eierproduzenten entnommen, die auf der Homepage des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit<sup>6</sup>. Hier aufgeführte Betriebe, die offensichtlich keine eigene Legehennenhaltung betrieben, wurden vor dem Versand ausgeschlossen. Dabei handelte es sich z.B. um Produzenten von Eierprodukten für die Lebensmittelindustrie oder Großhändler des Zwischenhandels. Über die Nutzung bereits veröffentlichter Betriebsanschriften sollten die Rekrutierungsprobleme vermieden werden, die die Bearbeitung von Modul H erschwerten (Gründe: Datenschutz, ausgeprägte ablehnende Haltung der Betreiber von Legehennenbetrieben). Insgesamt wurden 166 Betrieben im Bundesgebiet in die Adressenliste aufgenommen. Nach Postversand (einschließlich frankierter Rückumschlag) und telefonischer Nachfrage konnte ein Rücklauf von 18 Fragebögen erreicht werden (10,8 %).

#### **4.9.3 Ergebnisse**

Die Betriebsgrößen variierten zwischen 7.500 und 400.000 Legehennenplätzen in Bodenhaltung (11 Betriebe), Volierenhaltung (13 Betriebe), konv. Käfighaltung (2 Betriebe) und Kleingruppen-Haltung (6 Betriebe). Mehrfachnennungen waren erlaubt, so dass bei 10 Betrieben zwei bis vier verschiedenen Haltungsformen angegeben wurden. Auf vier Betriebe wurde Freilandhaltung durchgeführt, 7 Betriebe gaben einen oder mehrere Wintergärten an (Tabelle 36).

Zur Bewertung der Relevanz der Luftqualität für die von Emissionen und Immissionen betroffenen Kompartimente Gesundheit von Mensch und Tier, Umwelt und Nachbarschaft, gaben die von uns befragten Eierproduzenten die Teilaspekte Arbeitsschutz, Tiergesundheit und Wirtschaftlichkeit als besonders wichtig an. Bewertet wurde auf einer Skala von 1 (unwichtig) bis 5 (sehr wichtig). Untergeordnet werden Nachbarschaftsschutz und Um-

---

<sup>6</sup> [http://btl.bvl.bund.de/btl/kategorie\\_anzeigen.jsp?id=2](http://btl.bvl.bund.de/btl/kategorie_anzeigen.jsp?id=2)

weltschutz bewertet, also die Immissionsseite des Bioaerosols (Tabelle 39). Der Einfluss typischer Merkmale alternativer Haltungsformen auf die Luftqualität im Stall wurde ebenfalls auf einer Skala von 1 (unwichtig) bis 5 (wichtig) bewertet. An erster Stelle wurden die „Art der Luftführung und Lüftungsart“ und die „Dauer der Kotlagerung im Stall“ genannt (17/18) bzw. 12/18) mit den Skalenwerten 4 oder 5). Dem gegenüber wird das Merkmal „Wahl des Futters“ als wenig einflussreich eingestuft. Entsprechend wurden die „Anpassung der Lüftungstechnik“ (Median des Skalenwerts: 5; 18/18 Nennungen) und die „Reduzierung der Kotlagerdauer im Stall“ als gute Möglichkeiten zur Verbesserung der Luftqualität im Stall angesehen. Auch bei der Hierarchisierung der vorgegebenen Maßnahmen wurden diese beiden Punkte am häufigsten genannt (Tabelle 41), letzte Spalte). Dagegen schienen den Parametern Futterwahl, Herdenmanagement oder Anlagenwartung als nicht besonders bedeutend angesehen zu werden (Tabelle 41).

Haltungsform	Anzahl
Bodenhaltung	11
Volierenhaltung	13
Konv. Käfighaltung	2
Kleingruppenhaltung	6
Mehrfachnennungen	10

**Tabelle 36: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“: Verteilung der Haltungsformen bei den Befragungsteilnehmern**

Tierzahlen	Anzahl
bis 10.000	1
bis 50.000	8
bis 100.000	0
mehr als 100.000	6
Keine Angaben	3
Summe	18

**Tabelle 37: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“: Verteilung der angegebenen Tierplätze bei den Befragungsteilnehmern**

Nr.	Legehennenplätze	Haltungsformen	Freilandhaltung	Wintergärten
1	40.000	Bodenhaltung	Nein	Ja
2	24.000	1Bodenhaltung, Voliere	Ja	Ja
3	200.000	Voliere	nein	nein
4	200.000	Bodenhaltung, Volierevoliere	Ja	Ja
5	400.000	Voliere	Ja	Ja
6	26.000	Voliere, Kleingruppenhaltung	nein	nein
7	49.000	Bodenhaltung, Voliere, Kleingruppenhaltung	Ja	Ja
8	14.000	Bodenhaltung, Voliere	k.A.	Ja
9		Bodenhaltung, konv. Käfig	k.A.	k.A.
10	mehrere Farmen, diverse Standorte	Bodenhaltung, Voliere, konv. Käfig, Kleingruppenhaltung	k.A.	k.A.
11	13.800	Bodenhaltung, Kleingruppenhaltung	k.A.	Ja
12	150.000	Voliere, Kleingruppenhaltung	k.A.	k.A.
13	42.000	Bodenhaltung, Voliere	k.A.	Ja
14	7.500	Voliere	nein	nein
15	20.000	Bodenhaltung	nein	nein
16		Bodenhaltung	k.A.	k.A.
17	240.000	1;2;4Bodenhaltung, Voliere, Kleingruppenhaltung	nein	nein
18	120.000	Bodenhaltung2	nein	nein

**Tabelle 38: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“: Strukturen der befragten Betriebe. k.A.: keine Angaben**

	Median des Skalenwerts	Anzahl der Nennungen mit den Skalenwerten 4 oder 5
Tiergesundheit	5	16
Gesundheit der Beschäftigten	5	16
Wirtschaftlichkeit	5	15
Arbeitsschutz	5	15
Tiergerechtheit	4	9
Umweltschutz	3	8
Nachbarschaftsschutz	3	8

**Tabelle 39: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“ in der Geflügelhaltung: Wichtigkeit der Luftqualität für betroffene Bereiche.** Skalenendpunkte: 1=unwichtig, 5=sehr wichtig.

	Median des Skalenwerts	Anzahl der Nennungen mit den Skalenwerten 4 oder 5
Art der Luftführung und Lüftungsart	5	17
Dauer der Kotlagerung im Stall	5	12
Wahl der Einstreu	4	12
Gebäudedimensionen (Höhe, Breite, Länge)	4	11
Lage/Größe des Scharrbereichs	4	11
Rhythmus Reinigung des Scharrbereichs	4	9
Anlagenwartung und Herdenführung	3	5
Gebäudelage im Gelände	3	4
Wahl des Futters	2	3

**Tabelle 40: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“ in der Geflügelhaltung: Einflussgrößen für die Luftqualität.** Nennung entsprechend der Rangfolge, Skalenendpunkte: 1=kaum Einfluss, 5=großer Einfluss.

	Median des Skalenwerts	Anzahl der Nennungen mit den Skalenwerten 4 oder 5	Wichtigste Maßnahme? Anzahl der Nennungen auf Platz 1-3
Anpassung der Lüftungstechnik	5	18	16
Reduzierung der Kotlagerdauer im Stall	4	15	13
Häufigkeit Reinigung des Scharrbereichs	4	10	4
Wahl der Einstreu in Art und Menge	4	9	6
Anpassung der Herdenführung/Stallmanagement	3	5	4
Wahl des Futters (Zusatzstoffe, Zusammensetzung, Körnungsgrad)	3	5	2

**Tabelle 41: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“ in der Geflügelhaltung: Möglichkeiten der Verbesserung der Luftqualität.** Skalenendpunkte: 1=kaum Verbesserung, 5=gute Verbesserung.

Bei der Frage nach Problemen, die in den letzten 12 Monaten zu bewältigen waren, gab die Mehrheit der Betriebe vernasste Einstreu und vernassten Kot an (10 bzw. 9/18). Weitere Probleme lagen in einer unzureichenden Luftwechselrate oder unvollständigem Luftaustausch (13/18), wobei zusätzlich 7 Betreiber zu viel Staub im Stall beklagten. Ebenso oft wurden verlegte Eier als problematisch genannt. Diese drei Items wurden anschließend bei der Hierarchisierung der Probleme ebenfalls am häufigsten genannt.

	Anzahl der pos. Nennungen	Hierarchisierung der Probleme, Anzahl der Nennungen auf Platz 1-3
Vernasste Einstreu	10	5
Vernasster Kot	9	5
zu viel Staub im Stall	7	6
Nicht ausreichende Luftwechselrate	7	3
viele verlegte Eier in der Einstreu	7	3
Kein vollständiger Luftaustausch	6	3
komplizierte Lüftungstechnik	4	2
Mangelhafte Eiqualität	4	2
zu viel Ammoniak im Stall	4	0
Probleme mit der Genehmigungsbehörde	4	2
Hohe Tierverluste	3	3
Beschwerden aus der Nachbarschaft	1	1
Gesundheitlich Probleme der Stallbetreuer durch die Tätigkeit	1	1

**Tabelle 42: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“ in der Geflügelhaltung: Probleme in den letzten 12 Monaten. Antwortkategorien - Ja / Nein.**

Die Studienteilnehmer wurden aufgefordert, über Freitextangaben ihnen bekannte Ursachen und Lösungen für die angegebenen Probleme zu benennen. Hierbei setzten sich

mehrere Personen mit den Ursachen und Lösungsmöglichkeiten für vernasste Einstreu, vernassten Kot, Staub im Stall, unzureichende Luftwechselrate, viele verlegte Eier in der Einstreu, unvollständigen Luftaustausch, komplizierte Lüftungstechnik, mangelhafte Eiqualität, zu viel Ammoniak im Stall, Probleme mit der Genehmigungsbehörde, hohe Tierverluste und Problemen mit den Nachbarn auseinander (Tabelle 9). Die Erfahrungen zu möglichen Ursachen und Lösungsmöglichkeiten umfasste eine Fülle von baulich-technischen und organisatorischen Maßnahmen bis hin zu Empfehlungen bestimmter Stallsysteme bzw. Hersteller. Ergänzend äußerten die Befragten weitere im Fragebogen nicht enthaltene Probleme und Erfahrungen zu Einstreu und (lüftungs-)technischen Problemen (Tabelle 45)

<b>Probleme</b>	<b>Genannte Ursachen</b>	<b>Genannte Lösungen</b>
Vernasste Einstreu	Bodennähe zu wenig Luftzirkulation	Ventilator
	Feuchtigkeitseintrag über Auslauf oder ungenügende Scharrtätigkeit	ausschaufeln
	Geringere Temperatur	Temperatur um 1 Grad senken, einige Ventilatoren ausschalten, restlichen fahren höhere Umdrehungen
	bei Winterlüftung	neue Einstreu oder ausschaufeln
	bestimmte Futterzusätze	Futterzusatz für bessere Kotkonsistenz
Vernasster Kot	unbekannt - vielleicht zu hohe Energiegehalte im Futter	-
	Bodennähe zu wenig Luftzirkulation; bestimmte Futterzusätze	Ventilator; Futterzusatz für bessere Kotkonsistenz
	Falsche Nippeltränke, zu hoher Druck der Nippeltränke	Druckminderer alle 20m, Auffangschalen unter Nippel gehangen
	zu wenig Umluft der Kotbelüftung	Ventilatorzeiten verlängern, Drehzahl erhöhen
zu viel Staub im Stall	zu unruhige Herde	-
	-	Einstreumittel ausbringen, Staub wird gebunden; saubermachen
	Einstreuschicht zu groß	-
	-	Zusatzventilatoren
	Die Einstreu ist sehr trocken, da wir viel Stroh aufstreuen und durch die Luftverweildauer im Stall Feuchtigkeit entzogen	Höher Luftrate und höheren Unterdruck fahren!; Erwärmung der Zuluft bis sie zur Abluft wird.

Nicht ausreichende Luftwechselrate	Minimum Lüftungsrate der Außentemperatur kontinuierlich anpassen	Passenden Klimaregler verwenden, oder mit findigem Elektriker eine Steuerung bauen
	Geringere Temperatur	Temperatur um 1 Grad senken, einige Ventilatoren ausschalten, restlichen fahren höhere Umdrehungen
	alter Stall	alter Stall
viele verlegte Eier in der Einstreu	-	Einstreu/Kot entfernt
	das Lichtregime	die Ausleuchtung wurde verändert
	Lichtprogramm und Beleuchtung nicht optimal	-
Kein vollständiger Luftaustausch	Verhinderung des Temperaturabfallens	-
	zu wenig Luftgeschwindigkeit	Hälfte der Zuluftklappen geschlossen und Abluftkamine verlängert zum Boden hin
	Außentemperatur begrenzt den vollständigen Luftaustausch	Im Stall fährt man die Solltemp. Herunter (bis auf 6 Grad), Futtermittelverbrauch steigt!
komplizierte Lüftungstechnik	Einsatz von Frequenzumrichter gesteuerter Lüftung	-
	Alter Stall (ca. 100 Jahre) kein Streifenfundament vorhanden	abgraben an der Außenwand, kleine Betonplatte betonieren, mit Gefälle vom Stall weg damit Regenwasser vom Gebäude wegläuft
Mangelhafte Eiqualität	Staubentwicklung im Stall durch das System Bodenhaltung	-
zu viel Ammoniak im Stall	alter Stall	alter Stall
	bei Winterlüftung	neue Einstreu oder ausschaufeln
	-	Gänge und Scharrbereich regelmäßig misten
	Falsche Nippeltränke, zu hoher Druck der Nippeltränke	Druckminderer alle 20m, Auffangschalen unter Nippel gehangen
Probleme mit der Genehmigungsbehörde	Viel zu lange Prüfungs- u. Genehmigungsverfahren	-
	-	zu wenig Sachverstand, Angst vor Presse die keinen Sachverstand hat, Angst vor radikalen Tierschützern
Hohe Tierverluste	Kannibalismus	Problem in der Bodenhaltung
	Nasser Kot --> höhere Infektionsgefahr; Herde entwickelte starken Kannibalismus	Zitronensäure ins Trinkwasser; Lichtintensität reduzieren
Beschwerden aus der Nachbarschaft	Lautstärke der Ventilatoren	-
	Futterentmischung	Weniger Druck beim Einblasen ins Silo

**Tabelle 43: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“ in der Geflügelhaltung: Ursache und Lösungen für vorgegebenen Problemfelder, Antworten im Freitext**

<b>Weitere Probleme als Freitextangaben:</b>
Keine weiteren Probleme: 8 Nennungen
Wenn der Fuchs im Stall ist, dann gibt es richtig Ärger!
Wir reden immer von nasser Einstreu, dünnen Kot doch das gab es schon bei der Käfighaltung und da hat es niemand gestört, da der Kot weg war (Huhn und Mist getrennt!). Man muss zukünftig schauen, wie das Futter verändert werden muss, um dieses Problem in den Griff zu bekommen. Nasser Kot ist die Ursache allen Übels.
Zitat "große Stalleinheiten, wie sie sie bauen, sind politisch nicht gewollt" (von einem Beamten im Bauamt") zu Zeiten der rot/grünen Regierung
Probleme mit der Dotterfarbe

**Tabelle 44: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“ in der Geflügelhaltung: Probleme - Freitextangaben**

<b>Zitate aus dem Abschnitt Empfehlungen ...</b>		
	<b>Empfehlung</b>	<b>Keine Empfehlung</b>
<b>... zur Einstreu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die beste Luftqualität habe ich bei einer Längslüftung im Stall. Zuluft von der Seite und Abluft am Giebel</li> <li>• Im Winter lieber tiefere Temperaturen im Stall, als zu niedrige Ventilatorumdrehzahl</li> <li>• gar keine Hobelspäne</li> <li>• zu Stroh und Hobelspäne gibt es keine richtige Alternative</li> <li>• Softcell</li> <li>• (saubere) Hobelspäne aber teuer --&gt; Wenn der Kot trocken ist, braucht man gar keine Einstreu bzw. sehr wenig und das sollte das Ziel sein!!</li> <li>• Rindenmulch (nicht zu grob), trockenes Stroh</li> <li>• ziemlich wurscht</li> <li>• Lüftungstechnik, Firma "Sprock" (?)</li> <li>• Kohlensaurer Kalk mit grober Körnung</li> <li>• Einstreu wechseln</li> <li>• keine Einstreu</li> <li>• Sand oder Sägespäne</li> <li>• Lüftungstechnik!! Stroh, Späne, Sand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Silomais</li> <li>• Sand</li> <li>• Stroh --&gt; Pilze und Krankheitsträger</li> <li>• Torf, Hackschnitzel</li> <li>• Stroh, Sägemehl</li> <li>• Hobelspäne</li> <li>• Stroh, Silomais</li> </ul>
<b>... zur Entmistung und Stallreinigung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tägliche Entmistung, wenn die Technik es zu lässt</li> <li>• min. 1x wöchentlich misten; oft entmisten</li> <li>• Wöchentlich Kotbänder entmisten; Einstreu trocken 2x wöchentlich die Kotbänder; Kotbandentmistung; Kotbandbelüftung</li> <li>• 5-Tage Bänder entleeren; Vernasster Einstreu entfernen</li> <li>• regelmäßig Kotband und Gänge misten</li> <li>• Scharräume nicht zu tief werden lassen; Ausschaufeln</li> <li>• Trockenreinigung, Luft absaugen</li> <li>• rundum Kotbänder, Naßreinigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonnenlicht lässt die Hennen noch aktiver werden: hudern, wirbeln Staub auf! Die Viecher mögen das aber so.</li> <li>• &gt; 1Woche Entmistung</li> <li>• Kotbunker</li> </ul>
<b>... zur Tränke- oder Futterzusätze</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wird gar nicht empfohlen</li> <li>• Phasenfütterung</li> <li>• Zitronensäure ins Wasser; Arbocell ins Futter</li> <li>• Apelessig über Trinkwasser</li> <li>• Futteröle im Futter zur Staubbindung; Öl aufs Futter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salz ins Wasser</li> </ul>
<b>... zur Stalllüf-</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Luftraten im Sommer; Längs- und Querlüftung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoßlüftung</li> </ul>

<b>tung/Lüftungstechnik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gleichmäßige Zuluft; ev. Verteilungselemente</li> <li>• Zuluft muss runter auf den Boden und dort möglichst lange unten gehalten werde zur Erwärmung und Wasseraufnahme bevor sie abgesaugt wird. Der entstehende Staub mit ausreichend Unterdruck absaugen</li> <li>• Luftstrom sollte entlang des Scharraums fließen --&gt; trockenere Einstreu; weniger verlegte Eier da Zugluft!</li> <li>• Kombination zwischen First- u. Querlüftung</li> <li>• besser Längslüftung</li> <li>• Fachfirma! International aufgestellt für 27 Länder, Big Dutchman z.B.; Sprocktechnik</li> <li>• ausreichende Stallgröße = bessere Luft</li> <li>• Drehzahlgesteuerte Lüfter</li> <li>• Wenn bei Deckenventilatoren im Winter die Ventilatoren zu langsam laufen wird die warme Luft abgesaugt. Die schlechte Luft bleibt unten im Stall</li> <li>• Tunnellüftung</li> <li>• viele Zuluftventile; auch mittig Zuluft von oben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoßlüftung, Längslüftung</li> </ul>
<b>... zur Stallausstattung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fa. Big Dutchmann, natura Nova v. Big Dutchmann; Fachfirma, individuelle je nach Gebäude bei Umbau; Neubau: Großräumiger Hallenbau</li> <li>• Die Stalllüftung muss genau auf Gebäude, Umgebung und die Anlage abgestimmt sein</li> <li>• So viel wie möglich Mist auf Bänder, den man regelmäßig entfernen kann</li> <li>• Kotbänder, Volieren</li> <li>• Unterdrucklüftung</li> <li>• Querlüftung im Sommer nicht effektiv</li> <li>• gute Luftverteilung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Auslauflenker für die Hennen ins Freiland lassen den Unterdruck im Stall zusammenbrechen. Ist aber bekannt.</li> <li>• Kotgruben (Ammoniak)</li> </ul>

**Tabelle 45: Ergebnisse der Befragung zur „Best Practice“ in der Geflügelhaltung: Empfehlungen zur Einstreu, Entmistung/Stallreinigung, Tränke-/Futterzusätze, Stalllüftung/Lüftungstechnik und Stallausstattung als Freitextangaben**

#### **4.9.4 Diskussion**

Für die Befragung konnten nur deutlich weniger Betriebe angeschrieben werden als ursprünglich geplant. Dies lag u.a. daran, dass für die Befragung in Modul F aus Datenschutzgründen kein Zugriff auf die Adressdatenbank möglich war, die für die Rekrutierung der Betriebe in Modul A-E verwendet wurde. Somit blieb nur die Nutzung öffentlich zugänglicher Adressen. Die von uns verwendete Datenbank umfasste allerdings auch einige Adressaten, die – so zeigte sich im Verlauf - für die Befragung inhaltlich nicht gut geeignet waren. Dies mag unter anderem die geringe Rücklaufquote von 10,8% erklären. Ein weiterer Grund mag sein, dass die Studienteilnehmenden keinen unmittelbaren Nutzen für ihre eigene Arbeit erkennen konnten und dass keine Aufwandsentschädigungen für die Teilnahme an der Befragung gezahlt wurden. Trotz telefonischer Nachfrage gelang es uns nicht, eine höhere Rücklaufquote zu erreichen. Aufgrund der geringen Fallzahl von 18 konnte keine multifaktorielle Analyse durchgeführt werden, die Auswertestrategie blieb rein deskriptiv. Der Fragebogen an sich erscheint jedoch gut geeignet und erlaubte die Abbildung von Erfahrungen und Präferenzen im Feld. Entsprechend empfehlen wir, den Fragebogen nochmals in einem größeren Kollektiv einzusetzen mit dem Ziel, ein repräsentatives Kollektiv zu befragen.

<b>Schlagworte</b>	<b>Faktoren und Merkmale zur Beeinflussung von Emissionen und Immissionen</b>
Betriebsstrukturen	Herdengröße Tierbesatz Zuchtlinie Kotlagerung Auslauf Scharraum Wintergarten Freiland
Management	Aufstellungszeit Leerstandzeiten Futtermittelverbrauch Wasserverbrauch Lichtmanagement Tageslicht Inventar Schädlingsbekämpfung
Tiergesundheit	Kupieren der Schnäbel Verluste Möglichkeiten zum Aufbäumen Häufigkeit Veterinärbesuch Medikationen
Fütterung	Futterzusätze Futterzusammensetzung
Mechanisierungsgrad	Sortierung Klappenöffnung Wasserversorgung u. Fütterung Paletten setzen
Einstreu	Einstreuzusammensetzung Einstreuerneuerung
Arbeitsabläufe	Zeitdruck Wirtschaftliche Vorgaben Beleuchtung Arbeitsaufwand Probleme mit Eierband (Länge – Unebenheiten)
Luftqualität	Staubmengen im Stall (optisch) Ammoniak (offensichtlich) Lüftung (Anzahl, Anordnung, Zuluft, Abluft) Stallart
Klimaregelung	Temperaturbedarf der Hennen Regelung über Temperatur, CO <sub>2</sub> , andere Lüftungsleistung - gesamt Heizung (Gasbrenner, Heißwasser) als zusätzliche CO <sub>2</sub> -Quelle
Vertriebswege	Selbstvermarktung Erzeugergemeinschaften
Gebäude, Umgebung	Stallmaße Verhältnis: Länge – Breite - Höhe Gebäudemerkmale Schornsteinhöhe Abstände zwischen Schornsteinen Anzahl Schornsteine Hauptwindrichtung Untergrund (Feuchtigkeit)
Anwohnerschutz	Geruchsbelästigungen Beschwerden aus der Nachbarschaft Staub, Lärm, Geräusche Allergien, allg. respiratorische Beschwerden Weitere Ställe in der Umgebung

**Tabelle 46: Brainstorming der Projektpartner zur Fragebogenentwicklung „Best Practice“**

## **4.10 Modul G – Experteninterviews zur „Best Practice“ zur Emissions- und Immissionsminimierung**

### **4.10.1 Hintergrund und Fragestellung**

Die Befragung von Experten auch zu Teilaspekten der Studie ermöglichte – ergänzend zur Literaturrecherche – die Partizipation an Erkenntnissen aus Forschung und Praxis. Das Gespräch mit den Experten sollte zum Erkenntnisgewinn dadurch beitragen, dass z.B. Agrarwissenschaftler, Vertreter von Beschäftigten und Erzeugervereinigungen, Stallausrüster sowie der Landwirtschaftskammer befragt werden sollten. Erhoben werden sollten (praktische) Erfahrungen zu den Themen Stallluftqualität, Emissionen, Geruch, Anwohner- und Arbeitsschutz. Zugleich dienten die Interviews als Grundlage für die Entwicklung des Fragebogens, der in Modul F – Befragung von weiteren Beständen – eingesetzt wurde. Im Vorfeld der Bearbeitung von Modul F und G wurden in einem ersten Brainstorming der Projektbeteiligten mögliche Einflussfaktoren benannt, die für das Emissions- / bzw. Immissionsgeschehen von alternativen Stallanlagen bestimmend sind. Diese Materialsammlung ergab eine Vielzahl von Themenbereichen u.a. aus den Bereichen Management, Lüftungsauslegung und Gebäudecharakteristika (Tabelle 46). Aus dieser Materialsammlung und den von Mitgliedern des Instituts für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (Universität Witten / Herdecke) genannten Faktoren (s.u.) wurde ein Interviewleitfaden für Modul G entwickelt mit dem Ziel, über die qualitative Befragung von Experten die Kategorien differenzieren zu können, die dann in die Items des Fragebogens für die Befragung von Stallbetreibern (Modul F) überführt wurden. Durch dieses induktive Vorgehen ermöglichte Modul G die Formulierung eines an den Fragestellungen aus der Praxis und der wissenschaftlichen Expertise heraus entwickelten Fragebogens.

### **4.10.2 Methoden**

Neben der einleitend geschilderten Themensammlung der Projektbeteiligten wurde eine erste Sammlung von Fragen für den Interviewleitfaden unter Beteiligung einiger Mitarbeiter aus dem Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin der Universität Witten/Herdecke zusammengestellt. Die Ergebnisse dieser Themensammlung wurden nach der so genannten SPSS-Methode (Sammeln, Prüfen, Sortieren, Subsumieren) strukturiert. Die Ergebnisse hierzu sind in Tabelle 49 wiedergegeben. Unter Berücksichtigung der unter Modul F definierten relevanten Items und unter Ausschluss tendenziöser und un-

sachlicher Frageinhalte wurde in mehreren Schritten der in Tabelle 48 wiedergegebene Interviewleitfaden entwickelt. Die Befragung lief nach folgendem Schema ab:

1. Einleitung – Themendarstellung – Vorstellung: Gesamtprojekt und Teilprojekte
2. Bezug des Interviewten zum Thema – beruflicher Hintergrund
3. Erklärung der Vorgehensweise für das Interview – Auslegen der Karteikarte „X“
4. Befragung zu den typischen Merkmalen alternativer Haltungsformen
  - a. Kotlagerung im Stall
  - b. Scharrbereiche und Einstreumaterialien
  - c. Gebäudemerkmale
  - d. Luftführung
  - e. Futtermittel und Fütterungssysteme
5. Probleme, die im Zusammenhag mit Emissionen bzw. Immissionen aus Legehennenhaltungen aufgetreten sind.
6. Wie sieht ihr „Wunschstall aus“?
7. Abschluss: Ergänzungen zu dem bisher gesagten. Aspekte die noch angesprochen werden sollten.

Ein Pretest des Leitfadens erfolgte als aufgezeichnetes Interview bei einem Mitarbeiter des vTI<sup>7</sup>.

Als Experten werden im Projektkontext Menschen bezeichnet, die aufgrund ihrer besonderen beruflichen Stellung ein übergeordnetes Wissen zu unserer Fragestellung besitzen. Die Auswahl der Interviewpartner erfolgte auf Grundlage von im Verlauf des Projektes geknüpften Kontakten. Nach telefonischer Kontaktaufnahme, in dem die Inhalte des Gesamtprojekts, die Intention, der Inhalt und die Bedingungen (digitale Aufzeichnung, Anonymisierung) der Interviews kurz besprochen wurden, konnten Termine für die Durchführung der Interviews vereinbart werden.

Als Interviewer reiste Frau Dipl.-Ing. Blomberg zu den Gesprächspartnern. Ausgewählt wurden

- Ein Vertreter aus dem Bereich landwirtschaftlicher Forschung mit langjährigen Erfahrungen zu Emissions- und Immissionsverhalten von verschiedenen Tierhaltungsformen, insbesondere auch aus der Geflügelhaltung
- Ein Veterinär mit eigenem beruflichen Hintergrund aus der Geflügelhaltung und Spezialisierung in diesem Bereich

---

<sup>7</sup> vTi: Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut, vormals Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Braunschweig

- zwei Vertreter einer Landwirtschaftskammer (Beratung, Erprobung)
- zwei Vertreter aus dem Bereich Stallherstellung / Stallausstattung, ebenfalls mit langjähriger Erfahrung aus dem Bereich Legehennenhaltung.

Vor Aufzeichnung der Gespräche wurde um Unterschrift der Datenschutzerklärung gebeten (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Grundlage der Gesprächsführung waren die in (Anhang G **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) abgebildeten Karteikarten.

Alle Interviews wurden als Mitschnitt digital aufgezeichnet. Die Tonmitschnitte werden spätestens zehn Jahre nach Veröffentlichung der Untersuchungsergebnisse vernichtet. Auf eine „Wort für Wort“-Verschriftlichung der Interviews wurde verzichtet, da nicht die induktive Herausarbeitung von persönlichen Einstellungen im Vordergrund stand, sondern die sachliche, themenbezogene Erfahrungen, die deduktiv anhand des Interviewleitfadens abgebildet werden sollen. Zu diesem Zweck werden üblicherweise Textaussagen aus dem Interviewmaterial extrahiert und den Fragestellungen des Interviewleitfadens zugeordnet.

Die Interviews konnten im Zeitraum vom September bis Dezember 2009 durchgeführt werden. Ein Interview fand wegen Terminschwierigkeiten telefonisch statt. Die Datenschutzerklärung wurde hierzu per Fax übersandt.

Nach der inhaltlichen Auswertung der Experteninterviews wurden die Hauptaussagen der interviewten Experten unter Beachtung wesentlicher Charakteristika alternativer Haltungformen (z.B. Kotlagerung, Einstreu) sortiert. Diese Zusammenstellung ist in Tabelle 47 wiedergegeben und stellt die Grundlage für die Ergebnisdarstellung dar.

#### **4.10.3 Ergebnisse**

Alle interviewten Experten hatten seit vielen Jahren eine berufliche, teilweise zusätzlich private Verbindung zur Legehennenhaltung bzw. Geflügelhaltung insgesamt, so dass auf ein fundiertes und breit gefächertes Fachwissen zurückgegriffen werden konnte. Thematisch zusammengefasst stellen sich die Erfahrungen wie folgt dar:

##### **Faktor Kotlagerung**

Für die Luftqualität im Stall war nach Aussage der Experten vor allem der Ort der Kotlagerung verantwortlich. Dabei wurde die Lagerung außerhalb überwiegend präferiert. Die Bewertung der Kotlagerung im Stall erfolgte unterschiedlich. Einerseits erschien die Kot-

lagerung im Stall bei gut eingestellter und den Witterungsbedingungen angepasster Belüftung als gut machbar, andererseits wurde die Lagerung in der Kotgrube als zwangsläufiger Emittent von Schadgasen beschrieben, v.a. in der kalten Jahreszeit. Ammoniakkonzentrationen weit über dem zulässigen Wert von 20 ppm würden dann regelmäßig überschritten. Kotgruben wären grundsätzlich nur für kleinere Tierbestände (unter 3000 Tieren) praktikabel einsetzbar.

Kotbandsysteme sollten wenn möglich 2-mal pro Woche entleert werden, insbesondere um die Entstehung von Stäuben zu verhindern, sollte der Kot nicht zu sehr abtrocknen (ideal: 30-40% Restfeuchte).

Auch für die Immissionsseite wurde die Lagerung des möglichst trockenen Kots außerhalb des Stalls empfohlen. Dabei würde sich eine zu lange Lagerung des Kot (> 6 Monate), wegen einsetzender Rotteprozesse mit Ausgasungen und Rückverfeuchtung wiederum ungünstig auswirken. Ziel wäre, die hochwertigen Stickstoffanteile als Dünger bis zum Ausbringen auf dem Feld zu erhalten, ohne dass die Biomasse zuvor als Emission an die Umgebungsluft verloren ginge. Exemplarisch wurde hier eine niederländische Anlage genannt, die den gesammelten trockenen Kot von 14 Tagen presst, abpackt und als hochwertigen Dünger verkauft. Für den direkten Einsatz des Kots in Biogasanlagen wäre eine Kottrocknung indes kontraindiziert. Der zusätzliche Einbau der Kotbandbelüftungen zur aktiven Trocknung des Kots würde sich bei einer im Stall gut realisierten Luftführung erübrigen, vor allem wenn die Leerungsfrequenz des Kotbands bei 3-4 Tagen läge.

Der Einsatz von Kotbändern wäre leider grundsätzlich mit höheren Kosten im Bereich der Investitionen, der Energiekosten, der Arbeitskosten und für das Vorhalten des ggf. überdachten Kotlagerplatzes verbunden. Für den Bereich der Direktvermarktung in kleineren Betriebseinheiten, die in NRW zahlreich vertreten sind, sei die Häufigkeit dieser Anlagenform entsprechend rückläufig.

Alternativ würden in kleinen Anlagen, die z.B. auf dem Umbau alter Käfiganlagen basieren, häufig auf Kotschiebersysteme ausgewichen, die die Nutzung der flachen Kotgruben weiterhin erlaubten. Nachteilig ist dann die Lagerung, Verladung, Ausbringung des feuchten bzw. flüssigen Kots. Beim Einsatz der Kotschieber würden jedoch jeweils hohe Schadgasemissionen entstehen, da die angetrocknete Oberfläche der Kotschicht aufgerissen würde.

Schlechte Bedingungen im Stall würden weiterhin insbesondere durch geöffnete Auslaufklappen zum Scharrraum, bzw. zum Freilauf begünstigt, da die Luftführung durch Einfall von Kaltluft nachhaltig gestört würde. Zusätzlich benachteiligend wirke sich der Eintrag

von Schmutz und großer Mengen Feuchtigkeit aus. Hier käme es zu einer Vernassung der eingestreuten Bereiche, bzw. der Kotgrube, was gleichzeitig wiederum die Ausgasung von Ammoniak begünstigt. Hinzu kämen eingetragene Keime und Parasiten, mit negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit. Zusätzliche Zugluft-Erscheinungen im Bereich der Auslaufklappen, würden die Tiere am Zugang zum Auslauf / Freilauf behindern und somit Einschränkungen der gewünschten Tiergerechtheit bedeuten.

### **Faktor Scharrbereiche und Einstreumaterial**

Eingestreuete Scharrbereiche wurden insgesamt mit einer starken Bildung von Stäuben in Verbindung gebracht. Daher wurde die vorgelagerte Anordnung der Scharrbereiche in Wintergärten im Hinblick auf die Emissionsentwicklung im Stall günstiger beurteilt. Einschränkend wurde jedoch darauf hingewiesen, dass die Öffnungen in der Gebäudehülle Probleme bei der Stallentlüftung zur Folge hätten. Als Folge würde häufig, auch wegen häufiger vorkommenden verlegten Eiern, der festgelegte zeitliche Zugang zu den Scharrflächen eingeschränkt. Dies gelte besonders, wenn die Scharrflächen in die für die Hennen zur Verfügung stehenden Flächen eingerechnet seien). Für die Gesamtmissionen wäre die Anordnung der Scharrbereiche irrelevant. Im Fall der Wintergärten erhielte man eine diffuse Emissionsquelle, während die Abführung über Kamine zu einer gebündelten Quelle würde, aber zusätzlich den Einsatz einer Reinigungsstufe ermöglichen würde. Weitere Ausstattungen (A-Reiter zum Aufbäumen), die den Tieren mehr Bewegungsfreiheit anboten, würden unweigerlich zu größerer Staubentwicklung führen.

Innerhalb einer Aufstallungsperiode sollten die Scharrbereiche von Volieren oder Bodenhaltungen regelmäßig z.B. im Monatsrhythmus, zumindest aber 2mal im Jahr, gereinigt werden. Große, gute zu erreichende Scharrräume, wären zum Ausleben des natürlichen Verhaltensrepertoires wesentlich.

Die Scharrbereiche der Kleingruppenhaltung wurden in ihrer Bedeutung für die Stallluftqualität als unbedeutend eingeschätzt. In diesem Zusammenhang hätten die alten Käfigsysteme die besten Ergebnisse gebracht.

Bezogen auf die Einstreumaterialien wurde eine Diskrepanz zwischen den Leistungsanforderungen an das Material und an das Staubungsverhalten festgestellt. Zur Aufnahme hoher Feuchtigkeitsmengen wäre ein möglichst feines Material erforderlich. Dieses führe aber zu einer hohen Staubentwicklung. Auch erschien ein möglichst feines Material von den Tieren besonders bevorzugt zu werden. Inzwischen würde v.a. in Volierenanlagen

keine Einstreu mehr eingebracht. Zum Scharren stände dann der Kot der Tiere zur Verfügung. Zur Beschäftigung der Tiere sei dagegen Material mit gröberen Strukturen geeignet. Eine Empfehlung zum Material war das anfängliche Ausbringen von feuchtem Sand, der die Tiere in der Anfangsphase am Verlegen der Eier hindert, aber dennoch zum Scharren einlädt. Betriebe mit biologischer Haltung seien jedoch auf Stroh als Einstreumaterial angewiesen, das leider i.a. bereits schimmelpilzbelastet in der Stall käme. Insbesondere Puten hätten jedoch eine hohe Empfänglichkeit gegenüber den anhaftenden Aspergillen. Zusätzliche Staubbelastungen würden aber auch durch Milben-Bekämpfungsmaßnahmen entstehen. Hierzu würde Silicat-Staub in den Stall geblasen, der alternativ inzwischen auch in Emulsionsform angeboten würde.

Für die Tiergesundheit erschien ein trockener Einstreubereich essentiell zu sein. Gleichzeitig würden hierbei aber auch Schadgasemissionen verhindert. Im Krankheitsbild der Tiere wären Spuren einer hohen Staubexposition aber nicht abbildbar. Hühnervögel schienen eine hohe Toleranz gegenüber Staubbelastungen zu haben. Reizerscheinungen durch Ammoniak würden sich ggf. eher in der Trachea denn in den Bronchien zeigen.

### **Faktor Gebäudemerkmale**

Für die Ausrichtung und Lage der Gebäude wären fast ausschließlich baurechtliche Bedingungen ausschlaggebend, sei es aufgrund von bestehenden Gebäuden, Bebauungsplänen oder wegen behördlicher Auflagen zu Mindestabständen. Evtl. würde die Ausrichtung der Dachfläche noch durch die Montage einer Solaranlage begründet. Die Empfehlungen dazu waren jedoch gegensätzlich. Einerseits wurde eine Ausrichtung senkrecht zur Hauptwindrichtung empfohlen, um eine möglichst gute und frühzeitige Vermischung und somit Verdünnung der Abluft mit der Umgebungsluft zu erreichen. Gleichzeitig wäre eine gute Durchmischung der angesaugten Frischluft ebenso vorteilhaft. Andererseits, wurde empfohlen, die Firstausrichtung mit der Hauptwindrichtung zu gestalten. Von baubehördlicher Seite würde i.a. eine zentrale Abluft gewünscht, die als Emissionsschwerpunkt berechenbar wäre. Danach würden Abstandsregelungen festgelegt.

Bei den Größenverhältnissen eines Stallgebäudes würde man meist einer Standardbreite von 24 m begegnen, wobei die Länge je nach Tierzahl variiert. Die Mindesthöhe im Stall läge bei 2 m, empfohlen wurden aber 3,0 m bis 3,5 m und 5,5 m bis 6 m über First für die Abluftkamine. Ein ausreichendes Luftvolumen wurde mehrfach als Voraussetzung für eine funktionierende Stallbelüftung genannt. Insbesondere zu weit unters Dach reichende Stelagen, würden die Luftführung im Stall wesentlich verschlechtern. Gut belüftete Ställe hät-

ten meist einen überproportionalen Luftraum. Allerdings müsste gewährleistet sein, dass die benötigte Wärme von der eingestellten Anzahl der Tiere produziert werden könne.

Von zunehmender Bedeutung wäre auch die Isolation der Gebäudehülle und des Untergrunds. Beides hätte wesentlichen Einfluss auf die Güte der Luftführung, das Verhalten der Tiere und die Beschaffenheit der Einstreubereiche in der kalten Jahreszeit.

### **Faktor Luftführung**

Lüftungsanlagen wären immer dann gut, wenn sie die Besonderheiten des jeweiligen Stalls berücksichtigen, zumal es v.a. im Direktvermarktungsbereich keine Standardställe und Lösungen gäbe.

Als Grundprinzipien der Lüftungstechnik wurden die Unterdruck-, die Überdruck- und die Gleichdrucklüftung genannt, wobei i.d.R. auf Ställe mit Unterdrucksystemen zu stoßen wäre. Typischerweise würde die Luft entweder über die Seiten angesaugt und über Dach bzw. über die gegenüber liegende Seite abgeführt, oder als Tunnellüftung längs durch den Stall geleitet, um dann über eine Giebelseite zentral, ggf. über einen Luftwäscher, abgeführt zu werden. Bei Überdrucklüftungen sei eine kontrollierte Ablufführung kaum möglich. Ausschlaggebend für die Luftführung wäre die Innenausstattung. Bei Haltung von mehreren Altersgruppen im Stall oder bei der Forderung nach Sicht- und Berührungsschutz in Bio-Anlagen, wäre z.B. eine partielle Luftführung notwendig.

Die technische Ausstattung der Lüftungsanlagen sollte den Bedürfnissen der Betreiber gerecht werden, damit diese jederzeit händisch auf die Situation im Stall reagieren könnten. Eine computergestützte Steuerung könne den täglichen Gang durch den Stall nicht ersetzen und das Verhalten der Tiere wohl kaum berücksichtigen.

Bei Ställen mit Öffnungen in der Außenhülle wäre eine Gleichdrucklüftung die bessere Alternative, da die problematischen Zuglufterscheinungen an den Auslaufklappen dann wegfielen. Bei frei belüfteten Ställen (mit Curtains) wäre in der kalten Jahreszeit zeitweise ein Zuheizen erforderlich. Eine gute Luftführung sollte einen gleichmäßigen Luftaustausch über das gesamte Stallvolumen bei möglichst geringen Luftgeschwindigkeiten ermöglichen. Dies würde z.B. bei linienförmigen Zuluft- und Abluftöffnungen über die gesamte Stalllänge ermöglicht. Zurzeit würde dazu Simulationsversuche durchgeführt. Zur Vermeidung von Toträumen, in denen kein ausreichender Luftaustausch stattfände, sollten die Zuluftelemente nach Möglichkeit nach unten ausgerichtet sein und zusätzliche Ventilatoren für eine interne Luftumwälzung sorgen.

Moderne Anlagen würden inzwischen nicht mehr ausschließlich über Temperaturfühler, sondern zusätzlich über Feuchtefühler geregelt. Ab einer Luftfeuchte von z.B. 60-70 % würden automatisch zusätzlich Ventilationsleistungen angefordert. Der Einsatz von Ammoniak-Sensoren sei dagegen kaum möglich, da diese nicht langzeitresistent seien. Die Messung von CO<sub>2</sub> in der Stallluft wäre jedoch ohne Probleme möglich. In der Praxis hätten aber v.a. die Energiekosten Einfluss auf die Gestaltung und Handhabung der Ventilation.

Optimal wären Anlagen, die Tunnellüftung und Längslüftung miteinander kombinieren, so dass je nach Witterungsbedingungen Variationen gefahren werden könnten.

Die Einstellung der Lüftungsleistung wäre in erster Linie an den Bedürfnissen der Hennen orientiert, die einen Wärmebedarf von 18-20°C, mindestens aber 15°C hätten. Im Gegensatz zur kleinbäuerlichen Urform der Hennenhaltung würden Tiere in Gruppen ab 500 Tiere kein adäquates Federkleid entwickeln, um geringere Temperaturen ausgleichen zu können. Die Gründe hierfür wären nach wie vor nicht bekannt.

### **Faktor Futtermittel und Fütterungssysteme**

In der Legehennenhaltung hat sich seit Jahren die Kettenfütterung durchgesetzt. Daneben existieren die Spiral- oder Rohrfütterung und auch die Handfütterung. Allen Systemen wurde kein großer Einfluss auf die Luftqualität im Stall zugesprochen.

Relevant wären ggf. die Feinheit der Futtermischung, die Feuchtigkeit und die Qualität der Komponenten. Günstige Mischungen enthielten gröbere Strukturen, an denen die feinen Zumischungen anhaften. Bei zu heterogenen Mischungen besteht die Gefahr der Entmischung und einer ungleichmäßigen Versorgung der Tiere. Zusätzlich wäre eine Restfeuchte von 12-13% zu gewährleisten. Inzwischen seien die Qualitätsstandards bei den Futtermischungen jedoch auf einem hohen Niveau, so dass diese Faktoren i.d.R. zu vernachlässigen seien. Pelletiertes Futter böte sich für die Legehennenhaltung nicht an, da dann zuviel Futter von den Tieren aufgenommen würde.

Eine spontane Idee, das Gefieder der Tiere durch Futterzusätze zu verbessern, um so das Aufkommen des reinen Geflügelstaubs zu mindern, wurde ebenfalls während eines Gesprächs geäußert.

### **Themenfeld Emissionen oder Immissionen**

Probleme mit der Nachbarschaft entstünden z.B. dort, wo Siedlungen an alte Bestände heranwüchsen. Die daraus resultierenden Streitigkeiten zögen langwierige Verfahren

nach sich, in denen letzten Endes die Gerichte zu entscheiden hätten, was geduldet werden müsse und was nicht. Meistens würde jedoch schon mit der Baugenehmigung festgelegt, welche Abstände einzuhalten seien und welche Maßnahmen zu ergreifen wären, so dass hier Rechtsklarheit bestünde. Immissionsbelastungen von mehrstöckigen Stallanlagen könnten über eine zentrale Ablufführung mit ggf. nachgeschalteter Luftreinigung besser kontrolliert werden. Diskussionen um die Emissionsseite würden eigentlich erst bei arbeitsrechtlichen Verfahren (z.B. strittige Kündigungen) aufkeimen.

Als problematisch wurden ebenfalls die Nahbereiche der Freilandhaltungen genannt. Da die Tiere bei Betreten des Außengeländes zu einem hohen Prozentsatz als erstes Abkoteten, ist der Nahbereich bis ca. 25m um den Stall extremen Belastungen ausgesetzt. Die Gefährdung des Grundwassers fordere dann, dass das Wasser hier zur kontrollierten Ausbringung aufgefangen würde. Auch wurde geäußert, dass für die Freilandhaltung die Tierzahlen auf eine max. Menge von z.B. 2000 Tieren zu reduzieren wäre. Die gewünschte Verbesserung der Tiergerechtheit würde bei größeren Beständen sonst umgekehrt.

### **Themenfeld Fehler im Management bzw. der Herdenführung**

Viele Probleme würden schon in der Planungsphase entstehen, wenn die Tierzahlen und die gewählte Innenausstattung nicht zur Gebäudehülle passten, oder die Lüftungsanlagen darauf nicht ausreichend ausgerichtet wären. Auch sei es ungünstig, wenn die Luftführung des gesamten Stalls über nur einen Temperaturfühler geschaltet würde, da die Temperaturverteilung über die Stalllänge sehr unterschiedlich sein könnte. Während des Betriebs würde sich in den Wintermonaten eine zu weit reduzierte Luftwechselrate mit anschließend extrem schlechter Luftqualität im Stall auch früher oder später auf die Legeleistung der Tiere auswirken.

Mängel wurden auch z.T. in der Wartung und Reinigung der Lüftungsanlagen gesehen. So sollten auch die Laufleistungen der Ventilatoren geprüft und die Rotorblätter und Abluftkanäle von Staub gereinigt werden. Ebenfalls könnten sich Undichtigkeiten am Gebäude stark auf die regelrechte Funktion der Lüftungsanlage auswirken und das Verhalten der Tiere negativ beeinflussen.

Mit zunehmender Betriebsgröße wurde die Reduzierung der Aufenthaltsdauer des Personals im Stall selbst bemängelt. Die Verantwortlichen würden sich zu sehr auf die Betriebstechnik verlassen und das Einfühlungsvermögen für das System Stall/Tier verlieren.

Als Fehlinvestition würde sich meist das Einstellen zu leichter und damit billigerer Tiere erweisen, die meist anfälliger und somit in den nachfolgenden Behandlungskosten intensiver seien.

### **Der ideale Stall**

Eine Freilandhaltung, die auf eine innenseitige Kotlagerung verzichtet, wurde als gute Haltungsform bezeichnet. Als Sonderform würde auch der Mobilstall mit kleinen Tierzahlen als gute Lösung genannt, vorausgesetzt die benötigten Erlöse könnten erzielt werden. Volieren mit zentraler Abluft und gutem Herdenmanagement seien ebenfalls gute Alternativen. Allerdings wird einschränkend ein gutes Einfühlungsvermögen des Betreibers gefordert. Besonders vorteilhaft wäre eine Anlage, die das Einschließen der Tier in den Stelagen für die Zeit der Eiablage oder zu Durchführung von Impfungen, ermöglicht. Rechtlich sollte es möglich sein, den Tieren zeitweise den Zugang zu den Scharrbereichen zu verwehren, so dass auch Ganzrostbodenställe problemlos zu betreiben wären.

Grundsätzlich schienen das Vorhalten von Einstreubereichen und die Möglichkeiten zum erhöhten Aufbäumen zum Wohlbefinden der Tiere beizutragen.

Mehrfach wurde die Kleingruppenhaltung als beste Variante der intensiven Legehennenhaltung genannt. Emissions- und Immissionsbelastung würden durch die Kotlagerung außerhalb des Stalls und die regelmäßige Entleerung der Kotbänder minimiert. Gleichzeitig würden aber durch die angepasste Gruppenstärke, die Scharflächen, den abgegrenzten Legebereichen und dem zur Verfügung stehenden Bewegungsraum, die Bedürfnisse der Tiere in angemessener Weise berücksichtigt. Durch die gute Trennung der Tiere von ihren eigenen Ausscheidungen, wäre der in den alternativen Bodenhaltungsformen auftretende Krankheitsdruck reduziert. Die Luftqualität im Stall wurde durchgehend positiv bewertet.

Der Ideale Stall sei nur auf dem Papier zu realisieren. Ungeachtet aller Optimierungsbemühungen hätte sich jeder Betrieb an die Anforderungen des Marktes anzupassen, der vom Verbraucherwillen geprägt sei. Die zu erzielenden Erlöse müssten die Investitions- und Unterhaltungskosten der Betriebe tragen. Zudem seien die vorgegebenen baulichen Bedingungen der Betreiber Planungsgrundlage. Für die produzierten Eier der gewählten Haltungsform müsste der Absatz dauerhaft gesichert sein. Deshalb würden viele Betreiber vor der Kleingruppenhaltung zurückschrecken, da die Käfig-Ei-Deklaration viele Verbraucher abschrecke. Grundsätzlich bereiteten den Betreibern, die immer wieder aufwallenden Negativ-Schlagzeilen Sorge, die zeitweilig den Absatz gefährden würden.

### **Zusätzliche Bemerkungen**

Für die Beurteilung des Systems Stall in Bezug auf Emissionen und Immissionen spielten viele Faktoren im Zusammenspiel miteinander eine Rolle. Neben der Gebäudehülle mit Isolierung von Wänden und Decke, Lüftungsanlage, Ausrichtung und Einstreuart wäre ebenfalls die eingestellte Rasse (braun oder weiß) von Bedeutung. Für den Betrieb von artgerechten Anlagen, die neben der Tiergerechtheit auch den Bedürfnissen nach Emissionsminimierung für den Arbeitsschutz, der Tiergesundheit und einer Produktqualität genüge täte, müsste die Haltungsverordnung angepasst werden. So sollte es für Ganzrost- oder Freilandhaltungen zeitweise möglich sein, den Zugang zu den Scharräumen/Ausläufen einzuschränken.

Generell erschien die Schaffung einer guten Luftqualität und einer artgerechten Umgebung als Gratwanderung. Stallanlagen würden stets einen gesunden Mittelweg suchen, der möglichst vielen Faktoren gerecht würde.

Leider hätte man vor einiger Zeit versäumt, die Interessengruppen zu Gesprächen an einen Tisch zu holen, um so eine Reform der Legehennenhaltung einvernehmlich in Gang zu setzen. Arbeitsschutzfragen und der Aspekt der Tiergesundheit seien in den letzten Jahren der Diskussion um artgerechte Tierhaltung kaum berücksichtigt worden. Der Stellenwert der Tiergerechtheit sei dagegen überproportional in den Vordergrund gerückt. Problematisch dabei wäre die unsachliche, einseitige Diskussion, die dem Verbraucher eine Haltungsidylle vorgaukelte, die aber den gegebenen Umständen nicht entspreche. Zu beachten wäre ferner der hohe Aufwand, der für die Krankheitsprophylaxe in den Bodenhaltungssystemen erforderlich sei.

Der Entschluss für die eine oder andere Haltungsform beruhe in der Regel auf finanziellen Aspekten. Durch den hohen Investitionsdruck gäben derzeitig viele die Legehennenhaltung vollständig auf.

#### **4.10.4 Diskussion**

Die jüngere Entwicklung in der Legehennenhaltung hin zu einer artgerechten Haltung der Tiere, die das angeborene Verhaltensrepertoire der Hühnervögel berücksichtigt, wird von den Interviewten als notwendiger und sogar überfälliger Schritt bezeichnet, der jedoch nicht grundsätzlich mit einem Benefit für Tiere, Umwelt und Beschäftigte einhergeht. Die Belastungen der Stallluft durch Emission von Schadgasen und Stäuben sind für Tiere und Beschäftigte insbesondere durch eine interne Kotlagerung für die Aufstallungszeit nicht un-

erheblich. Über die Ventilation gelangen diese Stoffe als Immissionen in die Umwelt und können dort Flora und Fauna negativ beeinflussen. Besonders kritisch wird der Aspekt der Tiergesundheit gesehen. Durch den intensiven Kontakt der Tiere mit ihren eigenen Ausscheidungen ist der Krankheitsdruck auf die Tiergruppen besonders hoch, was eine intensive medikamentöse Betreuung der Tiere erfordert. Hier sei auch an die kritisch zu bewertende Entwicklung von multiresistenten Keimen aus anderen intensiven Tierhaltungen erinnert. Offensichtlich wurde in der Vergangenheit die Auseinandersetzung mit einer artgerechten und praktikablen Tierhaltung versäumt, die neben der notwendigen artgerechten Haltung auch die anderen Aspekte einer intensiven Tierhaltung berücksichtigt.

Die wirtschaftlichen Erfordernisse der Legehennenhaltung spielen für die Wahl der Haltungsform und die Ausgestaltung der Stallanlagen eine überragende Rolle. Haltungsformen, die allen beteiligten Kompartimenten weitestgehend gerecht werden, sind für die meisten Stallbetreiber nicht finanzierbar. Allerdings erscheint in mancher Hinsicht der Sparzwang vieler Stallbetreiber kontraproduktiv. So wird zur Vermeidung eines erhöhten Futtermittelsverbrauchs im Winter auf eine ausreichende Entlüftung der Ställe verzichtet. Die schlechte Stallluftqualität wird sich allerdings negativ auf die Leistung der Legehennen auswirken.

Methodisch erwies sich das gewählte Vorgehen von Experteninterviews als sehr gut geeignet, Wissen und Erfahrungen zu den beschriebenen Fragestellungen zu erfassen.

#### **4.10.5 Verwendung der Interviewergebnisse für die Entwicklung des Fragebogens zur „Bestpractice“ (Modul F)**

Auf Grundlage der durchgeführten Interviews sollten von den vielfältigen für Modul F identifizierten Einflussfaktoren für die Emissions- und Immissionslast aus Legehennenhaltungen eine handhabbare Zahl von Items extrahiert werden. Diese sollten in einem möglichst kurzen Fragebogen eine „Best Practice“ der Praxisbetriebe abbilden können.

Ausgehend von den durchgeführten Interviews wurden die folgenden Aspekte für die schriftliche Befragung von Praxisbetrieben ausgewählt:

1. Wie wird der Einfluss der verschiedenen typischen Merkmale der Haltungsformen für die Emissionslast bewertet?

2. Wie wird die Bedeutung der Emissionen für die beteiligten Kompartimente Tiergesundheit, Tierschutz, Umweltschutz, Nachbarschaftsschutz, Arbeitsschutz und die, letztendlich die Betriebsstrukturen prägende, Wirtschaftlichkeit bewertet?
3. Welchen Problemen begegnen Praxisbetriebe bezogen auf die Stallluftqualität, Tiergesundheit und Arbeitnehmerschutz und was waren die vermuteten Ursachen?
4. Welche Problemlösungsansätze wurden verfolgt und welche führten zum Ziel?
5. Welche Empfehlungen zu den extrahierten Merkmalen der Haltungsformen könnten die Praxisbetriebe aus ihren Erfahrungen weitergeben?

#### 4.10.6 Tabellen zu Modul G

1. Vorgespräch	
Interview 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hintergrund Projekt – Ziel der Interviewauswertung</li> <li>• Arbeitsplatzkonzentrations- und Emissionskonzentrationsmessungen aus Legehennenhaltungen (Partikel und Gase). Früher auch im Bereich Putenmast, Hähnchenmast, Entenmast</li> </ul>
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gespräch über Gestaltung von Fragebögen</li> <li>• Stallanbieter für Legehennenställen – Montage, Kundendienst, Service, Beratung</li> <li>• Anwohnerproblematik durch Abstandregelungen in der Gesetzeslage mehr oder weniger irrelevant (150 – 250 m Bezug auf Neubauten). Alte Gebäude sind auch in der Regel nicht für die neuen Haltungsformen geeignet, da die Gebäude häufig zu niedrig sind.</li> </ul>
Interview 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausführliche Darstellung des Gesamtprojekts</li> <li>• Tätigkeit im Bereich der aktiven Beratung von Neueinsteigern und Anwendern. Implementierung von innovativen Maßnahmen.</li> <li>• Hinweis auf die Aufenthaltslänge des Personals im Stall bei größer werdenden Einheiten und steigender Technisierung: Die Betreiber verbringen i.d.R. zu wenig Zeit im Stall (max. 1h/Tag im Stall, aber 4-6h/Tag im Packraum).</li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinweis, dass es hier natürlich um persönliche Meinungen geht, die eine Verallgemeinerung nicht grundsätzlich zulassen.</li> <li>• Langjährige Erfahrungen durch Versuche und Prüfungen im Bereich von Haltungsformen, Futter und Leistung.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hintergrund Projekt – Ziel der Interviewauswertung</li> <li>• Lebensstationen immer mit Bezug zur Legehennenhaltung über Jahrzehnte. Sachverständiger.</li> </ul>
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hintergrund Projekt – Ziel der Interviewauswertung</li> <li>• Veterinär mit Spezialisierung auf Geflügel und langjährigen Erfahrung mit verschiedenen Haltungsformen und Betriebsgrößen.</li> <li>• Arbeitsschutz war in den letzten 20 Jahren kein Thema.</li> <li>• Aus eigener Erfahrung kann der Interviewte feststellen, dass die Luftbelastung in jungen Jahren weniger Probleme bereitet hat als mit Fortgeschrittenem Alter. Auch aus dem pers. Umfeld litt jemand im fortgeschrittenen Alter nach Jahrzehnten in der Geflügelhaltung unter einer chronischen Bronchitis. Die reizende Ammoniakbelastung ist schon erheblich, und wird von jungen Schleimhäuten wohl besser toleriert.</li> </ul>
2. Beurteilungen zu den typischen Merkmalen alternativer Haltungsformen	
A. Kotbehandlung/Entmistung	
Interview 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kotbänder – Kotbandtrocknung: Regelmäßiger Abtransport über die Kotbänder (mindestens wöchentlich) ist auf jeden Fall besser als ganzjährige Lagerung im Stall. Es ergeben sich geringere Emissionen verbunden mit geringeren Immissionen.</li> <li>• Bei Kotlagerung in gesondertem Kotlager gelangen keine Ausgasungen nach draußen, da der Raum geschlossenen ist. Erst bei Ausbringen des Kots auf das Feld fallen zeitlich befristet Emissionen an.</li> <li>• Objektiv lässt sich das z.B. über die Emissionsmessungen für NH<sub>3</sub> nachweisen. In der Haltungsform mit Kotlagerung im Stall lagen die Konzentrationen durchschnittlich hoch, auch über den vorgegebenen Grenzwerten von 20 ppm.</li> <li>• Kotgruben mit der Möglichkeit der Entmistung über Schiebe-Systeme sind gegenüber ganzjähriger Kotlagerung im Stall zu bevorzugen. Die Vorteile des Kotbandes überwiegen aber, da hier die Verkrustung der Oberfläche auf dem Kotband mit Belüftung Ausgasungen verhindert– bei Schiebersystemen funktioniert das nicht.</li> </ul>
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In der Volierenhaltung gibt es die Kotbänder zum Teil mit und auch ohne Kotbandtrocknung.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In der Kleingruppe sollten heute eigentlich zumindest die technischen Voraussetzungen für eine Kotbandtrocknung vorgehalten werden, ist aber gesetzlich nicht vorgeschrieben.</li> <li>• Entmistung über Kotband bedeutet immer einen erhöhten Arbeitsaufwand. Die Bänder müssen mind. alle 10 Tage geleert werden, da sie sonst zu schwer werden. Zudem entstehen grundsätzlich zusätzliche Kosten für den Kotlagerplatz.</li> <li>• Bei der Kotlagerung außerhalb, ergibt sich ein zusätzliches Problem mit Schadnagern, die zusätzlich angelockt werden. Im Stall ist die Bekämpfung besser in den Griff zu bekommen.</li> <li>• Bei Bodenhaltungssystemen kann man den Kot herausholen, muss es aber nicht.</li> <li>• Immer wenn der Kot in Bewegung kommt entstehen Gerüche und Schadgasemissionen. Das gilt für Schiebersysteme genauso wie für Kotbänder, in beiden Fällen entsteht ein Schmierfilm auf der Folie bzw. auf dem Beton, der Geruchsemissionen verursacht.</li> <li>• Ein Nachteil besteht in einem erhöhten Fliegenaufkommen insbesondere im Sommer, wenn der frische Kot in Bewegung gerät. Das ist für Betreiber und Tiere lästig.</li> <li>• Im Stall ist die Kottrocknung grundsätzlich besser, vorausgesetzt, die Ventilation ist gut eingestellt und es gibt keine zusätzliche Feuchtigkeit z.B. durch tropfende Nippeltränken.</li> <li>• Empfehlungen für das eine oder andere kann man so nicht geben: Es kommt darauf an welche baulichen Gegebenheiten der Betreiber zur Verfügung hat, welche Eier seine Kunden wünschen. Daran müssen die Innenausbauten angepasst werden. Entsprechend entwickelt sich die jeweils beste Haltung im Kundengespräch.</li> <li>• Wenn alles frei wählbar wäre: Den Kot raus zu bringen ist sicher eine gute Sache, aber die Kotlagerung ist letzten Endes auch nicht schlecht. Vom Blickwinkel der Staubbelastung ist die Voliere sicher noch mehr belastet als die Bodenhaltung. In der Kleingruppe ist das geringste Staubaufkommen.</li> <li>• Bei guter Isolierung kann der Kot auch sehr gut im Stall gelagert werden.</li> </ul>
Interview 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Günstige Form der Mistbehandlung ist das Kotband, das am effektivsten 2-mal pro Woche geleert wird. Mit der Trocknung des Kots kommt es aber gleichzeitig natürlich zu einer erhöhten Staubentwicklung insbesondere in der Voliere. Die anschließende Lagerung im Kotbunker des trocken verkapselten Kots sollte nicht mehr als 6 Monate betragen. Sonst kommt es zu Rotteprozessen wie in der Kotgrube im Stall (Verflüssigung, mikrobielle Umsetzung)</li> <li>• Die Kotgrube ist die ungünstigste Variante. Bei zu langer Lagerung im Stall kommt es zur Rotte: Umsetzungsprozesse, so dass ½ der organischen Substanz über die Abluft verloren geht. Durch entstehendes Oxidationswasser kommt es zu einer Rück-Verfeuchtung, Stickstoff verflüchtigt sich (in Form von Ammoniak), Kali und Phosphor werden aufkonzentriert.</li> <li>• Optimal wäre eine Pressung oder totale Trocknung des Kots, so dass er als hochwertiger Dünger erhalten bleibt. Der Stickstoff wird dann erst emittiert, wenn er mit der Pflanze in Berührung kommt. (Findet in einer niederländischen Anlage statt; Sammlung des Kots von 14 Tagen – Pressung, Abpackung, Einsackung – mit anschließendem Verkauf als hochwertiger Dünger.)</li> <li>• Ebenfalls optimal ist die direkte Verwertung in der Biogasanlage</li> <li>• Auf die Baugenehmigung hat die Entscheidung für die eine oder andere Entmistungsvariante keinen Einfluss.</li> <li>• Kotgrube ist nur bei kleinen Gruppenzahlen machbar: 1000 bis 3000 Stück. In großen Einheiten, die neu gebaut wird, wird von Seiten der Kammer und von den Behörden das Kotband mit Trocknung propagiert.</li> <li>• Volieren sind im kleinen Maßstab oft zu teuer, im Großen aber ohne Alternative, auch wegen emissionsrechtlicher Probleme – ausschlaggebend sind Ammoniakmessungen im Stall.</li> <li>• (Bauboom im Küstenbereich und Richtung Osten: Einheiten mit 12.000 bis zu 50.000 Einheiten)</li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit Kotgruben sind traditionell bisher die meisten Ställe ausgestattet.</li> <li>• Stallluftqualität und Futtermittelverbrauch konkurrieren im Winter miteinander, bei sinkender Stalltemperatur steigt der Futter-</li> </ul>

	<p>verbrauch.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei regelmäßiger Entmistung der Kotbänder ist die Luftqualität im Stall sehr gut. Die zusätzliche Belüftung sorgt für geringe Ammoniakkonzentrationen. Einen Quantensprung hat die Kotbandtrocknung aber nicht gebracht.</li> <li>• Bei kleineren Systemen ist die Kotbandentlüftung nicht sinnvoll, aber ab 4, 6 oder 8 Etagen durchaus.</li> <li>• Schiebersysteme gibt es eigentlich kaum, evtl. in sehr kleinen Betrieben.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Je länger der Kot im Stall gelagert wird, umso mehr Ammoniak wird emittiert. Vor allem wenn der Kot nicht trocken ist.</li> <li>• Versuche, den Kot im Bunker zu trocknen, sind in der Vergangenheit eigentlich alle gescheitert, da der Kot unter der Oberfläche feucht bleibt.</li> <li>• In mittleren und großen Einheiten werden die Kotbänder i.d.R. nur noch mit Kotbandbelüftung ausgestattet. Kleinere Betriebe haben hierfür kein Geld.</li> <li>• Die Variationsvielfalt ist riesig – fast jeder Betrieb hat ein Unikat.</li> <li>• Bei einem Neubau kann natürlich alles optimiert werden, aber i.d.R. ist das aus finanziellen Gründen kaum möglich, zudem sind die meisten an bestehende Baugenehmigungen gebunden. Dann wird versucht nach der besten Lösung zu suchen.</li> <li>• Probleme bereiten vor allem alte Ställe mit geringer Deckenhöhe von z.B. 2,5 m. Hier hat man es oft mit vernasster Einstreu und vernasstem Kot zu tun.</li> <li>• Der Vorteil der Kotbandbelüftung ist v.a. bei „nur“ wöchentlichem Entleeren der Bänder gegeben. Wenn 2mal die Woche gemistet wird, relativiert sich der Effekt der Kottrocknung.</li> <li>• Wenn alle 3-4 Tage gemistet wird, liegt das eher an einer geringen Fahrzeugkapazität.</li> <li>• Wenn der Kot jahreszeitlich bedingt nicht gleich ausgebracht werden kann, müssen kostenintensive überdachte Lagerflächen geschaffen werden.</li> <li>• Für die Nutzung in der Biogasanlage ist trockener Kot nicht zu brauchen. Eine Verflüssigung des zuvor getrockneten Kots ist widersinnig.</li> <li>• Staub tritt in wöchentlich geleerten Ställen eher nicht auf. Dieses Problem findet man eher in den Bodenhaltungen.</li> <li>• In der Voliere ist das Staubproblem witterungsabhängig. Bei hoher Lüftungsleistung wird auch viel Staub aus dem Stall transportiert.</li> <li>• Auch innerhalb eines Stalls kann man nicht von immer gleichen Bedingungen ausgehen. (So gab es in einem Stall das Problem, das sich an einer Stelle die Tiere tot drückten)</li> </ul>
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Kotbandtrocknung ist immer mit hohen Energiekosten verbunden und erfordert eine Lagerung außerhalb des Stalls.</li> <li>• Wichtig ist auch, dass der Kot nicht zu weit getrocknet wird, da sonst die Staubentwicklung wieder zunimmt. 30-40% Restfeuchte wären ideal. Schadgase werden dabei stark reduziert.</li> <li>• Funktioniert in gut konstruierten Volieren und in der Kleingruppenhaltung.</li> <li>• Hierarchisch nach Emissionen sortiert, dürfte der alte Käfig die geringsten Emissionen verursacht haben. Die Kleingruppenhaltung wird etwas darüber liegen.</li> <li>• Bei großen Ställen (&gt; 20.000 Tiere ist Norm, auch 50.000 bis 100.000 Tiere kommen vor) kann man Hühner nicht mehr mit Kotlagerung im Stall halten.</li> <li>• In kleinen Anlagen ist die Entmistung über Kotschieber gegenüber Kotbändern mit Trocknung eine preiswertere Variante (geeignet bis max. 5.000 Tiere). Dabei wird der feuchte Kot aus dem Stall gezogen.</li> <li>• Die Lagerung des Kots außerhalb des Stalls ist auf jeden Fall der Lagerung im Stall vorzuziehen.</li> <li>• Die Schadgasentwicklung (mehr noch als die Staubentwicklung) bei Lagerung im Stall nach 9-10 Monaten oder sogar länger ist erheblich, mit Ammoniakkonzentrationen weit über 20 ppm.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es gibt keinen Stall mit Kotgrube, wo das so nicht ist. Auch mit größter Lüftungsleistung kriegt man das nicht weg und die Tiere sitzen permanent in dieser Atmosphäre.</li> <li>• Bei Kotschieberanlagen, wird bei Betätigung des Schiebers jedes mal die Oberfläche aufgerissen, so dass es hier zu erheblichen Schadgaskonzentrationen kommt, die je nach Länge des Stalls auch entsprechend lange verbleibt.</li> <li>• Der Bau einer Kotgrube ist allerdings die finanziell günstigste Variante.</li> <li>• Kotschieberanlagen werden eher dort zum Einsatz kommen, wo ein bestehender Stall umgenutzt wird. Die Höhe der Kotgrube kann dann gering gehalten werden.</li> <li>• Problematisch ist auch die Nutzung und Verbringung des feuchten Kots, der schlecht abzusetzen ist.</li> <li>• In der Rangfolge würden dann die Voliere mit Kotbandtrocknung, die Schiebersysteme und schließlich die Kotgrubenställe folgen. In Bezug auf die Tiergesundheit, liegt die Freilandhaltung an letzter Stelle.</li> <li>• In der Freilandhaltung tragen die Tiere sehr viel Dreck und große Mengen Feuchtigkeit (je nach Witterung) in den Stall.</li> </ul>
<b>B. Scharrbereiche/Einstreumaterial</b>	
Interview 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scharrmatten in Kleingruppenhaltung haben eigentlich kaum Einfluss auf die Emissionssituation, zwar lässt sich ein Feinstaub-Peak beim einbringen des Materials messen, insgesamt waren die gemessenen Belastungen in der Kleingruppenhaltung aber gering. Welche Einstreu man hier oder in anderen Betrieben verwendet ist nicht bekannt. In der Praxis scheint man sogar auf das Einbringen von Scharrmaterial ganz zu verzichten.</li> <li>• baulich vom Stall getrennte Scharrbereiche (Wintergärten) werden für die Tiergesundheit von Vorteil sein, da die Feinstaubentwicklung nicht im Stallinnenraum stattfindet. Für die Gesamtemissionen dürfte das keinen Einfluss haben, die Emissionsquelle ist hier jedoch nicht punktuell sondern diffus.</li> <li>• Bei innen liegendem Scharrbereich sind die Tiere durch ihre eigene (gewollte) Aktivität ständig hohen Staubkonzentrationen ausgesetzt. Das gleiche gilt für die Arbeitsbereiche der Menschen. Es werden hohe Emissionskonzentrationen in der Abluft gemessen.</li> <li>• Problematisch sind sehr feine Einstreuvarianten, ohne erkennbare Strukturen. In einer Haltungform wurde der Begriff „Pferde-einstreu“ verwendet mit einer Konsistenz vergleichbar mit Erde. Auch nach Durchmischung mit Kot und Verkrustungen war das Material insgesamt so fein, dass es leicht in die Luft aufgewirbelt wurde und dort über einen längeren Zeitraum verblieb (Schwebstaub). Aus diesem Grund wird zur Verringerung des Feinstaubaufkommens eher gröberes Material empfohlen (z.B. Stroh)</li> <li>• Stäube aus weniger feinem Material gelangt weniger tief in die Atemwege von Mensch und Tier.</li> <li>• Zusätzliche Ausstattungselemente wie z.B. A-Reiter erhöhen natürlich durch die vermehrte Aktivität der Tiere das Staubaufkommen im Stall. Ob sich dieses vermehrte Staubaufkommen negativ auf die Tiergesundheit auswirkt ist nicht bekannt.</li> </ul>
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Emissionspotential von Scharrmatten in Kleinvoliere ist eher geringfügig, hier findet man eher nur Geflügelstaub, wie in allen Haltungformen.</li> <li>• Das Einstreumaterial ist zu 95% Futter. Dabei müssen aus Kostengründen Futtermittelverluste aber vermieden werden: Nutzung geschlossener Matten. Im Legebereich sollten dann offene Matten installiert werden, die kot- und schutzdurchlässig sind.</li> <li>• Für den Verschmutzungsgrad der Matten ist die Anordnung im Käfig wichtig: innen größte Aktivität, also leiben die Matten sauber.</li> <li>• Problematik bei den Wintergärten: Wenn die Scharrfläche in die erforderliche Stallfläche eingerechnet ist – z.B. bei Ställen mit Ganzrostböden – müssen die Tiere permanent Zugang zum Wintergarten haben, was aber kaum zu gewährleisten ist.</li> <li>• Bei geöffneten Auslaufklappen fällt die Belüftung des Stalls in sich zusammen. Vor Ort muss dann auch die Windrichtung beachtet werden. Der Scharrbereich muss den Tieren bei jedem Wetter zur Verfügung stehen.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganzrostböden sind für die Staubbelastung im Stall sicher günstig, für die Tiergerechtheit aber fraglich, da die Tiere immer erst zum Scharren den Stall verlassen müssen.</li> <li>• Einstreuempfehlung: 2/3 gewaschener Flusssand (staubfrei) und 1/3 Sägemehl. Das Sägemehl nimmt die Feuchtigkeit aus dem Kot und aus dem Untergrund auf. Je nachdem ist ein unterhaken notwendig. Wirkung ist aber vom Isolierungsgrad des Untergrunds abhängig. Beste Erfahrungen hiermit im Gegensatz zu Rindenmulch oder Holzpellets.</li> </ul>
Interview 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scharrbereiche der Kleingruppenhaltung haben keinen Einfluss auf Luftqualität.</li> <li>• In Volieren wird in der Regel nicht mehr gestreut – der Kot ist die Einstreu von sehr trockener, staubiger Konsistenz.</li> <li>• Wintergärten: weniger Staub im Stall, Ausgasungen bleiben aber ähnlich.</li> <li>• Problemfeld Ganzrostställe: Luken dürfen nicht geschlossen werden, vielfach gibt es dafür keine Genehmigungen mehr, da die Tiere oft keinen ausreichenden Zugang zum Scharrraum hatten. Grundsätzlich muss 1/3 des Stalls als Scharrraum zur Verfügung stehen.</li> <li>• Hinweis auf Impfkolonnen und Fangkolonnen: Diese Leute werden extrem belastet. Sie sind besonders lang im Stall und es wird wegen der gestressten Tiere viel mehr Staub aufgewirbelt.</li> <li>• Materialempfehlung: zu Anfang sollte eine kleine Schicht nasser Sand eingestreut werden. Das verhindert verlegte Eier (weil die Hühner das nicht mögen), der aber mit der Zeit abtrocknet. Bei Biobetrieben sind die Vorgaben der Verbände aber eindeutig: es muss Stroh eingestreut werden.</li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundsätzlich kann man sagen, je mehr Einstreu im Stall, umso höher die Staubbelastung. Als Einstreu kommen Stroh (kurz, lang, gehäckselt, in Pellets), Reinsand oder Rindenmilch vor.</li> <li>• Bei einem außen liegenden Kaltscharrraum ist die Staubentwicklung dann entsprechend außerhalb des Stalls.</li> <li>• In den Wintermonaten funktioniert i.a. bei Wintergartenställen das Lüftungskonzept nicht mehr. Ganzrostställe funktionieren entsprechend für Tier und Mensch sehr gut, allerdings wird wegen der Lüftungsproblematik, irgendwann der Zugang zum Scharrraum dann doch nicht geöffnet.</li> <li>• In der Kleingruppenhaltung hat der Scharrbereich keinen Einfluss auf die Luftqualität. Als Einstreu dienen i.a. Futter, aber auch andere Materialien. Manchmal sind die Scharrbereiche verdreckt oder verkotet. Die Scharrbereiche werden aber eigentlich gut angenommen.</li> <li>• Als Einstreu lieben die Tiere für das Baden besonders feines Material. Im Stall ist die Staubbelastung dann sehr hoch, aber das scheinen die Tiere so zu mögen.</li> <li>• Von Fall zu Fall ist auch gröberes Material zur Beschäftigung für die Tiere sinnvoll. Im Auslauf sollte man auch großzügig Material wie grobes Rindenmulch ausbringen.</li> <li>• Bei verklebter Einstreu steigt dann der Ammoniakgehalt in der Luft.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scharrbereich im Gebäude: Mitte der 90er Jahre wurde die Gitterrostanlage zur Verbesserung der Stallluft konzipiert.</li> <li>• Grundidee der Einstreu: so wenig wie möglich um verlegte Eier zu vermeiden. Die Einstreu soll so viel Feuchtigkeit aufnehmen wie möglich, aber für die Tier möglichst unattraktiv sein, außerdem günstig im Preis und gut verfügbar. (Eine Zeit lang gab es Probleme mit behandelten Hobelspänen. Die darin enthaltenen Stoffe wurden durch die Körperwärme flüchtig und wurden von den Tieren aufgenommen.)</li> <li>• Torfmull produziert z.B. viel schwarzen Staub)</li> <li>• Trockener Sand, müsste im Winter vorgetrocknet werden. Es ist schwierig den Sand später wieder herauszuholen und zu verwerten (es fehlen Gerätschaften).</li> <li>• Besser für die Luftqualität: keine Einstreu. Das Scharrmaterial ist dann der Kot selbst, der sich mit der Zeit aufbaut. Bei guter Lüftung ist er auch immer trocken.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit dem Lüftungsmanagement müssen die Leute aber auch umgehen können.</li> <li>• Inzwischen gibt es computergesteuerte Anlagen mit Lüftungsprogramm und Lichtprogramm. Da trauen sich die Leute dann nicht dran und vertrauen auf die Einstellungen des Herstellers. Der Computer kann die Bedingungen im Stall aber nicht beurteilen. Der Betreiber muss immer die Möglichkeit zur Intervention haben.</li> <li>• Ganzrostanlagen mit Wintergarten sind ein gute Möglichkeit, aber mit Tücken: bei geöffneten Klappen fällt Kaltluft ein und es kommt zu Zugerscheinungen. D.h. die Tiere gehen von den Auslauföffnungen weg.</li> <li>• Bei Wintergarten und Scharrbereich im Stall neigt die Einstreu dort zum Vernassen.</li> <li>• Problem der Einstreu: je mehr Einstreu umso mehr verlegte Eier. Am Boden entsteht mit dem Kot und der Einstreu Staub oder die Einstreu verklebt und ist feucht.</li> </ul>
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialien: je feiner das Material umso mehr Flüssigkeit kann aufgenommen werden, auch wird ggf. Staub gebunden.</li> <li>• Stroh oder Holzspäne genügen nicht den Anforderungen der Tiere.</li> <li>• Stroh enthält grds. viele Schimmelpilze (z.B. Aspergillen, für die besonders Puten sehr empfänglich sind).</li> <li>• In den meisten Hühnerställen ist nur Sand oder gar nichts. Der eingetrocknete Kot baut sich mit der Zeit zu einem staubigen Mulch auf, solange er trocken ist (Lüftungssache). Innerhalb einer Legeperiode müssen Ställe mind. 2mal gereinigt werden, besser sogar monatlich, sonst wächst das Kot/Staubgemisch auf 20 bis 30 cm an.</li> <li>• Bei Zugang zu Freiflächen sind die Nester in der Wintersaison stark verschmutzt. Hinweis Keimzahl auf einem Käfig-Ei: bis <math>10^3</math> Keime, Keime auf einem Freiland-Ei: bis <math>10^8</math> Keime. Verlegte Eier dürfen nicht als Güteklasse A verkauft werden.</li> <li>• Hühner sind gegenüber Staubbelastungen ziemlich resistent. Reizungen durch Ammoniak werden eher in der Trachea denn in den Bronchien sichtbar. Vermehrt kranke Tiere durch eine schlechte Stallluftqualität sind nicht zu beobachten.</li> <li>• Zusätzlich Belastung der Luft wird durch die Milbenbekämpfung mit Silicat-Staub hervorgerufen. Die Menschen sind (hoffentlich) während des Ausbringens und in der Zeit danach geschützt, die Tiere werden dem jedoch die ganze Zeit ausgesetzt. Inzwischen wird der Silicatstaub wohl schon als Emulsion ausgebracht, der auf den Anlagenteilen kleben bleibt. Milben sind ein riesiges Problem, denn es gibt eigentlich keine unproblematischen Mittel zur Bekämpfung. Die Staubbelastung durch die Silikate steigt im Stall erheblich. Die zum Ausbringen benutzten Pumpen gehen i.d.R. nach einem halben Jahr kaputt. Für die Atemwege kann das auch nicht förderlich sein.</li> <li>• Im Krankheitsbild sind Schäden durch Fremdkörper in den Atemwegen bei den Tieren in diesem Lebensalter nicht abbildbar.</li> <li>• Große Scharrbereiche sind wichtig, damit die Tiere einfach dorthin gelangen können, gleichzeitig bedeutet das aber ein vermehrtes Staubaufkommen.</li> <li>• Wintergärten sind keine gute Lösung, weil sie für die Tiere nicht vollzeitig und auch nicht ohne Probleme erreichbar sind.</li> <li>• Zudem bricht die Klimatisierung im Stall bei geöffneten Klappen zusammen.</li> </ul>
C. Gebäudemerkmale	
Interview 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei der Standortwahl empfiehlt sich eher eine Ausrichtung des Dachfirsts senkrecht zur Hauptwindrichtung. Emissionen werden dadurch weiter gefächert. Bei Ausrichtung der Abluftschächte parallel zur Hauptwindrichtung können sich die Abluffahnen bündeln. Die Abluft wird weiter und konzentrierte in die Umgebung befördert, während im ersten Fall die natürliche Verwirbelung für eine bessere Durchmischung sorgt. Auch die Durchmischung der Frischluft, bevor sie in den Stall gesaugt wird, ist von Vorteil.</li> <li>• Dimensionen: Längen-Breitenverhältnis ist nur im Hinblick auf die Anordnung der Abluftkamine wichtig. Die Dachhöhe und die Höhe der Kamine sind für die Immissionseite wichtig. Die durch die Austrittsgeschwindigkeit bedingte Fahnenüberhöhung ist ausschlaggebend für eine gute Durchmischung und wie weit die Abluffahne getragen wird.</li> <li>• Geländegegebenheiten: in Tal- oder Hanglagen kann es bei inversen Wettersituationen zu Konzentrationserhöhungen kom-</li> </ul>

	men. Wesentlicher ist hier aber die Hauptwindrichtung.
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesetzlich ist die Anzahl der Tiere pro qm vorgegeben und eine Mindesthöhe von 2 m. Nach oben gibt es keine Begrenzung. Empfehlung geht aber hin zu einer Höhe von 3,0 bis 3,5 m. Aufrecht Gehen sollte gewährleistet sein, auch über der Kotgrube.</li> <li>• Für eine ausreichende Lüftungsleistung muss ausreichend Luftvolumen zur Verfügung stehen. Bei größeren Stallhöhen ergeben sich wiederum Probleme mit einer ausreichenden Temperaturführung im Winter.</li> <li>• Inzwischen gibt es auch voll isolierte Ställe mit Sandwichelementen (cw-Wert= 0,37). Beste Bedingungen bei allen Witterungsbedingungen und leicht zu steuern.</li> <li>• Zur technischen Ausstattung: so viel wie nötig. Die Technik muss handhabbar bleiben.</li> <li>• Interessant wäre ein Mobilstall mit Sandwichtechnik. Problematisch sind aber der Krankheitsdruck und die Belastung des jeweiligen Untergrunds.</li> <li>• Ausrichtung des Stalls in Nord-Süd Ausrichtung besser als Ost-West, wenn keine gemischten Altersgruppen im Stall sind. (Nutzung der Sonnenwärme)</li> <li>• Bezogen auf die Lüftung ist die Ausrichtung mit der Hauptwindrichtung zu empfehlen. Das kann aber in der Regel nicht berücksichtigt werden, da die baulichen Gegebenheiten meist vorgegeben sind.</li> </ul>
Interview 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Standardbreite liegt eigentlich immer bei 24m, Variiert wird entsprechend der unterzubringenden Tierzahl die Länge (z.B. 90 m bei 12.000 Tieren).</li> <li>• Gängige Höhe sind 5,5 bis 6 m über First. mit dieser Stallhöhe ist eine ausreichende Belüftung gut realisierbar. Abteile müssen z.B. für die Biohaltung mit Sicht- und Berührungsschutz. Darüber muss noch ein ausreichender Luftraum zur Verfügung stehen.</li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lüftungssysteme sind so konzipiert, dass der Stall mit ausreichend Luft durchspült wird. Dabei sind nicht die Größe des Stalls ausschlaggebend, sondern die technische Ausstattung und ein ausreichender Luftraum.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variation der Gebäude ist extrem groß: Von riesig bis klein.</li> <li>• Die beste Luft findet man dort, wo überproportional viel Luftraum zur Verfügung steht.</li> <li>• Die ideale Form gibt es ggf. auf dem Papier, aber i.d.r. muss immer nach dem Einzelfall geguckt werden.</li> <li>• Eine Norm gibt es nicht. Auflagen zu Höhe oder Fassadengestaltung kommen seitens der Baugenehmigung (Nachbarschaftsschutz)</li> </ul>
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es werden immer öfter mehr etagige Ställe (meist Volieren) gebaut, deren Zwischenböden aus Holz gefertigt sind (mögl. hygienisches Problem). Dann wird der Stall über eine Tunnellüftung belüftet und die Abluft wird zentral (über einen Wäscher) geführt.</li> <li>• Der Standort eines Stalls hängt immer von den Baubedingungen des Grundstücks ab. Die Ausrichtung erfolgt weniger unter dem Gesichtspunkt der Immissionsminderung denn z.B. dem Bau einer Fotovoltaikanlage oder Mindestabständen zur Nachbarschaft.</li> <li>• In der Hähnchenmast wird zusätzlich wegen der hohen räumlichen Konzentration darauf geachtet, nicht in der Abluffahne des Nachbarbetriebs zu stehen (mögliche Keimübertragungen)</li> </ul>
<b>D. Lüftungseinrichtungen</b>	
Interview 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Als Lüftungsform ist die Unterdrucklüftung vorherrschend. Persönlich ist keine andere Lüftungsform bekannt. (Ausnahme frei Lüftung in Putenställen)</li> <li>• Anordnung der Zu- Abluft: in der DIN 18910 ist die benötigte Luftwechselrate vorgeschrieben – aber nicht die Luftführung.</li> <li>• Das Abführen der warmen Luft, die zur Stalldecke aufsteigt, ist nicht ausreichend. Die Fischluft würde die auf dem Boden sitzenden Tiere nicht erreichen. Es müssen jedoch unbedingt von dort die Schadgase und Stäube abgeführt werden.</li> <li>• Zuluftelemente sollte nach unten ausgerichtet werden oder es sollte eine Rezirkulation der Luft im Stall stattfinden, damit die Tiere von der Frischluft umspült werden. Außerdem sollten Toträume der Lüftung vermieden werden, da sich dort hohe Schad-</li> </ul>

	<p>gaskonzentrationen ausbilden können.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittel der Wahl sind nicht punktuelle Zuführungen der Frischluft, besser sind linienförmige Quellen über die Gesamtlänge des Stalls.</li> <li>• Je Größer die Öffnungen umso gleichmäßiger und niedriger sind die Strömungsgeschwindigkeiten.</li> <li>• Auch die Absaugung sollte als Liniensenke erfolgen, um ein gleichmäßiges Abströmen zu gewährleisten.</li> <li>• Grundsätzlich sollten punktuelle oder schlauchförmige Luftströmungen vermieden werden. Zurzeit laufen Simulationsversuche für verschiedene Luftführungen.</li> <li>• Aus der persönlichen Anschauung sind in der Legehennenhaltung noch keine Filteranlagen bekannt. Bei Stallanlagen mit Kotbändern dürfte das auch überflüssig sein, ggf. müsste das Kotlager mit einer solchen Filteranlage ausgestattet werden.</li> <li>• Bei der Kotlagerung im Stall könnte das eher erforderlich sein. Dies wird durch die Genehmigungsbehörde je nach Größe des Betriebs vorgegeben, insbesondere wenn es Beschwerden aus der Nachbarschaft gibt.</li> <li>• Bekannt sind Biobettanlagen, die jedoch stömpfindlich sind und eine sehr gutes Management voraus setzen. Rieselfilteranlagen sollen unproblematischer im Betrieb sein.</li> </ul>
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro Henne und Stunde muss eine Lüftungsleistung von 8 m<sup>3</sup> vorgehalten werden. Wie und wo die Abluft angeordnet ist, ist nicht so wichtig. Wesentlich ist eine geringe Luftgeschwindigkeit im Stall und Zugluft zu vermeiden. Das hätte Auswirkungen auf das Verhalten der Tiere.</li> <li>• Ventilatoren sollten möglichst großflächig im Stall verteilt werden, dabei lieber mehrere kleinere als wenige große verwenden, damit der Luftaustausch homogener abläuft und keine Toträume entstehen. Ebenso sollte es möglichst viele Luftquellen geben.</li> <li>• Die Luftführung im Stall ist von einer möglichen Stallteilung abhängig. Bei einer Altersklasse im Stall kann ohne Trennwände eine Längslüftung installiert werden, sonst empfiehlt sich eher eine seitliche Zuluftführung. Grundsätzlich sollte die Zuluft von unten erfolgen und die Abluftabsaugung von oben. (Früher hat man die Frischluft von oben herunter geholt und dann mit der verbrauchten Luft gemischt.)</li> <li>• Bei mehreren Altergruppen im Stall kann die Luftführung partiell erfolgen. Jedes Segment wird dann wie ein einzelner Stall behandelt.</li> <li>• Ställe mit freier Belüftung (Curtains) müssen im Winter beheizt werden. Dort gibt es kaum Staub, die Tiere tolerieren die Außenklimabedingungen recht gut. Die Energiekosten für die Ventilation fallen dann weg.</li> <li>• Die Auswahl der richtigen Lüftungstechnik ist immer individuell an die Gegebenheiten anzupassen. Firstenlüftung und Längslüftung sind sicher gut.</li> <li>• Ausschlaggebend für die Lüftungssteuerung ist die Temperatur (für die Tiergesundheit wesentlich). Im Sommer ist eine zusätzliche Luftbewegung durch Umwälzen, zusätzliche Wandventile und/oder Firstabluft erforderlich.</li> <li>• Wenn es Probleme mit der Lüftung gibt zeigt sich das immer im Winter.</li> <li>• Die Vielfalt der Lüftungsanlagen ist sehr hoch – grundsätzliche Gründe für schlechte Luftqualität gibt es nicht. Ein Grund könnten schlecht eingestellte Nippeltränken sein, ohne Auffangschalen, die den Untergrund vernassen. Oder die Ventilation ist nicht ausreichend, der Betreiber nicht genau genug.</li> <li>• Anpassungen der Lüftung sind immer möglich z.B. über zusätzliche Ventilatoren, zusätzliche Zuluftöffnungen. Das muss den baulichen Gegebenheiten angepasst werden.</li> <li>• Biofilteranlagen sind im Unterhalt zu teuer und nicht mit den erzielten Erlösen vereinbar.</li> </ul>
Interview 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Kotbandbelüftung wird nicht mehr so sehr propagiert, da mit einer guten vorhandenen Lüftung ausreichende Abtrocknung erreicht wird. Die zusätzliche Kotbandtrocknung wird dann zu teuer.</li> <li>• Auswirkungen der offenen Klappen: Kurzschluss in der Belüftung mit mangelndem Luftaustausch in verschiedenen Stallberei-</li> </ul>

	<p>chen. Als Folge werden die Klappen durch den Betreiber dann nicht mehr oder zu wenig geöffnet. Schuld sind die Hersteller, die diese Ställe mit Unterdrucklüftung ausstatten. Angebracht wäre hier eine Gleichdrucklüftung: Frischluftansaugung und Abluftabsaugung arbeiten mit gleicher Leistung. Oder Tunnellüftung: Ansaugung am Giebel – Absaugung am hinteren Ende. Gummilappen vor den Ausläufen sind meist keine Lösung, da die Hühner davor zurückschrecken.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anordnung der Kamine: Von Behördenseite wird meistens eine zentrale Ablufteinrichtung gewünscht. Damit wird ein Emissionsschwerpunkt geschaffen, mit dem sich Abstandsberechnungen leichter durchführen lassen.</li> <li>• Frei belüftete Ställe sind in Bezug auf Emissionen von Gas und Staub und für das Tierverhalten viel besser.</li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lüftungsarten: Unterdrucklüftung ermöglicht kontrollierte Ablufführung und gezielte Ansaugung der Frischluft.</li> <li>• Bei Überdrucklüftung ist ein gezieltes Abführen der Abluft nicht gut möglich, was ggf. zu Nachbarschaftsproblemen führen kann.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Außenklimastall: Ist keine Alternative, schon weil der Lichttag nicht vorgegeben werden kann und somit Legezeiten und Legeleistung beeinträchtigt werden. Im Bio-Bereich ist das eher denkbar.</li> <li>• Die Luftqualität wird von den Inneneinbauten und dem Lüftungssystem bestimmt.</li> <li>• Reichen die Inneneinbauten bis knapp unter die Decke, wird es immer Lüftungsprobleme geben.</li> <li>• Inzwischen werden Lüftungen in Kombination gefahren. Seiten- und Tunnellüftung. Dann kann an Winter- und Sommerbedingungen angepasst werden.</li> <li>• Teilweise werden Luftwäscher zur Auflage gemacht, die zwar kostenintensiv und technisch aufwendig sind, aber ganz gut funktionieren.</li> </ul>
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit der Tunnellüftung hat man am ehesten die Möglichkeit, die Abluft dort in die Umwelt zu entlassen, wo es am vertretbarsten ist.</li> <li>• Früher montierte man eine Kotlüftung gleich über der Kotgrube. Dazu wurden die Abluftschächte bis kurz über die Kotgrube gezogen. Die Ammoniakabsaugung funktionierte gut, allerdings waren hohe Luftwechselraten notwendig, so dass zeitgleich der Stall zu sehr auskühlte.</li> <li>• Das Problem entfällt bei einer Lagerung des Kots außerhalb.</li> <li>• Neuere Lüftungsanlagen haben neben einer Temperatursteuerung auch eine Feuchtigkeitssteuerung. (z.B. bei Erreichen einer rel. Luftfeuchte von 70% schalten sich zusätzliche Ventilatoren ein)</li> <li>• Generelle Lüftungssysteme: Unter-, Über- und Gleichdruck. Unterdrucksysteme sind vorherrschend.</li> <li>• Optimal wären vor allem für die Haltungen mit Wintergärten oder Freiland Gleichdrucksysteme, bei denen die gleiche Luftmenge an- und abgesaugt werden. Die zusätzlichen Energiekosten sind aber i.a. nicht tragbar. Die Tiere würden dann nicht mehr im Zug stehen.</li> <li>• Hennen in der Massentierhaltung brauchen 18-20°C, mind. aber 15 °C, so dass in frei belüfteten Ställen je nach dem zugeheizt wird. Bei einer Stalltemperatur von 14-15°C gibt es immer Bereiche im Stall in denen nur 7°C erreicht werden.</li> <li>• Anders als in kleinen bäuerlichen Haltungen sind die Tiere viel weniger resistent gegen Umwelteinflüsse wie Kälte und Nässe oder gegen Krankheiten und Parasiten. Diese Tiere entwickeln ein angepasstes Federkleid. Ab einer Gruppengröße von ca. 500 funktioniert das alles nicht mehr. Warum das so ist, bleibt wohl ein Rätsel.</li> <li>• Auch in modernen Ställen gibt es Bereiche, in denen sich die Tiere „knubbeln“. Die Strahlungskälte von den Wänden, begünstigt durch Öffnungen für den Auslauf, treibt die Tiere in die Mitte. Oft wird dann mehrmals am Tag geheizt.</li> </ul>
E. Futtermittel/Fütterungssysteme	
Interview 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht aktuell informiert. Es soll Futtermischungen geben, die das Ammoniakaufkommen reduzieren.</li> <li>• Aus der Schweinehaltung ist eine Flüssigfütterung zur Staubreduktion bekannt. Problematisch ist in diesem Zusammenhang,</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Verflüssigung des Kots, was ein erhöhtes Aufkommen an Ammoniak bedingen würde.</li> <li>Es sind nur offene Futtersysteme bekannt. Eine Kapselung ist wohl kaum möglich.</li> </ul>
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Staubreduktion durch Futterzusätze: Möglicherweise kann eine Verbesserung der Befiederung oder der Hautstrukturen durch entsprechendes Futter erreicht werden und somit den Geflügelstaub direkt mindern.</li> <li>Allerdings muss in erster Linie das Ei geschmacklich in Ordnung sein und die Eifarbe dem Verbraucher gefallen.</li> <li>Möglicherweise können Ölzusätze die Kotkonsistenz beeinflussen.</li> <li>Andererseits ist die Vielfalt bei den Futtermitteln durchaus gewollt, um den „Einheitsbrei alla McDonalds“ zu vermeiden.</li> <li>Die Kettenfütterung ist seit vielen Jahren unverändert erfolgreich im Einsatz. Daneben gibt es Rohrfütterungen und Spiralfütterungen oder auch Handfütterungen. Wichtig hierbei sind möglichst geringe Futtermittelverluste und der Aufwand für Wartung, Reinigung und Reparaturen, sowie die Handhabung der Elemente für die Zeit des Ausstallens.</li> </ul>
Interview 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die offene Futterkette ist Standard. Pelletiertes Futter ist nicht so gut. Die Mehlfütterung mit groben Bestandteilen, an denen feinere Bestandteile durch Öle anhaften, wäre zukunftsweisend.</li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Futterqualität hat keinen gravierenden Einfluss auf die Luftqualität. Evtl. bewirkt ein höherer Natriumgehalt eine größere Wasseraufnahme.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Futtermittel spielen für die Stallluft sicher eine Rolle, allerdings sind die heutigen Standards für Futtermittel sehr hoch. Insofern ist das Problem inzwischen zu vernachlässigen.</li> </ul>
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durch pelletiertes Futter könnte man auf die Staubentwicklung Einfluss nehmen. Allerdings nehmen die Tiere dann zuviel Futter (Kosten) auf, was in der Mast gewünscht ist, nicht aber bei den Legehennen.</li> <li>Ist das Futter zu grob, entmischen sich zugesetzten Hilfsstoffe wie Vitamine, Kalk und Phosphat zu stark und die Tiere werden nicht mehr gleichmäßig versorgt.</li> <li>Es gibt vereinzelt pelletiertes und anschließend gecrashtes Futter, das aber entsprechend teuer ist.</li> <li>Bei normal strukturiertem Futter mit einer ausreichenden Restfeuchte von 12-13% ist das Staubproblem eher gering, relevanter wird es wahrscheinlich mit sehr feinem Futter.</li> <li>95% aller Futtersysteme sind Kettenförderer, seltener sieht man Rohrfütterungen. Die Kettenförderung hat sich in Bezug auf Reparaturanfälligkeit und Haltbarkeit durchgesetzt.</li> </ul>
<b>3. Besondere Probleme von Betrieben mit Emissionen und Immissionen</b>	
Interview 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konkrete Probleme sind nicht persönlich bekannt.</li> <li>In einem Versuchsstall klagte die Beschäftigte jedoch massiv über Atemwegsprobleme. In diesem Stall war die Ammoniakkonzentration besonders im Winter weit über dem Grenzwert. Der weitere Werdegang ist jedoch unbekannt.</li> </ul>
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Persönlich sind keine speziellen Probleme bekannt. Wenn welche auftreten müssen in der Regel Gutachten geschrieben werden. Hier ist die Landwirtschaftskammer eine gute Adresse.</li> </ul>
Interview 3	<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine konkreten Probleme bekannt.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probleme mit der Nachbarschaft ziehen sich oft über Monate und Jahr. In erster Linie werden die Baugenehmigungen kontrolliert. Letzten Endes ist es Auslegungssache der Gerichte, was geduldet werden muss und was nicht.</li> </ul>
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Behörden machen meist schon im Vorhinein Vorgaben zum Betrieb der Anlage.</li> <li>Anwohnerbeschwerden sind persönlich nur vom Hörensagen bekannt.</li> <li>Was man schon mal hört, sind Probleme mit alten Beständen, an die neue Siedlungen heranwachsen. Das ist auch aus eigener Erfahrung im heimischen Betrieb bekannt.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Bereich von Mischbebauungen wird es sicher immer Probleme geben.</li> <li>• Bei Bauanfragen müssen heutzutage immer Schutzabstände zu Bebauungen und Wäldern eingehalten werden, wobei sich über die Definition von Wald oder Gebüsch gestritten wird.</li> <li>• Anmerkung: persönlich ist dem Interviewten ein Betrieb mit hofförmiger Anordnung der Betriebsgebäude bekannt. Innerhalb dieses Hofes, der stark durch die Abluft der Ställe betroffen war, starben alle Bäume/Pflanzen ab.</li> <li>• Bei der Sortenauswahl zur Bepflanzung in der Nähe der Ställe, sollte auf resistente Arten geachtet werden. Auch sollte die Begrünung nicht zu nahe am Stall sein, um Schadnager nicht anzulocken.</li> <li>• Diskussionen um die Luftbelastungen im Stall treten meist nur bei anhängigen Arbeitsrechtsverfahren auf, sonst eher weniger.</li> <li>• Die Immissionsbelastung kann in mehrstöckigen Betrieben durch kanalisieren und ggf. nach geschalteter Reinigung und außen liegender Kotlagerung, optimiert werden.</li> <li>• Eine große Umweltbelastung stellt dann noch die Reinigung der Ställe dar. In Freilandhaltungen muss inzwischen oft das Oberflächenwasser aus einer Umgebung von 25 m zum Stall aufgefangen werden, damit es kontrolliert ausgebracht werden kann.</li> <li>• Wenn die Tiere aus dem Stall kommen, Koten sie i.d.R. als erstes. Der Nahbereich des Stalls ist in der Freilandhaltung also am stärksten belastet und die Gefahren für das Grundwasser entsprechend hoch.</li> </ul>
4. Typische Fehler im Management/Herdenführung	
Interview 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Stalltemperatur wird über die Stallventilation geregelt, die wiederum durch Temperaturfühler geführt wird. Diese sollten gleichmäßig im Stall verteilt sein. Ein Sensor für einen 50 m – Stall ist nicht ausreichend. Die Einstellung erfolgt über eine anzustrebende Richttemperatur.</li> <li>• In durch Gaskanonen beheizten Ställen empfiehlt sich ferner die Messung von CO<sub>2</sub> zur Steuerung der Ventilation. Der Management Aufwand ist dann relativ hoch.</li> <li>• Im Sommer ist eine Kühlung begrenzt nur über die Erhöhung der Ventilatorleistung möglich. Gegebenenfalls kommt auch ein besprühen der Tiere in Frage (Verdunstungskälte)</li> <li>• Im Winter muss die Mindesttemperatur für die Tiere erhalten bleiben, gleichzeitig sind aber auch die Konzentrationen von Ammoniak und CO<sub>2</sub> zu begrenzen. Hier ergeben sich hohe Anforderungen an die Lüftungstechnik und für das Management.</li> <li>• Auch eine Wartung mit Kontrolle der Lüfterleistungen ist in diesem Zusammenhang wichtig. Bei der Wartung sollte man nicht vergessen auch die Abluftschächte und Ventilatorenblätter mitzureinigen. Das gleiche gilt für die Funktionsfähigkeit der Zuluftklappen (Steuerung und Beweglichkeit).</li> <li>• Wichtig: tägliche Tierkontrollen, regelmäßiges Entfernen des Staubs im Stall, alle Anlagenbestandteile müssen funktionsfähig sein.</li> <li>• Die Lüftung darf nicht zu hoch und nicht zu niedrig eingestellt werden. Dabei ist Feingefühl und das regelmäßige Betreten des Stalls erforderlich. Man kann sich nicht allein auf die Messtechnik verlassen.</li> <li>• Undichtigkeiten können die Luftführung wesentlich beeinflussen.</li> <li>• Hinweis: für Ammoniak gibt es keinen langzeitstabile Sensoren. Die CO<sub>2</sub> oder Luftfeuchte -Sensortechnik ist jedoch einfach und zuverlässig.</li> </ul>
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
Interview 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kotband besser 2 mal als 1 mal pro Woche leeren</li> <li>• Fehler: Ventilation bei niedrigen Temperaturen zu stark reduzieren, um vermehrte Futteraufnahme zu vermeiden.</li> <li>• Aus Kostengründen schlechtes Futter verabreichen (schlechte Futterkomponenten, ranzige Öle, andere Futterreste)</li> <li>• Zu leichte, zu billige Tiere einstellen</li> <li>• Schlechte Luftbewegung im Stall – Nutzung von Umluftventilatoren: Leistung wird verbessert, Eiervestaubung ist dann gerin-</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>ger.</li> <li>Verstaubung der Nester ist teilweise ein großes Problem, es zeigen sich Abrollspuren, was die Eiergüte und damit den Erlös mindert.</li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aus Kostengründen (Energiekosten) wird die Lüftung oft auf das notwendigste reduziert, was zu Lasten der Luftqualität geht.</li> <li>Die Technik im Stall ist nur so gut wie der Anwender dahinter.</li> <li>Eine ständige persönliche Kontrolle ist ein absolutes muss.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einer der größten Fehler: die Tierzahl entspricht nicht der Gebäudehülle.</li> <li>Z.B. waren die Tiere nicht in der Lage ihren Stall auf eine ausreichende Temperatur zu bringen, weil zahlenmäßig zu wenig.</li> <li>Schwierig wird es auch, wenn der Stall schlecht isoliert ist oder Undichtigkeiten auftreten.</li> <li>Grds. sind aber eher zu viele Tiere in der Bauhülle als zu wenige.</li> <li>Die meisten Managementfehler liegen schon in der Planung.</li> </ul>
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Für die Freilandhaltung sollten die Tierzahlen auf bis zu 2000 Tiere beschränkt bleiben. Darüber hinaus ist das System nicht mehr praktikabel.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>5. Wunschstall</li> </ul>	
Interview 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wunschstall wäre die Kleingruppenhaltung, in der geringe Staub- und Ammoniakkonzentrationen gemessen wurden (mit pos. Auswirkungen auf die Emissions- und Immissionsbelastung) und die Tiere in der kleinen Gruppengröße einen guten Bezug zueinander herstellen.</li> <li>Aus Perspektive der Tiergerechtigkeit erscheint eine Freilandhaltung, allerdings mit Kotbandentmischung im Stall, als optimal.</li> </ul>
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Den optimalen Stall gibt es nicht – höchstens zu Versuchszwecken.</li> <li>Den Wunschstall gibt es nicht. Schön ist aber ein kompletter Neubau. In der Regel sind aber Gebäude vorhanden, in die dann das möglichst beste und passende Inventar eingebaut werden kann.</li> </ul>
Interview 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wunschstall: Wenn die Erlöse für Eier so gut wären, dass sich kleine Einheiten rentieren: Mobilstall – für Direktvermarkter sehr lukrativ, aber leider ohne Zukunft.</li> <li>Alternativ: gute Volierenanlage mit dezentraler Abluft und gutem Management (besser: Herdenführung)</li> <li>Es ist ein gutes Einfühlungsvermögen der Landwirte erforderlich, um so viele Tiere gut versorgen zu können.</li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Das wichtigste für einen Legehennenhalter ist die Wirtschaftlichkeit: es muss was übrig bleiben.</li> <li>Wichtig ist schließlich auch das Arbeitsaufkommen.</li> <li>In Bezug auf den Tierschutz: Bei vorhandenem Einstreubereich und erhöhten Sitzpositionen hat man den Eindruck, dass es den Tieren gut geht.</li> <li>Auch die Kleingruppenhaltung funktioniert sehr gut: Sie ist wirtschaftlich und von Seiten der Tiergesundheit optimal.</li> <li>Je extensiver das Verfahren, umso mehr Probleme mit der Tiergesundheit gibt es. Ein Hauptproblem sind die Coli-Infektionen, die Ursache liegt im Zugang zum eigenen Kot. Der Impfaufwand ist enorm und das Treffen der richtigen Impfung für den auftretenden Keim ist Glückssache.</li> <li>Als Bodenhaltungsform, wäre der Ganzrostbodenstall mit halb offenem Wintergarten eine gute Möglichkeit.</li> <li>Wichtig ist aber vor allem der Kundenwunsch. Wird eine 3 = Käfighaltung für die Kleingruppenhaltung akzeptiert?</li> <li>Auf die Frage, in welchem Stall die Mitarbeiter weniger gerne tätig sind, wird die Voliere genannt. Hier gibt es immer viel Staub und viele verlegte Eier – z.T. bis zu 10%, die alle nicht mehr verkauft werden können. Das gilt v.a. für die Winterzeit mit reduzierter Lüftung. An zweiter Stelle wird die Bodenhaltung genannt. Hier treten über der Grube insbesondere hohe Ammoniakkonzentrationen auf. Bevorzugt für die Arbeit wird eher die Kleingruppenhaltung.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einen besten Stall wird es in der Praxis kaum geben. Optimal ist ein gesunder Mittelweg, der möglichst vielen Faktoren gerecht wird.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einen idealen Stall gibt es nur auf dem Papier.</li> <li>• Bei der Planung muss man sich zunächst für das Haltungssystem entscheiden und dem entsprechend eine Gebäudehülle wählen, wenn man nicht an bestehende Gegebenheiten gebunden ist.</li> <li>• Nach eigener Einschätzung würde der Interviewte selbst nicht mehr in die Legehennenhaltung einsteigen.</li> <li>• Wenn überhaupt, würde er die Käfighaltung favorisieren. Die Entscheidung hängt aber in erster Linie davon ab, ob ein entsprechender Absatz möglich ist. Schon eine Negativ-Schlagzeile über die neue Kleingruppenhaltung (Käfig) kann den Markt zusammenbrechen lassen. Das ist sicher ein Grund, warum sich wenige bisher zum Bau dieses Haltungstyps entschlossen haben.</li> <li>• Eine Volierenanlage, die aber die Möglichkeit bietet die Tiere über Nacht in den Stellagen einzuschließen erscheint ebenfalls als gute Alternative. Dann ist eine gute Tierkontrolle gewährleistet und die Tiere können zum Impfen gut erreicht werden. (Praxis: Lichter in den Gängen werden ausgeschaltet, so dass die Tiere in die noch beleuchteten Stellagen wandern, die mit Gittern geschlossen werden können.</li> </ul>
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezogen auf Emissionen und Tiergesundheit hat der alte Käfig die besten Resultate gebracht.</li> <li>• Die Kleingruppenhaltung leistet ähnlich gute Dienste. Durch den Bewegungsraum für die Tiere und die Scharrmatten steigt jedoch die Staubbelastung.</li> <li>• Bei großen Tierzahlen ist der Käfig Favorit, allerdings gibt es dafür keinen Markt mehr. Der Interviewte glaubt, dass es dafür irgendwann eine Renaissance geben wird, wenn Eier zu einem vertretbaren Preis zu haben sein sollen.</li> <li>• In der Kleingruppenhaltung gibt es deutlich weniger Probleme als in den alternativen Haltungsformen.</li> <li>• Der Idealstall für große Tierzahlen ist unter den gegenwärtigen Bedingungen die Kleingruppenhaltung. Aus Sicht der Emissionen, Immissionen, Tiergesundheit und Tiergerechtigkeit.</li> <li>• Eier aus der Kleingruppenhaltung sind im Schnitt 2-3 Cent günstiger als aus Bodenhaltung. Zurzeit sind Eier sehr teuer, was auf die hohen Investitionskosten zurückzuführen sein wird.</li> </ul>
<b>6. Zusätzliche Bemerkungen</b>	
Interview 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusätzlich spielen noch ganz andere vielfältige Faktoren eine Rolle: Rasse der Hühner (Braune oder Weiße), Art der Einstreu, Art der Belüftung, Gebäudebedingungen (Isolierung, Untergrund, Ausrichtung).</li> <li>• Vor allem ist die Wahl der Haltungsform aber eine Frage des Preises. Im Kundenstamm sind überwiegend Direktvermarkter. 50% Kleinvoliere, 50% Bodenhaltung z.T. mit Freilandhaltung und Biohaltungen.</li> </ul>
Interview 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es müssten Phasen zulässig sein, in denen die Tiere im Stall gehalten werden können, so z.B. zum Eingewöhnen der Tiere, bis die Legeleistung voll ausgeprägt ist und im Aufstallungsverlauf täglich, bis die Eiablage erfolgt ist. Dies steht aber konträr zur Haltungsverordnung, die einen 24-stündigen Zugang zum Scharrraum verlangt.</li> <li>• In der Vergangenheit ist die Tiergerechtigkeit leider lange zu kurz gekommen, hier hat man Anpassungen versäumt. Der Profit stand im Vordergrund. Hätte man sich schon früher an einen Tisch gesetzt und die Haltungsformen reformiert, wäre man heute möglicherweise nicht in dieser Situation. Die Diskussionen verlaufen sehr unsachlich.</li> <li>• Grundsätzlich ist es möglich sich mit jeder der Haltungsformen am Markt zu etablieren.</li> <li>• Das Schaffen eines guten Umfelds für die Tier bei gleichzeitig guter Luftqualität im Stall, ist eine Gratwanderung.</li> </ul>
Interview 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inzwischen haben viele wegen der hohen Auflagen Eierproduktion ganz aufgegeben, auch weil sie die hohen Investitionen verweigern.</li> <li>• Ein Blick in die Geschichte: in den 50er bis 70er Jahren wurde vor allem wegen des hohen Krankheitsdrucks, zur Käfighaltung</li> </ul>

	gewechselt. Inzwischen sind die Krankheiten von damals, die überwunden schienen, wieder auf dem Vormarsch (z.B. Pocken, Rotlauf)
Interview 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zurzeit produzieren immer weniger Leute Eier, da sie vor den hohen Investitionskosten zurückschrecken.</li> <li>• Die erzielbaren Erlöse müssten das ausgleichen können.</li> <li>• Zusätzlich entstehen durch die alternativen Haltungsformen sehr hohe Kosten für die Krankheitsprophylaxe (Impfkosten).</li> <li>• Die Urform der Legehennenhaltung (Stall, Nester, Wiese etc.) funktioniert unter dem Aspekt der Tiergerechtigkeit und des Tier-schutzes schon bei Gruppengrößen von mehreren Hundert Tieren nicht mehr.</li> <li>• Die Verbrauchersicht ist von einer idyllischen Gruppengröße auf grüner Wiese geprägt. Diese Vorstellungen haben mit einer artgerechten Tierhaltung wenig zu tun. Wie würde der Verbraucher reagieren, wenn man ihm Bilder aus einer großen Voliere-nanlage zeigte?</li> <li>• Die zusätzlichen Impfkosten für Tiere in Boden- und Freilandhaltungen werden an den Verbraucher weitergegeben (40-50 Cent pro Henne).</li> </ul>

**Tabelle 47: Hauptaussagen der Experteninterviews nach den Items des Interviewleitfadens sortiert.**

<b>1. Einleitung - Themendarstellung</b>		
<p>Gesamt-Projektdarstellung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermittlung von Umfang und Höhe der wichtigsten luftbelastenden Stoff in alternativen Haltungssystemen für Legehennen</li> <li>- Identifizierung von Emissionsminderungsmaßnahmen im Stall zum Schutz von Mensch, Tier und Umwelt</li> <li>- Erarbeitung von persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen bei den in der Legehennenhaltung tätigen Menschen</li> </ul> <p>Teil-Projektdarstellung:</p> <p>Befragung von Praxisbetrieben (Legehennen) zur „Best Practice“ bezogen auf Emissionen und Immissionen und im Weiteren zu Umweltaspekten und zur Anwohnerproblematik, letztlich auch zu Auswirkungen für die Tiergesundheit und Tiergerechtigkeit.</p> <p>Vorgelagert finden nun Experteninterviews zu diesen Themenfeld statt, um daraus einen möglichst kurzen Fragenbogen für die Praxisbetriebe zu entwickeln. Experten in unserem Sinne sind Fachleute aus den verschiedenen beteiligten Gruppen wie Vertreter von Verbänden, der Behörden, Stallausstattern oder der Wissenschaft.</p>		
<b>2. Bezug des Interviewten zum Thema:</b>		
<p>In welcher Weise sind Sie mit dem Thema der Legehennenhaltungs-Systeme verbunden – Ihr beruflicher Hintergrund.</p>		
<b>3. Vorgehensweise:</b>		
<p>Für alternative Haltungssysteme sind verschiedene Ausstattungsmerkmale typisch. Im Folgenden möchte ich Sie bitten diese Merkmale im Hinblick auf ihre Vor- und Nachteile zu den Aspekten von Emissionen und Arbeitsschutzfragen, Tiergesundheit und Tiergerechtigkeit sowie zu Immissionen mit Umweltaspekten und Nachbarschaftsschutz. (Darstellung der Aspekte der Fragestellung auf Karteikarte – offen auf dem Tisch)</p> <p>Welches ist aus Ihrer Erfahrung die jeweils beste und welches die schlechteste Lösung?</p>		
<b>4. Befragung zu typischen Merkmalen alternativer Legehennenhaltungssysteme</b>		
Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen

A. Kotlagerung im Stall:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kotbänder mit Kottrocknung</li> <li>2. Kotgrube mit Entleerungseinrichtungen („Schieber“)</li> <li>3. Lagerung in der Kotgrube im Stall über die gesamte Legeperiode</li> </ol> <p>Gibt es andere Merkmale die zu berücksichtigen sind?</p>	
B. Scharrbereiche und Einstreumaterial:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Scharrmatten in Kleingruppenhaltungen</li> <li>2. Ausschließlich separat im „Wintergarten“</li> <li>3. Im Stall integrierte Scharrbereiche</li> <li>4. Zugang zu Freiflächen</li> <li>5. weitere Strukturelemente wie Sitzstangen</li> </ol> <p>Welche Einstreumaterialien erscheinen besonders geeignet, zur Verringerung der Staubbelastung / Keimwachstum / Ammoniakemissionen? (Holzspäne, Stroh – verschiedene Zerkleinerungsgrade)</p> <p>Gibt es andere Merkmale die zu berücksichtigen sind?</p>	<p>... für die Emissions-Situation im Stall – Gesundheit der Arbeitnehmer / Tiergesundheit / Tiergerechtigkeit</p> <p>... für die Immissionen Umweltschutz / Anwohnerschutz</p> <p>... welches ist die beste welches die schlechteste Lösung.</p>
C. Gebäudemerkmale:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dimensionen des Gebäudes (Breite / Länge / Höhe – Verhältnis zu einander)</li> <li>2. Standort und Ausrichtung</li> </ol> <p>Gibt es andere Merkmale die zu berücksichtigen sind?</p>	
D. Luftführung	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anordnung und Anzahl der Kamine</li> <li>2. Luftführung im Stall (Lage Zuluft – Lage Abluft; Luftführung über Kotlager/ Kotband)</li> <li>3. Parameter der Lüftungsschaltung (z.B. Temperaturregulation)</li> <li>4. Einsatz von Filteranlagen</li> </ol> <p>Gibt es andere Merkmale die zu berücksichtigen sind?</p>	<p>... für die Emissions-Situation im Stall – Gesundheit der Arbeitnehmer / Tiergesundheit / Tiergerechtigkeit</p> <p>... für die Immissionen Umweltschutz / Anwohnerschutz</p>
E. Futtermittel und Fütterungssysteme	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.. Wahl der Futtermittel (Inhaltsstoffe, Korngröße, Zusatzstoffe, ...)</li> <li>2. Art und Lage der Fütterungsanlagen</li> </ol> <p>Gibt es andere Merkmale die zu berücksichtigen sind?</p>	<p>... welches ist die beste welches die schlechteste Lösung.</p>
<b>5. Probleme, die im Zusammenhag mit Emissionen bzw. Immissionen aus Legehennenhaltungen aufgetreten sind.</b>		
Welche Probleme sind Ihnen im Zusammenhang mit Emissionen oder Immissionen aus Legehennenhaltungen bekannt?	<p>Was war der Hintergrund?</p> <p>Wie wurde das Problem gelöst?</p>	<p>... mit Anwohnern.</p> <p>... mit Beschäftigten.</p> <p>... mit Behörden.</p>

	Wie ist Ihre Bewertung des Problems / der Problemlösung?	
6. Wie sieht ihr „Wunschstall aus“?		
Wie sieht Ihr Wunschstall aus? Lässt er sich realisieren? Unter welchen Bedingungen?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ggf. gibt es für jedes unserer Themenfelder einen anderen Wunschstall?</li> <li>2. Gibt es <b>einen</b> Stall, der allen Bedürfnissen weitestgehend gerecht werden kann?</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>... Arbeitsschutz</li> <li>... Tierschutz / Tiergerechtheit</li> <li>... Umweltschutz</li> <li>... Anwohnerschutz</li> </ul>
7. Abschluss: Gibt es Aspekte, Faktoren oder Merkmale, die wir vergessen haben? Gibt es noch etwas zu ergänzen?		

Tabelle 48: Interviewleitfaden – Experteninterviews

Themenfeld		Hauptthemen				Bewertung			Adressatenzuordnung					
		Arbeitschutz	Umweltschutz	Anwohnerschutz	Tierschutz	Themenübergreifend (bezogen auf alle 3 Themen)	nicht Themenbezogen	Adressaten übergreifend	Adressatenspezifisch: Stallbetreiber	Adressatenspezifische: Wirtschaftsverbände	Adressatenspezifisch: Genehmigungsbehörde	Adressatenspezifisch: Arbeitsschutzbehörde, Gewerkschaft	Adressatenspezifisch: Veterinäre	Adressatenspezifisch: Stallausstatter
Probleme/Beschwerden														
	Welche Art Betriebe mussten abgemahnt-ermahnt werden?			x		x					x	x		
	wann, bei welchen Vorkommnissen sehen Sie dringenden Handlungsbedarf?			x		x					x	x	x	
	was wird am häufigsten von den Veterinären in Ihrem Betrieb kritisiert? - Wie könnte man dem begegnen?	x				x			x				x	x
	Welche Faktoren führen zu Problemen für die Tiergesundheit?	x				x			x				x	
	Welche Art von Anwohnerbeschwerden haben Sie gehört?	x			x			x						
	Welche Art von Beschwerden kommt aus der Nachbarschaft bzgl. Ihres Betriebes?			x		x			x					
	Mit welchen Problemen treten Stallbetreiber an Sie heran?			x		x				x	x		x	x
	Welche Dinge in der täglichen Praxis müssten sich dringend ändern?	x				x		x						
	Bei welchen Haltungformen tauchen vermehrt Probleme auf?			x		x		x						
Gesetzgebung														
	Was sagen Sie zur Abschaffung der Käfighaltung?	x				x		x						



	Was bedeutet für sie Gewinnmaximierung?			x					x	x						
	Qualität der Eier - was erwarten Sie? was erwarten die Kunden?			x					x		x	x			x	x
	Essen Sie die Eier aus Ihrer Produktion selbst?		x	x												
Haltungsformen																
	Was ist Ihre Meinung zur biologischen Hühnerhaltung?		x						x		x					
	Welche Alternativen gibt es zur Käfighaltung?			x					x		x					
	Was ist Ihre bevorzugte Haltungsform und wie-so?		x						x		x					
	Was ist Ihre bevorzugte Art der Hennenhaltung und warum?	wh														
	Denken Sie, dass es einen Zusammenhang zwischen der Art der Haltung und der Qualität der Eier gibt?			x					x			x	x		x	x
	Ist die Umstellung auf die Bodenhaltung sinnvoll? - unter welchen Gesichtspunkten?			x					x			x				
	Was sind die Vor- und Nachteile von alternativen Lösungen zur Käfighaltung?			x					x			x				
Best Practice und Visionen																
	Nennen Sie mir ein Bsp. Für einen optimalen und einen Problem-Stall.			x					x		x					
	Welche Veränderungen Anpassungen haben Sie schon gemacht? - mussten gemacht werden?			x					x			x			x	x
	Welche ersten Ziele sollten zur Verbesserung der Haltung erreicht werden?			x					x			x				
	Welche Investitionen haben sie für die nächsten 5 Jahre geplant?		x	x					x			x				
	Hatten Sie früher einen Stall, der besser/schlechter lief als der heutige - Warum?			x					x			x				
	Wodurch hebt sich Ihr Betrieb von der Konkurrenz ab?		x						x			x				x
	Welche Empfehlungen geben Sie ratsuchenden Stallbetreibern?		x	x					x				x	x	x	x
	Expandieren Sie Weiter? Wenn ja, wie soll dies ablaufen?			x					x			x				
	Welche Faktoren sind für minimale Emissionen verantwortlich?			x	x	x	x					x		x	x	x

Was tun Sie, um die Emissionswerte / Immissionsraten in Ihren Ställen zu reduzieren?			x	x	x	x				x					
Beschreiben Sie die optimalste Legehennenhaltung, die Sie kennen. Was können Sie davon in Ihrem Betrieb übernehmen?, Unter welchen Bedingungen?		x							x						
Wie sehen Sie die Zukunft der Legehennenhaltung?		x							x						
Wie sieht Ihr Betrieb in 10 Jahren aus?			x						x						
Was würden Sie an Ihrem Stall verbessern, wenn Sie eine "Fee" mit freien Wünschen hätten?			x						x						
Wie sieht für Sie ein optimaler Stall aus?	wh		x	x	x	x				x					
Welche wünsche haben Stallbetreiber bzgl. Ausstattung?			x						x						x
Best Practice - was bedeutet das für ihren Legehennenstall		x		x	x	x									
was funktioniert in ihrem Stall ihrer Meinung nach am besten?			x	x	x	x									
Best practice - wie sieht die optimalste Hühnerfarm aus? (der optimale Hühnerbetrieb)		x	x	x	x	x				x					
wie weit sind sie vom Best practice entfernt?			x	x	x	x									
Mitarbeiter / Krankenstand															
Welche gesundheitlichen Beschwerden haben sie kennen gelernt?			x	x	x										
welche Maßnahmen ergreifen Sie, um die Gesundheit Ihrer Mitarbeiter in den Ställen zu schützen? Arbeitszufriedenheit auf der Hühnerfarm - was bedeutet das für sie?			x	x								x	x		
Wie werden neue Mitarbeiter in die neue Arbeit vor Ort eingeführt?		x	x	x								x			x
Was kann zum Schutz der Mitarbeiter getan werden?			x	x								x	x		x
Schutz der Mitarbeiter: Wo muss vorrangig gehandelt werden?		x		x									x		x
Wie hoch ist ihr Krankenstand in der Belegschaft?			x	x									x		
Mitarbeiter Schutz - was bedeutet das für sie?	wh	x		x									x		

Tabelle 49: Ergebnisse des SPSS Verfahrens durch die Mitarbeiter des Instituts für Allgemeinmedizin und Familienmedizin

## **4.11 Modul H – Arbeitsmedizinische Untersuchung zur Effektivität von partikelfiltrierenden Staubmasken (FFP2) in der Geflügelhaltung**

### **4.11.1 Fragestellung**

Im Rahmen der vorliegenden Studie sollte die Effektivität von Atemschutz (partikelfiltrierenden Halbmasken der Klasse FFP2) im Hinblick auf die Beanspruchung der Beschäftigten (Atemwegsgesundheit) untersucht und die Wirkungsweise auf die Atemwege dokumentiert werden. Hierzu werden immunologische Parameter aus der Nasallavage, Ergebnisse der Lungenfunktionsanalyse und Fragebogendaten erhoben.

Die Frage der Effektivität wurde im Vergleich von einer Kontrollgruppe und einer Interventionsgruppe untersucht. Da die Intervention auf Ebene einzelner Betriebe erfolgte, war das Design einer Cluster-randomisierten Studie erforderlich.

In der Interventionsgruppe wurden die exponierten Beschäftigten mit FFP2 Staubmasken ausgestattet (Dräger X-plore® 1720 V). Um die Tragemotivation zu erhöhen, fand in dieser Gruppe zu Beginn eine Schulung zum Thema Atemwegserkrankung statt. Zusätzlich wurden die Teilnehmer aufgefordert, ihre Erfahrungen zum Gebrauch der Masken in einem „Tragetagebuch“ festzuhalten. Die Teilnehmer der Kontrollgruppe erhielten die Unterweisung zum Thema Atemschutz zum Ende des Untersuchungszeitraums.

Die Studienergebnisse sollten in die wissenschaftliche Diskussion zur Wirkung von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen und der angemessenen persönlichen Schutzausrüstung einfließen: Nach wie vor besteht Unklarheit darüber, in welchem Umfang Atemschutz angesichts der teilweise sehr hohen Exposition der Beschäftigten gegenüber luftgetragenen biologischen Belastungen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung wirksam eingesetzt werden kann. Die Empfehlung von partikelfiltrierenden Halbmasken der Klasse FFP2 scheint aktuell nicht primär evidenz-basiert zu sein. Vielmehr entspringt sie – ausgehend von jahrelangen Erfahrungen im Bereich des Arbeitsschutzes - dem allgemeinen Minimierungsgebot einerseits und andererseits dem Versuch, eine Maßnahme zur Umsetzung zu empfehlen, die für den Arbeitgeber bzw. den selbständigen Betriebseigner mit nicht zu hohen Kosten verbunden ist.

Die Durchführung von Modul H erfolgte in Kooperation mit Herrn Dr. Matthias Nübling (Gesellschaft für empirische Beratung, Denzlingen) und Frau PD Dr. Monika Raulf-Heimsoth (IPA, vormals BGFA, Bochum).

Zusammenfassend lautet die Fragestellung von Modul H:

- Lässt sich die Beanspruchung der Atemwege bei Beschäftigten in der Geflügelhaltung durch das Tragen von partikelfiltrierenden Halbmasken der Klasse FFP2 reduzieren?

#### **4.11.2 Methodik**

##### Beschreibung der Intervention

In den Betrieben der Interventionsgruppe erhielten die Beschäftigten kostenlos partikelfiltrierende Halbmasken der Klasse FFP2 (Dräger X-plore® 1720 V). Zusätzlich wurde zu Beginn des Interventionszeitraums eingebettet in eine gesetzlich vorgeschriebene Arbeitsschutz-Unterweisung eine Schulung durchgeführt zur Thematik „Atemwegsgesundheit und Prävention von beruflich bedingten Atemwegserkrankungen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“. Hierdurch sollte die Motivation zur Anwendung der Masken erhöht und wichtige Informationen zum richtigen Gebrauch der Masken (Auswahl, Überprüfung des dichten Sitzes, Lagerung etc.) vermittelt werden. Die Beschäftigten wurden angehalten, die Verwendung der Masken in einem Tragetagebuch zu dokumentieren.

##### Atemschutzmasken

In der vorliegenden Studie wurden partikelfiltrierende Halbmasken der Klasse FFP2 eingesetzt. Diese entsprechen den in der TRBA 230 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Land- und Forstwirtschaft und vergleichbaren Tätigkeiten“ empfohlenen Atemschutzprodukten.

##### Zielgrößen

Als Hauptzielgrößen wurden Entzündungsparameter aus der Nasallavage definiert, die vergleichsweise objektiv bestimmbare Parameter darstellen, während die Qualität der Lungenfunktionsdiagnostik wesentlich von der Motivation und Mitarbeit der Probanden abhängt. Die zusätzliche Erfassung der Lungenfunktion erfolgte zum einen

mit Blick auf die vergleichende Auswertung beider Parameter und zum anderen für den Vergleich mit Angaben aus der Literatur und aktuell laufenden Projekten der BAuA (Projekt F 2052).

- Primäre Zielgröße:

IL-8 in der Nasallavage

TNF-alpha in der Nasallavage

- Sekundäre Zielgröße:

weitere Parameter der Nasallavage: Zellzahl, Differentialzellzahl, NO, LTB-4,  
IL-1-beta, sCD14

Lungenfunktion,

Symptome und Lebensqualität (Fragebogen),

Akzeptanz der Atemschutzmaske (Fragebogen) (nur Interventionsgruppe)

Als potentiell moderierende Variablen wurden erhoben:

- soziodemographische Variablen,
- Tätigkeitsanamnese
- Vorerkrankungen
- Raucherstatus
- Art des Legehennenhaltungssystems
- Exposition: Endotoxine, Staub, Ammoniak, Schimmelpilze
- Suchtest auf inhalative Allergene sx1 (einmalig in Woche 0-6) (im Serum)
- Suchtest Schimmelpilzmischung CAP mx1 (IgE und IgG) ((t0 und t1) (in Abhängigkeit von Luftkonzentration)
- Nachweis von spezifischem IgE gegen die Milben Dermatophagoides pteronyssinus (CAP d1), Dermatophagoides farinae (CAP d2), Acarus siro (CAP d70), Lepidoglyphus destructor (CAP d71) Tyrophagus putrescentiae (CAP d72) (einmalig in Woche 0-6)
- Häufigkeit der Nutzung (Tragetagebuch während der Laufzeit)

Aufgrund der initial hohen Prävalenz positiver Befunde wurden die Sensibilisierung gegen Milben und Schimmelpilze nachträglich als sekundäre Zielgröße in die Auswertung aufgenommen und die Werte generell auch zum Zeitpunkt t1 bestimmt.

Die serologische Untersuchung auf mögliche Sensibilisierung erfolgte durch das Kompetenz-Zentrum Allergologie/Immunologie des IPA (vormals BGFA), Bochum. Hierbei wurde mit allen Seren der inhalative Allergiestest (sx1) durchgeführt und spezifisches IgG auf Schimmelpilzmischung (mx1) überprüft. Als über der Nachweisgrenze liegend wurden Werte von über 0,35 kU/L im spezifischen IgE (sx1) bzw. 50 mgA/L für das spezifische IgG auf Schimmelpilze (mx1) gewertet. Bei letzterem Wert handelt es sich um einen im IFA ermittelten Cut-off-Wert, der dort – bezogen auf das lokale sogenannte „Normalspenderkollektiv“ bei der klinischen Bewertung im Fall einer exogen-allergischen Alveolitis z.B. als Abgrenzung von erhöht bzw. nicht erhöhten Werten verwendet wird. Bei positiver Reaktion im inhalativen Allergiestest sx1 wurde eine zusätzliche Überprüfung auf die fünf Milben *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae*, *Acarus siro*, *Thyrophagus putrescentiae* und *Lepidoglyphus destructor* vorgenommen. Erwiesen sich diese fünf Einzelallergen-Extrakte auch als negativ und lag der spez. IgG-Wert auf mx1 > 50 mgA/L vor, wurde zusätzlich noch eine IgE-Überprüfung auf Schimmelpilzmischung mx1 durchgeführt.

Da die Parameter aus der Nasallavageflüssigkeit (NALF) intraindividuellen Schwankungen (ca. 10-15%) unterliegen, mussten zwei Proben an zwei aufeinander folgenden Tagen<sup>8</sup> gewonnen werden. An den beiden Untersuchungstagen mussten die Proben jeweils ungefähr zur selben Uhrzeit gewonnen werden. In die Analysen (Vergleich zwischen Interventions- und Kontrollgruppe) floss der arithmetische Mittelwert der beiden Untersuchungen ein. Der zweite Besuch auf den Betrieben wurde jeweils auch dazu genutzt, eine zweite Lungenfunktionsuntersuchung durchzuführen. Diese diente auch zur Kontrolle der am ersten Tag erhobenen Lungenfunktionswerte. In die Auswertung der Lungenfunktionswerte floss der Mittelwert aus den beiden Untersuchungstagen zu den Zeitpunkten t0 bzw. t1 ein. Für den einzelnen Tag wurde jeweils der beste an einem Tag erhobene Befund gewertet, d.h. es wurden die Werte übernommen, die nach den ATS-Kriterien (American Thoracic Society) besser reproduzierbare Ergebnisse brachten oder, wenn nach den ATS-Kriterien alle Tagesmessungen gleichwertig waren, die Messungen mit den geringsten negativen Abweichung vom Sollwert. (Das Spirometer errechnet beim Programm "ATS" nach dem Kriterium "größte Summe von FEV1 + FVC" die beste Einzelmessung) Mit den ATS-Kriterien prüft das Spirometer automatisch auf Akzeptierbarkeit und Reproduzierbar-

---

<sup>8</sup> Alternativ: zwei Untersuchungstage innerhalb derselben Woche.

keit der durchgeführten Atemmanöver nach folgenden Kriterien [Jäger SpiroPro®, Gebrauchsanweisung, Version 2.31, © 2005 VIASYS Healthcare GmbH]:

- Ausatemzeit von mindestens 6 Sekunden mit einem endexpiratorischen Plateau, d.h. in der letzten Sekunde der Expiration darf das gemessene Volumen höchstens 30 ml betragen.
  - oder Ausatemzeit größer 15 Sekunden.
  - und rückextrapoliertes Volumen < 5% des FVC oder 150 ml.
- und gibt ggf. Fehlermeldungen als Codenummern an.

### Studiendesign

Zur Untersuchung der Frage der Effektivität wurde eine Cluster-randomisierte Interventionsstudie durchgeführt (hypothesen überprüfend). Mit Unterstützung des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft wurden Mitgliedsbetriebe für die Teilnahme an dieser Studie rekrutiert. Als Cluster wurden die einzelnen teilnehmenden Betriebe definiert. 50 Prozent der Studienbetriebe wurden randomisiert der Interventionsgruppe zugeordnet. Hierzu wurde von Herrn Dr. Nübling, GEB, eine Randomisierungsliste erstellt, auf deren Basis die Zuordnung zur Interventions- und Kontrollgruppe erfolgte jeweils unmittelbar nach der Zusage eines Betriebseigners. Neben Informationen zur Betriebsart, Haltungsform und Tierzahl wurden Übersichtsmessungen zu Staub, Schimmelpilzen, Endotoxinen und Ammoniak in der Stallluft der teilnehmenden Betriebe durchgeführt. Auf Grundlage dieser Messwerte wurden die Betriebe in Interventions- und Kontrollgruppe verglichen. Die Probanden werden zweimal untersucht: zu Beginn (t0) und nach dem Interventionszeitraum (t1).

Beginn der Studie war der 6.1.2009. Für den einzelnen Probanden in der Cluster-randomisierten Studie belief sich der Zeitraum zwischen t0 und t1 auf 3 Monate ( $\pm$  14 Tage). Die letzte Abschlussuntersuchung (t1) erfolgte am 19.5.2009.

### Randomisierung

Die Randomisierung der Studienteilnehmer erfolgte auf Hofebene (Hof = Cluster in der Cluster-randomisiert kontrollierten Studie). Jedem Betrieb, der seine Teilnahmebereitschaft signalisierte, wurde zunächst in der Reihenfolge des Fax-Eingangs eine Betriebsnummer zugeordnet. In einem weiteren Schritt wurde dieser Nummernliste

durch den Statistiker eine randomisierte Liste gegenübergestellt, die die Betriebe der Kontroll- bzw. der Interventionsgruppe zuordnete.

### Statistische Analysen

Für die Cluster-randomisierte Studie kamen bivariate parametrische und nicht-parametrische Testverfahren und multivariate Verfahren zum Einsatz zum Vergleich der Probanden aus Kontroll- und Interventionsgruppe vor und nach dem Interventionszeitraum. Die Ergebnisse der Interventionsgruppe (nachher (t1) – vorher (t0)) wurden hierbei im Vergleich zur Kontrollgruppe (nachher (t1) – vorher (t0)) ausgewertet. Über diesen Vergleich sollten z.B. jahreszeitlicher und/oder zufälliger Effekte überprüft werden.

Neben diesen Analyseverfahren wurde für die beiden Hauptzielgrößen noch das von Prof. Wegscheider, Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, beschriebene Auswerteverfahren für Cluster-randomisiert kontrollierte Studien angewendet<sup>9</sup>. In der entsprechenden Analyse wird – vereinfacht gesprochen – nicht wie oben geschildert die Differenz der vorher- und nachher-Werte im Vergleich der beiden Gruppen analysiert, sondern die möglichen Unterschiede der nachher-Werte unter Betrachtung der vorher-Werte als Kovariate. Zugleich wird in dieser letztgenannten Analyse der Intraclass-Correlationskoeffizient (ICC) berücksichtigt. Dieser beschreibt, wie „ähnlich“ sich die Parameter bei allen Probanden eines Clusters (=1 Betriebes) verhalten. Das Auswerteverfahren ist allerdings nur für normalverteilte Variablen geeignet.

Die Null-Hypothese lautete: Die Verwendung von partikelfiltrierenden Halbmasken hat keinen Effekt auf die Atemwegsgesundheit. Ein p-Wert von  $<0,05$  wurde als statistisch signifikant angesehen. Die vorliegenden Berechnungen wurden als Intention-to-Treat-Analyse durchgeführt, in dem Sinne, dass zwar nur die Personen in die Analyse einfließen, von denen Ergebnisse zu beiden Untersuchungszeitpunkten vorliegen (= per protocol) aber das Ausmaß, in dem das regelmäßige Tragen der Atemschutzmasken erfolgte, nicht berücksichtigt wurde.

---

<sup>9</sup> Unterlagen aus dem Workshop mit Prof. Dr. Karl Wegscheider und Jan Felix Kersten, Universität Hamburg: „Methodische Probleme cluster-randomisierter Studien“, Methodenworkshop 14.-15.11.2006 – Philipps-Universität Marburg, Abteilung für Allgemeinmedizin, Präventive und Rehabilitative Medizin

## Probanden und Stichprobenumfang

### Einschlusskriterien

Beschäftigte auf Geflügel haltenden Betrieben, die mindestens 30 Minuten pro Tag im Stall tätig sind.

### Ausschlusskriterien

Im Hinblick auf die medizinischen Ausschlusskriterien kommen die Ausschlusskriterien der im Studiensetting geltenden „Hinweise der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen "Tragen von Atemschutzgeräten" (H7) bzw. des entsprechenden Grundsatzes aus dem Bereich der gewerblichen Berufsgenossenschaften (G26) zur Anwendung.

1. COPD oder sonstige Erkrankungen, die der Verwendung von partikelfiltrierenden Halbmasken entgegensteht (wg. Erhöhung des Atemwegswiderstandes, kardiovaskuläre Belastung).
2. (Voll)Bart, der den dichten Sitz der partikelfiltrierenden Halbmaske beeinträchtigt
3. Mangelnde Kenntnis der deutschen Sprache (wg. Fragebogen)
4. voraussichtliches Ende des Arbeitsverhältnisses auf dem Betrieb vor Beendigung der Studie (wg. Ansprache der Probanden auf dem Betrieb, Exposition auf dem Betrieb)

### Stichprobenumfang

Unter den Annahmen einer Effektgröße von 0,5 und einer Power von 80% (alpha 0,05) wurde eine Stichprobengröße von jeweils 50 Probanden in der Interventions- und der Kontrollgruppe errechnet. Da auf einzelnen Betrieben mehrere Probanden rekrutiert wurden, musste zusätzlich der Design-Effekt berücksichtigt werden.

Der Design-Effekt (DE) wurde berechnet als:

$$DE=1+ICC(m-1),$$

wobei ICC der Intra-Cluster-Correlations-Koeffizient und m die durchschnittliche Cluster-Größe war (d.h. teilnehmende Probanden pro Betrieb).

Entsprechend einer Vorstudie waren auf einem teilnehmenden Betrieb in der Regel 1, in selteneren Fällen 2-4 Beschäftigte anzutreffen, d.h.

**m=1,3.**

Der ICC wurde mit 0,01 angenommen. Dies erfolgte auf der Grundlage der bei der Health Services Research Unit der University of Aberdeen verfügbaren Datensammlung<sup>10</sup>.

Aus diesen Überlegungen ergab sich ein Design-Effekt von

$$DE = 1 + 0,01 (1,3 - 1) = 1 + 0,01 * 0,3 = 1,003$$

Die Stichprobengröße erhöhte sich damit von je 50 Probanden auf je 50,15 Probanden in der Interventions- und Kontrollgruppe.

Unter der Annahme einer Drop-out-Rate von 10% müssen somit mindestens 56 Probanden auf ca. 50 Betrieben in jede der beiden Gruppen eingeschlossen werden.

In die Cluster-randomisierte Studie sollten damit 112 Probanden auf ca. 100 Betrieben eingeschlossen werden.

#### Abbruchkriterien

Für den Einzelfall gibt es keine Abbruchkriterien. Eine etwaige mangelhafte Compliance sollte, soweit als möglich, dokumentiert werden (Tragetagebuch, Notizen der Projektkoordinatorin). Der Proband fließt in jedem Fall in die Analyse der Intention-to-Treat-Stichprobe ein.

#### Durchführung der Studie

##### Rekrutierung und Information der Studienteilnehmer

Zur Rekrutierung von geflügelhaltenden Betrieben wurde bei verschiedenen Institutionen Anfragen zur Überlassung von Kontaktadressen gestellt. Aus Datenschutzgründen waren jedoch weder das LAVES Niedersachsen, das LANUV NRW, die Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft, noch die Landwirtschaftskammer in der Lage, die benötigten Daten zur Verfügung zu stellen. Anfang 2008 gelang nach anfänglichen Ressentiments der Kontakt mit dem Dachverband der Deutschen Geflügelwirtschaft (ZDG). Der Geflügelwirtschaftsverband Nordrhein-Westfalen (GWV) war schließlich bereit, aktiv an der Studie mitzuwirken und ihre Mitglieder postalisch über

<sup>10</sup> <http://www.abdn.ac.uk/hsru/research/delivery/behaviour/methodological-research>

die Studie in Form eines kurzen Informations-Flyers mit Faxantwortmöglichkeit zu informieren. Versendet wurden 391 Briefe, insgesamt 59 Betriebe bekundeten daraufhin bis Juli 2008 ihr Interesse an einer Teilnahme. Im November 2008 wurde diese Betriebe telefonisch kontaktiert, um nach den genauen Kontaktdaten und der Zahl der ggf. teilnehmenden Mitarbeiter zu Fragen. Anschließend erhielten diese Betriebe per Post alle notwendigen Informationen zur Studie mit Probandeninformationen (bereits entsprechend der randomisierten Aufteilung der Betriebe in Interventions- und Kontrollgruppe) und Informations-Flyer zum Studienablauf in mehrfacher Ausführung, je nach Zahl der Mitarbeiter. Die endgültige Rekrutierung konnte erst vor Ort mit Beginn der Untersuchungsreihe abgeschlossen werden, da nur so sicher zu stellen war, dass die Probanden mit der Studie vertraut, über mögliche Risiken informiert und mit der Teilnahme einverstanden waren und dies auch mit Unterschrift bestätigten.

Von einer Rekrutierung weiterer Betriebe in Süd- und Ostdeutschland wurde schließlich abgesehen, da der damit verbundene logistische Aufwand nicht zu bewältigen gewesen wäre.

Kurz vor Start der Untersuchungsreihe 1 wurden die Betriebe noch einmal telefonisch kontaktiert, um die Besuchstermine für die Probenahme abzustimmen.

Auch für die 2. Untersuchungsreihe erfolgte wieder zunächst eine postalische Ankündigung. Die Terminabsprache erfolgte jetzt direkt durch die Studienassistenten.

#### Sponsorensuche partikelfiltrierende Staubmasken

Die Ausstattung der Studienteilnehmer der Interventionsgruppe mit den empfohlenen partikelfiltrierenden Halbmasken der Klasse FFP2 sollte nach Möglichkeit von einer Firma aus dem Segment Arbeitsschutzbedarf vollständig gesponsert werden. Hierzu erfolgte eine erste Kontaktaufnahme zu den Herstellern im Rahmen der „A+A“, einer Fachmesse für den Bereich Arbeitsschutz in Düsseldorf. Trotz zahlreicher und langwieriger Bemühungen war eine gänzlich kostenneutrale Überlassung der Staubmasken jedoch nicht möglich. Die Firma Dräger erklärte sich schließlich bereit, eine entsprechend große Anzahl von Staubmasken zu einem Bruchteil des Verkaufspreises zur Verfügung zu stellen.

#### Organisation der Studie - Studienassistenten

Da alle Studienteilnehmer zu möglichst gleichen klimatischen Bedingungen, d.h. zur selben Jahreszeit, beobachtet werden sollten, musste das Zeitfenster für die Unter-

suchungen möglichst gering gehalten werden. Dafür war es erforderlich, dass mehrere Regionen Nordrhein-Westfalens parallel bearbeitet wurden. Dies gelang über die Einstellung von insgesamt vier Studienassistenten/innen, die über Honorarverträge, bzw. über die Beauftragung von klinischen Studienzentren der Universitätskliniken Münster und Köln für das Projekt tätig wurden.

#### Schulungen der Projektbetriebe

Zur Steigerung der Trageakzeptanz erhielten die Probanden der Interventionsgruppe zu Beginn des Untersuchungszeitraums eine Schulung zum Thema Bioaerosole im Stall, Prävention von Atemwegserkrankungen und rechtlichen Grundlagen im Arbeitsschutz. Die Probanden des Kontrollzweigs wurden erst nach Abschluss der Studie diesbezüglich geschult.

#### Messtechnische Untersuchung der Projektbetriebe

Zum Vergleich der an der Studie teilnehmenden Betriebe hinsichtlich der Belastungssituation sollten einmalig Messungen im Stall stattfinden. Als Vergleichsparameter waren Staub-, Endotoxin- (Pyrogen-), Schimmelpilz- und Ammoniakkonzentrationen im Stall vorgesehen, die z.T. im zeitlichen Zusammenhang mit den Schulungen durchgeführt werden sollten.

Die Messung von Schimmelpilzen und Pyrogenen erfolgte äquivalent zu den in Modul A1 beschriebenen Methoden. Die Staubkonzentration wurde mit einem Staubmessgerät der Firma Grimm ermittelt. Durch Streulichtimpulse zählt das Gerät die angesaugten Partikelzahlen und kategorisiert gleichzeitig nach Partikelgröße. Auf Grundlage der in Modul B ermittelten Größen- und Massenverteilungen der einzelnen Staubfraktionen, wurde die arbeitsmedizinisch relevante Fraktion des E-Staubs, sowie PM10 und PM4 errechnet.

### **4.11.3 Ergebnisse**

#### Studienkollektiv

Für die Teilnahme an der Studie konnten mit dem oben geschilderten Vorgehen 47 Betriebe in Nordrhein-Westfalen gewonnen werden. Diese wurden randomisiert der Interventionsgruppe (IG) (n=22) und Kontrollgruppe (KG) (n=25) zugeordnet. Auf

diesen Betrieben wurden insgesamt n=89 Probanden in die Studie eingeschlossen, über die Gruppenzugehörigkeit der Betriebe erhielten hiervon n=45 die oben geschilderte Intervention, n=44 waren Teil der Kontrollgruppe. Die Größe der Cluster war in den beiden Gruppen durchschnittlich gleich groß (Mittelwert (MW) 2,1 (IG) und 1,8 (KG)) (vgl. Tabelle 78 im Anhang).

Werte zum Zeitpunkt t1 (nach 3 Monaten) lagen von 75 Probanden (n=37 IG, n=38 KG) aus n=44 Betrieben vor. Somit schieden n=14 Probanden (drop out 15,7 %) und n=3 Betriebe (drop out 6,5%) im Verlauf aus der Studie aus.

In diesem für die Auswertung zur Verfügung stehenden Kollektiv (Intention-to-treat Kollektiv) betrug die Größe der Cluster zwischen 1 und 4 Probanden pro Hof. Die Clustergröße war in der Interventions- und Kontrollgruppe durchschnittlich gleich groß (Mittelwert (MW) 1,8 (IG) und 1,7 (KG)) (Tabelle 50).

		Anzahl der Betriebe pro Gruppe		Gesamt
		Intervention	Kontrolle	
Clustergröße	1 Proband pro Betrieb	7	12	19
	2 Probanden pro Betrieb	12	8	20
	3 Probanden pro Betrieb	2	2	4
	4 Probanden pro Betrieb	0	1	1
Gesamt		21	23	44
Mittlere Clustergröße		1,76	1,65	1,70

Tabelle 50: Anzahl der Betriebe in Kontroll- und Interventionsgruppe nach Anzahl der teilnehmenden Probanden pro Betrieb (Intention-to-treat Kollektiv)

Die Probanden unterschieden sich nicht signifikant im Hinblick auf Alter ( $42,68 \pm 11,09$  Jahre (IG) vs.  $42,13 \pm 9,49$  Jahre (KG)) und Geschlecht (Anteil Frauen 6/38 KG, 11/37 IG). Die Verteilung von Nichtraucher, ehemaligen Rauchern und aktuellen Rauchern war in Interventions- und Kontrollgruppe signifikant unterschiedlich ( $p < 0,012$ , Chi-2-Test) in dem Sinne, dass sich in der Interventionsgruppe etwas mehr aktuelle Raucher ( $n=8$  vs.  $n=5$  KG), zugleich aber auch mehr Nichtraucher ( $n=26$  vs.  $n=19$  KG) fanden (Tabelle 51).

	Kontrollgruppe	Interventionsgruppe	Gesamt
	Anzahl	Anzahl	
Nichtraucher	26	19	45
Ehem. Raucher	3	14	17
Raucher	8	5	13
<b>Summe</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>75</b>

**Tabelle 51: Anteil Nichtraucher, ehemaliger und aktueller Raucher in Interventions- und Kontrollgruppe (Intention to treat-Kollektiv)**

Zu beiden Untersuchungszeitpunkten war die durchschnittliche Arbeitszeit im Geflügelstall in beiden Gruppen ungefähr gleich groß. Die Mehrheit der Probanden arbeitete täglich zwischen 1 und 3 Stunden im Stall (vgl. Tabelle 83 und Tabelle 84 im Anhang). Auch unmittelbar vor der Untersuchung bzw. am Vortag der Untersuchung hatten die Probanden beider Gruppen im statischen Vergleich zu beiden Untersuchungszeitpunkten ähnliche Tätigkeiten ausgeführt. Vor dem Untersuchungszeitraum (t0) verhielten sich die Probanden beider Gruppen hierbei ähnlich im Hinblick auf das Tragen von Atemschutz (Tabelle 52).

Trageverhalten von Staubmasken	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
Nie	10	11	21
sporadisch	22	20	42
Täglich	5	7	12
<b>Gesamt</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>75</b>

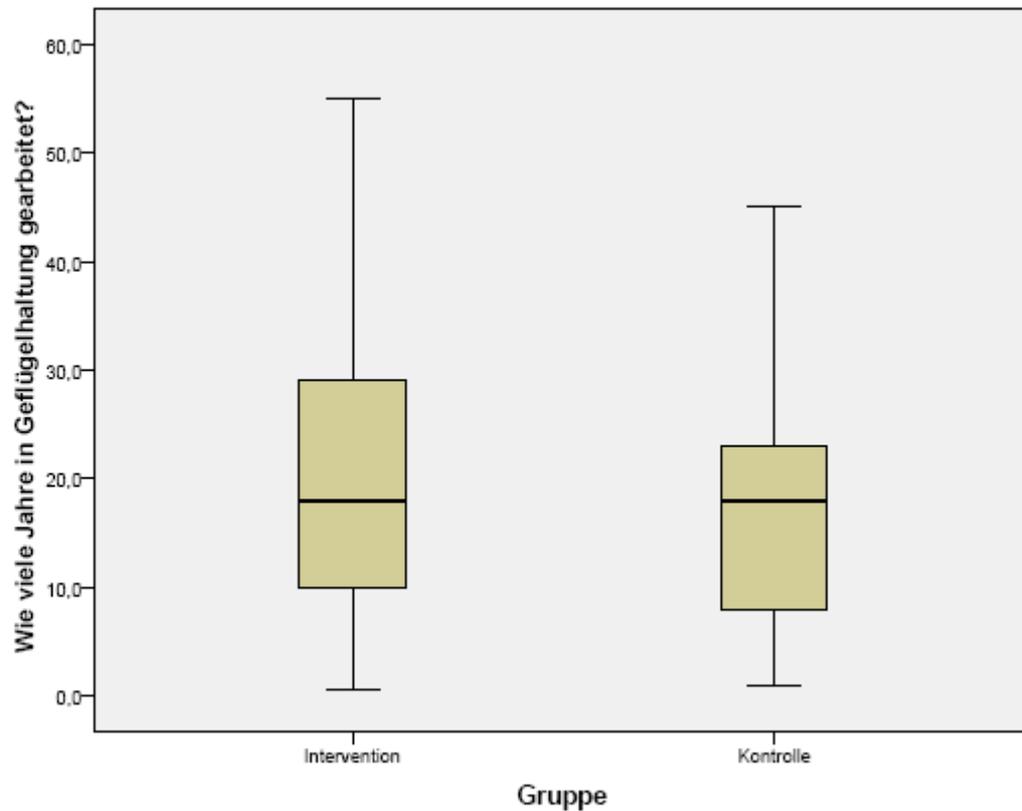
**Tabelle 52: Trageverhalten von Staubmasken in den Studiengruppen (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen vom 1. Untersuchungstag (t0-1) (p=0,793, Chi<sup>2</sup>-Test)**

Die Tätigkeitsfelder der Probanden waren ungefähr gleich verteilt und umfassten:

- Hähnchenmast einschließlich Elterntiere und Aufzucht (IG: 8, KG: 12)
- Legehennenhaltung: 15 (IG) vs. 17 (KG)
- Putenaufzucht bzw. Putenmast: 14 (IG) vs. 17 (KG)

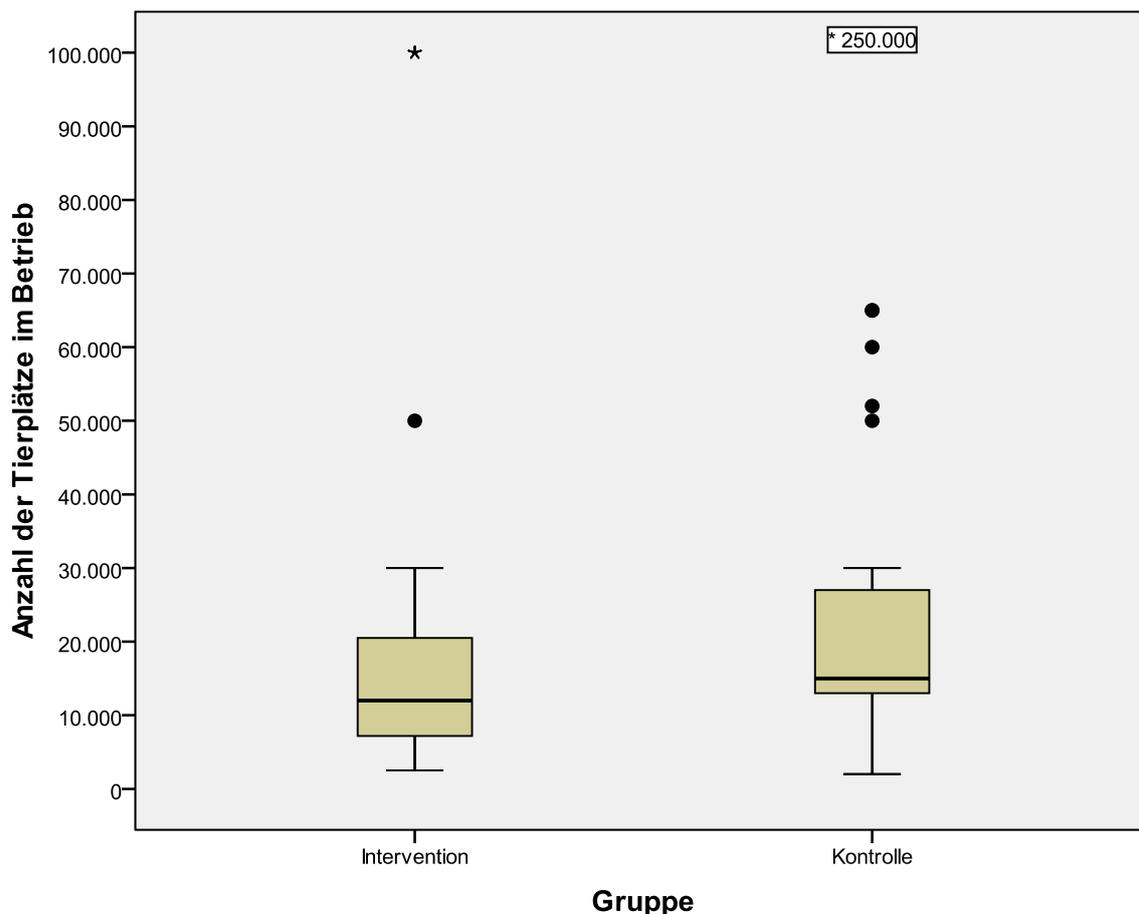
Darüber hinaus war ein Proband der Kontrollgruppe in der Entenhaltung tätig.

Im Hinblick auf die bisherige Tätigkeitsdauer in der Geflügelhaltung fand sich kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Diese betrug durchschnittlich 19,7 (IG) bzw. 17,7 Jahre (KG) (Abbildung 77).



**Abbildung 77: Dauer der Tätigkeit (Jahre) in der Geflügelhaltung, Probanden der Interventions- und der Kontrollgruppe (Intention-to-treat Kollektiv)**

Die Zahl der Tiere war in der Kontrollgruppe (nicht signifikant, bei sehr große Spannweite der Tierzahlen) höher und betrug im Mittel  $19.867,86 \pm 24.799,03$  Tiere in der Interventions- und  $28.297,14 \pm 42.056,25$  Tiere in der Kontrollgruppe (Abbildung 78).



**Abbildung 78: Anzahl der Tiere in den Studienbetrieben (oder: von den Probanden betreut?) (Intention-to-treat Kollektiv)**

Neben der täglichen Arbeitszeit oder der Zahl der Tiere in den Studienbetrieben wurde auch die mittels einmaliger Messung abgebildete Exposition der Probanden erfasst. Die Methodik entsprach hierbei den in Modul A angewandten Verfahren, allerdings waren wie geschildert nur einmalige Messungen möglich. Aufgrund des Tierseuchengeschehens (in einem der Projektbetriebe brach die Geflügelpest aus) konnten teilweise keine Messungen durchgeführt werden<sup>11</sup>, so dass letztlich 11 Messungen von Betrieben aus der Interventionsgruppe und 9 Messungen von Betrieben aus der Kontrollgruppe vorlagen. Wegen der Vielzahl der Betriebe und den oben beschriebenen Problemen konnte auf die jeweilige Aufstallungsphase keine Rücksicht genommen werden, weshalb die Messergebnisse nur eingeschränkt vergleichbar

<sup>11</sup> Aufgrund des Geflügelpest-Ausbruchs durften zunächst in einem Zeitraum von ca. 6-8 Wochen gar keine Stallungen besucht werden. Anschließend verzögerten verschärfte Hygienemaßnahmen den zeitlichen Ablauf der Messungen sehr stark, da nunmehr aus Sicherheitsgründen nicht nur 3-4 Tage, sondern 7-8 Tage Abstand zwischen zwei Messungen eingehalten wurden, um mögliche Keimverschleppung auszuschließen. Wegen einer möglichen Kontamination der Messpumpen waren diese zudem mehrere Monate nicht einsetzbar. Die Sicherheit und Unversehrtheit der teilnehmenden Betriebe hatte hier Vorrang vor den zu erreichenden Zielen der Untersuchung.

sind. Wo sich die Gelegenheit bot, wurden besondere Tätigkeiten wie das z.B. das Einstreuen oder das Impfen oder Sortieren der Küken messtechnisch begleitet.

Die dennoch durchgeführten Messungen zeigten Werte im durchaus üblichen Belastungsbereich, der in der Literatur [4] und in Modul A ermittelten Konzentrationen. In Einzelfällen traten extreme Schimmelpilzkonzentrationen im sechs- oder siebenstelligen Bereich auf. Die Pyrogenbelastung lag im Bereich von  $10^2$  und  $10^5$  EU/m<sup>3</sup>. Ammoniak trat nur vereinzelt in hohen Konzentrationen von 20 ppm auf (Messergebnisse in Tabelle 86). Im Mittel unterschieden sich die Betriebe der Interventions- und der Kontrollgruppen nicht., wie die statistische Auswertung (siehe Tabelle 87, Tabelle 88) der Messwerte auf Gruppenebene verdeutlicht.

Im Hinblick auf die Angaben von aktuellen oder früheren Atemwegsbeschwerden, Allergien oder Atemwegserkrankungen (vgl. Fragen 2.1, 2.3 und 3-4 und 3-6 im t0 Fragebogen (Anamnese) im Anhang) fanden sich zu Beginn der Untersuchung keine Unterschiede zwischen den Probanden beider Gruppen. Auch bei den Angaben zu weiteren Erkrankungen (Unfallverletzungen, Verletzungen des Bewegungsapparates, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Hautkrankheiten) waren Interventions- und Kontrollgruppe vergleichbar (vgl. Tabelle 62, Tabelle 63, Tabelle 64, Tabelle 66, Tabelle 68, Tabelle 69, Tabelle 70, Tabelle 71, Tabelle 72, Tabelle 73, Tabelle 74, Tabelle 75, Tabelle 76 im Anhang).

Allein das Symptom „aktuell verstopfte Nase“ wurde von den Probanden der Kontrollgruppe häufiger angegeben als von denjenigen der Interventionsgruppe (Tabelle 64). Auch war die zeitliche Einschätzung zum Auftreten von „trockenem Husten“ zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe leicht unterschiedlich in dem Sinne, dass letztere die Symptomatik eher „in den letzten 12 Monaten“ angab, wohingegen die Probanden der Kontrollgruppe die Symptomatik eher „vor 12 Monaten“ erinnerte (Tabelle 67).

Auch im Hinblick auf eine Sensibilisierung gegen inhalative Allergene (Suchtest sx1) (IG: 7/37, KG: 8/38) (Tabelle 80), eine Sensibilisierung gegen mindestens eine Milbenart (IG: 4/37, KG: 6/38) (Tabelle 81) oder Schimmelpilze (Suchtest mx1 auf IgG) (IG: 8/37, KG: 7/38) (Tabelle 82) fanden sich keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Dies galt auch für die Ausgangsstichprobe von 89 Personen (Tabelle

77 im Anhang). Der Anteil von Sensibilisierungen gegen Schimmelpilze und Milben war vergleichsweise hoch.

Zusammenfassend waren somit alle relevanten Parameter – mit Ausnahme des aktuellen Rauchverhaltens – unter den Probanden der Interventions- und der Kontrollgruppe gleich verteilt. Die Randomisierung war somit erfolgreich.

## **E2 Ergänzung zu Modul H – Wahl des Studienkollektivs**

Oberstes Ziel für die Durchführung der cluster-randomisiert kontrollierten Studie war, die angestrebte Fallzahl zu erreichen, um so möglichst gute, d.h. statistisch abgesicherte, Aussagen zur Effektivität der Atemschutzmasken aber auch zur Akzeptanz von Atemschutz und zu möglichen Hindernissen bei der konsequenten Implementierung von Atemschutz treffen zu können. Wie im Abschlussbericht (Punkt 4.11) geschildert, gestaltete sich die Rekrutierung und Durchführung der Studie aufgrund äußerer Umstände ausgesprochen schwierig (z.B. Ausbruch der Geflügelpest in der Studienregion).

### ***E2.1 Produktionszweige***

Bei der Rekrutierung von Studienteilnehmenden lag der Fokus auf der Legehennenhaltung. Hierbei wurde bereits deutlich, dass einige der angesprochenen Betriebe nicht nur Legehennen hielten, sondern auf dem Betrieb auch andere Formen der Hühner-/ Geflügelhaltung praktiziert wurden. Die in die Studie eingeschlossenen Beschäftigten waren somit sowohl in der Legehennenhaltung als auch z.B. Brüterei, Aufzucht von Elterntieren oder der Hähnchen-/ Putenmast tätig (Tabelle 16, Tabelle 17). In der arbeitsmedizinischen Studie konnten folglich die tatsächlichen Bedingungen der Arbeit auf einem Legehennenbetrieb derart abgebildet und charakterisiert werden, als dass dort Tätigkeiten auch außerhalb der eigentlichen Legehennenversorgung mit weiteren Expositionen gegenüber Bioaerosolen stattfinden. Diese hohe externe Validität der Studie ist aus forschungsmethodischer Sicht positiv zu bewerten und hebt die Studie von z.B. einem hoch standardisierten Experiment im Labor (in der Regel ohne hohe externe Validität) ab. Im Hinblick auf die Erfassung des Bioaerosols, dem die Beschäftigten während des Arbeitstags ausgesetzt sind, wurden auch diese Tätigkeiten außerhalb des Legehennenstalls erfasst (Anhang Tabelle 16, Tabelle 17).

Vor dem Hintergrund, dass sich v.a. der Gehalt an Endotoxinen am Bioaerosol in den verschiedenen Bereichen der Geflügelhaltung erfahrungsgemäß nicht wesentlich unterscheidet, wurde die Rekrutierung im Verlauf auf die anderen Bereiche der Geflügelwirtschaft in NRW ausgeweitet, um eine ausreichende Anzahl von Probanden

für die Studie gewinnen zu können. Neben der Legehennenhaltung wurde so auch die Putenaufzucht bzw. Putenmast und ein Entenbetrieb in die Studie eingeschlossen.

Die Randomisierung der Betriebe wurde dabei Betriebsarten-übergreifend praktiziert, d.h. die Probanden der Interventions- und Kontrollgruppe wurden nicht z.B. in die geschichteten Hofstichproben rekrutiert. Dennoch wurde ein sehr gutes Ergebnis bei der Rekrutierung erzielt in dem Sinne, dass die verschiedenen Betriebe nicht unterschiedlich auf Kontroll- und Interventionsgruppe verteilt waren ( $p > 0,05$ ) (Tabelle 17).

## **E2.2 Legehennenhaltungsformen**

Bei der Betrachtung der Legehennenhaltungsformen auf den einzelnen Betrieben zeigte sich die heute praxisübliche Vielfalt. Die Studienteilnehmenden arbeiteten auf Betrieben, auf denen in der Regel in mehreren Haltungsformen produziert wurden (Tabelle 1). Auf den 10 Betrieben mit Legehennenhaltung in der Interventionsgruppe fanden sich somit auf Ebene der Legehennenhaltungsformen 18 „Betriebseinheiten“, bei den 8 Betrieben der Kontrollgruppe betrug die Zahl 16. Somit war auch die Vielfalt der Legehennenhaltungsformen in Interventions- und Kontrollgruppe gleich verteilt und damit die Voraussetzung für den Vergleich der entsprechenden Probandengruppen gegeben.

Im Abschlussbericht zu Modul H wurde bereits dargestellt, dass sich die Probanden der Interventions- und Kontrollgruppe auch in den übrigen Tätigkeitscharakteristika nicht unterschieden, so dass die Randomisierung als erfolgreich zu betrachten ist.

<b>Legehennenhaltung nach Haltungsart*</b>	<b>Intervention</b>	<b>Kontrolle</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Biologische Haltung</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Freilandhaltung</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Bodenhaltung</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>11</b>
<b>Volierenhaltung</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Kleingruppenhaltung</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>Käfighaltung</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>9</b>
	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>34</b>

\*Die Anzahl der Haltungsformen stimmt nicht mit der Anzahl der rekrutierten Betriebe überein, da einige Betriebe mehrere Haltungsformen parallel betrieben.

**Tabelle 1: Legehennenhaltungsformen in den Betrieben der Interventions- und Kontrollgruppe**

### E2.3 Bioaerosolexposition

Wie im Abschlussbericht dargestellt, wurde die Bioaerosolexposition auf den in die Studie eingeschlossenen Betrieben und dort – soweit dies möglich war – in den verschiedenen Stallungen erfasst. Auf diese Art und Weise ließ sich dokumentieren, dass die Probanden der Interventions- und Kontrollgruppe in vergleichbarer Weise gegenüber biologischen Belastungen exponiert waren (vgl. Tabelle 86-88 im Abschlussbericht).

Dies ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass die Exposition gegenüber Bioaerosolen in den verschiedenen Bereichen der Geflügelhaltung durchschnittlich ähnlich ist. Dies gilt sowohl für den Vergleich der Legehennenhaltung mit anderen Formen der Hühnerhaltung als auch der Hühnerhaltung insgesamt mit der Putenhaltung. Auf dem einzelnen Betrieb mit Entenhaltung war keine Messung möglich.

Die entsprechende differenzierte Darstellung der Messwerte findet sich nachfolgend für den einatembaren Staub (Abbildung 1, Abbildung 2), die Schimmelpilzkonzentrationen (Abbildung 3, Abbildung 4) - auch in vergleichender Darstellung mit den Außenluftkonzentrationen (Abbildung 5) - und die Pyrogenaktivität (Abbildung 6, Abbildung 7).

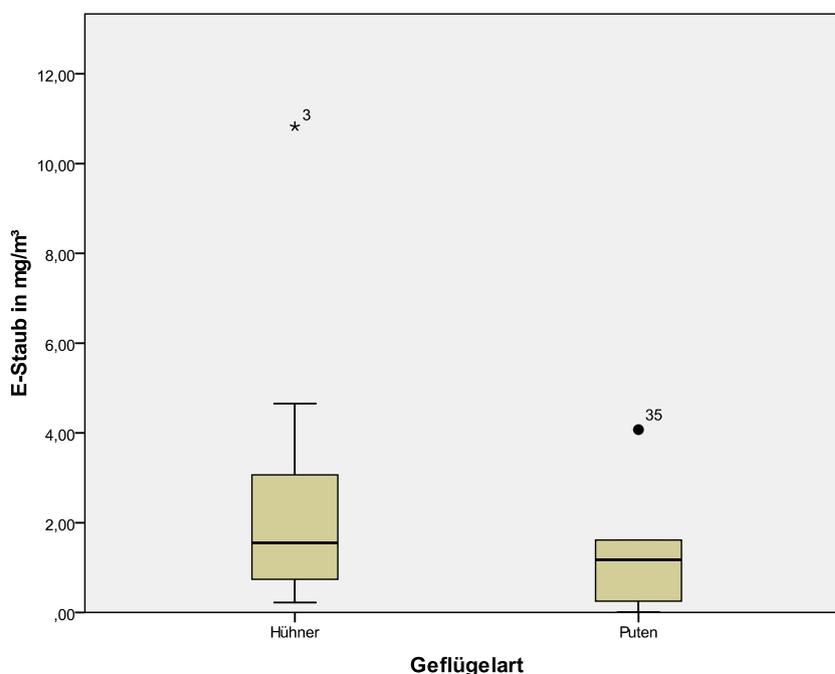
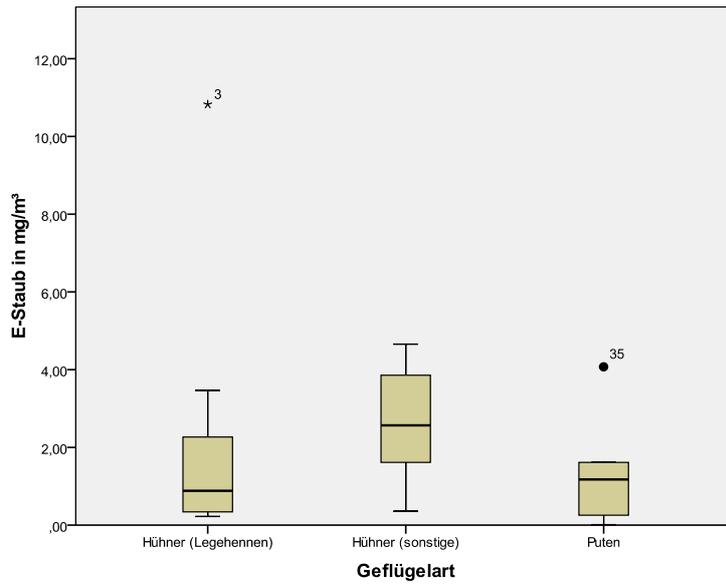
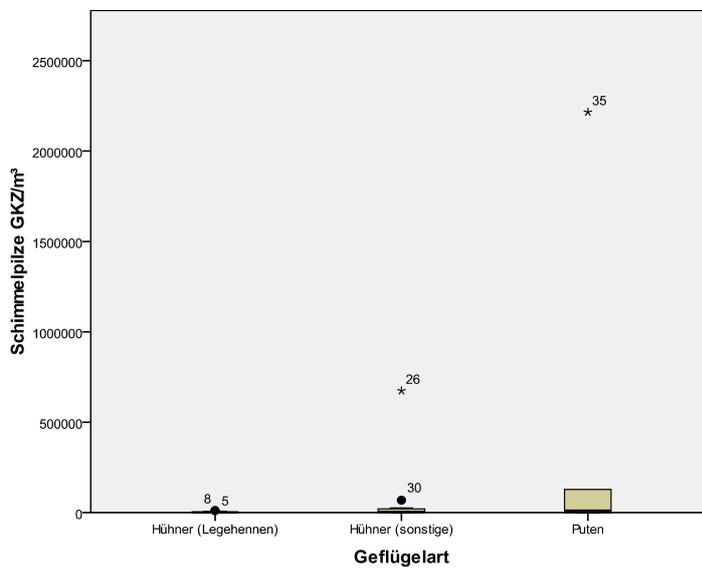


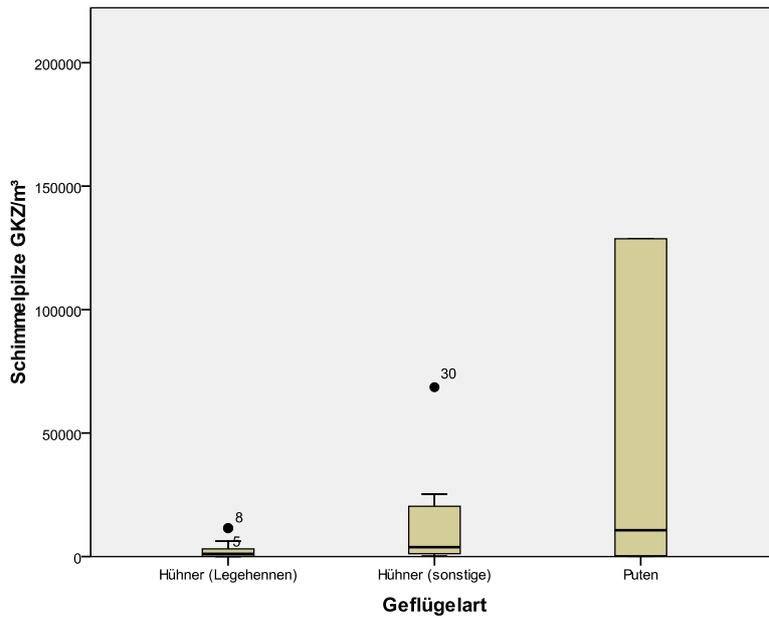
Abbildung 1: Einatembarer Staub in der Stallluft von Betrieben in Modul H – Vergleich von Betrieben mit Hühnerhaltung und Putenhaltung



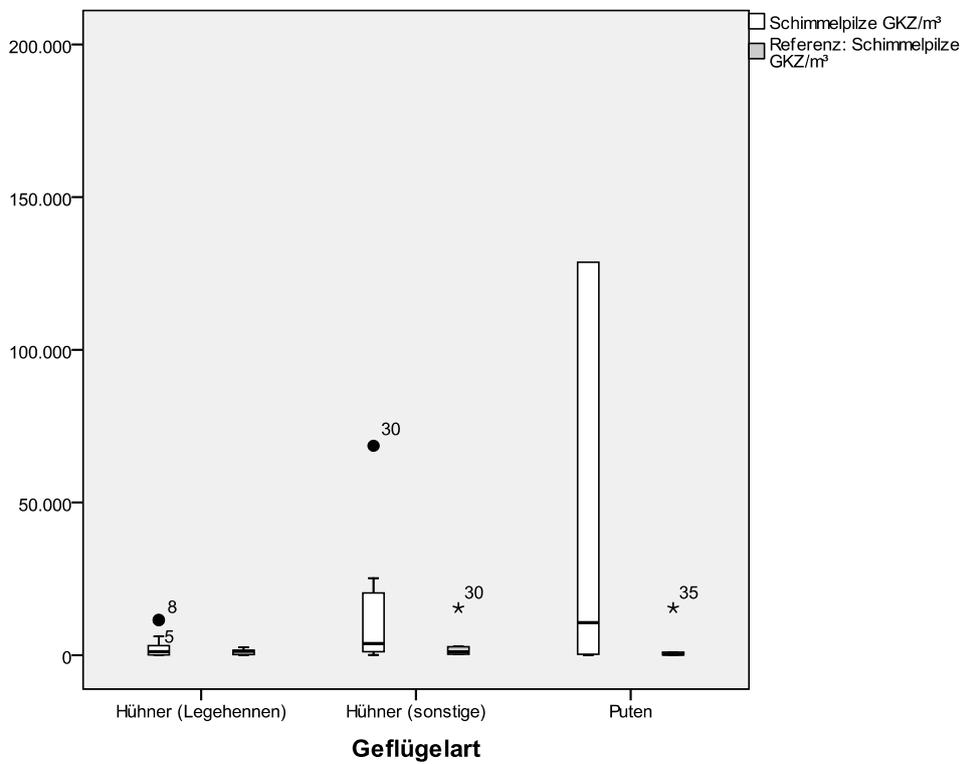
**Abbildung 2: Einatembarer Staub in der Stallluft von Betrieben in Modul H – Vergleich von Betrieben mit Legehennenhaltung, sonstiger Hühnerhaltung und Putenhaltung (vgl. Tabelle 1)**



**Abbildung 3: Schimmelpilzkonzentrationen in der Stallluft (Modul H) - Vergleich von Betrieben mit Hühnerhaltung und Putenhaltung**



**Abbildung 4: Schimmelpilzkonzentrationen in der Stallluft (Modul H) - Vergleich von Betrieben mit Legehennenhaltung, sonstiger Hühnerhaltung und Putenhaltung (vgl. Tabelle 1)**



**Abbildung 5: Schimmelpilzkonzentrationen in der Stallluft (Modul H) im Vergleich zur Außenluftkonzentration - Vergleich von Betrieben mit Legehennenhaltung, sonstiger Hühnerhaltung und Putenhaltung (vgl. Tabelle 1)**

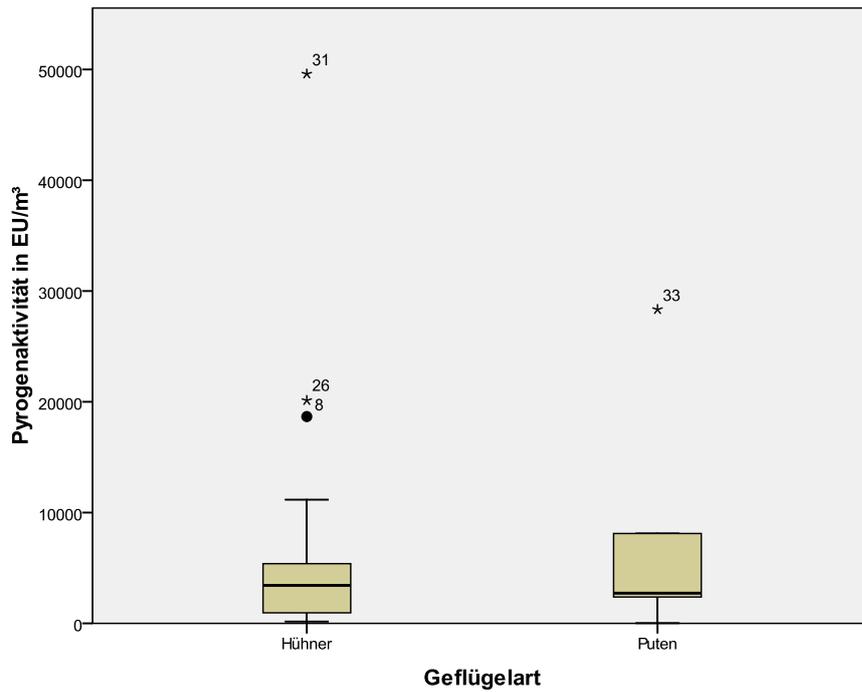


Abbildung 6: Pyrogenkonzentrationen in der Stallluft (Modul H) - Vergleich von Betrieben mit Hühnerhaltung und Putenhaltung

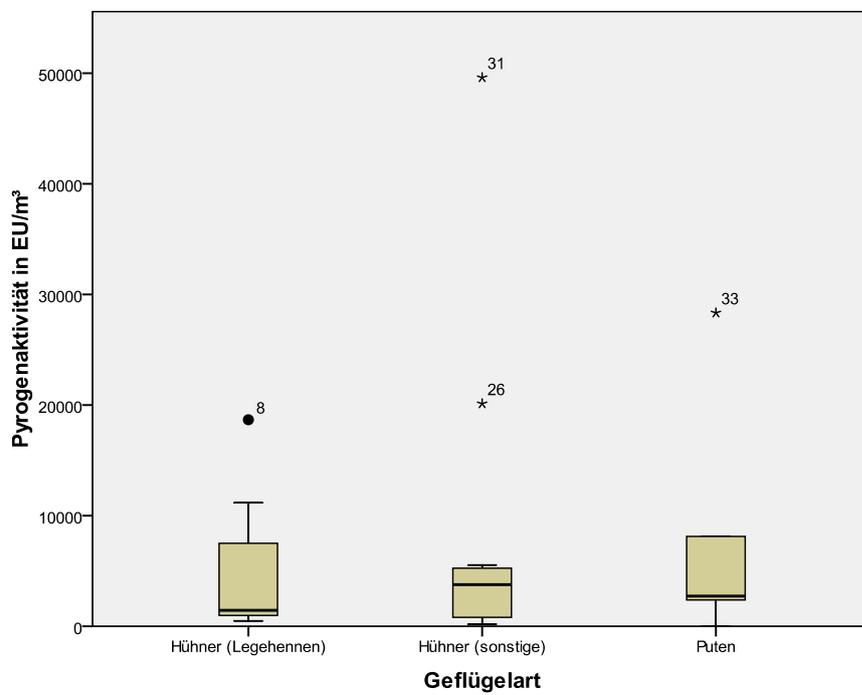


Abbildung 7: Pyrogenkonzentrationen in der Stallluft (Modul H) - Vergleich von Betrieben mit Legehennenhaltung, sonstiger Hühnerhaltung und Putenhaltung (vgl. Tabelle 1)

## Untersuchung der Nasallavageflüssigkeit

In der Nasallavageflüssigkeit (NALF) wurden die folgenden immunologischen Parameter untersucht:

- IL-8 und TNF-alpha als primäre Zielgrößen der Studie
  - IL-1 $\beta$ , sCD14, IL-5, LTB<sub>4</sub> und Nitrat+Nitrit sowie zelluläre Elemente (Gesamtzellzahl, Makrophagen, neutrophile Granulozyten, Lymphozyten, eosinophile Granulozyten, basophile Granulozyten und Epithelzellen) als sekundäre Zielgrößen der Studie.
- Auf die Darstellung der Ergebnisse der zellulären Elemente wird an dieser Stelle aus Platzgründen verzichtet.

Wie oben geschildert wurde die NALF vor und nach dem Interventionszeitraum jeweils an zwei aufeinander folgenden Tagen zu möglichst derselben Uhrzeit entnommen. In die Analyse möglicher Unterschiede ging in der Folge das arithmetische Mittel der beiden Untersuchungen ein. Dieses Protokoll konnte nahezu immer eingehalten werden. War nur ein Wert vorhanden, ging dieser in die weiteren Analysen ein. Die ermittelten Werte zeigten allerdings teilweise hohe Schwankungen, so dass die an den beiden aufeinander folgenden Tagen entnommenen Werte nicht immer ausreichend gut korrelierten (Tabelle 85 im Anhang). Bei manchen Parametern hätte hier unter Umständen eine größere Zahl aufeinander folgender NALF-Entnahmen eine exaktere Bestimmung ermöglicht. Bei anderen Parametern besteht das grundsätzliche Problem, dass die Konzentration vieler Probanden unter der Nachweisgrenze liegt.

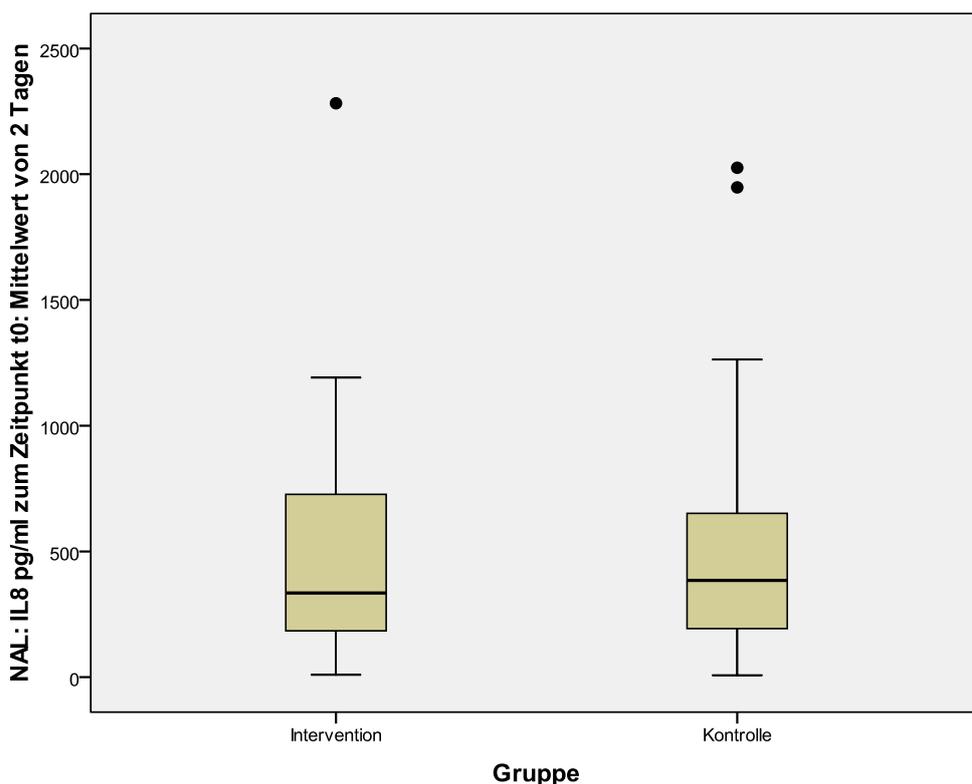
Wie oben dargestellt erfolgte für die Parameter IL-8 und TNF-alpha (= Hauptzielgrößen der randomisiert-kontrollierten Untersuchung) neben der deskriptiv-statistischen Auswertung auch eine detaillierte Auswertung möglicher Gruppenunterschiede bei

den zu t1 ermittelten Konzentrationen unter Betrachtung der zu t0 ermittelten Konzentration als Kovariate.

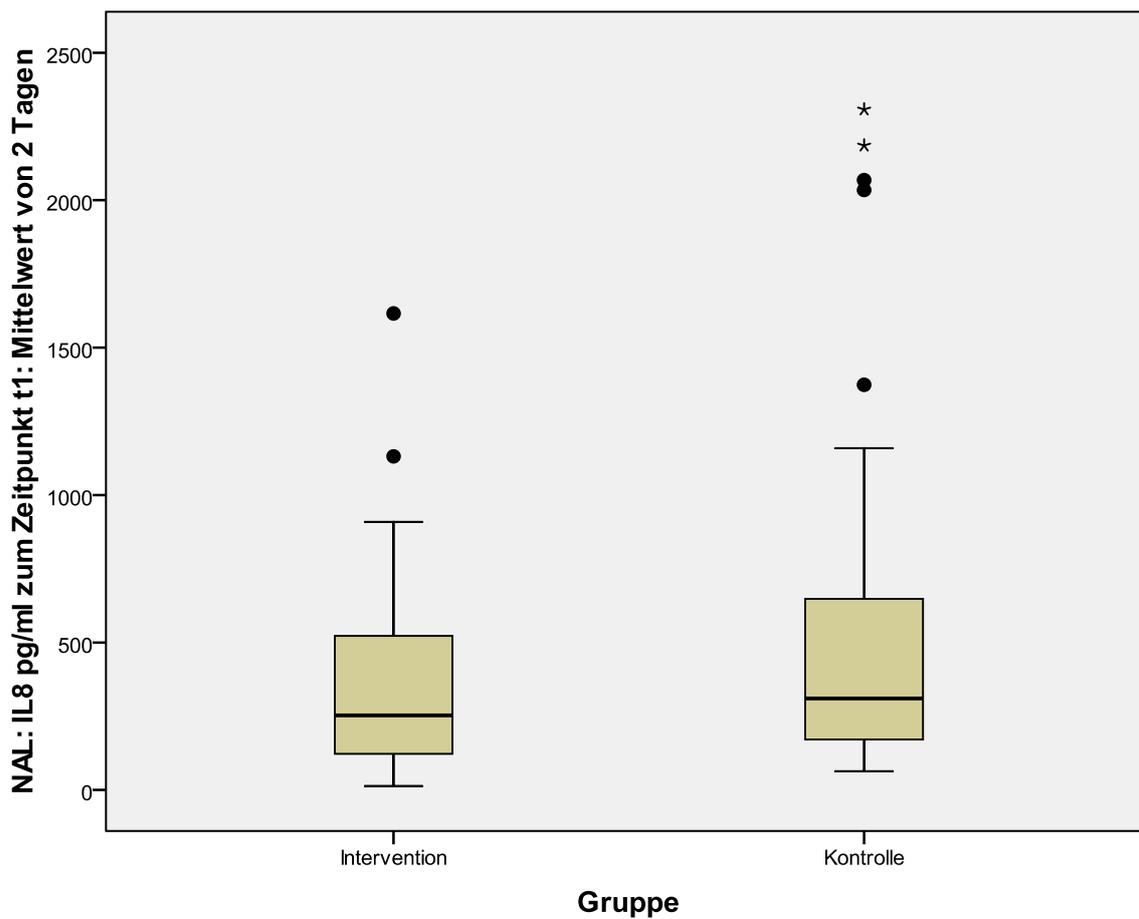
### Konzentration der NALF-Parameter im Untersuchungszeitraum

#### IL-8-Konzentrationen

Die ermittelten IL-8-Konzentrationen betragen zwischen 8,18 und 5.237,97pg/ml (jeweils MW aus zwei NALF-Entnahmen). Während sich zu Beginn des Untersuchungszeitraums (t0) kein Konzentrationsunterschied zwischen den Probanden der Interventions- und Kontrollgruppe zeigte (Abbildung 79), lagen die Werte zum Zeitpunkt t1 in der Kontrollgruppe durchschnittlich höher als in der Interventionsgruppe (Abbildung 80). Insgesamt war der Anteil höherer Werte in beiden Gruppen zum Zeitpunkt t1 etwas höher als zum Zeitpunkt t0.

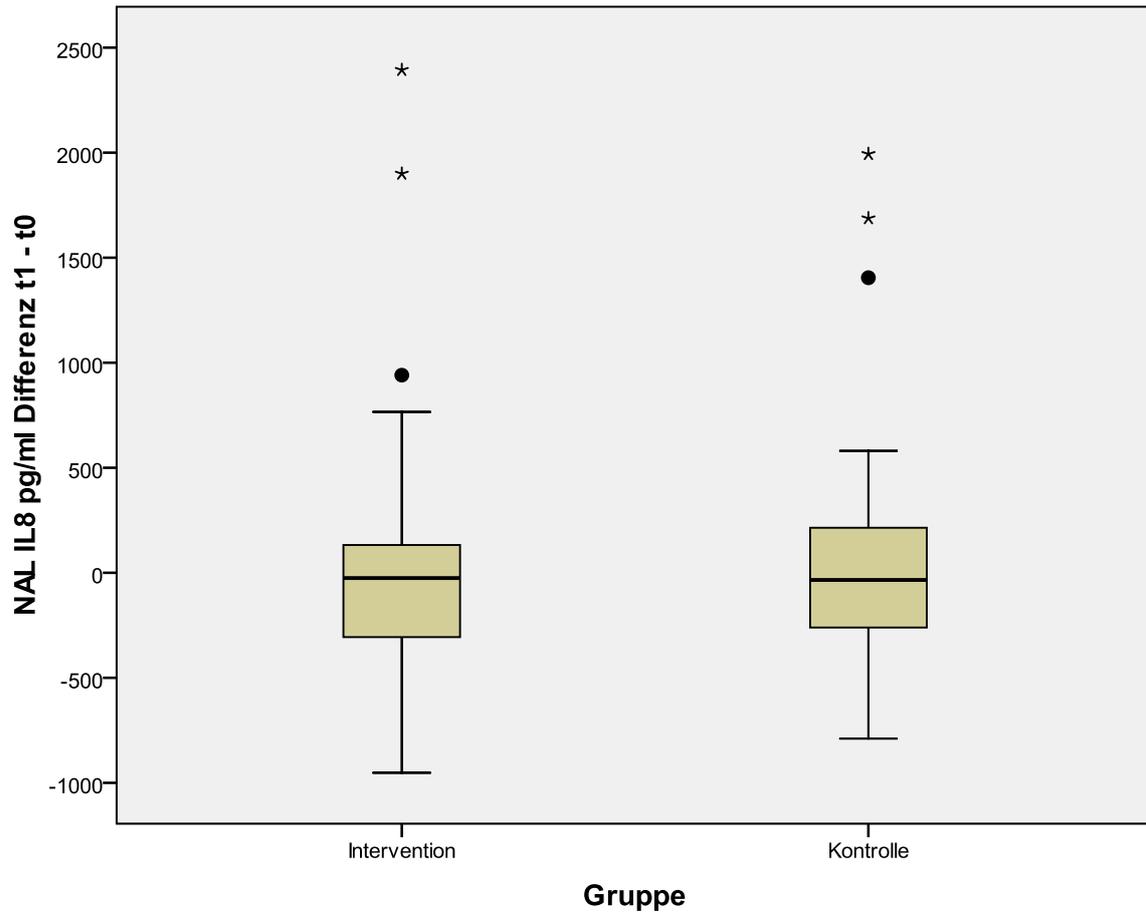


**Abbildung 79: IL-8-Werte zum Zeitpunkt t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)**



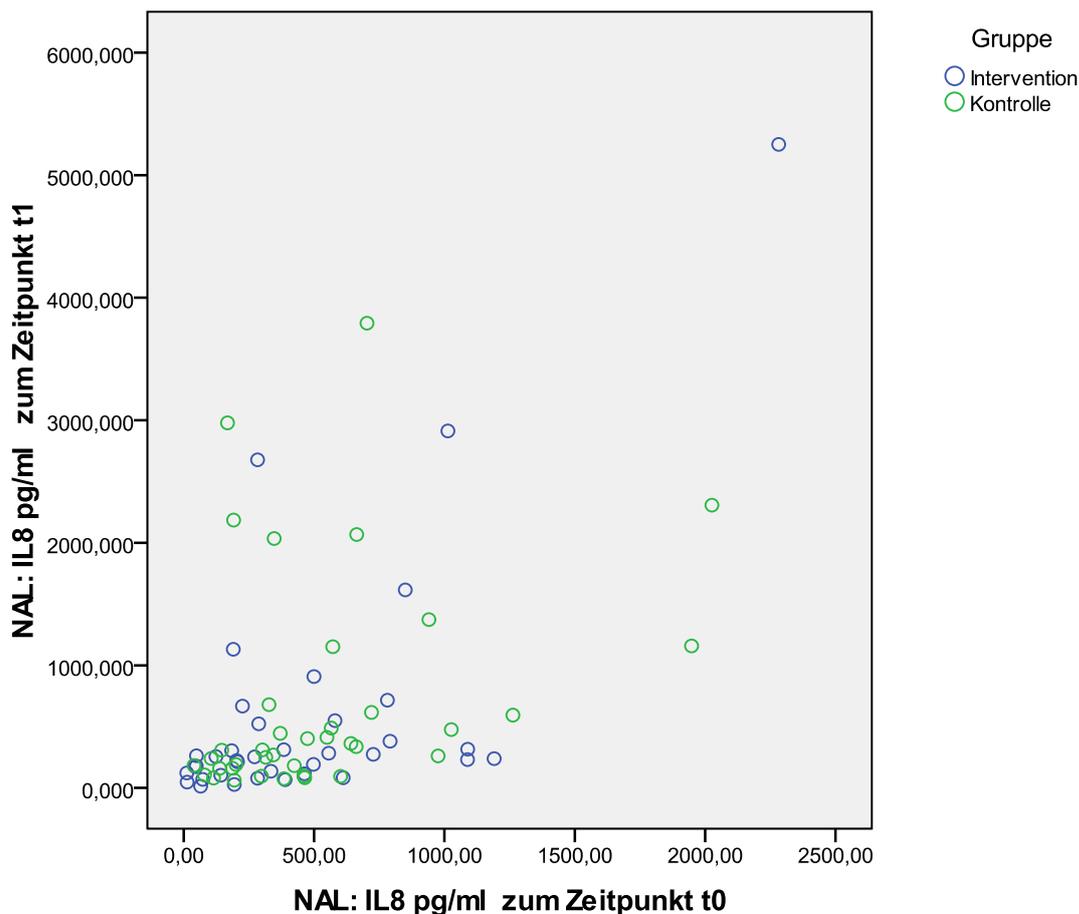
**Abbildung 80: IL-8-Werte zum Zeitpunkt t1 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)**

Bei der Analyse der Differenzwerte t1-t0 fiel dieser Konzentrationsanstieg in der Interventionsgruppe mit durchschnittlich (MW) 119 pg/ml (95% Konfidenzintervall (KI) - 140,49; 379,51) etwas geringer aus als in der Kontrollgruppe (189,87 pg/ml; 95% KI - 91,19; 470,94), d.h. es gab weniger Probanden mit höheren Werten als in der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied war nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,941$ ). Bei der den Großteil der Probanden besser beschreibenden Betrachtung des Medians der Differenzen war die Konzentration in beiden Gruppen zu t1 etwas niedriger als zu t0 (IG: -24,82 pg/ml, KG: -33,78 pg/ml) (Abbildung 81). Dies wurde auch in der relativen Darstellung der Differenzwerte (t1-t0) in Abhängigkeit von den Werten zu t0 deutlich, wo sich in der Interventionsgruppe ein Wert von durchschnittlich (MW) 91,56% und in der Kontrollgruppe von 99,95% ergab, ohne dass dieser Unterschied signifikant war.



**Abbildung 81: Differenz der IL-8-Werte zum Zeitpunkt t1 und t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tage) (Personen, von denen t0- und t1-Werte vorlagen)**

In beiden Gruppen ergab sich somit eine vergleichsweise hohe Korrelation der IL-8-Konzentrationen zum Zeitpunkt t1 mit den zum Zeitpunkt t0 erhobenen Werten (Abbildung 82).



**Abbildung 82: Korrelation der IL-8-Konzentration zum Zeitpunkt t1 mit den Werten zum Zeitpunkt t0 (jeweils Mittelwert der Konzentrationen aus der NALF, die an zwei aufeinander folgenden Tagen entnommen wurde) (nur Personen, von denen t0- und t1-Werte vorlagen)**

#### *IL-8-Konzentration zum Zeitpunkt t1 – multivariates Modell*

Bei Bildung eines multivariaten Modells zur Analyse der IL-8-Konzentration zum Zeitpunkt t1 unter Einschluss der IL-8-Ausgangskonzentration und der Gruppenzugehörigkeit resultierte der Ausgangswert als signifikanter Prädiktor ( $F= 23,621$ ;  $p<0,001$ ), wohingegen der Effekt der Gruppenzugehörigkeit knapp nicht signifikant war ( $F=2,974$ ;  $p=0,089$ ). Wurde auch ein kombinierter Faktor aus Gruppenzugehörigkeit und Ausgangswert in das Modell eingeschlossen, resultierte für diesen ein signifikanter Effekt ( $F= 4,284$ ;  $p<0,05$ ) (**Tabelle 53**).

Abhängige Variable:nalii8postabs t1: NAL: IL8 pg/ml

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Korrigiertes Modell	1,956E+07	3	6,519E+06	9,411	,000
Konstanter Term	786231,777	1	786231,777	1,135	,290
group	2,060E+06	1	2,060E+06	2,974	,089
nalii8präabs	1,636E+07	1	1,636E+07	23,621	,000
group * nalii8präabs	2,968E+06	1	2,968E+06	4,284	,042
Fehler	4,849E+07	70	692710,043		
Gesamt	9,989E+07	74			
Korrigierte Gesamtvariation	6,805E+07	73			

a. R-Quadrat = ,287 (korrigiertes R-Quadrat = ,257)

Tabelle 53: Ergebnis der multivariaten Analyse der IL-8-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums bei Einschluss der Faktoren Gruppenzugehörigkeit, IL-8-Ausgangswert und eines kombinierten Faktors aus Gruppenzugehörigkeit und IL-8-Ausgangswert

Die auf der Grundlage dieses Modells geschätzten Konzentrationen für IL-8 am Ende des Untersuchungszeitraums betragen 643 pg/ml (95% KI 369,59; 916,95) für die Interventionsgruppe und 699,17 pg/ml (95% KI 425,48; 972,85) für die Kontrollgruppe.

Der Intraclass-Korrelationskoeffizient (ICC) für die IL-8-Konzentration zu Beginn des Untersuchungszeitraums wurde mit 0,0295 bestimmt. Am Ende des Untersuchungszeitraums wurde der Intraclass-Korrelationskoeffizient (ICC) mit 0 berechnet (0 / 921576), d.h. die Zugehörigkeit zu einem Betrieb spielte keine Rolle für die IL-8-Konzentration.

Wurde dieser für den Beginn des Untersuchungszeitraums bestimmte ICC in das multivariate Modell für die IL-8-Endkonzentration aufgenommen (ohne Betrachtung eines kombinierten Faktors aus Gruppenzugehörigkeit und IL-8-Ausgangswert), resultierte einzig die IL-8-Ausgangskonzentration als signifikanter Prädiktor (F=22,474; p<0,001) (Log Likelihood: 1183,28) (Tabelle 54).

Informationskriterien <sup>a</sup>	
Eingeschränkte -2 Log Likelihood	1183,275
Akaike- Informationskriterium (AIC)	1187,275
Hurvich und Tsai (IC)	1187,451
Bozdogan-Kriterium (CAIC)	1193,800
Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC)	1191,800

Die Informationskriterien werden in kleinstmöglichen Formen angezeigt.

a. Abhängige Variable: nalii8postabs t1: NAL: IL8 pg/ml.

Tests auf feste Effekte, Typ III <sup>a</sup>				
Quelle	Zähler- Freiheitsgrad	Nenner- Freiheitsgrad	F-Wert	Signifikanz
Konstanter Term	1	71	,897	,347
group	1	71	,080	,778
nalii8präabs	1	71	22,474	,000

a. Abhängige Variable: nalii8postabs t1: NAL: IL8 pg/ml.

**Tabelle 54: Ergebnis der multivariaten Analyse der IL-8-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums bei Einschluss der Faktoren Gruppenzugehörigkeit und IL-8-Ausgangswert unter Berücksichtigung des ICC für IL-8 zu Untersuchungsbeginn (Log Likelihood: 1183,28)**

Die auf der Grundlage dieses Modells geschätzten Werte für die IL-8-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums entsprachen in etwa den ohne Betrachtung des ICC ermittelten Werten und betrugen 627,92 pg/ml (95% KI 348,35; 907,39) für die Interventionsgruppe und 683,99 (95% KI 404,52; 963,46) für die Kontrollgruppe.

Die Erweiterung dieses Modells um die Faktoren Alter und Geschlecht der Probanden brachte keine weitere Verbesserung des Modells (Log Likelihood 1162,69). Auch hier resultierte der IL-8-Ausgangswert als einziger signifikanter Prädiktor für die IL-8-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums (Tabelle 55).

Informationskriterien <sup>a</sup>	
Eingeschränkte -2 Log Likelihood	1162,693
Akaike- Informationskriterium (AIC)	1166,693
Hurvich und Tsai (IC)	1166,875
Bozdogan-Kriterium (CAIC)	1173,161
Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC)	1171,161

Die Informationskriterien werden in kleinstmöglichen Formen angezeigt.

a. Abhängige Variable: naliil8postabs t1: NAL: IL8 pg/ml.

Feste Effekte

Tests auf feste Effekte, Typ III <sup>a</sup>				
Quelle	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F-Wert	Signifikanz
Konstanter Term	1	69	,014	,906
group	1	69	,215	,644
naliil8präabs	1	69	21,413	,000
sex	1	69	,994	,322
Alter	1	69	,393	,533

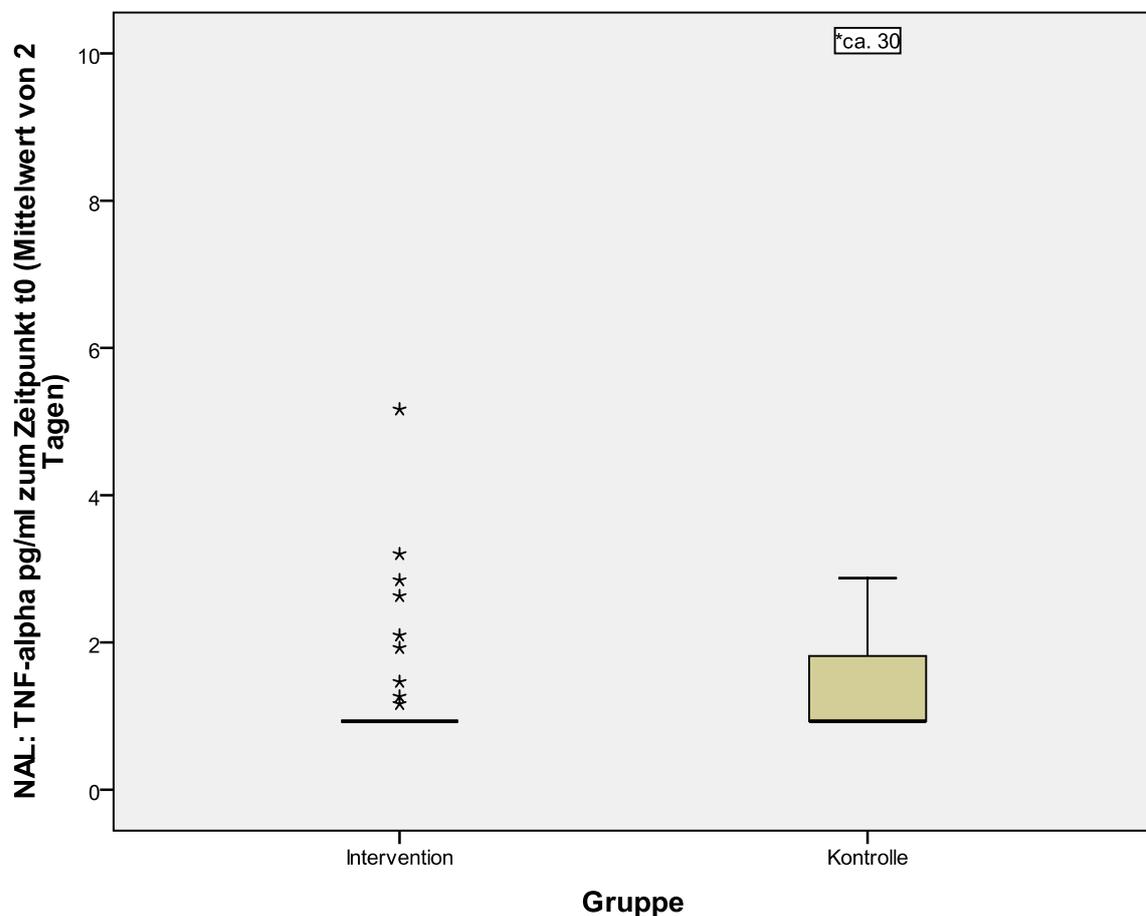
a. Abhängige Variable: naliil8postabs t1: NAL: IL8 pg/ml.

**Tabelle 55: Ergebnis der multivariaten Analyse der IL-8-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums bei Einschluss der Faktoren Gruppenzugehörigkeit, Alter, Geschlecht und IL-8-Ausgangswert unter Berücksichtigung des ICC für IL-8 zu Untersuchungsbeginn (Log Likelihood 1162,69)**

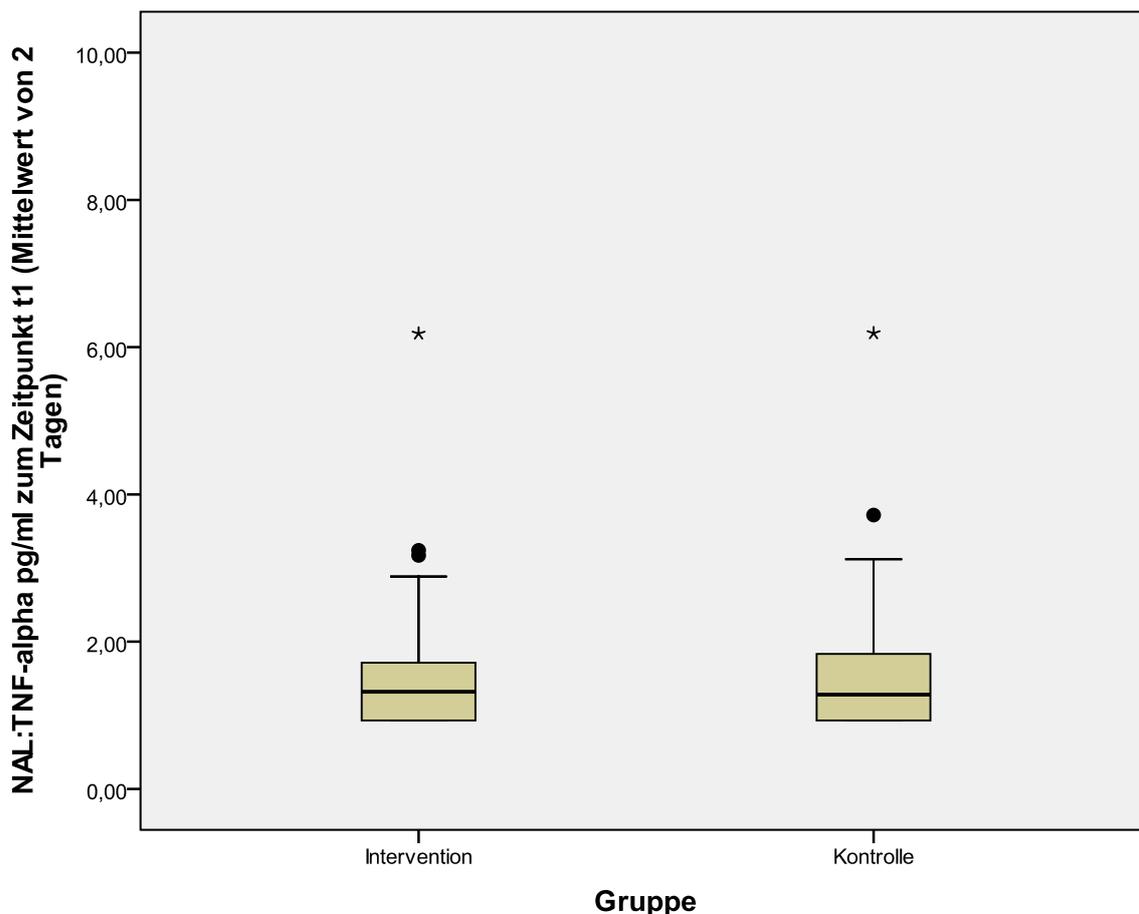
### TNF-alpha-Konzentrationen

Bei TNF-alpha lagen die Werte der Mehrzahl der Probanden vor und nach dem Untersuchungszeitraum unter der Nachweisgrenze von 1,4 pg/ml. Diese Befunde gingen mit einem Wert von 0,93 pg/ml (2/3 der Nachweisgrenze) in die quantitative Auswertung ein und stellten entsprechend den Median für die TNF-alpha-Konzentration in beiden Gruppen dar. Die TNF-alpha-Konzentration erreichte maximal 31,75 pg/ml (Mittelwert aus zwei aufeinanderfolgenden NALF-Entnahmen). Unter den Probanden, bei denen sich TNF-alpha-Konzentrationen über der Nachweisgrenze fanden, waren die Werte bei den Probanden der Kontrollgruppe zu Beginn des

Untersuchungszeitraums etwas höher als in der Interventionsgruppe (nicht signifikant), was v.a. auf die Werte eines einzelnen Probanden der Kontrollgruppe zurückzuführen war (Abbildung 83). Der Anteil von Probanden mit TNF-alpha-Konzentrationen über der Nachweisgrenze war in der Kontrollgruppe höher (19/43) als in der Interventionsgruppe (9/45) ( $p < 0,05$ , Ch2-Test). An Ende des Untersuchungszeitraums war die TNF-alpha-Konzentration in beiden Gruppen gleich und lag auf einem etwas höheren Niveau (Median IG 1,32 pg/ml, KG 1,28 pg/ml) als zuvor (Abbildung 84).

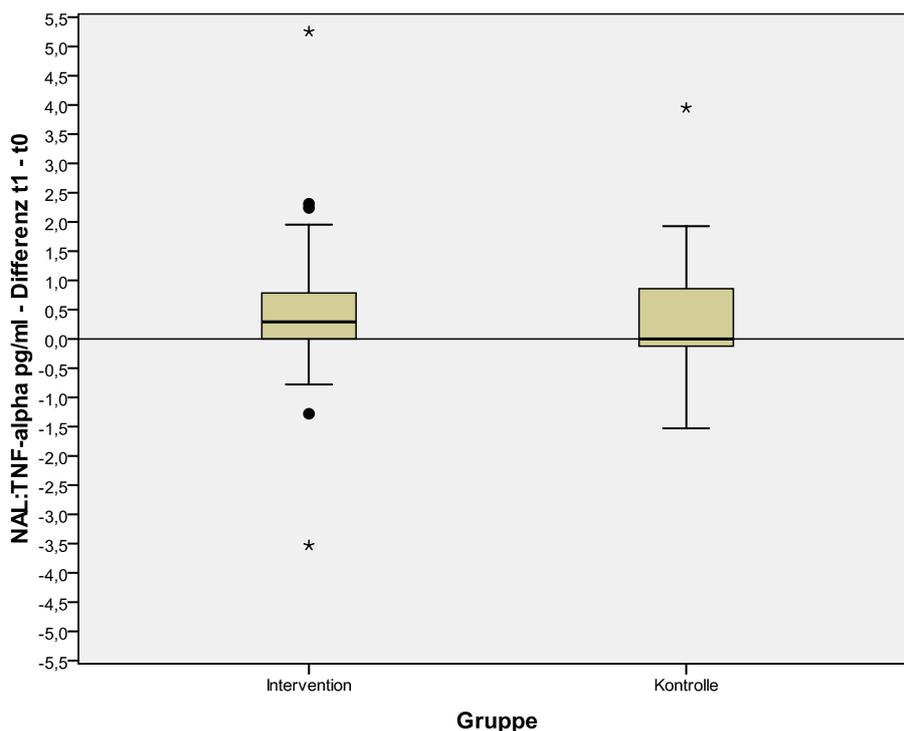


**Abbildung 83: TNF-alpha-Werte zum Zeitpunkt t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)**



**Abbildung 84: TNF-alpha-Werte zum Zeitpunkt t1 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)**

Entsprechend zeigte sich bei der Analyse der Differenzwerte ( $t_1-t_0$ ) ein leicht positiver Wert in der IG (Median 0,29 pg/ml; Mittelwert 0,48 pg/ml; 95% KI 0,039; 0,926) wohingegen sich in der KG kein Anstieg beschreiben ließ (Median 0 pg/ml; Mittelwert -0,449; 95% KI -2,097; 1,199) (Abbildung 85). Dieser Unterschied war nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,514$ ). Wurde die Differenz  $t_1-t_0$  auf den jeweiligen Ausgangswert bezogen ( $(t_1-t_0)/t_0$ ) ergab sich allerdings aufgrund der unterschiedlichen Ausgangswerte ein knapp nicht signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen (IG 65,33%; KG 24,60%) ( $p=0,07$ , Ch2-Test).



**Abbildung 85: Differenz der TNF-alpha-Werte zum Zeitpunkt t1 und t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tage) (Personen, von denen t0- und t1-Werte vorlagen)**

Bei der Anwendung der oben für den Parameter IL-8 geschilderten multivariaten Auswertestrategie auf die TNF-alpha-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums wurde deutlich, dass diese Strategie für TNF-alpha nicht geeignet scheint. Dies liegt am ehesten daran, dass der Parameter TNF-alpha durch einen hohen Anteil von Probanden mit Werten unter der Nachweisgrenze gekennzeichnet ist. Die Ergebnisse der Analyseschritte werden nachfolgend dargestellt.

In der multivariaten Analyse der TNF-alpha-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums wurden zunächst – wie oben für die IL-8-Konzentration beschrieben – die Faktoren Gruppenzugehörigkeit, TNF-alpha-Ausgangswert und der kombinierte Faktor aus Gruppenzugehörigkeit und Ausgangswert eingeschlossen. Hierbei ergaben sich keine signifikante Prädiktoren (Tabelle 56).

## Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: naltfnpostabs t1: NAL:TNF-alpha pg/ml

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Korrigiertes Modell	,335 <sup>a</sup>	3	,112	,098	,961
Konstanter Term	95,810	1	95,810	83,978	,000
group	,051	1	,051	,044	,834
naltfnpräabs	,171	1	,171	,150	,700
group * naltfnpräabs	,075	1	,075	,066	,798

a. R-Quadrat = ,004 (korrigiertes R-Quadrat = -,038)

**Tabelle 56: Ergebnis der multivariaten Analyse der TNF-alpha-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums bei Einschluss der Faktoren Gruppenzugehörigkeit, TNF-alpha-Ausgangswert und eines kombinierten Faktors aus Gruppenzugehörigkeit und TNF-alpha-Ausgangswert**

Der Intraclass-Korrelationskoeffizient (ICC) für die TNF-alpha-Konzentration zu Beginn des Untersuchungszeitraums wurde mit 0,999 bestimmt. Am Ende des Untersuchungszeitraums wurde der Intraclass-Korrelationskoeffizient (ICC) mit 0,217 berechnet. Beide Werte sind darauf zurückzuführen, dass der Anteil von Werten unter der Nachweisgrenze sehr hoch ist.

Entsprechend resultierten auch in den unter Einschluss des ICC gebildeten multivariaten Modellen keine aussagekräftigen Ergebnisse. Das Modell unter Einschluss der beiden Faktoren Gruppenzugehörigkeit und TNF-alpha-Ausgangswert ergab einen Log Likelihood von 220,59, jenes unter Einschluss der Faktoren Gruppenzugehörigkeit, TNF-alpha-Ausgangswert, Alter und Geschlecht einen Log Likelihood von 224,93. Die Ergebnisse der jeweiligen Analysen sind in Tabelle 57 und Tabelle 58 zusammengefasst.

Feste Effekte

Tests auf feste Effekte, Typ III<sup>a</sup>

Quelle	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F-Wert	Signifikanz
Konstanter Term	1	50,307	126,479	,000
group	1	48,457	,019	,891
naltfnpräabs	1	68,445	,211	,647

a. Abhängige Variable: naltfnpostabs t1: NAL:TNF-alpha pg/ml.

**Tabelle 57: Ergebnis der multivariaten Analyse der TNF-alpha-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums bei Einschluss der Faktoren Gruppenzugehörigkeit und TNF-alpha-Ausgangswert unter Berücksichtigung des ICC für TNF-alpha zu Untersuchungsbeginn (Log Likelihood: 220,59)**

Feste Effekte

Tests auf feste Effekte, Typ III<sup>a</sup>

Quelle	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F-Wert	Signifikanz
Konstanter Term	1	68,976	4,177	,045
group	1	44,884	,024	,877
naltfnpräabs	1	67,487	,202	,654
sex	1	67,548	1,896	,173
Alter	1	68,708	2,030	,159

a. Abhängige Variable: naltfnpostabs t1: NAL:TNF-alpha pg/ml.

**Tabelle 58: Ergebnis der multivariaten Analyse der TNF-alpha-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums bei Einschluss der Faktoren Gruppenzugehörigkeit, Alter, Geschlecht und TNF-alpha-Ausgangswert unter Berücksichtigung des ICC für TNF-alpha zu Untersuchungsbeginn (Log Likelihood 224,93)**

### IL-1-β Konzentration

Auch bei IL-1-β lagen die Werte einiger Probanden unter der Nachweisgrenze von 0,40 pg/ml. Diese Befunde gingen in die quantitativen Analysen mit dem Wert von 0,27 pg/ml ein. Die maximale Konzentration lag bei 37,29 pg/ml (jeweils Mittelwerte aus zwei aufeinander folgenden NALF-Entnahmen).

Die Ausgangswerte (t0) lagen bei der IG (Median 1,10 pg/ml) etwas niedriger als bei der KG (Median 1,325 pg/ml) (), dieser Unterschied schien sich zum Zeitpunkt t1 etwas zu verstärken (Median IG 0,495 pg/ml, KG 0,94 pg/ml) (Abbildung 87).

In der Betrachtung des Unterschieds zwischen der IL-1- $\beta$ -Konzentration zu den Zeitpunkten t1 und t0 war die Differenz der Konzentrationen in der IG (Median - 0,383 pg/ml; Mittelwert 0,188pg/ml; 95% KI -1,858; 2,322) etwas größer als in der KG (Median -0,125 pg/ml; Mittelwert -0,312 pg/ml; 95% KI -1,541; 0,917) (Abbildung 88). Dieser Unterschied war nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,286$ )

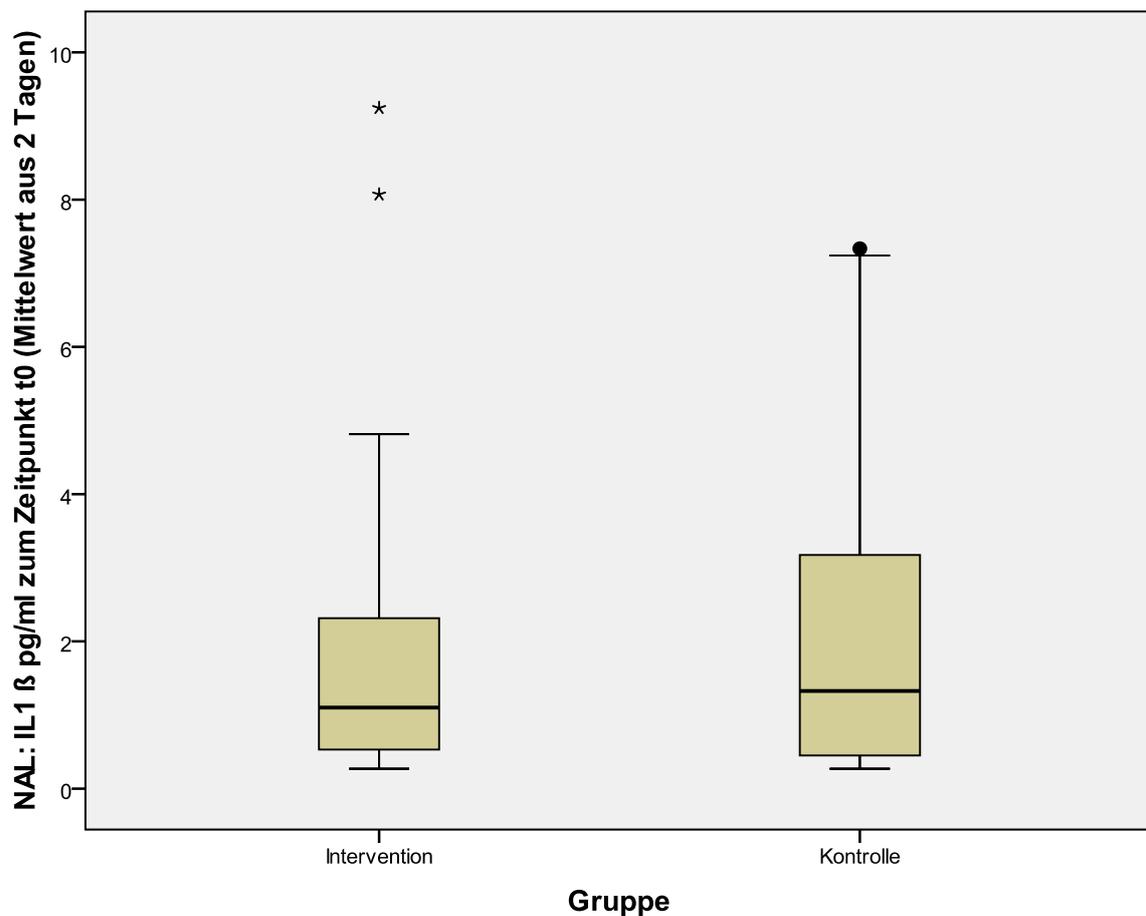


Abbildung 86: IL-1- $\beta$ -Werte zum Zeitpunkt t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)

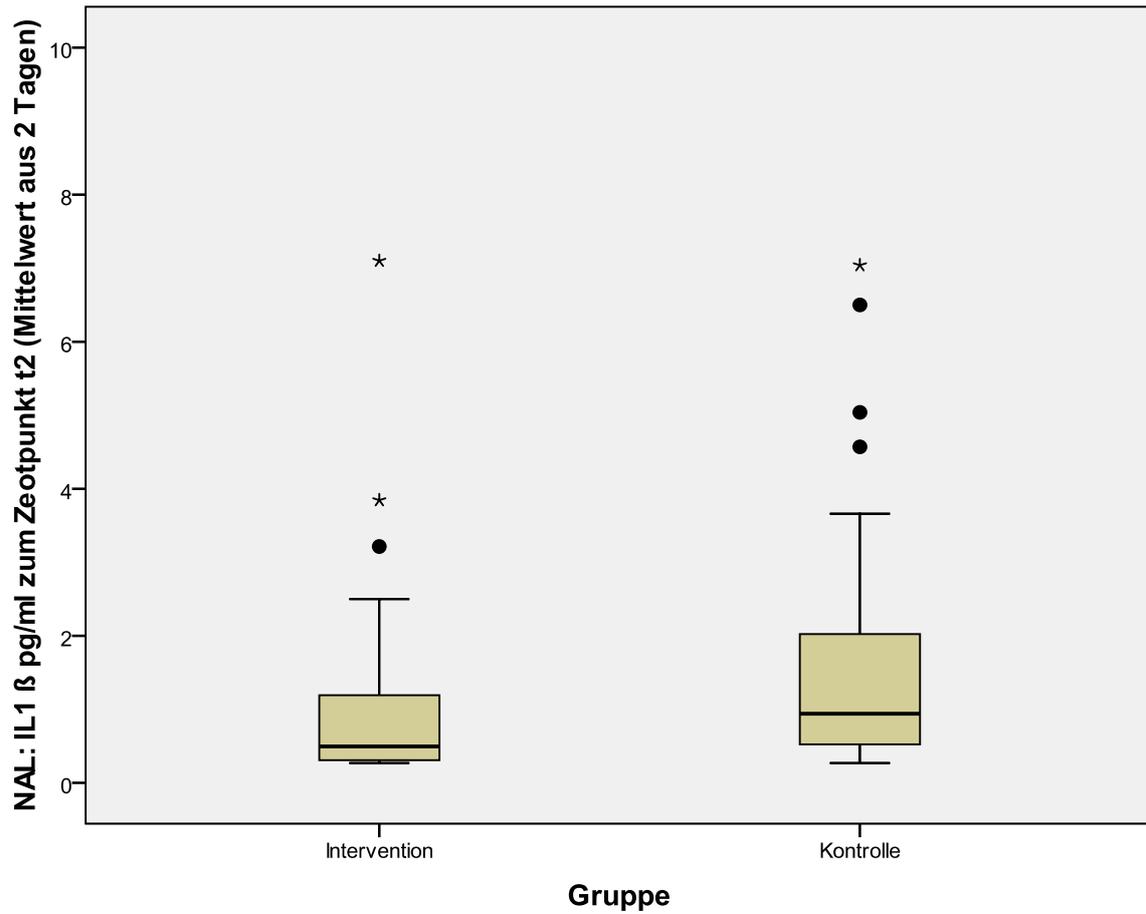
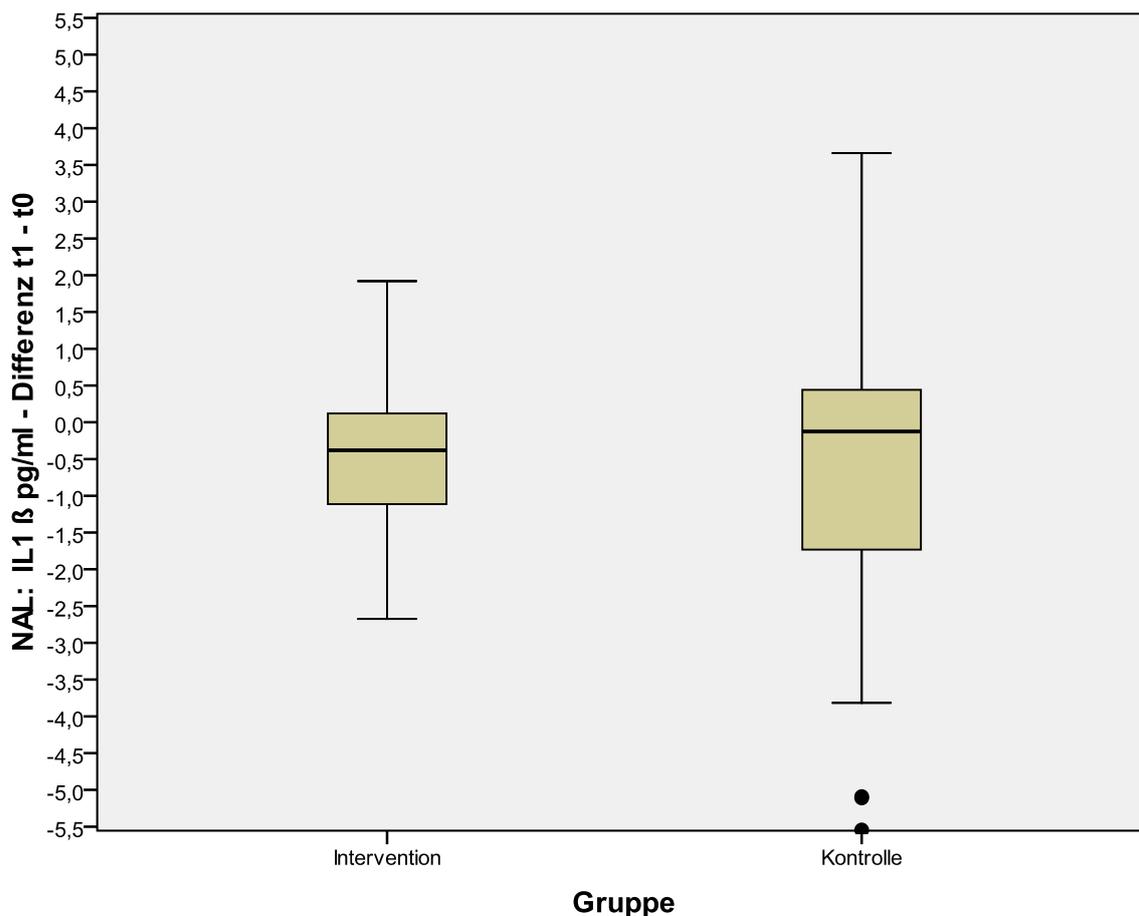


Abbildung 87: IL-1-β-Werte zum Zeitpunkt t1 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)

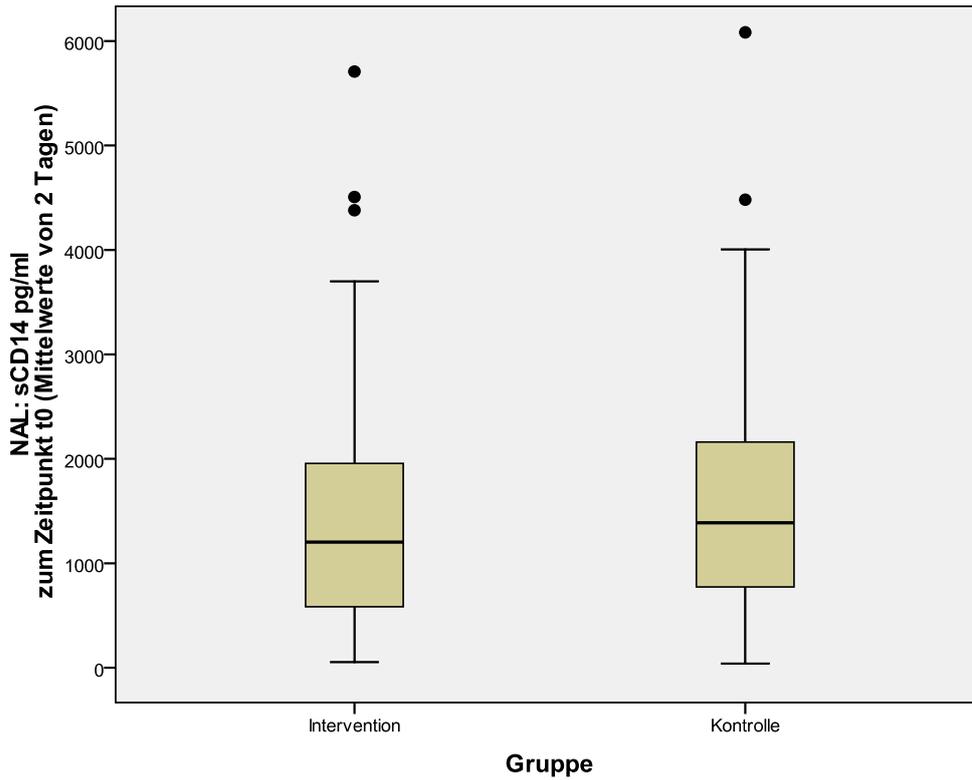


**Abbildung 88:** Differenz der IL-1- $\beta$ -Werte zum Zeitpunkt t1 und t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tage) (Personen, von denen t0- und t1-Werte vorlagen)

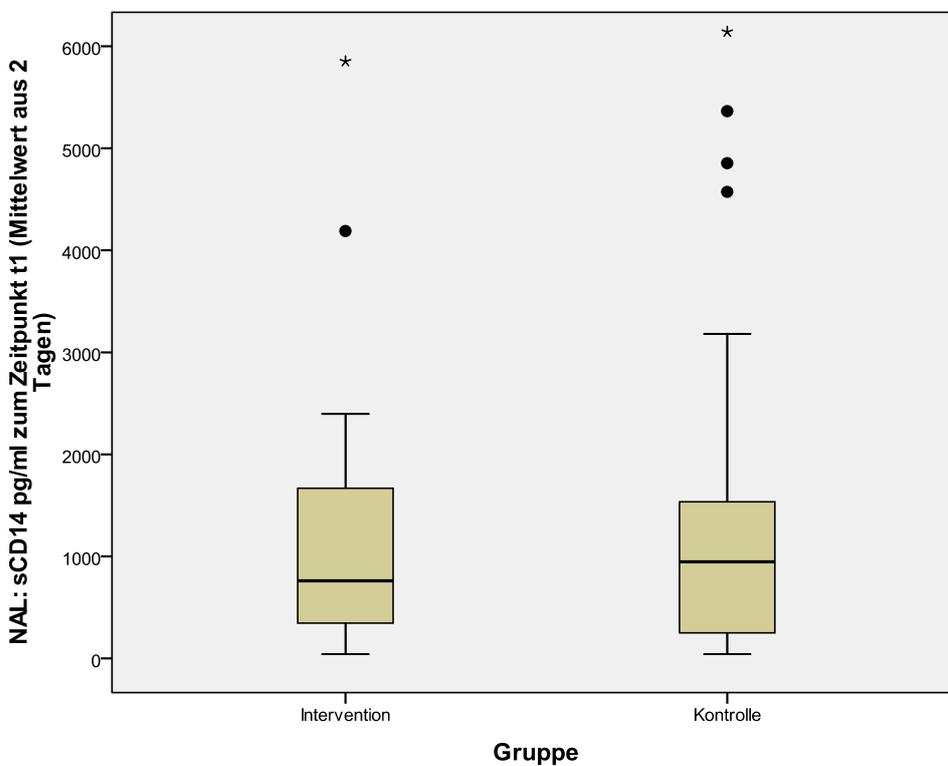
### sCD14-Konzentrationen

Die sCD14-Konzentration lag nur vereinzelt unter der Nachweisgrenze von 62,5 pg/ml. Diese Befunde gingen mit Werten von 41,67 pg/ml in die quantitativen Analysen ein. Die gefundene maximale Konzentration betrug 12.207,18 pg/ml (jeweils Mittelwert aus zwei aufeinander folgenden NALF-Entnahmen).

Die Ausgangswerte (t0) lagen in der IG (Median 1.203,04 pg/ml) etwas niedriger als in der KG (Median 1.388,35 pg/ml) (Abbildung 89). Die sCD14-Konzentration am Ende des Untersuchungszeitraums waren allgemein etwas niedriger als zu Beginn der Studie, wobei die Probanden der IG wiederum niedrigere Werte (Median 761,02 pg/ml) aufwiesen als die Probanden der KG (Median 946,69 pg/ml) (Abbildung 89).

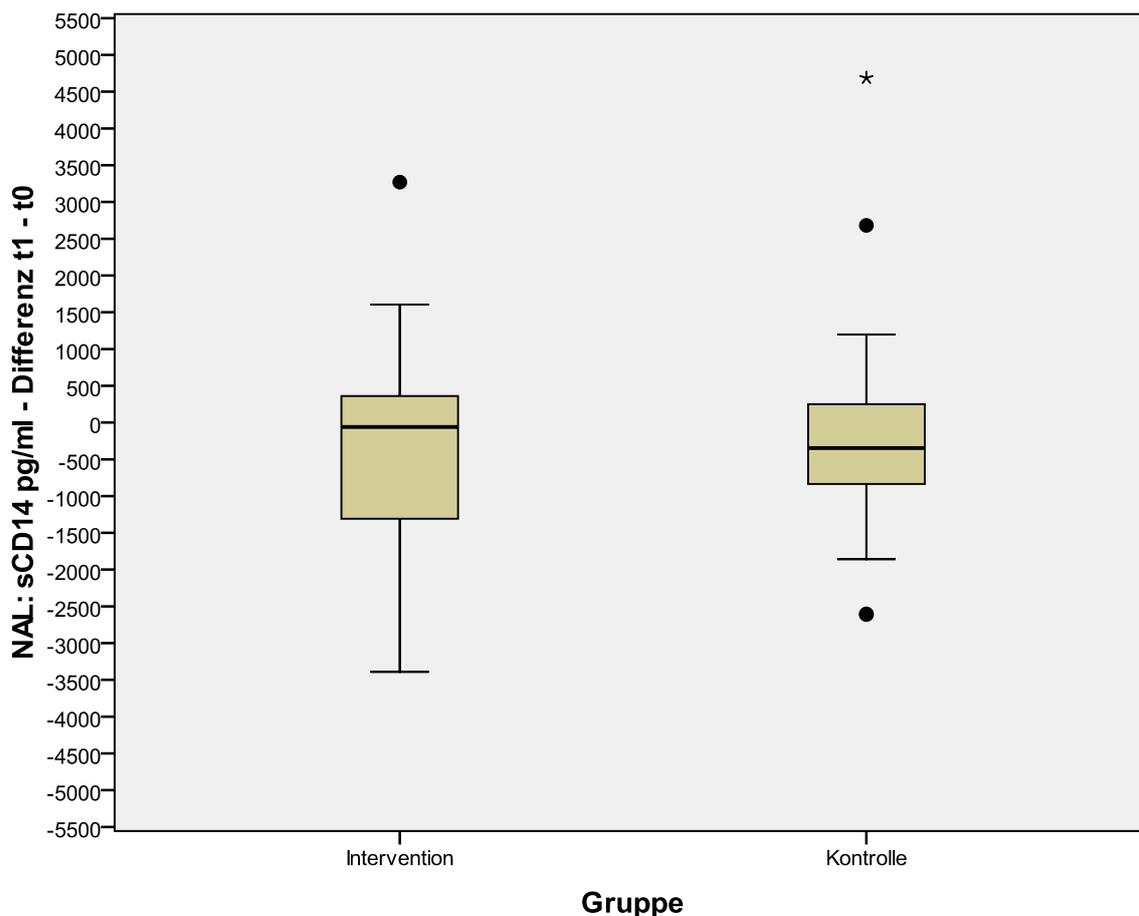


**Abbildung 89: sCD14-Konzentrationen zum Zeitpunkt t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)**



**Abbildung 90: sCD14-Konzentrationen zum Zeitpunkt t1 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)**

Entsprechend der unterschiedlichen Ausgangswerte ( $t_0$ ) fiel die Differenz  $t_1-t_0$  in der IG mit durchschnittlich  $-60,05$  pg/ml (Median; Mittelwert  $-78,06$  pg/ml; 95% KI  $-869,85$ ;  $713,73$ ) geringer aus als in der KG (Median  $-346,65$  pg/ml; Mittelwert  $-92,44$  pg/ml; 95% KI  $-673,15$ ;  $488,26$ ) Abbildung 91). Dieser Unterschied war nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,816$ ).



**Abbildung 91: Differenz der sCD14-Konzentration zum Zeitpunkt  $t_1$  und  $t_0$  in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tage) (Personen, von denen  $t_0$ - und  $t_1$ -Werte vorlagen)**

### IL-5-Konzentration

Die IL5-Konzentration lag bei einer Vielzahl von Probanden unter der Nachweisgrenze von 2 pg/ml. Diese Befunde gingen mit dem Wert 1,3 pg/ml in die quantitativen Analysen ein. Die maximale Konzentration betrug 93,82 pg/ml.

Während sich in beiden Gruppen zu Beginn des Untersuchungszeitraums vergleichsweise niedrige IL-5-Konzentrationen fanden (Median IG 4,1 pg/ml; KG 4,23

pg/ml) (Abbildung 92), lagen die Werte am Ende des Untersuchungszeitraums v.a. in der Interventionsgruppe deutlich höher (Median IG 25,43 pg/ml; KG 8,095 pg/ml) (Abbildung 93)

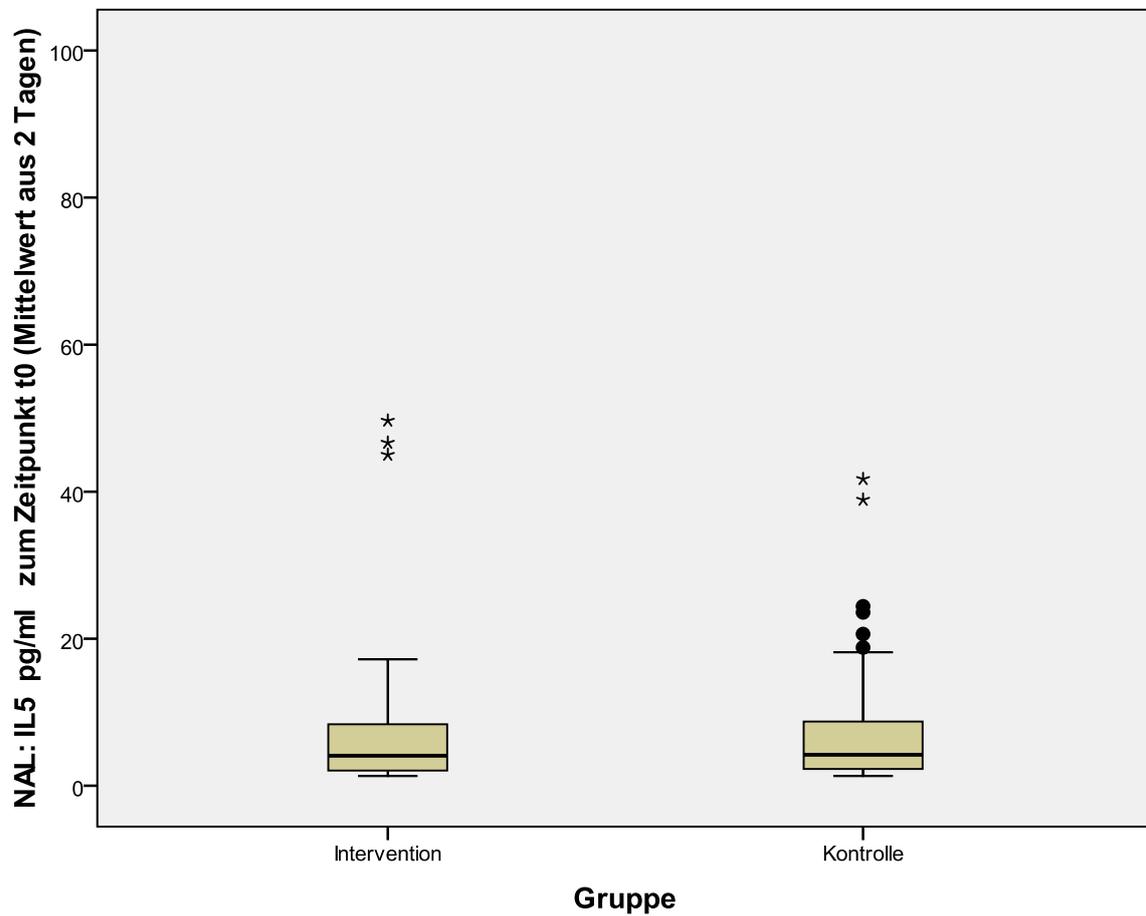
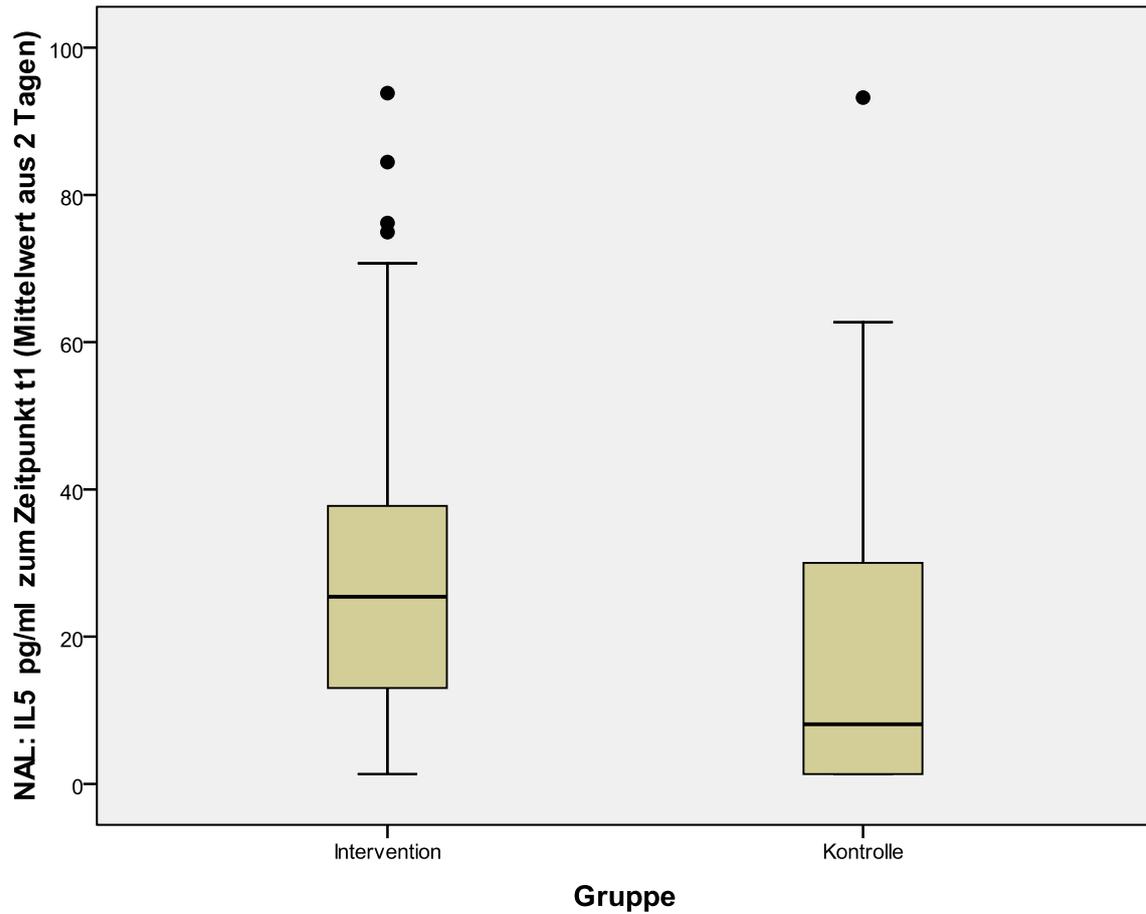
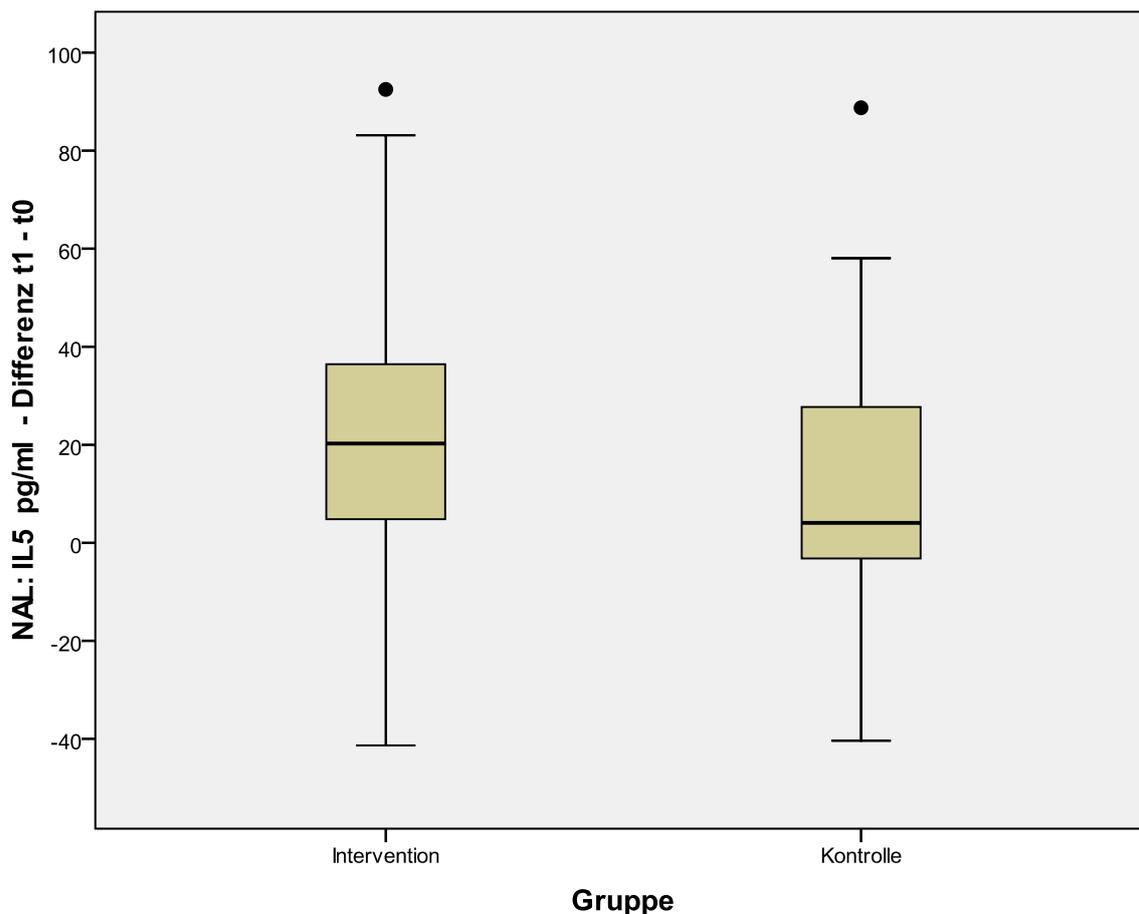


Abbildung 92: IL5-Konzentrationen zum Zeitpunkt t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)



**Abbildung 93: IL5-Konzentrationen zum Zeitpunkt t1 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)**

Diese Unterschiede zeigten sich auch bei der Darstellung der Konzentrationsdifferenz (t1-t0), wo für die Interventionsgruppe ein deutlicher Anstieg resultierte (Median 20,25 pg/ml; Mittelwert 23,86 pg/ml; 95% KI 13,56; 34,17) (KG: Median 4,07 pg/ml; Mittelwert 10,43 pg/ml; 95% KI 1,69; 19,17) (Abbildung 94). Dieser Unterschied war signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0,05$ ).



**Abbildung 94: Differenz der IL5-Konzentration zum Zeitpunkt t1 und t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tage) (Personen, von denen t0- und t1-Werte vorlagen)**

### LTB<sub>4</sub>-Konzentration

Die ermittelte LTB<sub>4</sub>-Konzentration lag nur vereinzelt unterhalb der Nachweisgrenze von 11,7 pg/ml. Für die quantitativen Analysen wurden diese Befunde mit 7,8 pg/ml angesetzt. Die ermittelte maximale Konzentration lag bei 447,99 pg/ml (jeweils Mittelwert aus zwei aufeinander folgenden NALF-Entnahmen).

Die Ausgangswerte (t<sub>0</sub>) lagen in beiden Gruppen auf einem ähnlichen Niveau (Median IG 54,47 pg/ml; KG 59,98 pg/ml) (Abbildung 95). Im Unterschied hierzu lag die Konzentration nach dem Untersuchungszeitraum in der Interventionsgruppe (37,51 pg/ml) niedriger als in der Kontrollgruppe (Median 49,14 pg/ml) (Abbildung 96).

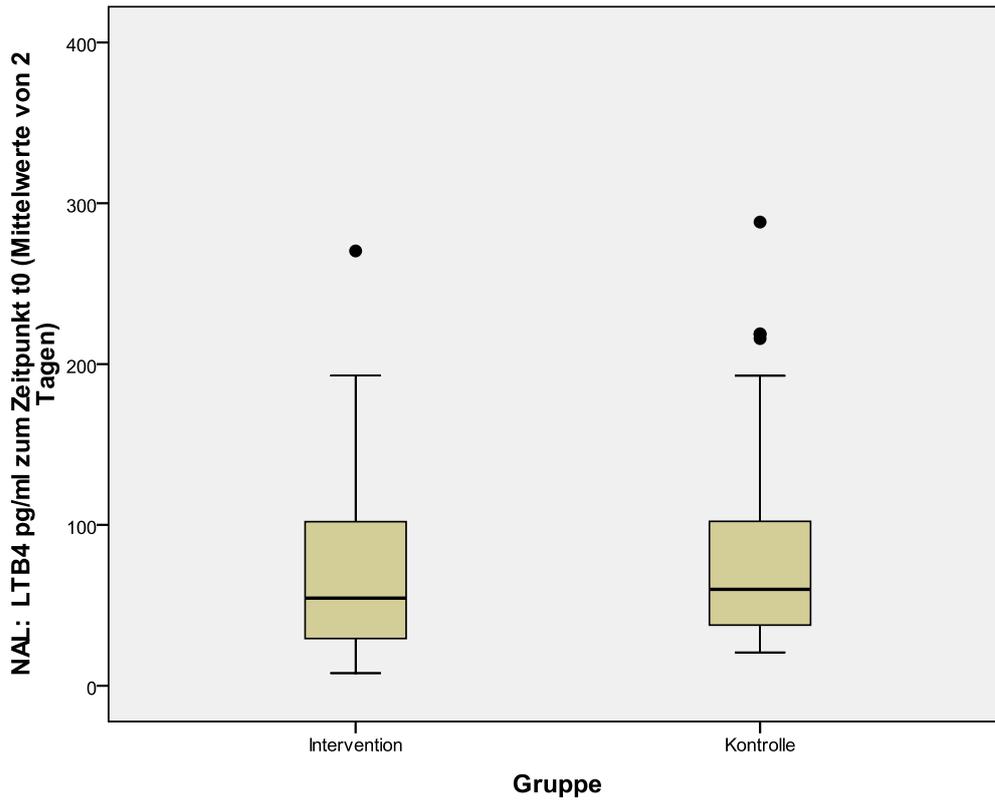


Abbildung 95: LTB<sub>4</sub>-Konzentrationen zum Zeitpunkt t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tage; Intention-to-treat Kollektiv)

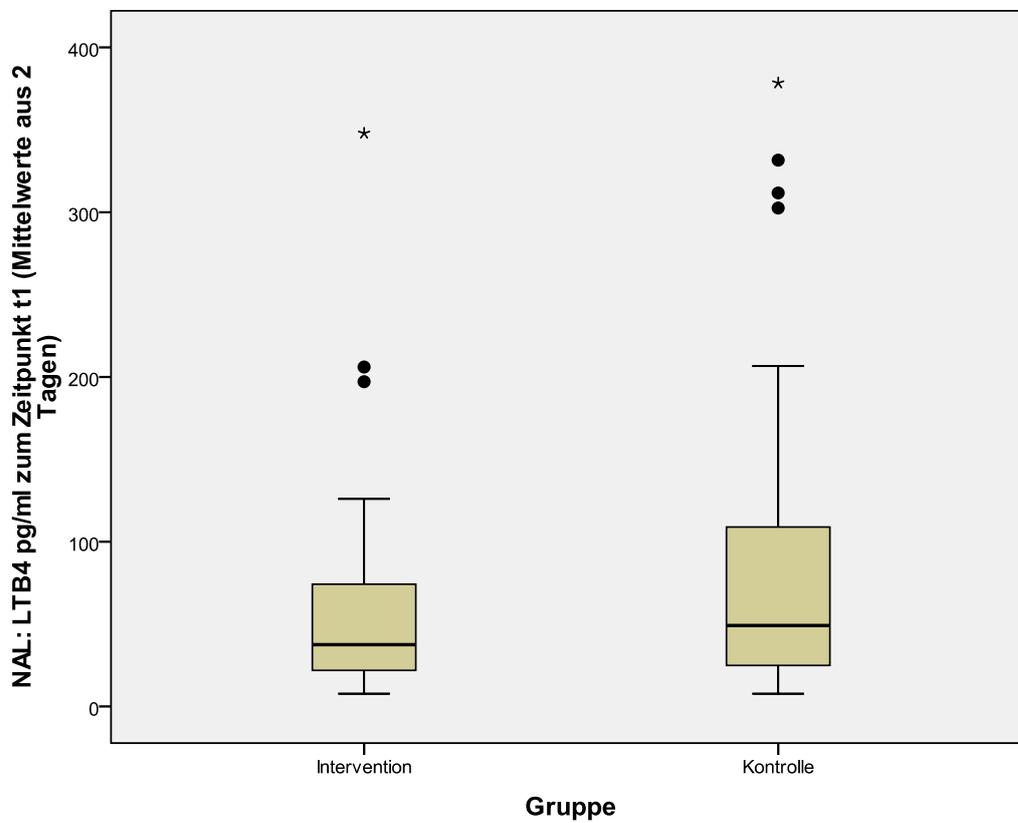


Abbildung 96: LTB<sub>4</sub>-Konzentrationen zum Zeitpunkt t1 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tage; Intention-to-treat Kollektiv)

Der Konzentrationsunterschied im Zeitverlauf wurde auch bei Betrachtung der Differenz der ermittelten Werte deutlich. Diese fiel in der Interventionsgruppe mit einem Median von -10,21 pg/ml (Mittelwert -12,34 pg/ml; 95% KI -33,62; 8,94) größer aus als in der Kontrollgruppe (Median -1,08 pg/ml; Mittelwert 10,04 pg/ml; 95% KI -22,82; 42,89) (Abbildung 97). Dieser Unterschied war nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,326$ ).

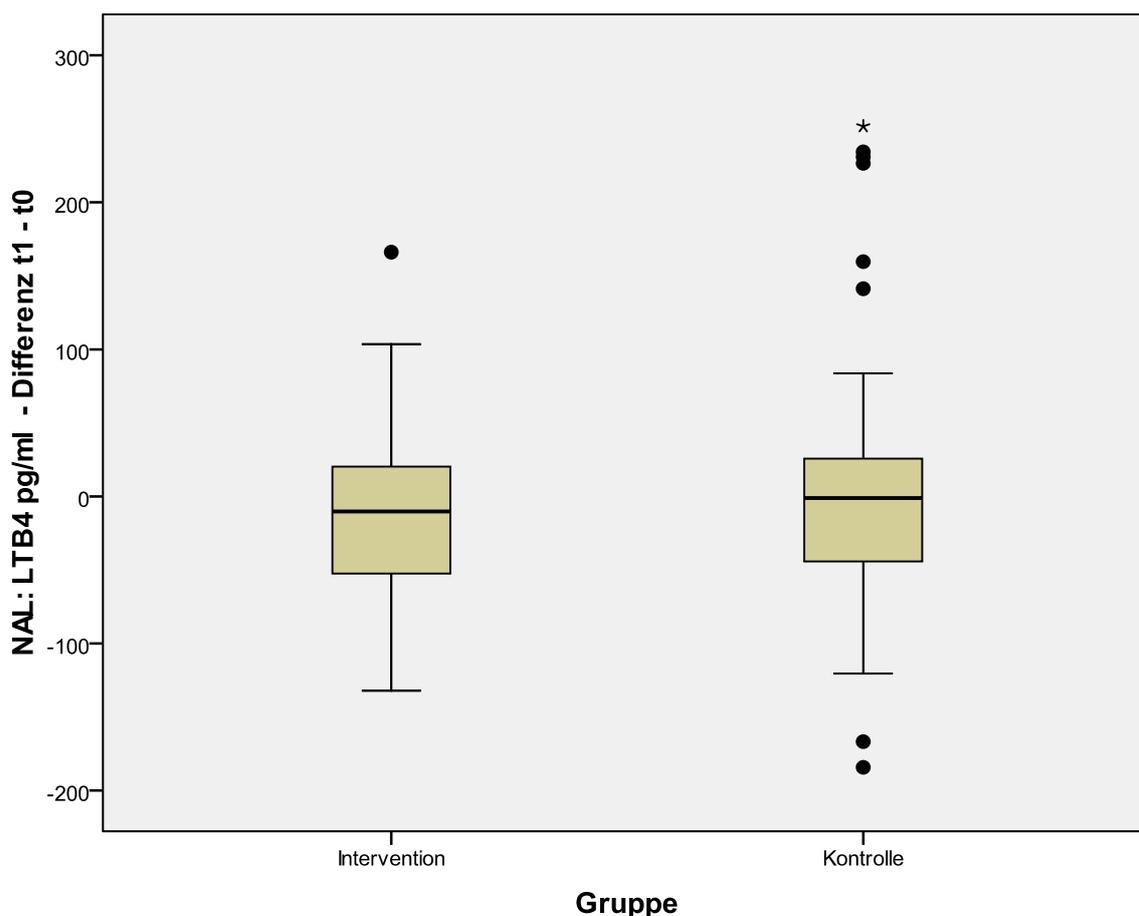


Abbildung 97: Differenz der LTB<sub>4</sub>-Konzentration zum Zeitpunkt t1 und t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tage) (Personen, von denen t0- und t1-Werte vorlagen)

### Konzentration an Nitrat und Nitrit

Bei der Bestimmung von Nitrat und Nitrit lag eine Vielzahl von Werten unter der Nachweisgrenze von 5 µM/l und wurde für die quantitativen Analysen mit 3,3 µM/l angesetzt. Die maximale ermittelte Konzentration betrug 20,30 µM/l (jeweils Mittelwert aus zwei aufeinander folgenden NALF-Entnahmen). **Die mittleren Konzentrationen**

onen lagen sowohl vor als auch nach dem Untersuchungszeitraum in beiden Gruppen in einem ähnlichen Bereich (t0: Median IG 3,33  $\mu\text{M/l}$ ; KG 4,51  $\mu\text{M/l}$ . t1: Median IG 5,32  $\mu\text{M/l}$ ; KG: 5,36  $\mu\text{M/l}$ ) (Abbildung 98 und Abbildung 99)

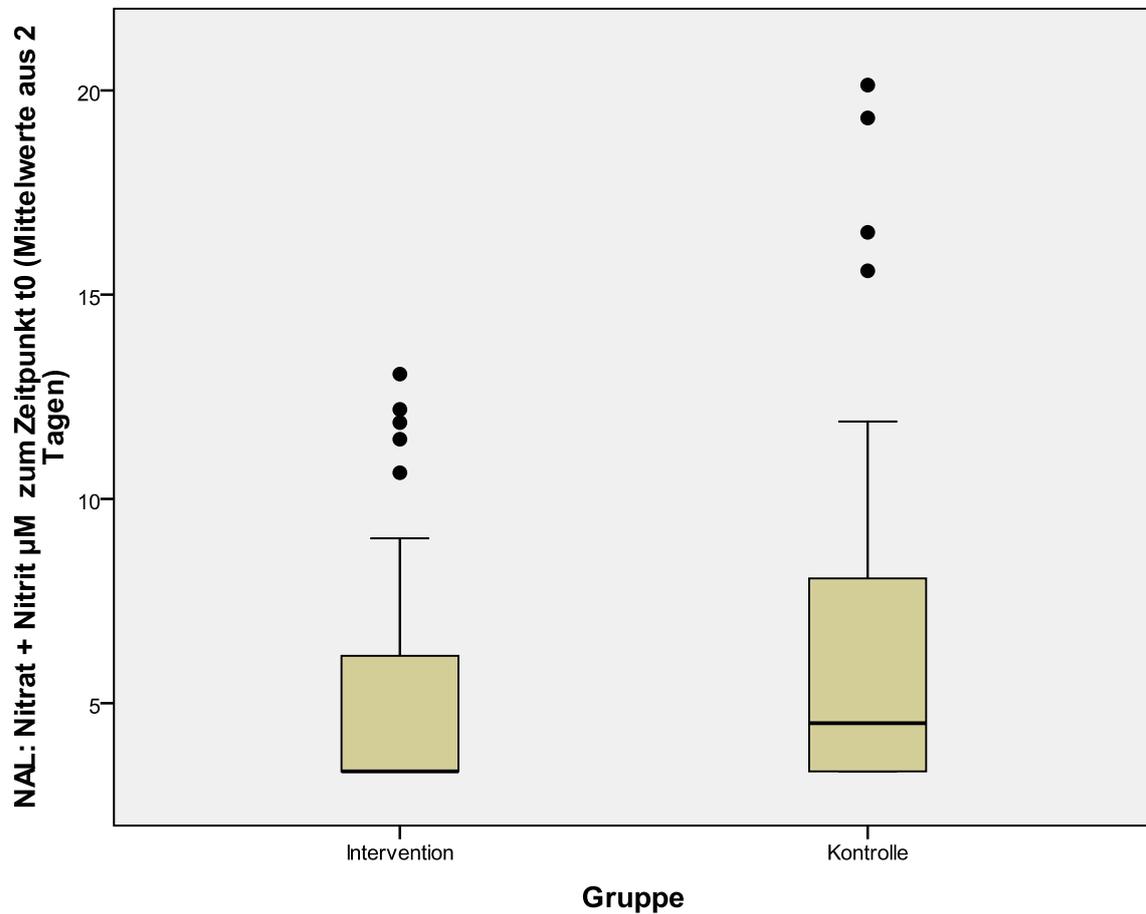
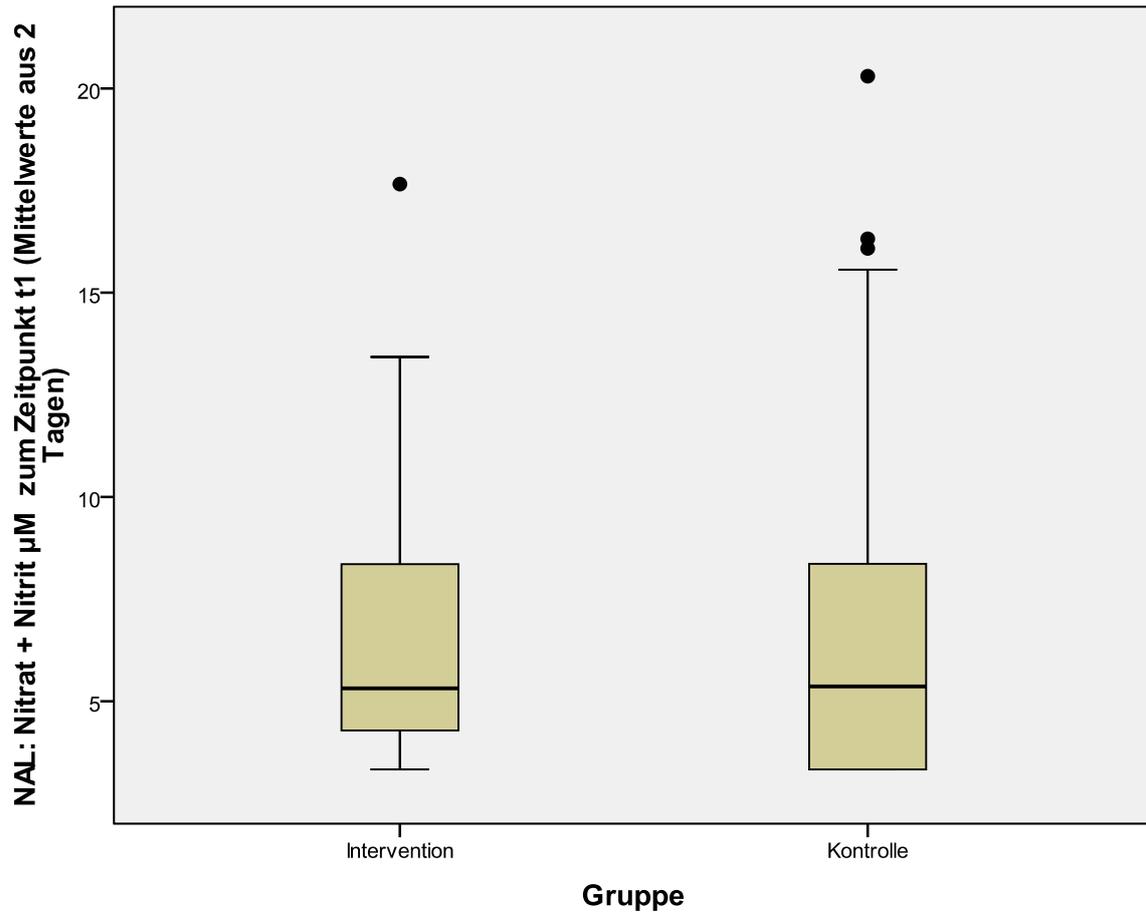
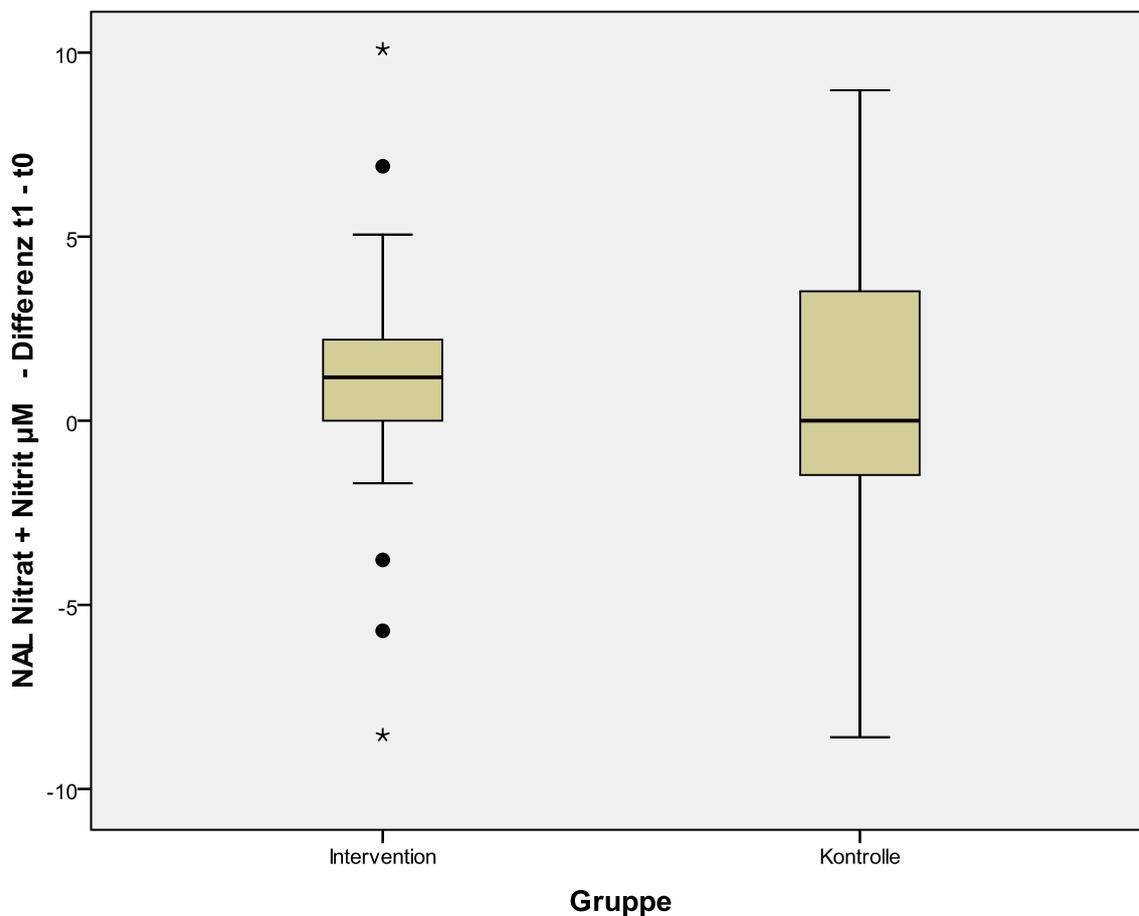


Abbildung 98: Nitrat+Nitrit-Konzentrationen zum Zeitpunkt t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)



**Abbildung 99: Nitrat+Nitrit-Konzentrationen zum Zeitpunkt t1 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tagen; Intention-to-treat Kollektiv)**

Entsprechend fand sich auch beim Vergleich der Konzentrationsdifferenz zwischen den beiden Gruppen kein Unterschied (IG Median 1,18µM/l; Mittelwert 1,47 µM/l; 95% KI 0,07; 2,87) (KG Median 0 µM/l; Mittelwert 0,53 µM/l; 95% KI -0,94; 1,99) (Abbildung 100).



**Abbildung 100: Differenz der Nitrat+Nitrit-Konzentration zum Zeitpunkt t1 und t0 in Interventions- und Kontrollgruppe (Mittelwerte der Werte von zwei aufeinander folgenden Tage) (Personen, von denen t0- und t1-Werte vorlagen)**

#### Angabe von körperlichen Beschwerden durch die Probanden

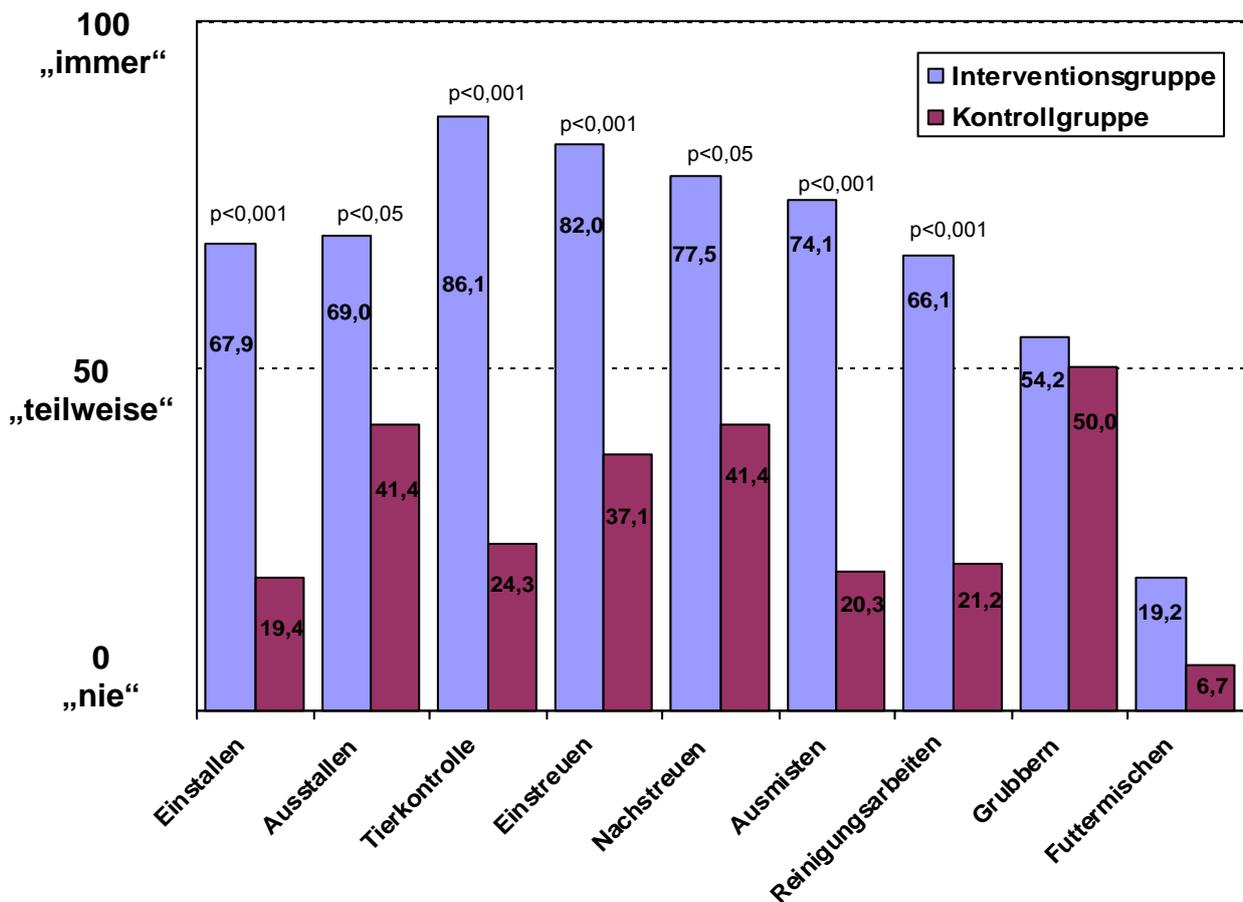
Während sich die Probanden zu Beginn der Untersuchung im Hinblick auf die angegebenen Beschwerden nicht unterschieden, fanden sich zum Zeitpunkt t1 Hinweise auf eine leicht erhöhte Beschwerdeprävalenz unter den Probanden der Kontrollgruppe im Hinblick auf das Symptom „Reizung der Nase in den letzten drei Monaten“. Dieses gaben mehr Probanden der Kontroll- als der Interventionsgruppe (KG: 15/41; IG: 8/36;  $p < 0,01$ ) an. Deutlich wurde allerdings auch, dass die Probanden der Interventionsgruppe dazu neigten, in der Untersuchungssituation selbst dieses Symptom häufiger anzugeben als die Probanden der Kontrollgruppe („Reizung der Nase aktuell“ – Zeitpunkt t0: IG: 12/45; KG: 3/42. Zeitpunkt t1: IG: 7/36 ; KG 0/41).

Bei den übrigen Symptomen fanden sich zurückblickend auf den Untersuchungszeitraum keine Unterschiede zwischen den Probanden der Interventions- und der Kontrollgruppe.

#### Angaben der Probanden zum Gebrauch von Atemschutz

Vor Beginn des Untersuchungszeitraums gaben die Probanden beider Gruppen nahezu gleich häufig an, nie (14 (IG) vs. 15 (KG)), sporadisch (26 (IG) vs. 22 (KG)) oder täglich (5 (IG) vs. 7 (KG)) Atemschutz zu tragen. Am Ende des Untersuchungszeitraums (t1) wurde bei der entsprechenden Befragung vor der Lungenfunktionsuntersuchung von signifikant mehr Probanden der Interventionsgruppe als der Kontrollgruppe angegeben, dass „täglich“ (bzw. immer) (Atemschutz bei der Arbeit am Tag selbst oder am Vortag) getragen wurde (nie: 0 (IG) vs. 16 (KG); sporadisch: 3 (IG) vs. 17 (KG); täglich: 34 (IG) vs. 8 (KG)). Dies galt für die meisten erfragten Tätigkeiten, wie Tierkontrolle, Reinigungsarbeiten, Einstallen, Ausstallen sowie das Mischen von Futter.

Auch im allgemeinen Fragebogen, der am Ende des Untersuchungszeitraums (t1) vorgelegt wurde, gaben die Probanden der Interventionsgruppe signifikant häufiger an, in den letzten drei Monaten (Frage 1.2 Abschlussfragebogen): Welche Tätigkeiten haben Sie in den letzten 3 Monaten ausgeführt? Und haben Sie dabei Staubmasken benutzt?) „immer“ oder „teilweise“ Staubmasken beim Einstallen, Einstreuen, Ausmisten und bei Reinigungsarbeiten sowie bei der Tierkontrolle getragen zu haben. Einzig beim Grubbern und beim Futtermischen wurden Staubmasken nach Angabe der Probanden in der Interventionsgruppe nicht häufiger getragen als in der Kontrollgruppe.



**Abbildung 101: Häufigkeit der Nutzung einer Staubmaske bei verschiedenen Tätigkeiten laut Angaben der Probanden von Interventions- und Kontrollgruppe. Die Angaben wurden numerisch transformiert („nie“=0, „teilweise“=50, „immer“ = 100) und grafisch aufgetragen. Statistische Analyse mittels Ch2-Test und ANOVA.**

Insgesamt lagen von 38 Probanden der Interventionsgruppe Tragetagebücher vor. Die durchschnittliche Tragedauer lag demnach bei ungefähr 2 Stunden pro Tag und der Tragekomfort wurde insgesamt mit „gut“ bewertet (MW: 1,4; Skala 1=„gut“, 2=„mittel“, 3=„schlecht“). 29 Probanden gaben einen „guten“ Tragekomfort an. Das waren 55 % der Tagesbewertungen (23 Probanden (26% der Tagesbewertungen): „mittel“, 8 Probanden (2% der Tagesbewertungen): „schlecht“). Wenn der Tragekomfort als „schlecht“ bezeichnet wurde, lag die durchschnittliche Tragezeit bei über 3 Stunden pro Tag (Tabelle 59).

	Anzahl der Tagesbewertungen	Ø Tragedauer in min
Staubmaske wurde getragen	1616 (100%)	MW: 134; Median: 90
...mit Tragekomfort „gut“	896 (55,4%)	MW: 153; Median: 120
...mit Tragekomfort „mittel“	425 (26,3%)	MW: 128; Median: 90
...mit Tragekomfort „Schlecht“	26 (1,6 %)	MW: 200; Median: 180
Staubmaske wurde nicht getragen	693	-
Ohne Angaben	205	-
Gesamt	2514	-

**Tabelle 59: Auswertung der Tragetagbücher zur Nutzung der Staubmasken, zur Tragedauer pro Tag und zur Bewertung des Tragekomforts.**

### Untersuchung der Lungenfunktion

Zusammengefasst wiesen 26 von 75 Probanden auffällige Befunde in der Lungenfunktion auf (14/37 in IG, 15/38 in KG). In der Zusammenschau von Daten aus der Anamnese, der serologischen Befunde und der Lungenfunktionsbefunde wurden die Lungenfunktionswerte klassifiziert (Tabelle 60). Hierbei fanden sich keine Unterschiede zwischen den Probanden der Interventions- und der Kontrollgruppe.

Beurteilung der Lungenfunktion	Gruppe	
	Intervention	Kontrolle
unauffällig	23	23
auffälliger Befund (keine weitere Charakterisierung möglich)	6	3
auffälliger Befund im Rahmen von Erkältungen	1	1
auffällige Befunde bei Tätigkeiten im Stall	3	3
expiratorische Flusslimitierung	1	5
Auffällige Befunde bei Erkältung und bei Tätigkeiten im Stall	1	2
Auffällige Lungenfunktionswerte, Verschlechterung bei Tätigkeiten im Stall	2	0
Auffällige Lungenfunktionswerte, Verschlechterung bei Erkältungen	0	1

**Tabelle 60: Klassifizierung der erhobenen Befunde (Zusammenschau aus Lungenfunktionswerten, Anamnese, Ergebnisse der serologischen Untersuchungen) bei Probanden der Interventions- und Kontrollgruppe (Intention-to-treat Kollektiv)**

Im Studienverlauf, d.h. im Vergleich der Lungenfunktionsbefunde vor und nach dem Untersuchungszeitraum, zeigten sich leichte Veränderungen in beiden Probandengruppen. Diese werden nachfolgend deskriptiv auf Ebene der absoluten und der auf einen Sollwert (Sollwerte nach EGKS93) bezogenen Ist-Werte (% vom Soll) im Vergleich der nachher- und der vorher-Werte dargestellt (t1-t0). Hierbei bedeuten positive Werte, dass es durchschnittlich zu einer Verbesserung des jeweiligen Parameters kam (=Zunahme der Absolut- bzw. der relativen Werte, % vom Soll), negative Werte, dass eine Verschlechterung des jeweiligen Untersuchungsparameters auftrat (=Abnahme der Absolut- bzw. Relativwerte, % vom Soll). Aus Platzgründen werden nachfolgend ausschließlich die Parameter FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>%FVC, PEF, MEF 50 und MEF 75 dargestellt (Tabelle 61).

	FVC (absolut) (t1-t0)		FVC (% vom Soll) (t1-t0)	
	Intervention	Kontrolle	Intervention	Kontrolle
Median	-0,065	0,035	-2,050	0,600
Mittelwert	0,054	0,412	-1,615	0,076
95% K.I.	-0,318	-0,352	-5,499	-5,041
	0,425	1,177	2,270	5,192
	p=0,134		p=0,452	

	FEV <sub>1</sub> (absolut) (t1-t0)		FEV <sub>1</sub> (% vom Soll) (t1-t0)	
	Intervention	Kontrolle	Intervention	Kontrolle
Median	0,010	0,090	0,700	1,400
Mittelwert	-1,488	0,344	1,309	3,655
95% K.I.	-4,487	-0,028	-3,453	-1,865
	1,512	0,717	6,072	9,175
	p<0,05		p=0,361	

	FEV <sub>1</sub> %FVC (absolut) (t1-t0)		FEV <sub>1</sub> %FVC (% vom Soll) (t1-t0)	
	Intervention	Kontrolle	Intervention	Kontrolle
Median	1,500	1,000	1,450	1,500
Mittelwert	2,797	1,66	3,6230	3,2770
95% K.I.	-0,534	-1,36	-,5595	,9000
	6,128	4,68	7,8055	5,6541
	p=0,778		p=0,681	

	PEF (absolut) (t1-t0)		PEF (% vom Soll) (t1-t0)	
	Intervention	Kontrolle	Intervention	Kontrolle
Median	0,275	0,365	3,350	5,900
Mittelwert	0,264	,10041	2,264	4,492
95% K.I.	-0,199	-,95600	-3,255	-,961
	0,726	1,15681	7,782	9,944
	p=0,541		p=0,506	

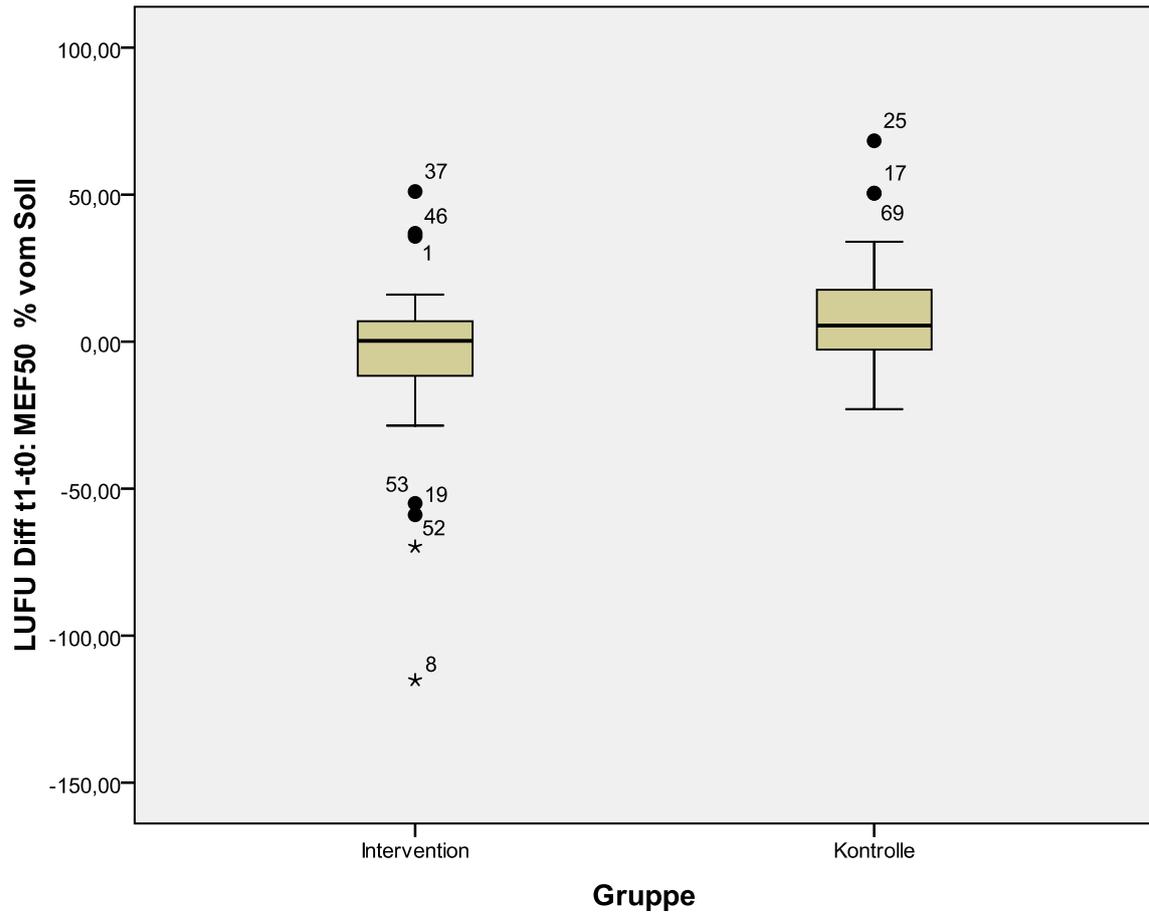
	MEF50 (absolut) (t1-t0)		MEF 50 (% vom Soll) (t1-t0)	
	Intervention	Kontrolle	Intervention	Kontrolle
Median	0,0400	0,305	0,250	5,450
Mittelwert	-,08919	,02338	-6,7189	9,4203
95% K.I.	-,43164	-,92116	-16,7083	2,8634
	,25326	,96792	3,2704	15,9771
	p=0,059		p<0,05	

	MEF75 (absolut) (t1-t0)		MEF 75 (% vom Soll) (t1-t0)	
	Intervention	Kontrolle	Intervention	Kontrolle
Median	0,190	0,265	1,750	3,200
Mittelwert	,10716	,30176	1,2730	2,5216
95% K.I.	-,44000	-,12873	-5,0015	-3,0008
	,65433	,73224	7,5475	8,0440
	p=0,661		p=0,884	

**Tabelle 61: Lungenfunktionsparameter (Differenz t1-t0) im Vergleich von Interventions- und Kontrollgruppe, p-Wert aus dem statistischen Vergleich mittels Mann-Whitney-U-Test**

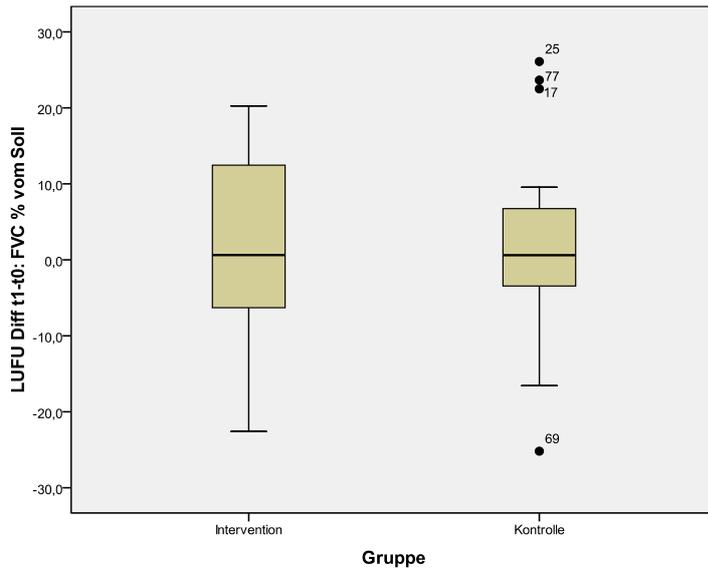
Im Mittel verbesserten sich die Lungenfunktionswerte in beiden Gruppen mit Ausnahme der FVC, die in der Interventionsgruppe etwas schlechter wurde. Die Verbesserung im Verlauf des Untersuchungszeitraums fiel bei den Parametern FEV<sub>1</sub> absolut und MEF 50 (% vom Soll) in der Kontrollgruppe signifikant stärker aus als in der Interventionsgruppe (p<0,05, Mann-Whitney-U-Test). Tendentiell gilt dieser Befund auch für den Parameter MEF 50 (absolut) (p=0,059).

In der grafischen Darstellung der zeitlichen Veränderungen beispielsweise im Parameter MEF 50 (% vom Soll) (t1-t0) im Gruppenvergleich wird deutlich, dass der Anteil von Probanden mit Verschlechterungen im Bereich dieses Parameters in der Interventionsgruppe deutlich größer ist als in der Kontrollgruppe (Abbildung 102). Hier zeigte die detailliertere Analyse, dass die Lungenfunktionswerte an den einzelnen Untersuchungstagen teilweise stark schwankten, so dass hier weitere Analysen (ggf. unter Ausschluss einzelner Probanden) erforderlich werden.

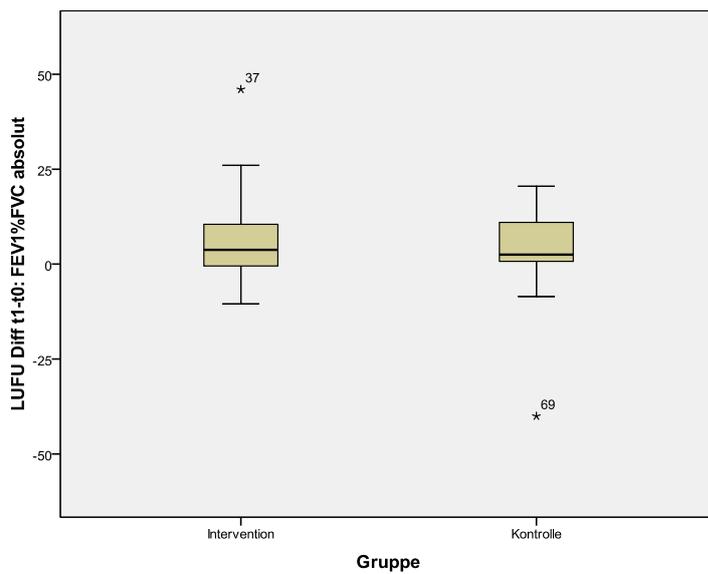


**Abbildung 102: Lungenfunktionsparameter MEF50 (% vom Soll) – Darstellung der Differenz nach und vor dem Untersuchungszeitraum in Interventions- und Kontrollgruppe (Intention-to-treat Kollektiv)**

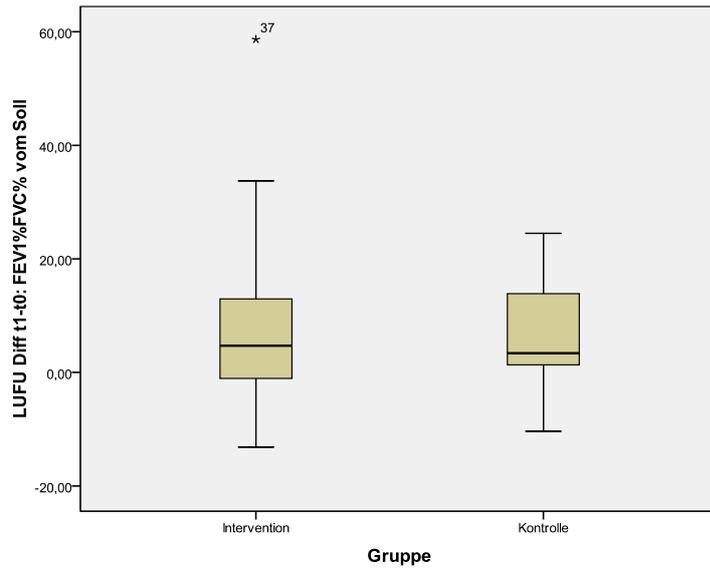
Bei Betrachtung nur der Probanden mit auffälligen Befunden in der Lungenfunktionsanalyse ergaben sich in dem sehr kleinen Kollektiv (n=29) keine signifikanten Unterschiede zwischen den Probanden der beiden Gruppen. In der grafischen Darstellung mittels Boxplots schienen sich manche Lungenfunktionsparameter bei den Probanden der Interventionsgruppe etwas stärker zu verbessern als bei den Probanden der Kontrollgruppe (z.B. FVC (% vom Soll), FEV<sub>1</sub>/FVC (absolut und % vom Soll), PEF (absolut), MEF75 (absolut und relativ zum Sollwert)).



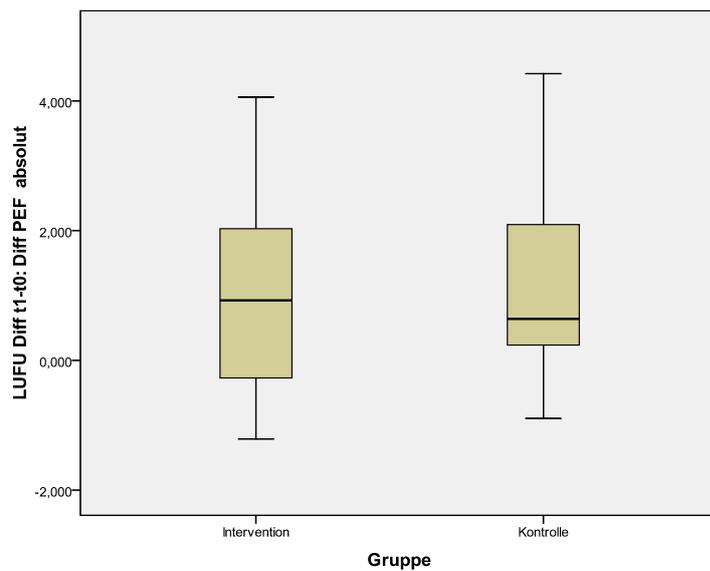
**Abbildung 103: Lungenfunktion - FVC % vom Soll (Differenz t1-t0) in der Interventions- und Kontrollgruppe (nur Probanden mit auffälligen Befunden, n=14 IG, n=15 KG)**



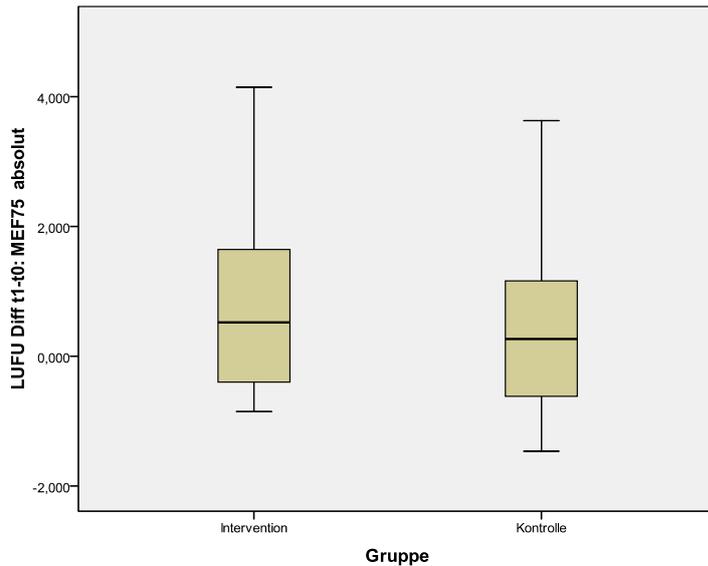
**Abbildung 104: Lungenfunktion – FEV<sub>1</sub>/FVC (absolut) in der Interventions- und Kontrollgruppe (nur Probanden mit auffälligen Befunden, n=14 IG, n=15 KG)**



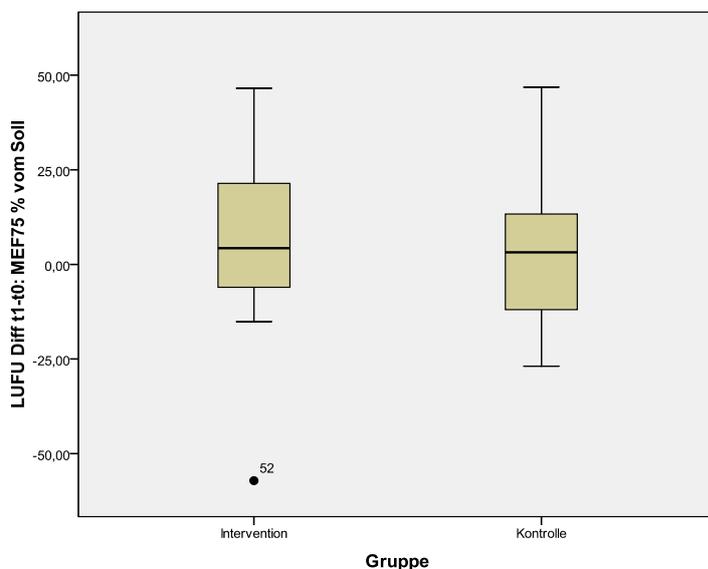
**Abbildung 105: Lungenfunktion – FEV<sub>1</sub>/FVC (% vom Soll) (Differenz t<sub>1</sub> – t<sub>0</sub>) in der Interventions- und Kontrollgruppe (nur Probanden mit auffälligen Befunden, n=14 IG, n=15 KG)**



**Abbildung 106: Lungenfunktion – PEF (absolut) (Differenz t<sub>1</sub> – t<sub>0</sub>) in der Interventions- und Kontrollgruppe (nur Probanden mit auffälligen Befunden, n=14 IG, n=15 KG)**



**Abbildung 107: Lungenfunktion – MEF75 (absolut) (Differenz t1 – t0) in der Interventions- und Kontrollgruppe (nur Probanden mit auffälligen Befunden, n=14 IG, n=15 KG)**

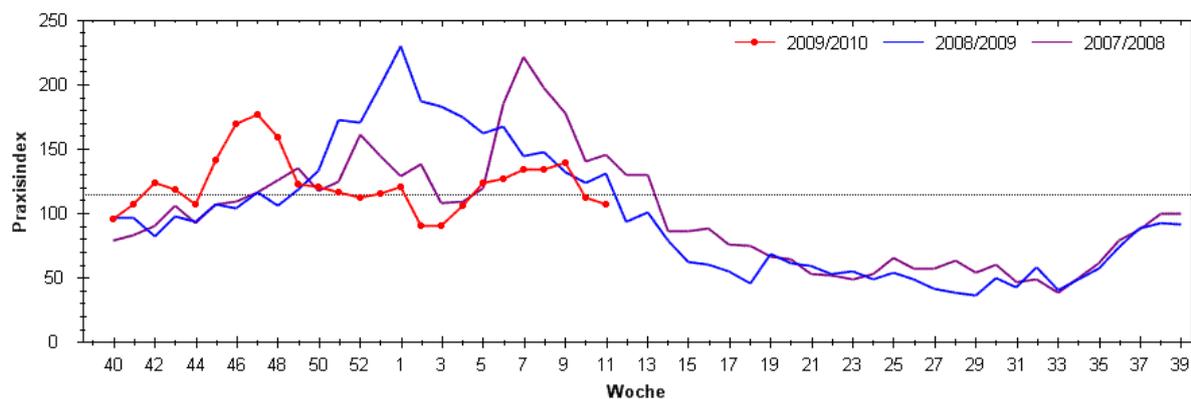


**Abbildung 108: Lungenfunktion – MEF75 (% vom Soll) (Differenz t1 – t0) in der Interventions- und Kontrollgruppe (nur Probanden mit auffälligen Befunden, n=14 IG, n=15 KG)**

Die generell positive Tendenz der Lungenfunktionswerte sowohl in der Interventions- als auch der Kontrollgruppe könnte möglicherweise auf den jahreszeitlich bedingten Rückgang von Atemwegserkrankungen in der Allgemeinbevölkerung im Verlauf des Untersuchungszeitraums zurückzuführen sein. Aus der grafischen Darstellung der im Rahmen der Influenza-Überwachung erhobenen Daten aus dem Winter 2008/2009 geht hervor, dass die Zahl akuter respiratorischer Erkrankungen in Nordrhein-Westfalen (=Studienregion) von der 48. Kalenderwoche 2008 bis zur 11. Kalenderwoche 2009 erhöht war (Abbildung 109). Der Studienzeitraum lag zwischen der 2.

und der 22. Kalenderwoche 2009 und reichte damit bis in den Zeitraum mit deutlich niedrigerem Infektionsgeschehen als zu Beginn der Studie.

Darüber hinaus muss bei Betrachtung der Lungenfunktionswerte berücksichtigt werden, dass in der Interventionsgruppe der Anteil aktueller Raucher höher war als in der Kontrollgruppe. Bei einem höheren Nichtraucheranteil wären die Verbesserungen der Lungenfunktion in der Interventionsgruppe möglicherweise etwas deutlicher ausgefallen als dies der Fall war.

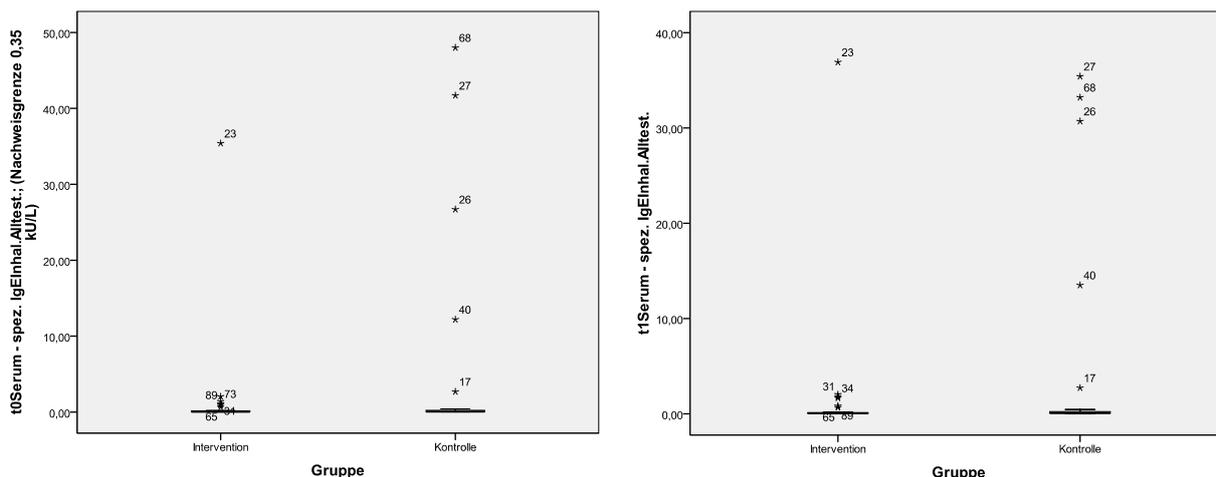


**Abbildung 109: Häufigkeit akuter respiratorischer Erkrankungen in Nordrhein-Westfalen im Untersuchungszeitraum (blaue Linie). Werte unterhalb der gestrichelten Linie (Praxisindex 115) entsprechen der Hintergrundaktivität.**

### Sensibilisierung

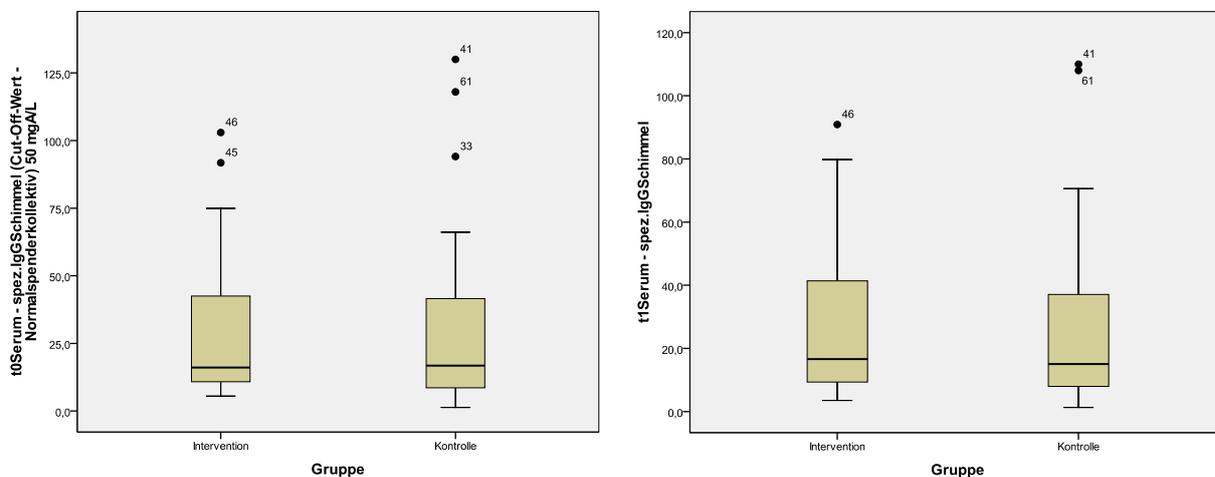
Wie oben dargestellt, war der Anteil von Personen mit einer Sensibilisierung gegenüber inhalativen Allergenen generell wie auch Milben oder Schimmelpilzen in der Interventions- und Kontrollgruppe gleich verteilt. Auch die Konzentration der entsprechenden IgE- bzw. IgG-Antikörper war annähernd gleich.

Nach dem Untersuchungszeitraum wiesen beim Suchtest auf inhalative Allergene (sx1) in der Interventionsgruppe einige Probanden geringere Antikörperkonzentrationen als zu Beginn der Untersuchung. Dies resultierte im Gruppenvergleich zum Zeitpunkt t1 in einem knapp nicht signifikanten Unterschied der Mittelwerte (1,38 IG vs. 3,5 KG) und Mediane (0,06 IG vs. 0,095 KG) (Mann-Whitney-U-Test  $p=0,062$ ) (Abbildung 110).



**Abbildung 110: Ergebnis des Suchtest auf inhalative Allergene (sx1) vor (t0) und nach (t1) dem Untersuchungszeitraum in Interventions- und Kontrollgruppe (intention-to-treat Kollektiv)**

Im Hinblick auf den Nachweis Schimmelpilz-spezifischen IgG (mx1) reduzierte sich die Zahl von „Extremwerten“ in der Werteverteilung in der Interventionsgruppe von 2 (t0) auf 1 (t1), während diese Zahlen bei 3 (t0) und 2 (t1) in der Kontrollgruppe lagen (Abbildung 111). Dieser geringe Unterschied war allerdings nicht signifikant.



**Abbildung 111: Ergebnis des Suchtest auf spezifisches Ig G gegen Schimmelpilze (IgG) (mx1) vor (t0) und nach (t1) dem Untersuchungszeitraum in Interventions- und Kontrollgruppe (intention-to-treat Kollektiv)**

Aufgrund der vergleichsweise kleinen Fallzahlen (Anzahl Probanden mit erhöhten Werten) müssen diese Ergebnisse allerdings zurückhaltend bewertet werden.

#### 4.11.4 Diskussion

##### Diskussion der Methodik und Durchführungsbedingungen

Die vorliegend dargestellte Cluster-randomisiert kontrollierte Studie erforderte aufgrund der Rahmenbedingungen einen sehr großen Aufwand: zum einen lagen die Betriebe über ganz Nordrhein-Westfalen verteilt, zum anderen konnten auf den einzelnen Betrieben jeweils nur 1 bis maximal 4 Probanden rekrutiert werden. Die Studiendurchführung unter realen Bedingungen bedingte eine sehr hohe externe Validität. Zugleich war mit dieser Art der Studienkonzeption allerdings auch verknüpft, dass z.B. die Compliance, d.h. das konsequente Tragen des Atemschutzes, nicht unmittelbar überprüft werden konnte. Die Kontrolle des Tragens von Atemschutz erfolgte stattdessen indirekt, indem die Probanden angehalten wurden, alle gebrauchten Masken zu sammeln. Die Anzahl der gesammelten Masken wurde am Ende des Untersuchungszeitraums grob visuell überprüft. Aus Kostengründen war es nicht möglich, das regelmäßige Tragen von Atemschutz z.B. durch unangekündigte Besuche von Study Nurses auf dem Hof zu überprüfen.

##### Diskussion des Probandenkollektivs

Mit den initial eingeschlossenen  $n=89$  bzw. den  $n=75$  Probanden, von denen Werte zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  vorlagen, wurde die angestrebte Fallzahl von 112 Probanden nicht erreicht. Dies gilt umso mehr, als dass der Design Effekt (berechnet aus dem ICC von 0,0295 für den Parameter IL-8 und der mittleren Clustergröße von 1,68) 1,02 betrug und sich daraus nach der oben dargestellten Formel eine erforderliche Fallzahl von 102 Probanden bzw. (unter Berücksichtigung einer Drop-out-Rate von 10%) 114 Probanden ergibt.

Die Power der Studie war somit bei weitem niedriger als in der Planung angenommen.

Die Probanden der Interventions- und der Kontrollgruppe waren vergleichbar im Hinblick auf eine Vielzahl möglicher Confounder bzw. Expositionsbedingungen. Einzig der Anteil aktueller Raucher und der Anteil von Nichtraucher waren in der Interventionsgruppe höher. Da diese beiden Befunde etwas gegenläufige Effekte im Hinblick auf die Reagibilität der Atemwege bei Endotoxin-Exposition und auf die Lungenfunktion haben (Raucher → evtl. weniger Effekte sichtbar; mehr Nichtraucher → stärkere

Empfänglichkeit gegenüber Stallstaub), ist ihr Effekt auf mögliche Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe nicht vorherzusagen.

Allgemein kann die Randomisierung als geglückt bezeichnet werden.

#### Diskussion der Ergebnisse - NALF:

Die Reaktion der Nasenschleimhaut, wie es durch die Konzentration von Zytokinen abgebildet wurde, fiel bei den untersuchten Parametern unterschiedlich aus. Generell fanden sich in beiden Probandengruppen gleichgerichtete Veränderungen, die am ehesten mit dem jahreszeitlichen Verlauf zu erklären sind. Eine multivariate Analyse wurde nur bei den beiden Hauptzielgrößen IL-8 und TNF-alpha durchgeführt – bei letzterem Parameter brachte diese Vorgehensweise allerdings aufgrund des hohen Anteils von Werten unterhalb der Nachweisgrenze nicht die gewünschte zusätzliche Aufklärung möglicher Zusammenhänge. Bei IL-8 wurde in der multivariaten Analyse deutlich, dass die Konzentrationen am Ende des Untersuchungszeitraums nur von der Konzentration zu Beginn des Untersuchungszeitraums abhängig zu sein scheint. Ein Gruppeneffekt und damit ein Effekt der Intervention ließ sich im multivariaten Modell nicht abbilden.

Für die übrigen Parameter werden multivariate Analysen im weiteren zeitlichen Verlauf im Rahmen der Erstellung einer wissenschaftlichen Veröffentlichung durchgeführt werden. Auf dem Niveau der aktuellen deskriptiven Auswertungen stellt sich das Bild wie folgt dar:

- IL-8: Im Zeitverlauf steigt der Anteil von Probanden mit erhöhten Werten, woraus sich im Mittel ein Konzentrationsanstieg ergibt. Dieser ist in erster Linie abhängig vom IL-8-Wert zu Beginn der Untersuchung, ein Effekt der Gruppenzugehörigkeit ist nicht darstellbar.
- TNF-alpha: Der in beiden Gruppen beschreibbare leichte Konzentrationsanstieg (bzw. die Zunahme von Probanden mit Werten über der Nachweisgrenze) fällt tendenziell in der Interventionsgruppe höher aus als in der Kontrollgruppe. Dies mag allerdings an den zu Beginn höheren Werten in der Kontrollgruppe liegen. Eine multivariate Analyse ist nicht durchführbar.
- IL-1: Der leichte Konzentrationsablauf im Zeitverlauf fällt in der Interventionsgruppe etwas stärker aus als in der Kontrollgruppe.
- sCD14: Hier findet sich ein leichter Abfall der Konzentration in beiden Gruppen, der in der Kontrollgruppe (bei höheren Werten zu Beginn des Untersuchungszeitraums) stärker ausfällt.

- IL-5: Bei in beiden Gruppen ähnlichen Ausgangskonzentrationen fällt der in beiden Gruppen zu beobachtende Konzentrationsanstieg in der Interventionsgruppe deutlich stärker aus als in der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied ist signifikant.
- LTB<sub>4</sub>: Bei initial ähnlichen Konzentrationen findet sich im Zeitverlauf ein Abfall der Konzentrationen in beiden Gruppen, der in der Interventionsgruppe deutlicher ausfällt als in der Kontrollgruppe.
- Nitrat+Nitrit: Bei diesem Parameter findet sich in beiden Gruppen keine Veränderung im Zeitverlauf.

### Diskussion der Ergebnisse – Beschwerden im Bereich der Atemwege

Während sich die Angaben der Probanden zu Beschwerden im Bereich der Atemwege zu Beginn des Untersuchungszeitraums nicht unterschieden, gaben die Teilnehmenden aus der Kontrollgruppe am Ende signifikant häufiger eine „Reizung der Nase in den letzten drei Monaten an“. Die deutlich seltenere Angabe dieses Symptoms in der Interventionsgruppe mag auf die Verwendung von Atemschutz zurückzuführen sein.

### Diskussion der Ergebnisse – Gebrauch von Atemschutz

Während sich die Probanden in ihren Angaben zum Gebrauch von Atemschutz vor dem Untersuchungszeitraum nicht unterschieden, zeigten sich am Ende deutliche und signifikante Unterschiede: die Probanden der Interventionsgruppe gaben sowohl in der Befragung zu den zurückliegenden drei Monaten (= Interventionszeitraum) als auch (Befragung im Rahmen der Lungenfunktionsuntersuchung) im Bezug auf den Vortag an signifikant häufiger an, Atemschutz getragen zu haben.

Bei der Analyse der einzelnen Tätigkeiten, bei denen das Tragen von Atemschutz zu empfehlen wäre, fiel allerdings auf, dass auch die Probanden der Interventionsgruppe Atemschutz nicht konsequent tragen bei den erfragten Tätigkeiten Grubbern der Einstreu im Stall und Futter mischen. Hier wurde möglicherweise im Rahmen der Schulung nicht deutlich genug, dass Atemschutz auch bei diesen Tätigkeiten sinnvoll ist.

Die Angaben zur Tragehäufigkeit von Atemschutz wurden in der Interventionsgruppe dadurch überprüft, dass die Anzahl der von den Probanden während des Untersu-

chungszeitraums getragenen Masken grob visuell überprüft wurde. Hierbei konnten die Angaben der Probanden in der Regel bestätigt werden, d.h. in den ausgegebenen Sammelbehältern fand sich eine der Dauer des Untersuchungszeitraums angemessene Anzahl von gebrauchten Masken.

### Diskussion der Ergebnisse – Befunde in der Lungenfunktionsuntersuchung

Der hohe Anteil von Probanden mit auffälligen Befunden aus der Lungenfunktionsuntersuchung (26/75, d.h. 35%) bestätigt die Daten aus der Literatur. Teilweise wiesen die Probanden bereits starke Einschränkungen der Lungenfunktion auf (Daten hier nicht gezeigt), so dass diese bei der Übersendung der Befunde aufgefordert wurden, zur weiteren Abklärung und Einleitung einer Therapie den Hausarzt oder einen Lungenspezialisten aufzusuchen. In fünf Fällen legte die Zusammenschau von Anamnese, Befunden zur Sensibilisierung und Lungenfunktion den Verdacht auf das Vorliegen einer Berufskrankheit nahe.

Generell wurde eine Verbesserung der Lungenfunktionsparameter im Zeitverlauf deutlich, was am ehesten auf jahreszeitliche Effekte zurückzuführen ist. Im Hinblick auf die Bewertung von Veränderungen der Lungenfunktionsbefunde auf Ebene der Gruppen zeigt sich derzeit noch ein etwas unscharfes Bild. Im Rahmen der Vorbereitung einer wissenschaftlichen Veröffentlichung werden entsprechend weitere Analysen durchgeführt. Hier wird insbesondere auf die Bildung von Mittelwerten zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  verzichtet werden und stattdessen nur der jeweils bessere Lungenfunktionsbefund in die Analysen einfließen.

Gerade bei Betrachtung nur der Probanden mit auffälligen Lungenfunktionsbefunden scheint sich abzuzeichnen, dass die im Zeitverlauf auftretenden Verbesserungen ausgewählter Lungenfunktionsparameter bei den Mitgliedern der Interventionsgruppe deutlicher ausfallen als bei den Probanden der Kontrollgruppe. Dieser Befund stützt die Beobachtung, dass auf individueller Ebene durchaus Verbesserungen von Lungenfunktion und angegebenen Beschwerden mit dem konsequenten Tragen von Atemschutz assoziiert war und von den Probanden teilweise auch entsprechend erlebt wurde.

### Diskussion der Ergebnisse – Befunde zur Sensibilisierung

Die Untersuchung auf eine mögliche Sensibilisierung war ursprünglich nur zur Beschreibung möglicher Confounder geplant. Aufgrund der initial gefundenen hohen Prävalenz auffälliger Befunde erfolgte jedoch auch eine serologische Untersuchung zum Zeitpunkt t1, so dass die Werte als zusätzliche sekundäre Zielgrößen zur Verfügung standen.

Nach dem Interventionszeitraum wiesen einige Probanden der Interventionsgruppe niedrigere Werte im Suchtest auf inhalative Allergene (sx1) und im Test auf Schimmelpilz-spezifisches Antigen (mx1) auf. Diese Befunde werden im Rahmen einer wissenschaftlichen Veröffentlichung in Zusammenschau mit der im Rahmen eines Eigenprojekts des IPA erhobenen Konzentration von Allergenen weiter betrachtet werden.

In der Zusammenschau aller erhobenen Befunde bleibt festzuhalten, dass nicht zuletzt aufgrund der zu geringen Fallzahl keine statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen beschrieben werden konnte. Dennoch lassen die vorliegenden Befunde die Beschreibung eines positiven Effekts von Atemschutz bei Beschäftigten in der Geflügelhaltung zu. Dies gilt sowohl auf Ebene von Individuen mit im Vorfeld auffälligen Lungenfunktionsbefunden bzw. Atemwegsbeschwerden z.B. tätigkeitsassoziierte und/oder in Zusammenhang mit einem Infekt der Atemwege stehend als auch auf Ebene der Gruppen.

Diese Effekte sollen in weiteren Analysen der erhobenen Daten im Rahmen einer wissenschaftlichen Veröffentlichung weiter herausgearbeitet werden. Zugleich bleibt abzuwarten, ob die im Rahmen eines zeitlich versetzt durchgeführten Forschungsprojektes (Förderung durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Projekt F 2006) erhobenen Daten weitere Aufklärung im Hinblick auf die Reaktionsmuster der Atemwege bei konsequentem Tragen von Atemschutz ermöglichen.

## **E4 Ergänzende multivariate Analysen der erhobenen Parameter**

Zusätzlich zu den multivariaten Analysen der beiden Hauptzielgrößen (vgl. Abschlussbericht) wurden - soweit dies aus methodischen Gründen möglich war - weitere multivariate Analysen mit einem hypothesen-generierenden Ansatz durchgeführt für weitere Zytokine aus der NALF, den Expositionsparameter Schimmelpilz IgG (mx1) und Parameter der Lungenfunktion.

### ***E4.1 Multivariate Analyse weiterer Zytokine aus der NALF (Ergänzung zu Kapitel 4.11.3 Abschlussbericht)***

Die Zytokine aus der NALF, die stetig verteilt waren (d.h. keinen großen Anteil von Werte unter bzw. über der Nachweisgrenze aufwiesen) wurden analog zu den im Abschlussbericht dargestellten multivariaten Analysen für die Parameter IL-8 und TNF-alpha betrachtet. Dabei wurden – hypothesen-generierend - jeweils vier Modelle gebildet.

Modell eins betrachtete den

- a) Effekt der Gruppenzugehörigkeit (Interventionsgruppe – Kontrollgruppe) bzw.
- b) den Einfluss des jeweiligen Ausgangswerts zum Zeitpunkt t<sub>0</sub>, d.h. zu Beginn des Untersuchungszeitraums

auf den „post“-Wert (t<sub>1</sub>), d.h. des Wertes, der nach dem Interventionszeitraum beobachtet wurde.

In einem zweiten Modell wurde dann zusätzlich der mögliche Effekt der Interaktion der beiden oben beschriebenen Einflussgrößen betrachtet. Die dritte Modellbildung berücksichtigte den Einfluss des Intracluster-Korrelationskoeffizienten und damit den Einfluss der Betriebszugehörigkeit der Probanden, und schließlich wurden im vierten Modell zusätzlich die möglichen Confounder „Rauchgewohnheiten“ und „Tierhaltungsform“ einbezogen. Die Tierhaltungsformen wurden hierbei wie in Kapitel 3 beschrieben zusammengefasst in reine „Legehennenhaltung“ (= Probanden, die nur in

der Legehennenhaltung tätig waren), „sonstige Hühnerhaltung“ (=Probanden, die sonstige Hühnerhaltung betrieben) und „Putenhaltung“. Betriebe die sowohl Hühner- als auch Putenhaltung betrieben, hätten zu einer Unschärfe der Ergebnisse führen können. Diese und die einzelne Entenhaltung wurden in der Kategorie „Mischhaltungen“ (siehe Seite 9 oben) mitgeführt, gingen aber nicht in Betrachtung ein.

#### 4.1.1 Multivariate Analyse der sCD14 Konzentrationen

Bivariat konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe dargestellt werden (vgl. Abschlussbericht Kapitel 4.11.3 und die obige Darstellung unter EE3.2). Im Mittel lagen die Konzentrationen für die Interventionsgruppe nach dem Untersuchungszeitraum bei 1553 pg/ml und für die Kontrollgruppe bei 1595 pg/ml (Tabelle E 2). Die multivariate Analyse des Nasallavage-Parameters sCD14 ergab als ausschlaggebenden Prädiktor zur Erklärung des ersten Modells die Ausgangskonzentration zum Zeitpunkt t0. Bei einer Fallzahl von n=75 Probanden (Intervention: 37, Kontrolle: 38) und einem R-Quadrat von 0,162 ( $p=0,002$ ) resultiert die Ausgangskonzentration als hoch signifikanter Prädiktor ( $b=0,571$ ;  $p<0,001$ ). Ein Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war dagegen nicht zu erkennen (Tabelle E 3). Durch Modellbildung, unter Berücksichtigung der Interaktion von Gruppenzugehörigkeit und Ausgangswerten (Modell 2), des Intracluster-Korrelationskoeffizienten (Modell 3, Tabelle E 29 im Anhang) oder dem Einfluss von Rauchverhalten und Tierhaltungsart (Modell 4) ergab sich keine bessere Aufklärung der beobachteten Effekte (Tabelle E 30 im Anhang).

#### Deskriptive Statistiken

Abhängige Variable: SCD14 zu t1 pg/ml

(Messbereich 62,5 - 4000 pg/ml) in der NALF

Gruppe	Mittelwert	Standard- abweichung	N
1 Intervention	1553,5	2313,4	37
2 Kontrolle	1595,2	2106,4	38
Gesamt	1574,6	2196,0	75

Tabelle E 2: Deskriptive Statistik für sCD14 zum Zeitpunkt t1 nach Gruppenzugehörigkeit

**Parameterschätzer**

Abhängige Variable: sCD14 zu t1 (pg/ml) in der NALF

Parameter	Regressions- koeffizientB	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	588,5	427,0	1,4	0,2	-262,7	1439,7
Interventionsgruppe	33,9	471,2	0,1	0,9	-905,5	973,2
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.
sCD14 zu t0(pg/ml)	0,6	0,2	3,7	0,0	0,3	0,9

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

R<sup>2</sup>= und Signifikanz für Modell

**Tabelle E 3: Ergebnis der multivariaten Analyse der sCD14-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung der Ausgangskonzentration als Prädiktor (R<sup>2</sup>=0,162; p=0,002)**

#### 4.1.2 Multivariate Analyse der IL-1beta-Konzentrationen

In der bivariaten Analyse ergaben sich im Gruppenvergleich leichte Unterschiede, die tendenziell, aber nicht signifikant, auf einen stärkeren Abfall der Konzentrationen im Untersuchungsverlauf bei den Kontrollen hindeuteten (vgl. Abschlussbericht Kapitel 4.11.3) Konzentrationen zu t1: IG: 2,00 pg/ml; KG: 1,97 pg/ml (Tabelle E 4). Für die multivariate Analyse der IL-1-beta-Konzentrationen (Modell 1) ergab sich in der Modellbildung (n=74, R<sup>2</sup>=0,026, p=0,390, Tabelle E 5) für keine der betrachteten Variablen (Gruppenzugehörigkeit und Ausgangskonzentration) ein signifikantes Ergebnis. Die beste Aufklärung für die Effekte liefert die Ausgangskonzentration mit einem Regressionskoeffizienten von b=0,366 und einer Signifikanz von p=0,171 (Daten hier nicht gezeigt). Auch die Berücksichtigung von Interaktion von Gruppe und Ausgangskonzentration (Modell 2, Tabelle E 32 im Anhang), Intracluster-Korrelationskoeffizient (Modell 3, Tabelle E 33; Rauchgewohnheiten und Tierhaltungsart (Modell 4, Tabelle E 34:) verbesserten die Kennzahlen des Modells jeweils nicht.

**Deskriptive Statistiken**

Abhängige Variable: IL-1-β zu t1 pg/ml Messbereich (0,4-300 pg/ml)

Gruppe	Standard-		N
	Mittelwert	abweichung	
1 Intervention	2,0038	6,19401	36
2 Kontrolle	1,9701	3,18429	38

**Deskriptive Statistiken**Abhängige Variable: IL-1- $\beta$  zu t1 pg/ml Messbereich (0,4-300 pg/ml)

Gruppe	Standard-		N
	Mittelwert	abweichung	
1 Intervention	2,0038	6,19401	36
2 Kontrolle	1,9701	3,18429	38
Gesamt	1,9865	4,85120	74

**Tabelle E 4: Deskriptive Statistik für IL-8 zum Zeitpunkt t1 nach Gruppenzugehörigkeit****Parameterschätzer**Abhängige Variable: MWIL-1- $\beta$  zu t1 (pg/ml)

Parameter	Regressions- koeffizient B	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,1	1,0	1,1	0,3	-0,9	3,1
Interventionsgruppe	0,2	1,1	0,2	0,8	-2,0	2,5
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.
IL-1- $\beta$ zu t0 (pg/ml)	0,4	0,3	1,4	0,2	-0,2	0,9

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

R<sup>2</sup>=0,026, p=0,390**Tabelle E 5: Ergebnis der multivariaten Analyse der IL-1- $\beta$ -Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung der Ausgangskonzentration als Prädiktor****E4.2 Multivariate Analyse des IgG (mx1) - Schimmelpilze**

Der als Expositionsparameter gegenüber Schimmelpilzen zu betrachtende Parameter IgG (mx1) – spezifische Antikörper der Klasse IgG gegen Schimmelpilze der Mischung mx1 – zeigte keine signifikanten Unterschiede im bivariaten Vergleich der Gruppen (vgl. Kapitel 4.11.3; Abschlussbericht). Im Mittel betragen die Konzentrationen für Interventions- und Kontrollgruppe zu t1 26,4 mgA/l. Im multivariaten Modell 1 (n=68; R<sup>2</sup>=0,821; p=0,000) war der Endwert (Zeitpunkt t1) signifikant von der Anfangskonzentration zu t0 abhängig (b=0,817, p<0,001) (Tabelle E 7). Das Modell 2 mit Betrachtung der Interaktion von Gruppenzugehörigkeit und Ausgangswert ergab hier keine Änderungen (Tabelle E 35 im Anhang). Die Clusterzugehörigkeit hatte keinen Effekt auf die Höhe der Konzentration nach dem Interventionszeitraum (Modell 3) (Tabelle E 36 im Anhang), während sich im vierten Modell ein signifikanter Einfluss durch die Rauchgewohnheiten von p<0,05 zeigte, aber nicht durch die gehaltene Tierart (Daten nicht gezeigt) (Tabelle E 37 im Anhang). Hier wiesen Nichtraucher

mit im Median 14,2 mgA/l (I: 14,8 mgA/l; K:14,0 mgA/l) und Exraucher mit im Median 24,1 mgA/l (I: 51,1 mgA/l; K: 19,7 mgA/l) höhere Konzentrationen als Raucher im Median 9,0 mgA/l (I: 7,7 mgA/l; K: 10,4 mgA/l) IgG (mx1) auf (Tabelle E 8).

### Deskriptive Statistiken

Abhängige Variable:t1 spez.IgG Schimmelpilze (mx1) (mgA/l)

Gruppe	Mittelwert	Standard-abweichung	N
1 Intervention	26,4	23,4	33
2 Kontrolle	26,4	28,3	35
Gesamt	26,4	25,8	68

**Tabelle E 6: Deskriptive Statistik für IgG (mx1) zum Zeitpunkt t1 nach Gruppenzugehörigkeit**

### Parameterschätzer

Abhängige Variable:t1 Serum - spez.IgG Schimmelpilze

Parameter	Regressions- koeffizientB	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,8	2,4	0,8	0,5	-2,9	6,5
Interventionsgruppe	0,9	2,7	0,3	0,7	-4,4	6,3
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.
t0 Serum - spez.IgG Schimmelpilze	0,8	0,0	17,3	0,0	0,7	0,9

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

n=68; R<sup>2</sup>=0,821; p=0,000

**Tabelle E 7: Ergebnis der multivariaten Analyse IgG (mx1)-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung der Ausgangskonzentration als Prädiktor**

Intervention	n	Median	Mittelwert	95% Konfidenzintervall	
				untere Grenze	obere Grenze
Nichtraucher	23	14,8	22,3	14,5	30,0
ehem. Raucher	3	51,1	40,3	-8,2	88,9
Raucher	7	7,7	34,0	-,06	68,7

Kontrolle	N	Median	Mittelwert	95% Konfidenzintervall	
				untere Grenze	obere Grenze
Nichtraucher	20	14,0	23,4	10,9	36,0
ehem. Raucher	13	19,7	28,3	15,3	41,2
Raucher	5	10,4	34,7	-21,1	90,5

Tabelle E 8: IgG (mx1)-Konzentrationen (mgAlI) nach dem Interventionszeitraum (t1) nach Rauchverhalten (Median, Mittelwert, 95% Konfidenzintervall) je Gruppe (Interventions- / Kontrollgruppe)

### ***E4.3 Multivariate Analyse ausgewählter Lungenfunktionsparameter***

#### **4.3.1 Multivariate Analyse der relativen Einsekundenkapazität FEV1%FVC (% vom Soll)**

In der bivariaten Analyse hatten sich zum Zeitpunkt t1 keine signifikanten Unterschiede zwischen Intervention- und Kontrollgruppe ergeben, wohl aber fanden sich auf Ebene der beiden Gruppen jeweils signifikante Unterschiede im Zeitverlauf (vgl. Abschlussbericht Kapitel 4.11.3 und obige Darstellung unter EE3.2). Die Endwerte lagen im Mittel bei 103% bzw. 99% vom Sollwert (Tabelle E 10). Im ersten multivariaten Modell ( $R^2=0,522$ ;  $n=76$ ,  $p=0,000$ ) resultierte allerdings ausschließlich der Ausgangswert zu t0 ( $b=0,642$ ;  $p<0,001$ ) als Prädiktor; die Gruppenzugehörigkeit war knapp nicht signifikant ( $p=0,103$ ) (Tabelle E 11). Im nächsten Modellschritt ( $R^2=0,569$ ) zeigte sich unter Berücksichtigung der Interaktion von Gruppenzugehörigkeit und Ausgangswert eine sehr hohe Signifikanz für Gruppenzugehörigkeit ( $p=0,004$ ), Ausgangswert ( $p=0,000$ ) und Interaktion zwischen beiden ( $p=0,006$ ) (Modell 2: Tabelle E 12). Unter Einfluss des Intracluster-Korrelationskoeffizienten wurde dieser Effekt jedoch abgeschwächt (Modell 3). Die Gruppenzugehörigkeit kann mit einer Signifikanz von 0,115 nicht mehr zur Erklärung des Modells herangezogen werden, während der Ausgangswert bestimmend bleibt ( $p<0,001$ ) (Tabelle E 38 im Anhang). Im letzten Modell erschien nun zusätzlich auch die Art der Tierhaltung einen nicht zu vernachlässigbaren Effekt zu haben ( $p<0,05$ ) (Kenngrößen nicht gezeigt). Hier wiesen die Putenhalter zum Zeitpunkt t1 niedrigere Werte auf als die übrigen Geflügelhalter (Tabelle E 9, Tabelle E 39 im Anhang).

**Zeitpunkt t0 – vor Intervention**

Intervention	n	Median	Mittelwert	95% Konfidenzintervall	
				untere Grenze	obere Grenze
Haltungsart					
Mischhaltungen	0				
Legehennen	17	102,9	98,6	89,7	107,5
sonst. Hühnerh.	11	105,3	96,6	83,1	110,0
Putenhaltung	17	102,9	98,9	94,0	103,8

Kontrolle	n	Median	Mittelwert	95% Konfidenzintervall	
				untere Grenze	obere Grenze
Haltungsart					
Mischhaltungen	5	100,5	102,2	93,6	110,7
Legehennen	15	92,0	93,6	89,0	98,2
sonst. Hühnerh.	10	100,3	97,8	90,0	105,8
Putenhaltung	14	100,6	98,4	91,9	105,0

**Zeitpunkt t1 - nach Intervention**

Intervention	n	Median	Mittelwert	95% Konfidenzintervall	
				untere Grenze	obere Grenze
Haltungsart					
Mischhaltungen	0				
Legehennen	15	107,6	106,0	101,3	110,7
sonst. Hühnerh.	8	106,3	101,9	90,1	113,6
Putenhaltung	14	99,7	100,6	93,9	107,3

Kontrolle	n	Median	Mittelwert	95% Konfidenzintervall	
				untere Grenze	obere Grenze
Haltungsart					
Mischhaltungen	5	102,9	104,2	92,4	116,0

Legehennen	13	101,5	97,9	90,0	105,8
sonst. Hühnerh.	10	99,7	96,2	86,3	106,1
Putenhaltung	13	101,3	100,3	95,6	105,0

**Tabelle E 9: Rel. Einsekundenkapazität (FEV1“FVC) (% vom Soll) vor (t0) und nach (t1) der Intervention nach Tierhaltungsart und Gruppenzugehörigkeit differenziert.**

### Deskriptive Statistiken

Abhängige Variable: t1 - FEV1%FVC (% vom Sollwert)

Gruppe	Mittelwert	Standard- abweichung	N
1 Intervention	103,1	11,0	37
2 Kontrolle	98,9	11,6	39
Gesamt	100,9	11,4	76

**Tabelle E 10: Deskriptive Statistik für die rel. Einsekundenkapazität (FEV1“FVC) (% vom Soll) zum Zeitpunkt t1 nach Gruppenzugehörigkeit**

### Parameterschätzer

Abhängige Variable: t1 FEV1%FVC (% vom Sollwert)

Parameter	Regressions- koeffizientB	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	36,8	7,3	5,0	0,0	22,2	51,3
Interventionsgruppe	3,0	1,8	1,7	0,1	-0,6	6,7
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.
t0 FEV1%FVC (% vom Sollwert)	0,6	0,1	8,6	0,0	0,5	0,8

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

**Tabelle E 11: Ergebnis der multivariaten Analyse der relativen Einsekundenkapazität FEV1%FVC (% vom Soll) zu t1 unter Berücksichtigung der Ausgangswerte als Prädiktor (n=76; R<sup>2</sup>=0,522; p=0,000)**

## Parameterschätzer

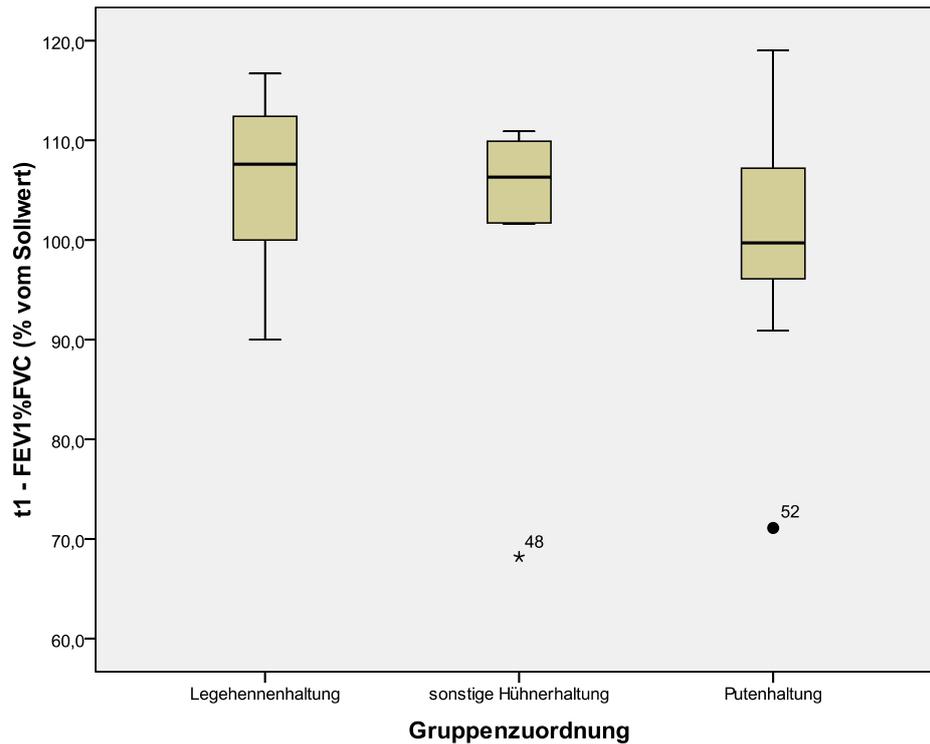
Abhängige Variable: t1 FEV1%FVC (% vom Sollwert)

Parameter	Regressions- koeffizientB	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	10,9	11,5	0,9	0,3	-12,0	33,8
Interventionsgruppe	43,8	14,5	3,0	0,0	14,8	72,7
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.
t0 FEV1%FVC (% vom Sollwert)	0,9	0,1	7,7	0,0	0,7	1,1
Interventionsgruppe * t0 FEV1%FVC (% vom Sollwert)	-0,4	0,1	-2,8	0,0	-0,7	-0,1
Kontrollgruppe * t0 FEV1%FVC (% vom Sollwert)	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.

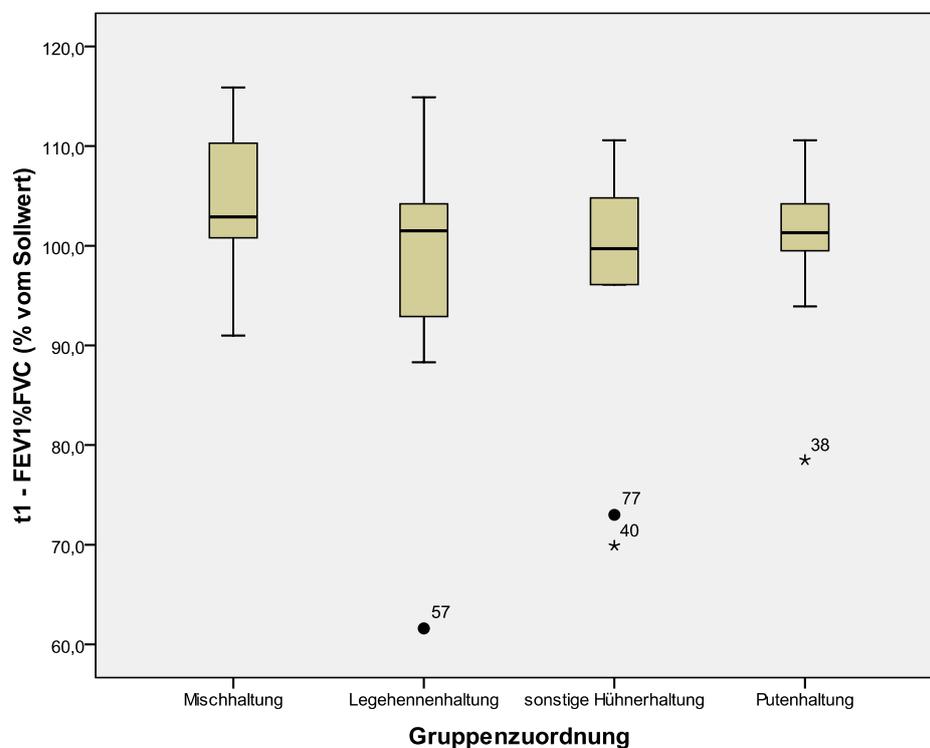
a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

$R^2=0,569$ ;  $p=0,000$

**Tabelle E 12: Ergebnis der multivariaten Analyse der relativen Einsekundenkapazität FEV1%FVC (% vom Soll) zu t1 unter Berücksichtigung der Ausgangskonzentration und der Interaktion mit der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktor**



**Abbildung E 8:** Rel. Einsekundenkapazität (FEV1%FVC) (% vom Soll) zu t1 je nach Tierhaltungsart in der Interventionsgruppe dargestellt als Boxplots. (Probandenanzahl n=0 in Mischhaltung, n=15 in Legehennenhaltung, n=8 in sonstiger Hühnerhaltung, n=14 in Putenhaltung)



**Abbildung E 9:** Rel. Einsekundenkapazität (FEV1%FVC) (% vom Soll) zu t1 je nach Tierhaltungsart in der Kontrollgruppe dargestellt als Boxplots (Probandenanzahl n=5 in Mischhaltung, n=13 in Legehennenhaltung, n=10 in sonstiger Hühnerhaltung, n=13 in Putenhaltung)

#### 4.3.2 Multivariate Analyse der absoluten Einsekundenkapazität FEV1 (% vom Soll)

Für die absolute Einsekundenkapazität (% vom Sollwert) konnten in der bivariaten Analyse (vgl. Abschlussbericht Kapitel 4.11.3 und obige Darstellung unter EEE3.2) keine Unterschiede in den Werten nach dem Untersuchungszeitraum festgestellt werden (Mittelwerte IG=103%; KG=106%). Im ersten Schritt der multivariaten Analyse ließ sich wiederum ausschließlich der Ausgangswert als aussagefähiger Prädiktor:  $b=0,673$ ;  $p<0,001$  ( $n=76$ ;  $R^2=0,629$ ;  $p=0,000$ ) (Tabelle E 14) differenzieren. Die Modelle unter Berücksichtigung von Interaktion (Gruppe\*Ausgangswert, Modell 2, Tabelle E 40 im Anhang), ICC (Modell 3, Tabelle E 41 im Anhang), Rauchgewohnheiten bzw. Tierhaltungsart (Modell 4, Tabelle E 42 im Anhang) führten nicht zu einer besseren Aufklärung der Effekte (Kenngrößen der Modelle nicht gezeigt).

##### Deskriptive Statistiken

Abhängige Variable:t1 FEV1 (% vom Sollwert)

Gruppe	Standard-		N
	Mittelwert	abweichung	
1 Intervention	103,3	21,3	37
2 Kontrolle	105,4	20,0	39
Gesamt	104,4	20,5	76

**Tabelle E 13: Deskriptive Statistik für die abs. Einsekundenkapazität zum Zeitpunkt t1 nach Gruppenzugehörigkeit**

##### Parameterschätzer

Abhängige Variable:t1 FEV1 (% vom Sollwert)

Parameter	Regressions- koeffizientB	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	34,9	6,7	5,2	0,0	21,6	48,2
Interventionsgruppe	0,8	2,9	0,3	0,8	-5,0	6,6
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.

t0 FEV1 (% vom Sollwert)	0,7	0,1	11,1	0,0	0,6	0,8
-----------------------------	-----	-----	------	-----	-----	-----

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

**Tabelle E 14: Ergebnis der multivariaten Analyse unter Berücksichtigung der Ausgangskonzentration als Prädiktor (n=76; R<sup>2</sup>=0,629; p=0,000)**

#### ***E4.4 Diskussion der multivariaten Analysen der erhobenen Parameter***

Über die multivariaten Analysen der erhobenen Parameter sollten in einem hypothesen-generierenden Ansatz die Einflüsse durch die Gruppenzugehörigkeit (Interventions- oder Kontrollgruppe) von den möglichen Einflüssen weiterer Faktoren abgrenzt werden. Entsprechend der von Prof. Wegscheider (Hamburg) publizierten Vorgehensweise für Cluster-randomisiert kontrollierte Studien (vgl. Abschlussbericht S. 206) wurden die Parameter Ausgangskonzentration bzw. Ausgangswert zu t0 und der jeweils für jeden Parameter berechnete Intracluster-Korrelationskoeffizient (=Effekt der Zugehörigkeit zu einem Betrieb) in die Modellbildung eingeschlossen (Modell 2 bzw. 3). Darüber hinaus wurden in Modell 4 das Rauchverhalten und die gehaltene Tierart berücksichtigt.

Bei allen untersuchten Parametern mit Ausnahme des Interleukin-1 $\beta$  ergab sich der Ausgangswert bzw. die Ausgangskonzentration als bestimmender Prädiktor. Dass dieser ansonsten bedeutende Effekt der Ausgangskonzentration bei dem Zytokin IL-1 $\beta$  nicht zu beobachten war, liegt am ehesten an der vergleichsweise großen Zahl von Werten unterhalb der Nachweisgrenze bei diesem Parameter.

Die Zugehörigkeit zur Interventions- oder Kontrollgruppe schien allein bei der rel. Einsekundenkapazität (FEV1%FVC) mit bestimmend zu sein. Dieser Effekt verlor sich allerdings bei zusätzlicher Betrachtung der Tierhaltung, wo die Putenhalter keine derartige Verbesserung der Lungenfunktion aufwiesen wie die übrigen Probanden. Interessanterweise ließ sich dieser Effekt allein bei Einschluss des ICC nicht in diesem Maße darstellen, sondern führte lediglich zu einer Abschwächung des Gruppeneffektes (Intervention bzw. Kontrolle).

Die Betriebszugehörigkeit (d.h. der ICC) schien auch bei den anderen untersuchten Parametern keinen Effekt auf den Wert / die Konzentration der untersuchten Parameter am Ende des Untersuchungszeitraums zu haben.

Das Rauchverhalten dagegen erwies sich beim Expositionsmarker Schimmelpilz-IgG (mx1) als zusätzlicher Prädiktor: hier hatten ehemalige Raucher nach der Intervention knapp nicht signifikant die höchsten Konzentrationen. Eine Zusammenfassung der sich in den verschiedenen Modell als signifikant bzw. knapp nicht signifikant ergebenden Prädiktoren findet sich in Tabelle E 15.

	<b>Gruppen- zugehörigkeit</b>	<b>Ausgangswerte zu t0</b>	<b>Clustereffekt</b>	<b>Rauch- verhalten</b>	<b>Tierart</b>
IL-8	nein	ja	nein	nein	nein
sCD14	nein	ja	nein	nein	nein
IL1-β	nein	nein	nein	nein	nein
IgG (mx1)	nein	ja	nein	ja (knapp)	nein
FEV1%FVC	ja	ja	nein	nein	ja
FEV1	nein	ja	nein	nein	nein

**Tabelle E 15: Zusammenfassung der multivariaten Analyse für mögliche Prädiktoren der dargestellten Parameter: ja – signifikanter Prädiktor; nein – kein signifikanter Prädiktor**

Zusammenfassend unterstützen die vorliegend durchgeführten multivariaten Analysen die bereits im Abschlussbericht und auf der Grundlage der bivariaten Analysen in Kapitel E3 getroffene Deutung, dass mit der vorliegenden Studie ein Hinweis dafür erbracht werden konnte, dass Atemschutz für Beschäftigte in der Geflügelhaltung eine wirksame Schutzmaßnahme darstellen kann. Diese Schutzwirkung manifestiert sich am ehesten bei den – als besonderes sensitiv bekannten - Lungenfunktionsparametern FEV1%FVC und FEV1.

Unklar bleibt, warum sich die protektiven Effekte bei keinem der untersuchten Parameter aus der Nasallavage zeigten. Wie in der Einleitung zum Abschlussbericht dargestellt, sind die gewählten Parameter als Beanspruchungsmarker etabliert, so dass eine fassbare Veränderung (und v.a. Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe) über den Interventionszeitraum insbesondere bei IL-8 zu erwarten gewesen war. Auch fällt eine Deutung der für sCD14 geschilderten Befunde schwer (Anstieg der Konzentration im Untersuchungszeitraum für Interventions- und Kontrollgruppe, Ausnahme: leichter, nicht-signifikanter Abfall der Konzentration in der Interventionsgruppe unter den Putenhaltern).

Welche Rolle in diesem Zusammenhang spielt, dass die Studie nicht wie geplant von November bis maximal Ende Januar (also durchweg in der kalten Jahreszeit) durch-

geführt werden konnte, sondern von Januar bis ins Frühjahr stattfand<sup>1</sup> und sich damit die Rahmenbedingungen (Klima, Infektionsgeschehen, Exposition gegenüber ubiquitären inhalativen Allergenen) im Studienverlauf deutlich änderten, kann letztlich nicht geklärt werden (vgl. auch Abschlussbericht S. 250). Denkbar ist allerdings, dass sich mögliche günstige Effekte des Atemschutzes in der Interventionsgruppe nicht ausreichend von den Effekten durch diese begleitenden Veränderungen abheben konnten. Diese Schlussfolgerung legen v.a. die klinischen Befunde nahe, wo sich die Verbesserung der Lungenfunktion bei den Probanden mit vorbestehender Einschränkung der Lungenfunktion v.a. im Hinblick auf die Symptome zeigt, die im Sinne eines hyperreagiblen Bronchialsystems gedeutet werden können (vgl. Abschlussbericht Tabelle E 60, S. 244) und sich erfahrungsgemäß – in der Interventions- und in der Kontrollgruppe – mit Ende der kalten Jahreszeit bessern. Entsprechend wäre ggf. ein größeres Probandenkollektiv zum Nachweis einer dann kleineren Effektgröße erforderlich gewesen.

Der bei der bivariaten und multivariaten Analyse des möglichen Einflusses der gehaltenen Tierart dokumentierte Effekt der Putenhaltung scheint vor dem Hintergrund der dort bestehenden höheren Exposition gegenüber Pyrogenen und Schimmelpilzen (vgl. Abbildung E 6 bzw. Abbildung E 7 und Abbildung E 5 in Kapitel E2.3 dieser Ergänzung zum Abschlussbericht) darauf hinzudeuten, dass hier der Atemschutz mit FFP2-Masken nicht ausreichend ist. Möglicherweise bestätigt sich hier die Vermutung von ALBRECHT ET AL. (2005), dass der Schutzeffekt von FFP2-Masken bei Exposition gegenüber sehr hohen Konzentrationen von Schimmelpilzen bzw. Pyrogenen nicht ausreichend ist.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Ursache für diese Verschiebung des Studienbeginns war eine weder von der Projektleitung noch vom Zuwendungsgeber zu verantwortende Verzögerung bei der Zurverfügungstellung der für die Studiendurchführung erforderlichen Finanzmittel.

<sup>2</sup> Albrecht, A., Frenzel, E. Schies, U.: Einsatz von partikelfiltrierendem Atemschutz bei Exposition von Schimmelpilzen, Tiefbau (2005): 117(10), 583-588.

#### 4.11.5 Tabellen für Modul H

Heuschnupfen	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	34	33	67
in den letzten 12 Monaten	3	4	7
Gesamt	37	37	74

**Tabelle 62: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Heuschnupfen (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,691$ ,  $Ch^2$ -Test)**

Dauerschnupfen	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	36	31	67
vor mehr als 12 Monaten	0	1	1
jetzt, im Augenblick	1	3	4
Gesamt	37	35	72

**Tabelle 63: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Dauerschnupfen (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,314$   $Ch^2$ -Test)**

Verstopfte Nase	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	23	14	37
vor mehr als 12 Monaten	0	2	2
in den letzten 12 Monaten	11	10	21
jetzt, im Augenblick	3	11	14
Gesamt	37	37	74

**Tabelle 64: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Verstopfte Nase (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,032$   $Ch^2$ -Test)**

Niesanfalle (mehr als 3x)	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	26	23	49
vor mehr als 12 Monaten	1	0	1
in den letzten 12 Monaten	3	10	13
jetzt, im Augenblick	7	4	11
Gesamt	37	37	74

**Tabelle 65: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Niesanfalle (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,123$   $Ch^2$ -Test)**

Kieferhöhlenentzündung	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	35	32	67
vor mehr als 12 Monaten	1	3	4
in den letzten 12 Monaten	1	2	3
Gesamt	37	37	74

**Tabelle 66: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Kieferhöhlenentzündungen (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,480$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Trockener Husten	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	20	22	42
vor mehr als 12 Monaten	1	10	11
in den letzten 12 Monaten	11	2	13
jetzt, im Augenblick	5	3	8
Gesamt	37	37	74

**Tabelle 67: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – trockener Husten (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,003$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Husten mit Auswurf	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	26	23	49
vor mehr als 12 Monaten	0	4	4
in den letzten 12 Monaten	6	6	12
jetzt, im Augenblick	5	3	8
Gesamt	37	36	73

**Tabelle 68: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Husten mit Auswurf (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,198$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Engegefühl in der Brust	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	31	28	59
vor mehr als 12 Monaten	0	1	1
in den letzten 12 Monaten	5	7	12
jetzt, im Augenblick	0	1	1
Gesamt	36	37	73

**Tabelle 69: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Engegefühl auf der Brust (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,480$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Pfeifen beim Atmen	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	26	26	52
vor mehr als 12 Monaten	2	2	4
in den letzten 12 Monaten	5	4	9
jetzt, im Augenblick	3	4	7
Gesamt	36	36	72

**Tabelle 70: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Pfeifen beim Atmen (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,968$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Kurzatmigkeit	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	31	29	60
vor mehr als 12 Monaten	0	1	1
in den letzten 12 Monaten	4	2	6
jetzt, im Augenblick	2	5	7
Gesamt	37	37	74

**Tabelle 71: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Kurzatmigkeit (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,389$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Atemnot bei körperlicher Belastung	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	33	27	60
vor mehr als 12 Monaten	1	3	4
in den letzten 12 Monaten	1	4	5
jetzt, im Augenblick	2	3	5
Gesamt	37	37	74

**Tabelle 72: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Atemnot bei körperlicher Belastung (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,308$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Atemnot in Ruhe	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
nein, bisher nicht	37	35	72
vor mehr als 12 Monaten	0	2	2
Gesamt	37	37	74

**Tabelle 73: Angaben der Studienteilnehmer zu Beschwerden – Atemnot in Ruhe (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,152$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Atemwegserkrankungen	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
Liegt nicht vor	31	31	62
Diagnose vom Arzt	2	4	6
Eigene Diagnose	3	3	6
<b>Gesamt</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>74</b>

**Tabelle 74: Angaben der Studienteilnehmer zum Vorliegen einer Atemwegserkrankung (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,736$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Allergien	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
Liegt nicht vor	28	27	55
Diagnose vom Arzt	4	6	10
Eigene Diagnose	4	4	8
<b>Gesamt</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>73</b>

**Tabelle 75: Angaben der Studienteilnehmer zum Vorliegen von Allergien (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,817$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Anzeichen für ODTS	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
Ja	3	6	9
Nein	32	30	62
Keine Angabe	2	2	4
<b>Gesamt</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>75</b>

**Tabelle 76: Angaben der Studienteilnehmer, ob sie schon einmal Anzeichen einer ODTS wahrgenommen haben (Intention-to-treat-Kollektiv) - Aussagen aus dem Anamnesefragebogen (t0) ( $p=0,591$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

		Intervention	Kontrolle	$\Sigma$
a) Reaktion auf sx1-Test	positiv	8	10	18
	negativ	37	34	71
$\Sigma$		45	44	89
Chi <sup>2</sup> Test:	0,427976428			

b) Reaktion auf mind. eine Milbenart	positiv	5	8	13
	negativ	40	36	76
$\Sigma$		45	44	89
Chi <sup>2</sup> Test:	0,228749387			

c) Reaktion auf mx-1 Test Schimmelpilze	positiv	12	7	19
	negativ	33	37	70
$\Sigma$		45	44	89
Chi <sup>2</sup> Test:	0,300265451			

**Tabelle 77: Anteil positiver Befunde bei der serologischen Untersuchung auf Sensibilisierung gegen a) inhalative Allergene (Suchtest sx1); b) mindestens eine Milbenart, c) Schimmelpilze (IgG Test mx1)**

		Anzahl Betriebe pro Gruppe		Gesamt
		Intervention	Kontrolle	
Clustergröße	1 Proband	6	12	18
	2 Probanden	11	10	21
	3 Probanden	3	1	4
	4 Probanden	2	1	3
	5 Probanden	0	1	1
Gesamt		22	25	47
Mittlere Clustergröße		2,05	1,76	1,89

**Tabelle 78: Anzahl der Betriebe in Kontroll- und Interventionsgruppe nach Anzahl der teilnehmenden Probanden pro Betrieb – alle in die Studie eingeschlossenen Probanden und Betriebe**

		Gruppe		Gesamt
		Intervention	Kontrolle	
Clustergröße	1 Proband	7	12	19
	2 Probanden	12	8	20
	3 Probanden	2	2	4
	4 Probanden	0	1	1
Gesamt		21	23	44
Mittlere Clustergröße		1,76	1,65	1,70

**Tabelle 79: Anzahl der Betriebe in Kontroll- und Interventionsgruppe nach Anzahl der teilnehmenden Probanden pro Betrieb – Intention-to-treat - Kollektiv**

Inhalativer Suchtest sx-1	Gruppe		Gesamt
	Intervention	Kontrolle	
Test negativ	30	30	60
Test positiv	7	8	15
Gesamt	37	38	75

**Tabelle 80: Ergebnis der serologischen Untersuchung im Suchtest auf inhalative Allergene (sx-1) - Intention-to-treat-Kollektiv (p=0,817 Ch<sup>2</sup>-Test)**

Reaktion auf mindestens eine Milbenart		Gruppe		Gesamt
		Intervention	Kontrolle	
Test negativ		33	32	65
Test positiv		4	6	10
Gesamt		37	38	75

**Tabelle 81: Anteil von Probanden der Kontroll- und Interventionsgruppe mit positiver Reaktion in der serologischen Untersuchung auf mindestens 1 Milbenart - Intention-to-treat-Kollektiv ( $p=0,526$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Reaktion auf Schimmelpilzmischung mx-1 (IgG)		Gruppe		Gesamt
		Intervention	Kontrolle	
Test negativ		29	31	60
Test positiv		8	7	15
Gesamt		37	38	75

**Tabelle 82: Anteil von Probanden der Kontroll- und Interventionsgruppe mit positiver Reaktion (> 50 mgA/l) im serologischen Screening auf eine Sensibilisierung auf Schimmelpilze (Nachweis von IgG) (mx-1 Test) - Intention-to-treat-Kollektiv ( $p=0,792$  Ch<sup>2</sup>-Test)**

Kreuztabelle					
			group Gruppe		
			1 Intervention	2 Kontrolle	Gesamt
t0stundenstall t0: durchschnittl. Stunden/Tag unmittelbar im Stall	1 weniger als 1 Std.	Anzahl	7	5	12
		% innerhalb von group Gruppe	18,9%	13,2%	16,0%
	2 zwischen 1 und 3 Std.	Anzahl	17	20	37
		% innerhalb von group Gruppe	45,9%	52,6%	49,3%
t0stundenstall t0: durchschnittl. Stunden/Tag unmittelbar im Stall	3 zwischen 3 und 5 Std.	Anzahl	6	10	16
		% innerhalb von group Gruppe	16,2%	26,3%	21,3%
	4 zwischen 5 und 7 Std.	Anzahl	4	2	6
		% innerhalb von group Gruppe	10,8%	5,3%	8,0%
	5 mehr als 7 Std.	Anzahl	3	1	4
		% innerhalb von group Gruppe	8,1%	2,6%	5,3%
Gesamt		Anzahl	37	38	75
		% innerhalb von group Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%

**Tabelle 83: durchschnittliche tägliche Arbeitszeit im Geflügelstall laut Angabe der Probanden, Zeitpunkt t0 (Intention-to-treat-Kollektiv)**

Kreuztabelle

		group Gruppe			
		1 Intervention	2 Kontrolle	Gesamt	
t1stundenstall t1: durchschnittl. Stunden/Tag unmittelbar im Stall	1 weniger als 1 Std.	Anzahl	12	8	20
		% innerhalb von group Gruppe	32,4%	21,1%	26,7%
	2 zwischen 1 und 3 Std.	Anzahl	14	21	35
		% innerhalb von group Gruppe	37,8%	55,3%	46,7%
	3 zwischen 3 und 5 Std.	Anzahl	8	6	14
		% innerhalb von group Gruppe	21,8%	15,8%	18,7%
	4 zwischen 5 und 7 Std.	Anzahl	1	2	3
		% innerhalb von group Gruppe	2,7%	5,3%	4,0%
	5 mehr als 7 Std.	Anzahl	2	1	3
		% innerhalb von group Gruppe	5,4%	2,6%	4,0%
	Gesamt	Anzahl	37	38	75
		% innerhalb von group Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%

**Tabelle 84: durchschnittliche tägliche Arbeitszeit im Geflügelstall laut Angabe der Probanden, Zeitpunkt t1 (Intention-to-treat-Kollektiv)**

Parameter NALF	Korrelation nach Pearson Zeitpunkt (t0)		Korrelation nach Pearson Zeitpunkt ( t1)	
	R	p	r	p
IL-8	0,3	0,006	0,147	0,223
TNF-alpha	-0,043	0,703	0,174	0,138
IL-1 $\beta$	0,275	0,013	0,193	0,109
sCD14	0,506	0,000	0,260	0,031
IL-5	0,442	0,000	0,285	0,015
LTB <sub>4</sub>	0,354	0,003	0,449	0,000
Nitrat+Nitrit	0,349	0,003	0,599	0,000

**Tabelle 85: Korrelation der an zwei aufeinander folgenden Tagen erhobenen NALF-Parameter (Bemerkung: die zum Teil sehr geringen Korrelationskoeffizienten sind vermutlich nicht zuletzt darauf zurück zu führen, dass nicht alle der untersuchten Parameter normalverteilt sind.)**

Betrieb	Stall-Nr. / Tätigkeit	Datum	Pyrogenaktivität in EU/m <sup>3</sup>	Anteil Endotoxin an Pyrogenkonz.	Schimmelpilze GKZ/m <sup>3</sup>	Faktor (Schimmelpilze)*	NH <sub>3</sub> in ppm	E-Staub in mg/m <sup>3</sup>	PM10	PM4	Aufstallungswoche	Referenz: Pyrogenaktivität in EU/m <sup>3</sup>	Referenz: Schimmelpilze GKZ/m <sup>3</sup>
1	1	29.6.09	494,51	-	74	0,3	2	1,11	0,69	0,14	24	71	273
7	1	25.6.09	28.333,33	-	43	0,7	5	1,61	1,08	0,36	16	26	64
10	1	18.6.09	1.071,43	-	106	0,9	0	0,94	0,65	0,17	44	12	123
10	2	18.6.09	7.494,90	-	647	5,3	5	10,83	8,06	2,00	23	12	123
11	1	9.7.09	986,18	-	1.967	1,4		0,62	0,40	0,10	24	146	1.429
11	2	9.7.09	1.238,10	-	1.270	0,9		0,86	0,58	0,16	41	146	1.429
11	3	9.7.09	928,57	-	715	0,5		0,89	0,56	0,15	12	146	1.429
12	1	29.6.09	1.648,81	-	40	0,0		0,22	0,13	0,03	48	77	1.112
15	1	9.7.09	5.255,81	-	25.250	17,7	2				2	146	1.429
15	2	9.7.09	4.061,62	-	7.022	4,9		3,86	2,32	0,40		146	1.429
16	1	29.9.09	3.813,19	44%	6.179	3,9		2,65	2,06	0,61		19	1.602
16	2	29.9.09	7.551,02	60%	3.098	1,9		0,88	0,62	0,19		19	1.602
26	1	28.9.09	2.728,86	71%	128.669	431,8	2	1,18	0,64	0,15	3	75	298
26	1	29.4.09	11,74		288	3,5	0	0,01	0,01	0,00	0	45	83
29	1	28.9.09	5.538,66	16%	5.470	11,5		2,57	1,44	0,28		17	477
30	1	2.10.09	3.103,17	57%	953	6,3		1,50	1,03	0,32	8	27	151
31	1	13.7.09	514,29	87%	11.429	4,4	0	0,30	0,19	0,05	30	80	2.572
31	2	13.7.09	1.120,00	81%	1.829	0,7	0	0,28	0,20	0,06		80	2.572
31	3	13.7.09	4.571,43	85%	4.724	1,8	0	0,31	0,21	0,05		80	2.572
31	Einstreuen	13.7.09	18.666,67	99%	11.556	4,5		2,80	1,78	0,39		80	2.572
35	1	27.8.09	3.861,00	102%	1.133	2,1	0	0,94	0,55	0,11	4	181	534
38	1	9.6.09	1.074,07	-	71	0,8	5	0,61	0,30	0,04	22	14	91
41	1	5.5.09	660,71	-	15	0,1	5	0,34	0,22	0,05	15		170
43	1	9.9.09	3.456,19	63%	1.270	4,0	20	1,61	1,11	0,28	34	214	318
43	2	9.9.09	5.165,08	55%	96	0,3	10	1,89	1,29	0,32	34	214	318
43	3	9.9.09	214,29	80%	96	0,3	0	0,36	0,21	0,05	0	214	318

43	4	9.9.09	3.657,14	60%	1.810	5,7		4,66	3,00	0,79	18	214	318
43	5	22.9.09	20.124,54	71%	673.993	242,1	10	3,83	2,39	0,48	6	95	2.784
43	Brütere Sortierung	17.9.09	180,95	79%	762	0,3		3,33	1,38	0,22		99	2.731
43	Brütere Impfen	17.9.09	580,95	69%	2.159	0,8		4,02	2,19	0,42		99	2.731
45	1	27.8.09	2.383,67	42%	10.667	11,2	0	0,25	0,13	0,02	4	81	953
45	Einstreuen	27.8.09	8.120,30	87%	2.215.539	143,3		4,07	2,28	0,48	4	81	15.458
47	1	13.7.09	809,52	-	68.572	4,4	2	1,55	0,81	0,13	3	43	15.458
54	1	25.8.09	49.600,00	66%	7.810	5,1	10	1,95	1,18	0,26	5	80	1.524
57	1	19.5.09	9.124,22	-	1.947	3,2	10	2,27	1,54	0,36	16		610
57	2	19.5.09	11.169,64	-	715	1,2	7	3,46	2,21	0,51	31		610
58	1	28.9.09	3.418,72	35%	20.362	28,9	7	3,87	2,04	0,39	6	41	704

\* Faktor, um den Außenluftkonzentration Schimmelpilze überschritten wurde

**Tabelle 86: Ergebnisse der Übersichtsmessungen in den Projektbetrieben Modul H**

	Pyrogenaktivität in EU/m <sup>3</sup>	Schimmelpilze GKZ/m <sup>3</sup>	Faktor, um den Außenluftkonzentration Schimmelpilze überschritten wurde	Ammoniak in ppm	E-Staub in mg/m <sup>3</sup>	PM10	PM4
Mann-Whitney-U	126,000	139,000	154,000	45,000	107,000	106,000	109,000
Wilcoxon-W	217,000	439,000	454,000	198,000	198,000	197,000	200,000
Z	-,954	-,541	-,064	-,433	-1,400	-1,433	-1,334
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,340	,589	,949	,665	,162	,152	,182
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,353 <sup>a</sup>	,604 <sup>a</sup>	,962 <sup>a</sup>	,708 <sup>a</sup>	,169 <sup>a</sup>	,159 <sup>a</sup>	,190 <sup>a</sup>

a. Nicht für Bindungen korrigiert. b. Gruppenvariable: Studiengruppe

**Tabelle 87: Statistische Auswertung der Übersichtsmessungen der Projektstätte Modul H – Teil 1**

Studiengruppe		Pyrogenaktivität in EU/m <sup>3</sup>	Schimmelpilze GKZ/m <sup>3</sup>	Faktor, um den Außenluftkonzentration Schimmelpilze überschritten wurde	E-Staub in mg/m <sup>3</sup>	PM10	PM4
Intervention	Mittelwert	5991,63	123912,11	19,28	2,38	1,51	,35
	N	24	24	24	23	23	23
	Standardabweichung	7151,980	466041,896	55,511	2,348	1,671	,411
Kontrolle	Mittelwert	6071,85	18804,26	37,99	1,35	,82	,19
	N	13	13	13	13	13	13
	Standardabweichung	13258,430	37881,849	118,573	1,128	,671	,165
Insgesamt	Mittelwert	6019,82	86982,32	25,85	2,01	1,26	,29
	N	37	37	37	36	36	36
	Standardabweichung	9553,874	376602,693	82,081	2,038	1,422	,348

**Tabelle 88: Statistische Auswertung der Übersichtsmessungen der Projektstätte Modul H – Teil 2**

## E5 Anhang zur Ergänzung des Abschlussberichts

### E5.1 Anhang zu Kapitel 3: Auswertungen für Modul H differenziert nach Tierhaltung

Anzahl der Betriebe nach Tierhaltungsformen						
	nur Legehennen	Legehennen + Aufzucht-/ Elterntiere / Mast +Putenhaltung = Mischformen	Sonst. Hühnerhaltung	Nur Putenhaltung	Nur Entenhaltung	Summe
Interventionsgruppe	10	0	4	8	0	22
Kontrollgruppe	6	2	7	9	1	25
Gesamt	16	2	11	17	1	47

Tabelle E 16: Verteilung der Betriebe nach Gruppenzugehörigkeit und Haltungsformen

Anzahl der Probanden nach Tierhaltungsformen						
	nur Legehennen	Legehennen + Aufzucht-/ Elterntiere / Mast +Putenhaltung = Mischformen	Sonst. Hühnerhaltung	Nur Putenhaltung	Nur Entenhaltung	Summe
Interventionsgruppe	17 (15)*	0 (0)*	11 (8)*	17 (14)*	0 (0)*	45 (37)*
Kontrollgruppe	15 (13)*	4 (3)*	10 (8)*	14 (13)*	1 (1)*	44 (38)*
Gesamt	32 (28)*	4 (3)*	21 (16)*	31 (27)*	1 (1)*	89 (75)*

\*Probanden, für die t0- und t1-Werte vorhanden waren, hier bezogen auf IL-8 aus der NALF

Tabelle E 17: Verteilung der Probanden nach Gruppenzugehörigkeit und Haltungsformen

	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen		Legehennen- haltung		sonstige Hühner- haltung		Hühnerhaltung insgesamt		Putenhaltung	
	N= 89		N=32		N=21		N=53		N=31	
	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K
Anzahl	45	44	17	15	11	10	28	25	17	14
Geschlecht										
Männer	33	37	13	11	8	9	21	20	12	12
Frauen	12	7	4	4	3	1	7	5	5	2
Rauchge- wohnheiten.										
Nichtraucher	28	23	11	7	7	7	18	14	10	7
Ehem. Rau- cher	5	14	0	5	1	0	1	5	4	6
Raucher	12	7	6	3	3	3	9	6	3	1
Alter										
Mittelwert	44	43	44	40	47	47	45	43	41	42
95% K.I.	40	40	39	36	38	37	41	38	36	37
	47	46	49	45	56	56	50	47	45	47
Median	43	42	44	41	49	50	48	45	41	42
P-Wert	0,519		0,261		0,973		0,309		0,953	

**Tabelle E 18: Vergleich der Untergruppen nach Haltungsart bezüglich Anzahl, Männern/Frauen, Rauchverhalten und Altersverteilung (hierfür auch mit detaillierten statistischen Angaben und Mann-Whitney-U-Test)**

IL-8 (pg/ml)	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
	Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1	
	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K
N*	37	38	37	38	15	13	15	13	8	8	8	8	23	21	23	21	14	13	14	13
Mittelwert	460	524	592	713	353	455	510	486	631	383	939	531	450	428	659	503	478	627	482	1046
95% K.I.	309	376	251	416	168	289	77	143	15	186	-545	-67	228	310	141	225	273	308	95	356
	611	673	933	1009	539	621	943	829	1247	580	2423	1130	671	545	1177	781	683	946	869	1773
Median	288	404	253	323	194	371	192	269	386	404	404	210	288	384	224	261	309	566	259	594
A) Mann-W.-U																				
P-Wert	0,362		0,223		0,3		0,504		0,916		0,834		0,474		0,565		0,662		0,042	
	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
B) Wilcoxon	Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle	
N*	37		38		15		13		8		8		23		21		14		13	
P-Wert	0,85		0,722		0,691		0,507		0,889		0,889		0,784		0,639		0,433		0,861	

**Tabelle E 19: Zusammenfassung der Ergebnisse für den NALF Parameter IL-8 unterteilt nach Gruppenzugehörigkeit je Haltungsart, mit Angabe der Anzahl der eingeschlossenen Probanden (N\*: Werte für t0 und t1 liegen vor), Mittelwert, Konfidenzintervall, Median. Ergebnissen für die nicht parametrischen Teste a) nach Mann-Whitney-U (Vergleich der Probanden in Interventions (I)- und Kontrollgruppe (K) jeweils zu den Zeitpunkten t0 und t1 – unabhängige Stichproben) und b) nach Wilcoxon (Vergleich der Probanden aus der Interventions- und der Kontrollgruppe jeweils im Zeitverlauf – verbundene Stichproben)**

sCD14 (pg/ml)	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
	Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1	
	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K
N*	37	38	37	38	15	13	15	13	8	8	8	8	23	21	23	21	14	13	14	13
Mittelwert	1632	1702	1554	1595	1308	1776	1644	1250	2272	1916	1607	1227	1643	1830	1632	1242	1612	1401	1425	2138
95% K.I.	1034	1279	782	903	507	795	-86	183	-329	621	-140	374	713	1121	439	561	1016	949	624	383
	2230	2125	2325	2288	2019	2757	3374	2317	4874	3211	3355	2081	2575	2538	2824	1922	2207	1853	2227	3893
Median	1182	1350	761	988	651	1290	584	630	1144	1540	920	1189	913	1290	631	642	1389	1312	1107	1189
A) Mann-W.-U																				
P-Wert	0,415		0,857		0,274		0,872		1,000		0,916		0,329		0,934		0,497		0,771	
	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
B) Wilcoxon	Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle	
N*	37		38		15		13		8		8		23		21		14		13	
P-Wert	0,276		0,071		0,334		0,028		0,401		0,208		0,236		0,012		0,638		0,753	

**Tabelle E 20: Zusammenfassung der Ergebnisse für den NALF Parameter sCD14 unterteilt nach Gruppenzugehörigkeit je Haltungsart, mit Angabe der Anzahl der eingeschlossenen Probanden (N\*: Werte für t0 und t1 liegen vor), Mittelwert, Konfidenzintervall, Medien. Ergebnissen für die nicht parametrischen Teste a) nach Mann-Whitney-U (Vergleich der Probanden in Interventions (I)- und Kontrollgruppe (K) jeweils zu den Zeitpunkten t0 und t1 – unabhängige Stichproben) und b) nach Wilcoxon (Vergleich der Probanden aus der Interventions- und der Kontrollgruppe jeweils im Zeitverlauf – verbundene Stichproben)**

LTB-4 (pg/ml)	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
	Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1	
	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K
N*	36	38	36	38	15	13	15	13	8	8	8	8	23	21	23	21	13	13	13	13
Mittelwert	74	88	62	97	62	103	59	113	77	73	68	35	67	91	62	83	87	64	61	109
95% K.I.	54	66	39	60	35	61	29	44	35	41	-27	21	46	64	29	39	41	36	31	43
	94	110	85	135	88	144	88	182	118	105	164	49	88	119	95	128	134	92	92	176
Median	59	66	38	50	35	88	52	56	67	69	29	34	51	70	39	51	65	51	36	72
A) Mann-W.-U																				
P-Wert	0,325		0,254		0,084		0,231		0,916		0,834		0,155		0,347		0,555		0,427	
	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
B) Wilcoxon	Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle	
N*	36		38		15		13		8		8		23		21		13		13	
P-Wert	0,175		0,690		0,865		0,807		0,161		0,036		0,412		0,140		0,196		0,196	

**Tabelle E 21: Zusammenfassung der Ergebnisse für den NALF Parameter LTB-4 unterteilt nach Gruppenzugehörigkeit je Haltungsart, mit Angabe der Anzahl der eingeschlossenen Probanden (N\*: Werte für t0 und t1 liegen vor), Mittelwert, Konfidenzintervall, Medien. Ergebnissen für die nicht parametrischen Teste a) nach Mann-Whitney-U (Vergleich der Probanden in Interventions (I) - und Kontrollgruppe (K) jeweils zu den Zeitpunkten t0 und t1 – unabhängige Stichproben) und b) nach Wilcoxon (Vergleich der Probanden aus der Interventions- und der Kontrollgruppe jeweils im Zeitverlauf – verbundene Stichproben)**

FEV1 (% vom Soll)	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
	Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1	
	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K
N*	37	41	37	41	15	13	15	13	8	10	8	10	23	23	23	23	14	13	14	13
Mittelwert	100	105	103	106	91	100	101	97	92	103	93	106	91	102	98	101	115	107	112	108
95% K.I.	92	97	96	99	78	81	90	87	72	91	72	90	81	91	89	93	102	95	101	97
	109	112	110	112	105	119	112	109	112	116	113	122	101	112	107	110	128	120	122	119
Median	103	108	109	106	91	100	103	109	99	108	99	107	98	106	103	104	115	109	116	109
A) Mann-W.-U																				
P-Wert	0,187		0,152		0,629		0,596		0,248		0,534		0,287		0,852		0,332		0,528	
	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
B) Wilcoxon	Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle	
N*	37		41		15		13		8		10		23		23		14		13	
P-Wert	0,502		0,338		0,047		0,916		0,779		0,575		0,094		0,670		0,221		0,650	

**Tabelle E 22: Zusammenfassung der Ergebnisse für den Lungenfunktionsparameter FEV1 unterteilt nach Gruppenzugehörigkeit je Haltungsart, mit Angabe der Anzahl der eingeschlossenen Probanden (N\*: Werte für t0 und t1 liegen vor), Mittelwert, Konfidenzintervall, Median. Ergebnisse für die nicht-parametrischen Tests a) nach Mann-Whitney-U (Vergleich der Probanden in Interventions (I)- und Kontrollgruppe (K) jeweils zu den Zeitpunkten t0 und t1 – unabhängige Stichproben) und b) nach Wilcoxon (Vergleich der Probanden aus der Interventions- und der Kontrollgruppe jeweils im Zeitverlauf – verbundene Stichproben)**

FVC (% vom Soll)	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
	Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1	
	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K
N*	37	41	37	41	15	13	15	13	8	10	8	10	23	23	23	23	14	13	14	13
Mittelwert	105	111	104	110	97	111	98	104	93	108	93	113	95	110	96	108	120	111	116	110
95% K.I.	98	105	97	105	87	91	88	94	77	99	77	100	88	99	89	100	108	104	105	101
	113	117	111	115	107	108	108	115	109	117	109	127	104	121	104	116	132	119	137	118
Median	101	112	105	112	96	112	100	103	95	107	99	114	96	109	100	107	119	112	116	114
A) Mann-W.-U																				
P-Wert	0,519		0,865		0,420		0,447		0,120		0,051		0,062		0,063		0,369		0,528	
	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
B) Wilcoxon	Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle	
N*																				
P-Wert	0,390		0,856		0,683		0,552		0,326		0,386		0,884		0,820		0,116		0,480	

**Tabelle E 23: Zusammenfassung der Ergebnisse für den Lungenfunktionsparameter FVC unterteilt nach Gruppenzugehörigkeit je Haltungsart, mit Angabe der Anzahl der eingeschlossenen Probanden (N\*: Werte für t0 und t1 liegen vor), Mittelwert, Konfidenzintervall, Median. Ergebnisse für die nicht-parametrischen Tests a) nach Mann-Whitney-U (Vergleich der Probanden in Interventions (I)- und Kontrollgruppe (K) jeweils zu den Zeitpunkten t0 und t1 – unabhängige Stichproben) und b) nach Wilcoxon (Vergleich der Probanden aus der Interventions- und der Kontrollgruppe jeweils im Zeitverlauf – verbundene Stichproben)**

FEV1%FVC (% vom Soll)	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
	Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1	
	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K
N*	37	41	37	41	15	13	15	13	8	10	8	10	23	23	23	23	14	13	14	13
Mittelwert	99	97	103	99	97	93	106	98	102	98	102	96	98	105	97	97	98	98	101	100
95% K.I.	94	94	99	95	87	88	101	90	89	90	90	86	91	100	91	91	92	91	94	96
	103	100	107	103	106	99	111	106	114	106	114	106	106	109	103	102	105	105	107	105
Median	103	100	107	101	100	92	108	102	107	100	106	100	105	108	98	101	103	100	100	101
A) Mann-W.-U																				
P-Wert	0,150		0,057		0,167		0,065		0,155		0,183		0,077		0,014		0,942		0,961	
	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
B) Wilcoxon	Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle	
P-Wert	0,005		0,049		0,003		0,055		0,674		0,260		0,008		0,346		0,300		0,142	

**Tabelle E 24: Zusammenfassung der Ergebnisse für den Lungenfunktionsparameter FEV1%FVC unterteilt nach Gruppenzugehörigkeit je Haltungsart, mit Angabe der Anzahl der eingeschlossenen Probanden (N\*: Werte für t0 und t1 liegen vor), Mittelwert, Konfidenzintervall, Median. Ergebnissen für die nicht-parametrischen Tests a) nach Mann-Whitney-U (Vergleich der Probanden in Interventions (I)- und Kontrollgruppe (K) jeweils zu den Zeitpunkten t0 und t1 – unabhängige Stichproben) und b) nach Wilcoxon (Vergleich der Probanden aus der Interventions- und der Kontrollgruppe jeweils im Zeitverlauf – verbundene Stichproben)**

IgG (mx1)	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
	Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1		Zeitpunkt t0		Zeitpunkt t1	
	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K
N*	33	37	33	37	11	12	11	12	8	9	8	9	19	21	19	21	14	11	14	11
Mittelwert	29	29	26	26	30	24	26	27	25	33	23	30	28	28	25	28	30	38	27	29
95% K.I.	20	19	18	17	6	12	4	12	12	3	10	3	14	15	12	15	18	12	27	8
	38	40	35	35	55	37	47	41	38	63	37	56	42	42	37	40	42	63	40	50
Median	16	15	17	15	11	15	9	16	22	15	19	15	14	15	12	15	20	24	18	19
A) Mann-W.-U																				
P-Wert	0,560		0,642		0,902		0,295		0,773		0,847		0,882		0,607		0,827		0,805	
	Probanden insgesamt - alle Haltungsformen				Legehennenhaltung				sonstige Hühnerhaltung				Hühnerhaltung insgesamt				Putenhaltung			
B) Wilcoxon	Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle		Intervention		Kontrolle	
P-Wert	0,001		0,285		0,004		0,424		0,208		0,515		0,002		0,911		0,140		0,328	

**Tabelle E 25: Zusammenfassung der Ergebnisse für den Expositionsmarker gegenüber Schimmelpilzen IgG (mx1) unterteilt nach Gruppenzugehörigkeit je Haltungsart, mit Angabe der Anzahl der eingeschlossenen Probanden (N\*: Werte für t0 und t1 liegen vor), Mittelwert, Konfidenzintervall, Median. Ergebnisse für die nicht-parametrischen Tests a) nach Mann-Whitney-U (Vergleich der Probanden in Interventions (I)- und Kontrollgruppe (K) jeweils zu den Zeitpunkten t0 und t1 – unabhängige Stichproben) und b) nach Wilcoxon (Vergleich der Probanden aus der Interventions- und der Kontrollgruppe jeweils im Zeitverlauf – verbundene Stichproben)**

Zeitpunkt t0	Alter	Rauchgewohnheiten	durchschnittl. Stunden/Tag unmittelbar im Stall (t0)
Mann-Whitney-U	451,500	468,000	454,500
Wilcoxon-W	947,500	964,000	982,500
Z	-,612	-,429	-,610
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,540	,668	,542

a. Gruppenvariable: Gruppenzuordnung

**Tabelle E 26: Vergleich der Subgruppen (a) „Legehennenhaltungen“ und (d) „Putenhaltungen“ mit dem Mann-Whitney-U Test in Bezug auf Altersstruktur, Rauchgewohnheiten, und durchschnittlicher Expositionszeit pro Tag im Stall**

Zeitpunkt t0	spez. IgEInhal.Alltest. (Nachweisgrenze 0,35 kU/L)	IL8 pg/ml Messbereich (3 - 200pg/ml)	sCD14 pg/ml (Messbereich 62,5 - 4000 pg/ml)	LTB4 pg/ml Messbereich (11,7-3000 pg/ml)
Mann-Whitney-U	262,500	226,000	231,000	224,000
Wilcoxon-W	538,500	502,000	507,000	500,000
Z	-,044	-,846	-,736	-,890
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,965	,398	,462	,374

a. Gruppenvariable: Gruppenzuordnung

**Tabelle E 27: Vergleich der Subgruppen (a) „Legehennenhaltungen“ und (d) „Putenhaltungen“ mittels Mann-Whitney-U Test in Bezug auf ausgewählte Parameter aus dem Serum (spez. IgE) bzw. der NALF (IL-8, sCD14, LTB4).**

Zeitpunkt t0	FEV1 (% vom Sollwert)	FEV1%FVC (% vom Sollwert)	FVC (% vom Sollwert)
Mann-Whitney-U	227,500	310,500	224,000
Wilcoxon-W	633,500	716,500	630,000
Z	-2,534	-1,137	-2,593
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,011	,256	,010

a. Gruppenvariable: Gruppenzuordnung

**Tabelle E 28: Vergleich der Subgruppen (a) „Legehennenhaltungen“ und (d) „Putenhaltungen“ mittels Mann-Whitney-U Test in Bezug auf ausgewählte Parameter des Lungenfunktionstests.**

## E5.2 Anhang zu Kapitel 4.1: Multivariate Analyse weiterer Zytokine aus der NALF

### Parameterschätzer

Abhängige Variable: sCD14 zu t1 (pg/ml) (Messbereich 62,5 - 4000 pg/ml) in der NALF

Parameter	Regressions- koeffizientB	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	204,1	565,5	0,4	0,7	-923,5	1331,8
Interventionsgruppe	606,6	726,3	0,8	0,4	-841,5	2054,7
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.
sCD14 zu t0(pg/ml)	0,8	0,3	3,0	0,0	0,3	1,3
Interventionsgruppe * sCD14 zu t0(pg/ml)	-0,3	0,3	-1,0	0,3	-1,0	0,3
Kontrollgruppe * sCD14 zu t0(pg/ml)	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

**Tabelle E 29: Ergebnis der multivariaten Analyse der sCD14-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung der Ausgangskonzentration und der Interaktion mit der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktor ( $R^2=0,174$ ;  $p=0,003$ )**

### Schätzungen fester Parameter<sup>b</sup>

Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	554,4	450,5	40,3	1,2	0,2	-356,0	1464,8
Interventionsgruppe	82,0	522,1	18,4	0,2	0,9	-1013,4	1177,4
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
sCD14 zu t0(pg/ml)	0,6	0,2	70,0	3,7	0,0	0,3	0,9

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: sCD14 zu t1 (pg/ml) (Messbereich 62,5 - 4000 pg/ml) in der NAL.

Güte des Modells (n=76):

Akaike-Informationskriterium (AIC): 1331,368

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 1335,921

**Tabelle E 30: Ergebnis der multivariaten Analyse der sCD14-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung des Intracluster-Korrelationskoeffizienten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktor**

Schätzungen fester Parameter<sup>b</sup>

Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1961,5	823,4	46,9	2,4	0,0	304,9	3618,0
Interventionsgruppe	-142,0	531,8	20,7	-0,3	0,8	-1248,7	964,7
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
sCD14 zu t0 (pg/ml)	0,6	0,2	65,4	3,8	0,0	0,3	0,9
Mischhaltung	-191,6	1159,7	30,5	-0,2	0,9	-2558,4	2175,1
Legehennenhaltung	-412,3	589,5	15,7	-0,7	0,5	-1664,2	839,6
übrige Hühnerhaltung	-907,3	697,9	21,6	-1,3	0,2	-2356,2	541,5
Putenhaltung	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
Nichtraucher	-1026,8	647,6	66,9	-1,6	0,1	-2319,3	265,8
Ex-Raucher	-1553,3	831,0	58,2	-1,9	0,1	-3216,7	110,1
Raucher	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: sCD14 zu t1 (pg/ml) (Messbereich 62,5 - 4000 pg/ml) in der NAL.

Güte des Modells (n=76):

Akaike-Informationskriterium (AIC): 1252,269

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 1256,679

**Tabelle E 31: Ergebnis der multivariaten Analyse der sCD14-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung der Tierhaltungsart, den Rauchgewohnheiten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktoren**

## Parameterschätzer

Abhängige Variable: Mittelwert IL-1 $\beta$  zu t1 (pg/ml)

Parameter	Regressions- koeffizientB	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,7	1,1	1,5	0,1	-0,5	4,0
Interventionsgruppe	-1,1	1,6	-0,7	0,5	-4,2	2,1
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.
IL-1 $\beta$ zu t0 (pg/ml)	0,1	0,3	0,3	0,8	-0,6	0,8
Interventionsgruppe * IL-1 $\beta$ zu t0 (pg/ml)	0,6	0,5	1,2	0,2	-0,4	1,7
Kontrollgruppe * IL-1 $\beta$ zu t0 (pg/ml)	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

R<sup>2</sup>=0,045, p=0,355

**Tabelle E 32: Ergebnis der multivariaten Analyse der IL-1 $\beta$ -Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung der Ausgangskonzentration sowie der Interaktion mit der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktoren**

Schätzungen fester Parameter<sup>b</sup>

Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,1	1,0	61,3	1,1	0,3	-1,0	3,1
Interventionsgruppe	0,3	1,2	48,6	0,2	0,8	-2,1	2,6
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
IL-1-β zu t0 (pg/ml)	0,4	0,3	70,7	1,4	0,2	-0,2	0,9

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: MWIL-1-β zu t1(pg/ml).

Güte des Modells (n=76):

Akaike-Informationskriterium (AIC): 442,989

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 447,338

**Tabelle E 33: Ergebnis der multivariaten Analyse IL-1β-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung des Intracluster-Korrelationskoeffizienten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktor**

Schätzungen fester Parameter<sup>b</sup>

Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	-1,0	2,1	61,3	-0,5	0,6	-5,1	3,1
Interventionsgruppe	0,7	1,3	46,3	0,5	0,6	-1,9	3,2
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
IL-1β zu t0 (pg/ml)	0,4	0,3	65,9	1,5	0,1	-0,1	1,0
Mischhaltung	0,6	2,7	54,2	0,2	0,8	-4,9	6,1
Legehennenhaltung	1,3	1,4	38,4	0,9	0,4	-1,5	4,1
übrige Hühnerhaltung	2,6	1,6	45,4	1,6	0,1	-0,7	5,9
Putenhaltung	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
Nichtraucher	0,5	1,6	65,8	0,3	0,8	-2,7	3,6
Ex-Raucher	1,9	2,0	62,2	0,9	0,4	-2,2	5,9
Raucher	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: MWIL-1β zu t1(pg/ml).

Akaike-Informationskriterium (AIC): 425,514

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 429,894

n=76

**Tabelle E 34: Ergebnis der multivariaten Analyse IL-1β-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung der Tierhaltungsart, den Rauchgewohnheiten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktoren**

### E5.3 Anhang zu Kapitel 4.2: Multivariate Analyse der IgG (mx1)

#### Parameterschätzer

Abhängige Variable: t1 Serum - spez.IgG Schimmelpilze

Parameter	Regressions- koeffizientB	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	3,4	2,6	1,3	0,2	-1,8	8,6
Interventionsgruppe	-3,2	3,9	-0,8	0,4	-11,0	4,6
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.
t0 Serum - spez.IgG Schimmelpilze	0,8	0,1	12,8	0,0	0,6	0,9
Interventionsgruppe * t0 spez.IgG Schimmelpilze	0,1	0,1	1,4	0,2	-0,1	0,3
Kontrollgruppe * t0 spez.IgG Schimmelpilze	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

$R^2=0,827$ ;  $p=0,000$

**Tabelle E 35: Ergebnis der multivariaten Analyse der Schimmelpilz-IgG (mx1)-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung der Ausgangskonzentration und der Interaktion mit der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktor**

#### Schätzungen fester Parameter<sup>b</sup>

Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	0,1	2,6	46,4	0,1	1,0	-5,1	5,4
Interventionsgruppe	2,5	3,3	27,0	0,7	0,5	-4,3	9,3
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
t0 Serum - spez.IgG Schimmelpilze	0,8	0,0	45,7	18,4	0,0	0,7	0,9

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: t1 Serum - spez.IgG Schimmelpilze.

Güte des Modells (n=76):

Akaike-Informationskriterium (AIC): 516,301

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 520,650

**Tabelle E 36: Ergebnis der multivariaten Analyse der Schimmelpilz-IgG (mx1)-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung des Intracluster-Korrelationskoeffizienten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktor**

Schätzungen fester Parameter<sup>b</sup>

Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	-2,8	4,9	59,5	-0,6	0,6	-12,7	7,0
Interventionsgruppe	3,0	3,5	28,3	0,9	0,4	-4,2	10,2
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
t0 Serum - spez.IgG Schimmelpilze	0,8	0,0	42,2	18,6	0,0	0,7	0,9
Mischhaltung	-6,0	7,1	28,1	-0,9	0,4	-20,5	8,4
Legehennenhaltung	3,7	4,0	27,0	0,9	0,4	-4,5	12,0
übrige Hühnerhal- tung	4,3	4,5	28,2	1,0	0,3	-4,8	13,5
Putenhaltung	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
Nichtraucher	-0,9	3,4	42,1	-0,3	0,8	-7,8	6,0
Ex-Raucher	7,8	4,5	51,6	1,8	0,1	-1,1	16,8
Raucher	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: t1 Serum - spez.IgG Schimmelpilze.

Güte des Modells (n=76):

Akaike-Informationskriterium (AIC): 484,790

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 488,979

**Tabelle E 37: Ergebnis der multivariaten Analyse der Schimmelpilz-IgG (mx1)-Konzentrationen nach dem Interventionszeitraum (t1) unter Berücksichtigung der Tierhaltungsart, den Rauchgewohnheiten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktoren**

## E5.4 Anhang zu Kapitel 4.3: Multivariate Analyse ausgewählter Parameter aus der Lungenfunktion

Schätzungen fester Parameter <sup>b</sup>							
Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	36,6	7,3	70,2	5,0	0,0	22,0	51,3
Interventionsgruppe	3,1	1,9	23,2	1,6	0,1	-0,8	7,0
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
t0 FEV1%FVC (% vom Sollwert)	0,6	0,1	71,1	8,6	0,0	0,5	0,8

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: FEV1%FVC (% vom Sollwert).

Güte des Modells (n=76):

Akaike-Informationskriterium (AIC): 531,474

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 536,055

**Tabelle E 38: Ergebnis der multivariaten Analyse der relativen Einsekundenkapazität FEV1%FVC zu t1 unter Berücksichtigung des Intracluster-Korrelationskoeffizienten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktor**

Schätzungen fester Parameter <sup>b</sup>							
Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	34,6	7,7	68,0	4,5	0,0	19,2	50,0
Interventionsgruppe	2,5	1,9	68,0	1,3	0,2	-1,4	6,3
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
t0 FEV1%FVC (% vom Sollwert)	0,7	0,1	68,0	9,0	0,0	0,5	0,8
Mischhaltung	3,4	3,9	68,0	0,9	0,4	-4,5	11,2
Legehennenhaltung	3,6	2,1	68,0	1,7	0,1	-0,6	7,9
übrige Hühnerhal- tung	-3,3	2,5	68,0	-1,3	0,2	-8,4	1,7
Putenhaltung	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
Nichtraucher	-0,1	2,5	68,0	0,0	1,0	-5,0	4,8
Ex-Raucher	-2,7	3,1	68,0	-0,9	0,4	-9,0	3,5
Raucher	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: FEV1%FVC (% vom Sollwert).

Güte des Modells (n=76):

Akaike-Informationskriterium (AIC): 503,710

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 508,149

**Tabelle E 39: Ergebnis der multivariaten Analyse der relativen Einsekundenkapazität FEV1%FVC zu t1 unter Berücksichtigung der Tierhaltungsart, den Rauchgewohnheiten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktoren**

## Parameterschätzer

Abhängige Variable:t1 FEV1 (% vom Sollwert)

Parameter	Regressions- koeffizientB	Standard- fehler	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	38,4	9,6	4,0	0,0	19,2	57,6
Interventionsgruppe	-5,5	12,9	-0,4	0,7	-31,3	20,2
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.
t0 FEV1 (% vom Sollwert)	0,6	0,1	7,1	0,0	0,5	0,8
Interventionsgruppe *						
t0 FEV1 (% vom Sollwert)	0,1	0,1	0,5	0,6	-0,2	0,3
Kontrollgruppe * t0 FEV1 (% vom Soll- wert)	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

R<sup>2</sup>=0,630, p=0,000**Tabelle E 40: Ergebnis der multivariaten Analyse der absoluten Einsekundenkapazität FEV1 zu t1 unter Berücksichtigung der Ausgangskonzentration und der Interaktion mit der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktor**Schätzungen fester Parameter<sup>b</sup>

Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	34,6	6,8	67,9	5,1	0,0	21,1	48,1
Interventionsgruppe	0,4	3,0	45,0	0,1	0,9	-5,7	6,6
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
t0 FEV1 (% vom Sollwert)	0,7	0,1	68,7	11,1	0,0	0,6	0,8

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: t1 FEV1 (% vom Sollwert).

Güte des Modells (n=76):

Akaike-Informationskriterium (AIC): 599,509

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 604,090

**Tabelle E 41: Ergebnis der multivariaten Analyse der absoluten Einsekundenkapazität FEV1 zu t1 unter Berücksichtigung des Intracluster-Korrelationskoeffizienten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktor**

Schätzungen fester Parameter<sup>b</sup>

Parameter	Schätzung	Standard- fehler	Freiheits- grade	T- Statistik	Signifikanz	Konfidenzintervall 95%	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	40,5	8,8	55,8	4,6	0,0	22,9	58,1
Interventionsgruppe	0,3	3,3	42,8	0,1	0,9	-6,3	6,9
Kontrollgruppe	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
t0 FEV1 (% vom Sollwert)	0,7	0,1	59,7	10,1	0,0	0,5	0,8
Mischhaltung	6,4	6,6	36,4	1,0	0,3	-7,0	19,9
Legehennenhaltung	-0,8	3,7	33,9	-0,2	0,8	-8,4	6,8
übrige Hühnerhal- tung	-2,7	4,4	43,9	-0,6	0,5	-11,5	6,0
Putenhaltung	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.
Nichtraucher	-4,0	4,1	67,7	-1,0	0,3	-12,2	4,1
Ex-Raucher	-7,0	5,2	63,0	-1,4	0,2	-17,4	3,3
Raucher	0 <sup>a</sup>	0,0	.	.	.	.	.

a. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

b. Abhängige Variable: t1 FEV1 (% vom Sollwert).

Güte des Modells (n=76):

Akaike-Informationskriterium (AIC): 573,085

Bayes-Kriterium von Schwarz (BIC): 577,524

**Tabelle E 42: Ergebnis der multivariaten Analyse der absoluten Einsekundenkapazität FEV1 zu t1 unter Berücksichtigung der Tierhaltungsart, den Rauchgewohnheiten und der Gruppenzugehörigkeit als Prädiktoren**

## 5 Beantwortung und Diskussion der Fragestellungen

### 5.1 **Umfang und Höhe der wichtigsten luftbelastenden Stoffe in alternativen Haltungssystemen für Legehennen (qualitativ und quantitativ)**

Anhand der im Zuge des vorliegenden Forschungsvorhabens erhaltenen Ergebnisse lassen sich deutliche Unterschiede im Hinblick auf die Luftqualität in den vier exemplarisch untersuchten Haltungssystemen und den damit mutmaßlich zusammenhängenden Belastungen für Beschäftigte und Umwelt erkennen. Zu den Parametern mit großen Unterschieden zwischen den vier untersuchten Haltungssystemen und einer starken Variation im Tagesgang zählt der luftgetragene Staub. Der Staubgehalt der Luft ist stark an die Aktivität der Hennen geknüpft: die Staubkonzentration in der Luft sinkt mit Anbruch der Ruhephase schlagartig ab und steigt erst wieder an, wenn die Hennen wieder aktiv werden. Dies gilt für alle Haltungssysteme gleichermaßen. Allerdings lassen sich die höchsten Konzentrationen an luftgetragenem Staub regelmäßig in den beiden Systemen mit innen liegendem Scharrraum finden, während die Kleingruppenhaltung mit zeitlichem und mengenmäßig begrenztem Scharrgutzugang deutlich niedrigere Werte aufweist.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Staubgeneration im Stall durch das von den Hennen mit der Ausübung natürlicher Verhaltensweisen aufgewirbelte Scharrgut in großem Maße von der Art und der Nutzungsdauer des Scharrgutes abhängt. Mit zunehmender Nutzungsdauer des Scharrgutes steigt der Gehalt an feinkörnigen Kot-, Haut- und Federpartikeln, die bei entsprechender Trockenheit des Scharrgutes in die Luft geraten und die Konzentrationen an alveolengängigem und einatembarem Staub erhöhen. Der in Bezug auf den arbeitenden Menschen laut TRGS 900 geltende Grenzwert von  $3 \text{ mg/m}^3$  für die alveolengängige Staubfraktion PM<sub>4</sub> bzw. von  $10 \text{ mg/m}^3$  für die einatembare Staubfraktion wurde jedoch in der Regel in keiner der Haltungssysteme überschritten.

Anders stellte sich die Situation für die Konzentrationen an luftgetragenem Ammoniak in den untersuchten Ställen dar.. Der arbeitsplatzbezogene Grenzwert von 20 ppm (TRGS 900) wurde hier vor allem in den kalten Wintermonaten und besonders in der Bodenhaltung regelmäßig überschritten. Die Werte in der Kleingruppenhaltung lagen hingegen stets unterhalb von 10 ppm. Im Sommer, d.h. bei ausreichender Lüftung der Stallungen, wurden die Ammoniakgrenzwerte fast immer eingehalten. Die Ammoniakkonzentrationen sind in erster Linie von der Lüftungs- und Entmistungsstrategie abhängig. Im Tagesgang lassen sich kaum Konzentrationsveränderungen feststellen, Aktivitäts- und Ruhephasen scheinen auf die Ammoniakkonzentrationen keinen oder nur geringen Einfluss zu haben.

Einen starken Einfluss auf die Ammoniakkonzentrationen in der Luft scheint dagegen das Fäkalmanagement zu haben: Systeme, in denen der Kot der Tiere bis zum Ende der Legeperiode im Stall verbleibt, zeigen sich in deren Verlauf deutlich höhere Konzentrationen an Ammoniak als in den Systemen, in denen der Kot getrocknet und regelmäßig über ein Kotband entfernt wird. Die Unterschiede zwischen den vier untersuchten alternativen Haltungssystemen für Legehennen bezüglich der luftgetragenen Endotoxine fallen weniger deutlich aus, allerdings ist es auch hier die Kleingruppenhaltung, die in der überwiegenden Mehrheit der Fälle die niedrigsten Konzentrationen aufweist. In Deutschland gelten keine Grenz- oder Richtwerte für die Exposition gegenüber luftgetragenen Endotoxinen in der Luft am Arbeitsplatz. Allerdings gilt ein allgemeines Minimierungsgebot, d.h. die Exposition der Beschäftigten soll so gering wie mit vertretbarem Aufwand möglich gehalten werden (vgl. auch Bericht des ABAS zum Thema „Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine“). Der beispielsweise in den Niederlanden vorgeschlagene (wegen Nichtmachbarkeit zurückgezogene) Richtwert von 200 EU pro Kubikmeter Luft wird in allen untersuchten Haltungssystemen regelmäßig überschritten (Gesundheitsbasierte OEL: 50 EU/m<sup>3</sup>)<sup>12</sup> [110]. Möglicherweise hat auch hier das Fäkalmanagement einen Einfluss auf den Endotoxingehalt der Luft, da im Kot der Tiere besonders viele Gram-negative Bakterien enthalten sind (Enterobacteriaceae), bei deren Zerfall Endotoxine freigesetzt werden. Unterschiede zwischen den Haltungssystemen, die Konzentrationen an luftgetragenen Enterobacteriaceae betreffend, lassen sich jedoch nicht eindeutig ausmachen. Auch hier werden die niedrigsten Werte für die Kleingruppenhaltung gefunden. Bei der Bewertung der ermittelten Bakterienkonzentrationen muss berücksichtigt berücksichtigt werden, dass der luftgetragene Zustand die Kultivierbarkeit der weniger stress- und austrocknungsresistenten Keime wie die Enterobacteriaceae *Escherichia coli* oder auch Salmonellen eventuell so weit herabsetzt, dass sie kulturell nicht mehr nachgewiesen werden können. Die gramnegativen Salmonellen und Campylobacter konnten in keiner der Haltungsformen nachgewiesen werden. Hierbei ist bemerkenswert, dass die zur Kontrolle untersuchten Kotproben tatsächlich frei von Salmonellen waren, *Campylobacter* jedoch häufig gefunden wurden. Für diese Keime ist folglich die Übertragung auf dem Luftwege erschwert. Andere Bakterien fäkalen Ursprungs, wie Bakterien der Gattung *Enterococcus*, sind deutlich resistenter gegenüber Austrocknung und konnten regelmäßig in der Luft nachgewiesen werden. Die höchsten Konzentrationen an luftgetragenen Enterokokken fanden sich regelmäßig in der Bodenhaltung, während

---

<sup>12</sup> <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/content/full/50/7/731#B4>;

die Konzentrationen in der Kleingruppenhaltung verhältnismäßig gering ausfielen. Luftgetragene Enterokokken können als gegenüber Umwelteinflüssen relativ robuste Keime fäkalen Ursprungs in großen Zahlen als Indikatorkeime für Tierhaltungsanlagen gelten. Im Vergleich zu den Staphylokokken blieben die Konzentrationen an Enterokokken und hämolysierenden Streptokokken jedoch gering. Die Staphylokokken machten einen Großteil der luftgetragenen Gesamtbakterien aus und wiesen wie diese in ihren Konzentrationen einen saisonalen Verlauf und deutliche Unterschiede zwischen den vier Haltungssystemen auf. Auch hier fanden sich wieder die höchsten Konzentrationen regelmäßig in der Bodenhaltung und die niedrigsten Konzentrationen in der Kleingruppenhaltung. Für „unbelastete“ Außenluft kann in der Regel ein Keimgehalt von wenigen 100 bis 1000 koloniebildende Einheiten pro m<sup>3</sup> Luft (KBE/m<sup>3</sup>) gelten (WÜST et al. 1999). Bei zahlreichen Messungen im ländlichen Raum wurden Schwankungsbreiten zwischen 2 und 3000 KBE/m<sup>3</sup> ermittelt (BOVALLIUS et al. 1978). Die in der Umgebung des Stalles gemessenen Konzentrationen an luftgetragenen Gesamtbakterien liegen innerhalb dieses Schwankungsbereiches, während in der Stallluft Konzentrationen an Staphylokokken und Gesamtbakterien gefunden wurden, die um den Faktor 1000 höher ausfielen. Da Staphylokokken, mit Ausnahme des ebenfalls nachgewiesenen ubiquitär vorkommenden *S. xylosus* und weniger anderer Spezies, als Kommensalen auf Haut- und Schleimhäuten von Tieren vorkommen, können sie, in hohen Konzentrationen in der Luft nachgewiesen, ebenfalls als Indikatorkeime für Tierhaltungsanlagen in der Umgebung und auch für eine mikrobielle Belastung durch diese gelten. Diese Indikatorfunktion gilt für Schimmelpilze nicht. Für sie wurden ebenfalls eine saisonale Abhängigkeit, hohe Konzentrationen und Unterschiede zwischen den untersuchten Haltungssystemen festgestellt. Als Quellen luftgetragener Schimmelpilze sind hier vor allem die Einstreu und das Futter aber auch nicht mess- oder steuerbare Herkunftsorte in der Umwelt des Stalles zu berücksichtigen.

## **5.2 Identifizierung von Emissionsminderungsmaßnahmen im Stall zum Schutz von Mensch, Tier und Umwelt**

Auf Grundlage der BioStoffV besteht ein grundsätzliches Minimierungsgebot gegenüber biologischen Arbeitsstoffen, wie sie auch Bestandteil des Stallbioaerosols sind. Expositionen sollten in Qualität und Quantität auf ein Mindestmaß reduziert sein. Dabei sind gemäß Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) zunächst alle technischen und organisatorischen Maß-

nahmen auszuschöpfen, bevor durch persönliche Schutzmaßnahmen ein individueller Schutz erreicht werden kann.

Die Lüftung stellt den wichtigsten Faktor zur Verbesserung der Luftqualität im Stallraum dar. Hohe Luftwechselraten sorgen für einen schnellen Abtransport der anfallenden luftgetragenen Stäube, Gase und Mikroorganismen aus der Stallluft. Gleichwohl werden diese bereits in die Luft geratenen Stoffe dadurch lediglich umverteilt und vermehrt in die Stallumgebung emittiert.

Eine Beschränkung des Scharrgutzugangs wie bei der untersuchten Kleingruppenhaltung kann zu einer Verringerung der Staubgeneration beitragen. Da jedoch die uneingeschränkte Ausübung natürlicher Verhaltensweisen der Hühner, wie Staubbaden oder Scharren, gewünscht ist, kann ein solcher Schritt nicht zielführend sein. Weitere Maßnahmen zur Verringerung der Staubgeneration wären die Verwendung von möglichst groben und staubarmen Materialien, Materialien, die wenig Grundlage für das Wachstum von Mikroorganismen bilden, und die häufigere Erneuerung des gesamten Scharrgutes, um eine Anreicherung von Kot-, Haut- und Federpartikeln im Scharrgut zu vermeiden.

Eine gute Belüftung des Kotbandes und eine regelmäßige Entfernung der anfallenden Fäkalien können zu einer Reduktion des Ammoniakgehalts der Luft im Stall beitragen. Auch die Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen mit fäkalem Ursprung können dadurch gesenkt werden.

### **5.2.1 Einfluss von Funktionszuständen und Jahreszeiten**

Insgesamt scheint der innen liegende Scharrraum neben der Jahreszeit und der damit zusammenhängenden Lüftungsrate den größten Effekt auf die Bakterienfracht der Stallluft zu haben. Ein saisonaler Verlauf lässt sich besonders bei den Gesamtbakterien und den Staphylokokken erkennen: In den Wintermonaten steigen die Werte in allen untersuchten Haltungsformen an. Dies liegt vermutlich in einem reduzierten Luftumsatz in den Wintermonaten im Vergleich zu den Sommermonaten zur Minimierung des Wärmeverlustes begründet. Deutlich zu sehen ist dies auch im Vergleich der Staphylokokkenkonzentrationen innerhalb und außerhalb des Stalles im Verlauf der Jahreszeiten: Bei reduzierter Ventilationsrate im Winter sind die im Bereich des Arbeitsgangs im Stall ermittelten Keimzahlen hoch und die Konzentrationen der als Indikatorkeime für Tierhaltungsanlagen dienenden Staphylokokken in der Außenluft verhältnismäßig niedrig, während in den warmen Monaten mit hoher Ventilationsrate die Außenluftkonzentrationen steigen und die Konzentrationen an luftgetragenen Staphylokokken im Arbeitsgang niedriger ausfallen.

Ein weiterer Parameter mit Einfluss auf die Belastung der Stallluft scheint auch das Kotmanagement zu sein: Die durchschnittlichen Konzentrationen an Keimen mit fäkalem Ursprung sind in den beiden untersuchten Systemen mit Kotgrube höher als in den beiden Systemen mit regelmäßig entleertem Kotband. So liegen die durchschnittlichen Konzentrationen an sowohl luftgetragenen Enterokokken als auch coliformen Keimen in der Boden- und der Freilandhaltung etwa 200 % über den Konzentrationen in der Kleingruppen- und der Volierenhaltung.

### **5.2.2 Managemtypische Faktoren (auch Auslaufzeiten)**

Die regelmäßige Entfernung der anfallenden Fäkalien (wie durch das Kotband in der Volierenhaltung und Kleingruppenhaltung) wirkt sich günstig auf sowohl den Ammoniakgehalt der Luft als auch die Konzentrationen an luftgetragenen Keimen fäkalen Ursprungs aus.

Da die Aktivität der Hühner einen starken Einfluss auf die Staubgeneration zu haben scheint, kann managementseitig auch durch eine Beschränkung des Scharrgutzugangs eingegriffen werden. In den ersten Wochen nach Einstallung waren die Konzentrationen an luftgetragendem Staub bei allen Systemen vergleichsweise niedrig, da die Hennen während der Eingewöhnungsphase in das neue System keinen Zugang zur Scharrfläche (Freilandhaltung, Bodenhaltung) hatten oder diese noch nicht vollständig eingestreut war (Volierenhaltung). Letztlich kann die Beschränkung des Zugangs zur Scharrfläche aber nicht als Maßnahme empfohlen werden, um die Luftqualität im Stall zu verbessern. Im Hinblick auf die Auswahl von Einstreumaterialien sei auf die oben dargestellten Ergebnisse verwiesen.

Die z.B. in den Experteninterviews genannten Möglichkeiten der Lüftungssteuerung (Steuerung z.B. über Luftfeuchtigkeit oder CO<sub>2</sub>-Konzentration) könnte zu einer Verbesserung der Luftqualität im Stall führen. Lüftungsanlagen mit generell höheren Ventilationsraten zur Senkung der Partikelfracht in der Stallluft könnten mit zusätzlichen Filtereinheiten oder anderen abscheidenden Verfahren ausgestattet werden, um auch die Einträge in die Umwelt zu verringern. Allerdings muss einschränkend angemerkt werden, dass entsprechende Verfahren in der Geflügelhaltung nicht Stand der Technik sind.

### 5.3 Entfernung, Umfang und Art der Ausbreitung von Stoffen (Leitkeime) in der Umwelt inklusive Auslauf (qualitativ und quantitativ)

Luftgetragene Partikel werden, nachdem sie über das Lüftungssystem nach draußen gelangen, durch Luftbewegungen weiter transportiert. Größere Partikel setzen sich dabei relativ rasch in Stallnähe ab, während kleinere Partikel weiter mit der Luft davongetragen werden. Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von unter 5 µm sinken lediglich etwa 1 mm pro Sekunde und besitzen daher das Potential, über weite Entfernungen getragen zu werden, wenn sie nicht durch Hindernisse, Turbulenzen, Regen oder Agglomeration aus der Luft entfernt werden. Grundsätzlich kann, wie weiter oben 5.2.1 schon dargelegt, festgestellt werden, dass Staphylokokken, die in diesen Untersuchungen als Indikatorkeime für Stallemissionen gewählt wurden, in ihren Konzentrationen in der Außenluft einen den Innenluftkonzentrationen gegensätzlich saisonalen Verlauf aufweisen. Sind durch hohe Ventilationsraten im Sommer auch hohe Quellstärken zu erwarten, finden sich in der Stallumgebung höhere Konzentrationen an luftgetragenen Staphylokokken als in den Wintermonaten. Dabei nehmen die Konzentrationen mit zunehmender Entfernung vom Stallgebäude relativ schnell ab. Während im Stall Konzentrationen von bis zu  $10^8$  kultivierbaren Staphylokokken pro Kubikmeter gefunden werden konnten, werden diese im Abluftstrom in der Außenluft stark verdünnt, so dass in unmittelbarer Stallnähe zwar noch bis zu  $10^5$  Keime pro Kubikmeter, nach 100 Metern aber maximal  $10^3$  kultivierbare Staphylokokken pro Kubikmeter Außenluft gefunden werden konnten. Damit liegen die Konzentrationen innerhalb der für ländliche Außenluft angegebenen üblichen Schwankungsbreite (Wüst et al. 1999, Bovallius et al. 1978). Allerdings ist zu beachten, dass die detektierten Staphylokokken als Indikatoren für Tierhaltungsanlagen gelten und in der unbelasteten Außenluft üblicherweise nur in sehr geringen Konzentrationen vorkommen, hier also von einer Zusatzbelastung ausgegangen werden muss.

Die an der Freilandhaltung durch Passivmessung ermittelten Ammoniakimmissionen in der Stallumgebung weisen Werte zwischen 5,2 und 49,2 µg NH<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> und im Mittel (n=52) 24,7 µg NH<sub>3</sub> /m<sup>3</sup>. Die errechneten Emissionsmassenströme für die beiden Legehennenställe der Freilandhaltung liegen bei etwa 180 g NH<sub>3</sub> pro Stunde beziehungsweise 220 g NH<sub>3</sub> pro Stunde inklusive der Wirtschaftsdüngerlagerung und der Auslaufflächen. Aufgrund ungünstiger Anströmungsverhältnisse während der Messkampagnen konnten jedoch indirekt durch Ausbreitungsberechnungen keine deutlichen Zuordnungen der gefundenen Ammoniakimmissionen zu einem der auf der Hofstelle befindlichen Quellen getrof-

fen werden. Erschwerend kam bei der Beurteilung der Freilandhaltung hinzu, dass der Auslauf der Hennen eine nicht unerhebliche Flächenquelle für Ammoniakemissionen darstellt, vermutlich aufgrund der Tatsache, dass abgegebener Kot sich hier über einen längeren Zeitraum als nur während einer Legeperiode anreichern kann und damit kontinuierlich Ammoniak in geringen Konzentrationen in die Luft getragen wird.

#### **5.4 Erarbeitung von persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen**

Aus den Ergebnissen von Modul H wird der positive Effekt des Einsatzes von Atemschutz deutlich, wenn auch der Nachweis signifikanter Unterschiede zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe aus methodischen Gründen nicht gelang. Entsprechend unterstützen die vorliegenden Ergebnisse die bereits in z.B. der TRBA 230 niedergelegte Forderung, Beschäftigten in der Landwirtschaft bei staubenden Tätigkeiten Atemschutz mindestens in Form partikelfiltrierender Halbmasken der Klasse FFP 2 zur Verfügung zu stellen.

In zweiter Linie können die Ergebnisse der vorliegenden Studie zur Illustration der Effekte von persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Exposition gegenüber luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen herangezogen werden, sei es in der Landwirtschaft oder anderen Wirtschaftsfeldern mit ähnlicher Exposition (z.B. Entsorgungswirtschaft). In diesem Sinne kann die Darstellung der Studienergebnisse in die Schulungsunterlagen einfließen, die z.B. Arbeitgeber oder Beschäftigte selbst adressieren und der Motivation zur Umsetzung von gestuften Arbeitsschutzmaßnahmen (baulich – technisch – persönlich) dienen. Ebenso können die gewonnenen Erkenntnisse für die Schulung und Informationsvermittlung an z.B. Betriebsärztinnen und Betriebsärzte, Fachkräfte für Arbeitssicherheit und Technische Aufsichtsdienste der gesetzlichen Unfallversicherung wie auch Mitarbeitende des staatlichen Arbeitsschutzes verwendet werden.

Gerade im Rahmen der Schulung der Probanden wurden das sehr große Interesse und der Informationsbedarf der Beschäftigten an Themen des Gesundheitsschutzes, der arbeitsmedizinischen Vorsorge und den Möglichkeiten gerade des Atemschutzes deutlich.

## **6 Diskussion der Methodik, Limitationen**

Modul A und Modul A1 bildeten mit stationären Messungen der luftgetragenen Mikroorganismen und Endotoxine im Stall die Datengrundlage zur Ermittlung von Umfang und Höhe luftgetragener Keimbelastungen und Gasemissionen (Frage 1a und 1c). Die Ergebnisse von im Modul A durchgeführten personengetragenen Messungen zur Ermittlung der luftgetragenen Schimmelpilzsporen und Aktinomyzeten während unterschiedlicher Arbeitsvorgänge im Stall trugen zur Beantwortung von Fragen 3, 4 und 5 bei.

Modul B diente zur Erhebung der für die Beantwortung von Frage 1c und 2 und anschließend auch für 3, 4 und 5 erforderlichen Konzentrationen von Staubfraktionen stationär im Stall und in der Abluft.

Modul C ermöglichte analog zu Modul B die Beantwortung der Fragen 1b und 2 und 3, 4 und 5 zu Gasen Ammoniak und Kohlendioxid.

Modul D, Modul D1, Modul D2 und Modul E beschäftigten sich mit dem Austrag von Staub, Mikroorganismen und Ammoniak in die Stallumgebung. Dabei wurden die Konzentrationen von Staub und Gasen in der Abluft ermittelt und die Emissionsmassenströme zusammen mit den aus Modul A bekannten Werten für die Mikroorganismen in der Stallluft auf Basis der Luftwechselraten (Modul D) errechnet. Moduliert über die durch Passivsammler erhaltenen Emissionswerte für Ammoniak konnten dann auch Ausbreitungsrechnungen für Staub und Mikroorganismen erstellt werden. Die Verfrachtung von Bakterien in die Stallumgebung wurde in Modul E mittels Impaktion in stallnaher und stallferner Position im Lee des Stalles ermittelt.

Das für die Luftkeimanalysen verwendete Impingement in wässrige Lösungen ist allgemein für die Sammlung von stressresistenten Sporen geeignet. Vegetative Bakterienzellen können jedoch ihre Kultivierbarkeit durch den Sammelprozess verlieren [113]. Das Impingement kann daher zu einem Verlust im Nachweis sensitiver Bakterien führen und eine Verschiebung des tatsächlichen Luftkeimspektrums hervorrufen. Dies gilt jedoch für alle volumenbezogenen Luftkeimsammelverfahren [114]. Lediglich bei der Sedimentation ist nicht mit Sammelstress für die Bakterienzellen zu rechnen, allerdings stellt dieses Verfahren nur einen qualitativen Nachweis dar, durch Sedimentation von Zellaggregaten wird die tatsächliche Zellzahl stark unterschätzt.

Für die Ausbreitungsrechnung kann festgehalten werden, dass die geplante Vorgehensweise zur Ermittlung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den Auslaufzonen grundsätzlich geeignet

wäre, um diese mit genügender Genauigkeit zu bestimmen. Die in diesem Projekt durchgeführten Messungen waren jedoch größtenteils geprägt durch Windrichtungshäufigkeiten, die genau diametral zu den ansonsten häufigsten Winden aus dem Sektor West-Südwest standen. Darüber hinaus scheint es gerade im Ostsektor Quellen mit signifikanter  $\text{NH}_3$ -Emission zu geben, die zu höheren Belastungen bei den  $\text{NH}_3$ -Immissionsmessungen führten, als jene Emissionen des untersuchten Betriebes selbst.

Die Fragen nach der Repräsentativität des gewählten Messortes und der Messzeit für die Messung der Ammoniak- und Staubmassenströme konnte zufrieden stellen beantwortet werden. Lediglich im Stall mit Bodenhaltung wurde an der zentralen Messstelle ein um ca. 30 % zu hoher Wert, bezogen auf das Stallmittel, gemessen. Der entsprechende Korrekturfaktor ist in der Ergebnisdarstellung berücksichtigt.

Bei den Konzentrationsmessungen gaben die Spotmessungen für Ammoniak den 24h Mittelwert gut wieder, bei einer leichten Überschätzung zumindest für die Winterzeit. Außenmessungen waren durch die gegebenen Standortbedingungen und die Witterungsbedingungen nur eingeschränkt möglich.

Die Befragung von weiteren Beständen und Experten (Module F und G) lieferte tiefere Einblicke in die Praxis der Betriebe und den aktuellen Stand der Entwicklung betrieblicher Strukturen im Zusammenhang mit der Abschaffung der konventionellen Käfighaltung. Bei der quantitativen Befragung wäre der Zugang zu einem größeren Kollektiv und damit einer höheren Zahl eingehender Fragebögen wünschenswert gewesen, um eine tatsächliche Quantifizierung der Probleme und der Erfahrungen zu ermöglichen. Dies sollte ggf. in einem Folgeprojekt versucht werden.

In der umfangreichen Studie zur Atemwegsgesundheit von Beschäftigten in der Geflügelhaltung (Modul H) zeigte sich eine wachsende Sensibilität der Betroffenen gegenüber dieser Problematik und ein hoher Informationsbedarf bezüglich Belastungssituation und Gesundheitsrisiken. Die berechnete Fallzahl für eine eindeutige Aussage zum Zusammenhang der Atemwegsgesundheit und dem Gebrauch von Staubmasken konnte nicht erreicht werden. Dennoch lieferte die Studie weit reichende Einblicke zur Förderung präventiver Maßnahmen im Hinblick auf Atemwegserkrankungen durch Stallbioaerosole.

Die modulare Aufteilung des Projekts, ermöglichte eine umfangreiche Bearbeitung der zu beantwortenden Fragen durch Experten der jeweiligen Kompetenzbereiche. So konnten Umfang und Höhe der luftbelastenden Stoffe über einen Zeitraum von zwei Aufstallungsperioden ermittelt werden und damit genauere Informationen zur Beurteilung der Belastungssituation für Mensch, Tier und Umwelt erfasst werden. Ebenso große Bedeutung

kam aber auch dem Faktor „Mensch“ zu – einerseits dadurch, dass Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Praxis erhoben und strukturiert zugänglich gemacht wurden, andererseits indem mit der Evaluation der Wirksamkeit von Atemschutz ein wesentlicher Aspekt des Arbeitsschutzes in der Geflügelhaltung betrachtet wurde.

## **7 Schlussfolgerung und Ausblick**

Bei Betrachtung aller in Modul A untersuchter Parameter lässt sich festhalten, dass die Jahreszeit, d.h. die Außentemperaturen, bzw. vor allem darüber vermittelt das Lüftungsregime den größten Einfluss auf die Konzentrationen an luftgetragenen Keimen und Endotoxinen haben. Weitere einflussreiche Parameter sind die Lage, Nutzung und Beschickung des Scharrraumes und das Kot-Management. Die geringen Konzentrationen an luftgetragendem Staub, Bakterien, Schimmelpilzen und Endotoxinen in der Kleingruppenhaltung sind wohl vor allem darauf zurückzuführen, dass den Hennen hier nur einmal am Tag eine kleine Menge staubarmes Streugut auf der dafür vorgesehenen Sandbadematte zur Verfügung gestellt wurde. Dieses Streugut war meist innerhalb der nächsten halben Stunde verbraucht, während den Hennen in den übrigen Hal-tungsformen zumindest während der Lichtphase ein tief eingestreuter Bereich zum Scharren und Sandbaden zur Verfügung stand, in dem sich im Laufe der Legeperiode der Anteil an Kot-, Feder- und Hautpartikel zunehmend erhöhte. Darüber hinaus scheint es auch Faktoren zu geben, die eine grundsätzliche Unterscheidung des Bakterienspektrums in der Luft der verschiedenen Haltungsformen bedingen. Hierbei scheint vor allem dem verschieden ausgeprägten Eintrag von Umweltkeimen eine besondere Bedeutung zuzukommen. Besonders auffallend ist, dass viele Keime bereits durch die Tiere mit dem Einstellen in den Stall verbracht werden und in der folgenden Aufstallungsphase möglicherweise die Keimflora beeinflussen. Die im Projekt gefundenen Schimmelpilzkonzentrationen bei Tätigkeiten im Stall waren punktuell sehr hoch. Der Nachweis von thermophilen Actinomyceten in der Freilandhaltung legt nahe, dass dieser Keim insbesondere durch die Tiere von Außen in den Stall eingetragen wird. Als Quelle dieser Spezies erscheint außerdem das Kotband der Kleingruppenhaltung, obwohl hier durch die optimale Trocknung des Kots Ausgasungen und Keimwachstum gering gehalten werden sollen.

Basierend auf Daten aus der Literatur ist die Konzentration an luftgetragenen Endotoxinen in der Stallluft der beste Prädiktor für die Entwicklung chronischer Atemwegsbeschwerden bzw. chronischer Einschränkungen der Lungenfunktion. In verschiedenen Studien wurden Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge bei einer Langzeitexposition durch Endotoxinen in einem Konzentrationsbereich ab 150 EU/m<sup>3</sup> ermittelt<sup>13</sup>. Dieser Konzentrationsbereich wird innerhalb unseres Projekts regelmäßig und zum Teil um Zehnerpotenzen überschritten. Neben einigen Spitzenbelastungen von bis zu 100.000 EU/m<sup>3</sup> stehen vor allem latente Expositionen durch die Grundbelastung im Stall im Vordergrund. Hier sind dauerhaft Werte in Höhe von (Median) 1.000 bis 15.000 EU/m<sup>3</sup> zu erwarten. Im Hinblick auf individuell sehr unterschiedliche Empfänglichkeiten und je nach Betriebsgröße und Betriebsstruktur sehr unterschiedliche Expositionszeiten ist eine verallgemeinernde Aussage zu den Gesundheitsgefahren durch die Exposition durch Pyrogene bei Tätigkeit in Legehennenhaltungen nicht möglich. Interessant erscheint aber neben dem Aspekt der Pyrogenbelastung als Faktor zur Entwicklung einer Atemwegserkrankung, der in der vorliegenden Studie beschriebene hohe Sensibilisierungsgrad der Beschäftigten gegenüber inhalativen Allergenen.

Auf Grundlage der BioStoffV<sup>14</sup> besteht ein grundsätzliches Minimierungsgebot gegenüber biologischen Arbeitsstoffen, wie sie auch Bestandteil des Stallbioaerosols sind. Expositionen sollten in Qualität und Quantität auf ein Mindestmaß reduziert sein. Dabei sind zunächst alle technischen und organisatorischen Maßnahmen (ArbSchG<sup>15</sup>) auszuschöpfen, bevor durch persönliche Schutzmaßnahmen ein individueller Schutz erreicht werden kann. Voraussetzung für einen individuellen Schutz ist zunächst die Aufklärung des betroffenen Personenkreises gegenüber den Gesundheitsrisiken, allgemeinen Hygieneanforderungen sowie den Möglichkeiten und Grenzen persönlicher Schutzmaßnahmen durch z.B. partikelfiltrierende Halbmasken oder ggf. durch belüftete Atemhelme. Die Studienteilnehmer im Rahmen dieses Projektes zeigten sich diesen Fragen und Maßnahmen gegenüber sehr offen und interessiert.

---

13 Bericht des ABAS (Arbeitskreis für biologische Arbeitsstoffe): [http://www.baua.de/nn\\_12372/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/ABAS/aus-dem-ABAS/pdf/Endotoxinpapier.pdf](http://www.baua.de/nn_12372/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/ABAS/aus-dem-ABAS/pdf/Endotoxinpapier.pdf)

14 BioStoffV: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen. Zuletzt geändert am 18.12.2008.

15 ArbSchG: Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit. Zuletzt geändert 5.2.2009.

Die gewonnenen Ergebnisse können der Ableitung von sowohl Umrüstungs- bzw. Bau- als auch Managementempfehlungen anhand der feststellbaren Hinweise zu Vorteilen bestimmter Charakteristika dienen:

- Scharrgutzugang räumlich oder zeitlich separieren (wie in der Freilandhaltung oder Kleingruppenhaltung),
- Kot regelmäßig entfernen (wie in Voliere und Kleingruppenhaltung),
- staubarme Einstreu verwenden,
- Atemschutz verwenden,
- Notwendigkeit der Verbesserung der Abluftsteuerung

Weitere Untersuchungen zum Effekt der vorgenannten Maßnahmen sind notwendig, mit dem Ziel die deutsche Legehennenhaltung tiergerechter, umweltverträglicher UND arbeitsmedizinisch unbedenklich (oder wenigstens akzeptabel?) zu gestalten (auch hier kann Deutschland aufgrund der Kompetenzen in diesen Gebieten wieder eine Vorreiterrolle einnehmen).

## **7.1 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Typische Merkmale alternativer Haltungsformen konnten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die wesentlichen Kompartimente Mensch, Tier und Umwelt bewertet werden. Zugleich konnten die kontinuierlichen Messungen in typischen alternativen Haltungsformen die Datengrundlage hinsichtlich der Bioaerosolbelastungen vertiefen. Verweisend auf Kapitel 7 kann festgestellt werden, dass die in den Modulen erarbeiteten Ergebnisse, in einen technischen Empfehlungskatalog zur Minimierung der Emissionslast aus Legehennenhaltungen münden.

Die intensive Zusammenarbeit mit den Beschäftigten der Geflügelwirtschaft zeigt eine wachsende Sensibilität gegenüber den gesundheitlichen Gefahren durch landjährige Tätigkeiten mit Exposition gegenüber Bioaerosolen. Die Informationen zu Atemwegserkrankungen und deren Prävention sowie die rechtlichen Grundlagen des Arbeitsschutzes wurden mit großem Interesse aufgenommen. An dieser Stelle sollten weitere Maßnahmen

initiiert werden, die zur Förderung des Arbeitsschutzes insbesondere auch durch die Nutzung von persönlichem Atemschutz führen können.

## **8 Zusammenfassung**

Im vorliegenden Projekt zur Beurteilung verschiedener Haltungssysteme für Legehennen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes im Hinblick auf Belastungen durch luftgetragene Stäube und Mikroorganismen konnten repräsentative Daten aus prototypischen Haltungssystemen der artgerechten Legehennenhaltung gewonnen werden. Zur Bearbeitung der messtechnischen Module mit dem Ziel, Umfang und Höhe der wichtigsten luftgetragenen Parameter Stäube und Mikroorganismen (Module A bis E) zu identifizieren, konnten prototypische Ställe ausgewählt werden, die viele der Faktoren vereinten, die einen Einfluss auf die Zielgrößen (Luftqualität im Stall, Emission) haben:

- Kleingruppenhaltung
- Bodenhaltung ohne Auslauf und ohne Wintergarten bzw. Kaltscharrraum
- Volierenhaltung ohne Auslauf und ohne Wintergarten bzw. Kaltscharrraum
- Freilandhaltung .

Alle vier Betriebe konnten über zwei Aufstallungsperioden begleitet werden.

Ergänzend konnte die Sicht von Experten und Stallbetreibern zu Fragen des Arbeits- und Umweltschutzes qualitativ und quantitativ erfasst werden (Module F, G). Der Aspekt eines effektiven Schutzes der Atemwege zur Prävention von Atemwegserkrankungen wurde innerhalb einer Substudie durchgeführt, an der 89 Personen aus der Geflügelwirtschaft teilnahmen. Durch den modularen Aufbau des Projektprogramms konnten die weit gefassten Fragestellungen übergreifend bearbeitet und bewertet werden.

Auslöser für allergische Atemwegserkrankungen sind unter anderem Schimmel- und Strahlenpilze, die sich in Form einer IgE-vermittelte Erkrankung (Asthma bronchiale, Heuschnupfen) oder auch einer IgG-vermittelten Erkrankung äußern, der so genannten Farmerlunge. Zu den Hauptverursachern dieser Erkrankung zählen thermophile Actinomyce-ten, Aspergillen und andere Schimmelpilze, sowie Bruchstücke von Vogelfederpartikeln verbunden mit Tiersekreten oder Proteinen von Insekten. Die im Projekt gefundenen Schimmelpilzkonzentrationen bei Tätigkeiten im Stall waren punktuelle sehr hoch. Besonders auffallend ist, dass viele Keime bereits durch die Tiere mit dem Einstellen in den Stall

verbracht werden und in der folgenden Aufstallungsphase möglicherweise die Keimflora beeinflussen. Der Nachweis von thermophilen Actinomyceten in der Freilandhaltung legt nahe, dass dieser Keim insbesondere durch die Tiere von außen in den Stall eingetragen wird. Als Quelle erscheint außerdem das Kotband der Kleingruppenhaltung, obwohl hier durch die optimale Trocknung des Kots Ausgasungen und Keimwachstum gering gehalten werden sollen.

Für die Entwicklung chronischer Atemwegsbeschwerden bzw. chronischer Einschränkungen der Lungenfunktion ist die Konzentration an luftgetragenen Endotoxinen in der Stallluft der beste Prädiktor. In verschiedenen Studien wurden Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge bei einer Langzeitexposition durch Endotoxinen in einem Konzentrationsbereich ab 150 EU/m<sup>3</sup> ermittelt. Dieser Konzentrationsbereich wird innerhalb unseres Projekts regelmäßig und zum Teil um Zehnerpotenzen überschritten. Neben einigen Spitzenbelastungen von bis zu 100.000 EU/m<sup>3</sup> stehen vor allem latente Expositionen durch die Grundbelastung im Stall im Vordergrund. Hier werden dauerhaft Werte von im Median 1.000 bis 15.000 EU/m<sup>3</sup> zu erwarten sein. Im Hinblick auf individuell sehr unterschiedliche Empfänglichkeiten und je nach Betriebsgröße und Betriebsstruktur sehr unterschiedliche Expositionszeiten ist eine verallgemeinernde Aussage zu den Gesundheitsgefahren durch die Exposition durch Pyrogene bei Tätigkeit in Legehennenhaltungen nicht möglich.

Bei Betrachtung der untersuchten Parameter Schimmelpilze, Endotoxine, Bakterien und Staub lässt sich festhalten, dass die Jahreszeit, d.h. die Außentemperaturen, und das Lüftungsregime den größten Einfluss auf die Konzentrationen an luftgetragenen Keimen und Endotoxinen haben. Weitere einflussreiche Parameter sind die Lage, Nutzung und Beschickung des Scharrraumes und das Faeces-Management. Die geringen Konzentrationen an luftgetragendem Staub, Bakterien, Schimmelpilzen und Endotoxinen in der Kleingruppenhaltung sind wohl vor allem darauf zurückzuführen, dass den Hennen hier nur einmal am Tag eine kleine Menge staubarmes Streugut auf der dafür vorgesehenen Sandbadematte zur Verfügung gestellt wurde. Dieses Streugut war meist innerhalb der nächsten halben Stunde verbraucht, während den Hennen in den übrigen Haltungsformen zumindest während der Lichtphase ein tief eingestreuter Bereich zum Scharren und Sandbaden zur Verfügung stand, in dem sich im Laufe der Legeperiode der Anteil an Kot-, Feder- und Hautpartikel zunehmend erhöhte. Darüber hinaus scheint es auch Faktoren zu geben, die eine grundsätzliche Unterscheidung des Bakterienspektrums in der Luft der verschiedenen Haltungsformen bedingen. Hierbei scheint vor allem dem verschieden ausgeprägten Eintrag von Umweltkeimen eine besondere Bedeutung zuzukommen.

Bei der Staubfraktion PM<sub>4</sub> konnte ein saisonaler Zusammenhang nicht festgestellt werden. Alle Werte lagen unter dem Arbeitsplatzgrenzwert für die alveolengängige Fraktion von 3 mg/m<sup>3</sup>. Die Staubentwicklung selbst, war auf die Aktivität der Tiere zurückzuführen, die wiederum vom Beleuchtungsprogramm abhängig und somit steuerbar war. Ammoniakkonzentrationen wurden mit Bezug auf den arbeitsplatzrelevanten Grenzwert von 20 ppm, mit Ausnahme der Kleingruppenhaltung, hauptsächlich im Winter überschritten. Wesentlicher Faktor dieser Konzentrationen waren in erster Linie Lüftungs- und Entmistungsstrategien. Die Kotlagerung im Stall war in dieser Hinsicht als ein wesentlicher negativer Punkt bei den beiden Bodenhaltungssystemen festzustellen. Eine positive Wirkung zeigte sich für die Systeme mit Kotband und dessen wöchentlicher Abreinigung.

Die untersuchten Haltungssysteme unterscheiden sich deutlich in ihrem Emissionsverhalten. Die Ammoniak-Emissionsfaktoren der TA-Luft werden in den vorliegend untersuchten Haltungssystemen im Medianwert überschritten.

Alle vier untersuchten Ställe unterschreiten im Median den in RAINS genannten Wert für den PM<sub>10</sub> Staub von 5,37 mg/(h\*Tier). Ausbreitungsrechnungen erfolgten für die Freilandhaltung insbesondere für die Ammoniak Quellestärke des Auslaufbereichs, da hier die örtlichen Gegebenheiten gute Messungen ermöglichten. Bereich der Freilandhaltung schien es weitere Quellen mit signifikanter NH<sub>3</sub>-Emission zu geben, die zu höheren Belastungen bei den NH<sub>3</sub>-Immissionsmessungen führten, als jene Emissionen des untersuchten Betriebes selbst.

Immissionsmessungen der Bakterien wurden für drei Haltungsformen durchgeführt. Bei allen und besonders deutlich bei der Volierenhaltung ist ein saisonaler Verlauf erkennbar: die höchsten Keimkonzentrationen traten in den warmen Monaten auf, wenn der Luftaustausch im Stall am höchsten ist und besonders viel verbrauchte, keimbelastete Luft nach außen abgeführt wurde. Stallnah ließen sich erwartungsgemäß höhere Keimkonzentrationen in der Stallluft nachweisen als im stallfernen Bereich. Stallfern und insgesamt in den kalten Monaten blieben die Konzentrationen an luftgetragenen Keimen im Schwankungsbereich der üblichen Hintergrundsbelastung der Außenluft in ländlichen Gebieten (100 bis 3000 KBE/m<sup>3</sup>). Bei erhöhter Lüftungsrate in den warmen Monaten ließen sich jedoch bei der Bodenhaltung im stallnahen Bereich höhere Konzentrationen nachweisen. Die hier gefundenen Staphylokokkenkonzentrationen, die in der unbelasteten Außenluft kaum oder nur in sehr geringen Konzentrationen vorkommen, folgen dem Konzentrationsverlauf der Gesamtbakterien zu Anteilen ähnlich denen in der Stallluft. Im Sommer bewirkt eine hohe Lüftungsrate eine erhöhte Emission von Keimen mit der Abluft und durch den ge-

steigerten Austausch der Stallluft mit Frischluft eine Reduktion der Keimfracht im Stall. Im Gegensatz dazu wird in der kalten Jahreszeit die Luftwechselrate betriebsseitig herunterreguliert, so dass deutlich weniger emittiert wird und im Inneren des Stallraumes u.a. die Keimfracht ansteigt.

Die befragten Experten bezeichneten die jüngere Entwicklung in der Legehennenhaltung hin zu einer artgerechten Haltung der Tiere, die das angeborene Verhaltensrepertoire der Hühnervögel berücksichtigt, als notwendigen und sogar überfälligen Schritt, der jedoch nicht grundsätzlich mit einem Benefit für Tiere, Umwelt und Beschäftigte einhergeht. Die Belastungen der Stallluft durch Emission von Schadgasen und Stäuben sind für Tiere und Beschäftigte insbesondere durch eine interne Kotlagerung für die Aufstallungszeit nicht unerheblich. Besonders kritisch wird der Aspekt der Tiergesundheit gesehen. Durch den intensiven Kontakt der Tiere mit ihren eigenen Ausscheidungen ist der Krankheitsdruck auf die Tiergruppen besonders hoch, was eine intensive medikamentöse Betreuung der Tiere erfordert. Die wirtschaftlichen Erfordernisse der Legehennenhaltung spielen für die Wahl der Haltungform und die Ausgestaltung der Stallanlagen eine überragende Rolle. Haltungsformen, die allen beteiligten Kompartimenten weitestgehend gerecht werden, sind für die meisten Stallbetreiber nicht finanzierbar. Allerdings erscheint in mancher Hinsicht der Sparzwang vieler Stallbetreiber kontraproduktiv. So wird zur Vermeidung eines erhöhten Futtermittelsverbrauchs im Winter auf eine ausreichende Entlüftung der Ställe verzichtet. Die schlechte Stallluftqualität wird sich allerdings – so die Meinung der Experten - negativ auf die Leistung der Legehennen auswirken. Praxisbetriebe, die per Fragebogen zum Thema befragt wurden, gaben die Teilaspekte Arbeitsschutz, Tiergesundheit und Wirtschaftlichkeit als besonders wichtig für die Relevanz der Luftqualität für die von Emissionen und Immissionen betroffenen Kompartimente. Untergeordnet wurden Nachbarnschutz und Umweltschutz bewertet, also die Immissionsseite des Bioaerosols. Als einflussreichste Merkmale alternativer Haltungsformen auf die Luftqualität im Stall wurden die „Art der Luftführung und Lüftungsart“ und die „Dauer der Kotlagerung im Stall“ genannt. Entsprechend wurden die „Anpassung der Lüftungstechnik“ und die „Reduzierung der Kotlagerdauer im Stall“ als gute Möglichkeiten zur Verbesserung der Luftqualität im Stall angesehen. Dagegen schienen den Parametern Futterwahl, Herdenmanagement oder Anlagenwartung als nicht besonders bedeutend angesehen zu werden.

Die vorliegenden Befunde der Interventionsstudie lassen die Beschreibung eines positiven Effekts von Atemschutz bei Beschäftigten in der Geflügelhaltung zu. Dies gilt sowohl auf Ebene von Individuen mit im Vorfeld auffälligen Lungenfunktionsbefunden bzw.

Atemwegsbeschwerden z.B. tätigkeitsassoziierte und/oder in Zusammenhang mit einem Infekt der Atemwege stehend als auch auf Ebene der Gruppen. Der hohe Anteil von Probanden mit auffälligen Befunden aus der Lungenfunktionsuntersuchung bestätigt die Daten aus der Literatur. Teilweise wiesen die Probanden bereits starke Einschränkungen der Lungenfunktion auf, so dass diese bei der Übersendung der Befunde aufgefordert wurden, zur weiteren Abklärung und Einleitung einer Therapie den Hausarzt oder einen Lungenfacharzt aufzusuchen. In fünf Fällen legte die Zusammenschau von Anamnese, Befunden zur Sensibilisierung und Lungenfunktion den Verdacht auf das Vorliegen einer Berufskrankheit nahe. Gerade bei Betrachtung nur der Probanden mit auffälligen Lungenfunktionsbefunden scheint sich abzuzeichnen, dass die im Zeitverlauf auftretenden Verbesserungen ausgewählter Lungenfunktionsparameter bei den Mitgliedern der Interventionsgruppe deutlicher ausfallen als bei den Probanden der Kontrollgruppe. Dieser Befund stützt die Beobachtung, dass auf individueller Ebene durchaus Verbesserungen von Lungenfunktion und angegebenen Beschwerden mit dem konsequenten Tragen von Atemschutz assoziiert war und von den Probanden teilweise auch entsprechend erlebt wurde. Auf Grundlage der BioStoffV besteht ein grundsätzliches Minimierungsgebot gegenüber biologischen Arbeitsstoffen, wie sie auch Bestandteil des Stallbioaerosols sind. Expositionen sollten in Qualität und Quantität auf ein Mindestmaß reduziert sein. Dabei sind zunächst alle technischen und organisatorischen Maßnahmen (ArbSchG) auszuschöpfen, bevor durch persönliche Schutzmaßnahmen ein individueller Schutz erreicht werden kann. Voraussetzung für einen individuellen Schutz ist zunächst die Aufklärung des betroffenen Personenkreises gegenüber den Gesundheitsrisiken, allgemeinen Hygieneanforderungen sowie den Möglichkeiten und Grenzen persönlicher Schutzmaßnahmen durch z.B. partikelfiltrierende Halbmasken oder ggf. durch belüftete Atemhelme.

Die gewonnenen Ergebnisse können der Ableitung von sowohl Umrüstungs- bzw. Bau- als auch Managementempfehlungen anhand der feststellbaren Hinweise zu Vorteilen bestimmter Charakteristika dienen. So wirkt es sich positiv aus, den Scharrgutzugang räumlich oder zeitlich zu separieren (wie in der Freilandhaltung oder Kleingruppenhaltung), den Kot regelmäßig zu entfernen (wie in Voliere und Kleingruppenhaltung), staubarme Einstreu zu verwenden, geeigneten Atemschutz zu verwenden und die Abluftsteuerung zu verbessern.

Weitere Untersuchungen zum Effekt der vorgenannten Maßnahmen sind notwendig, mit dem Ziel die deutsche Legehennenhaltung tiergerechter, umweltverträglicher UND ar-

beitsmedizinisch unbedenklich (oder wenigstens akzeptabel?) zu gestalten (auch hier kann Deutschland aufgrund der Kompetenzen in diesen Gebieten wieder eine Vorreiterrolle einnehmen).

## **9 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen**

In Zuge der Umgestaltung der Legehennenhaltung hin zu alternativen, artgerechten Haltungssystemen, konnten im vorliegenden Projekt repräsentative Daten zu den luftgetragenen Parametern Stäube und Mikroorganismen gewonnen werden, wobei prototypische Haltungssysteme der artgerechten Legehennenhaltung untersucht wurden.

Die einzelnen Projektziele aus dem Projektantrag konnten umfangreich beantwortet werden:

- Ermittlung von Umfang und Höhe der wichtigsten luftbelastenden Stoffe in alternativen Haltungssystemen für Legehennen
- Identifizierung von Emissionsminderungsmaßnahmen im Stall zum Schutz von Mensch, Tier und Umwelt
- Erarbeitung von persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen bei den in der Legehennenhaltung tätigen Menschen

Durch das modulare Vorgehen in diesem Projekt konnte der quantitative Teil zur Ermittlung der Emissions- und Immissionsseite durch die qualitative Erhebungen bei Praxisbetrieben und Experten ergänzt werden.

Die ursprünglich geplanten Arbeitsziele konnten im vollen Umfang erreicht werden:

### **A. Konzentration luftgetragener Substanzen & B. Emissionsminderungsmaßnahmen**

- Ermittlung von Umfang und Höhe der Schimmelpilz- und Endotoxinkonzentration in der Stallluft von prototypisch ausgewählten Legehennenhaltungssystemen, die aus Sicht des Tierschutzes positiv bewertet werden.

- Analyse eines möglichen Zusammenhangs zwischen baulich-technischen, klimatischen und verfahrenstechnischen Bedingungen sowie Betriebszuständen und der Konzentration der untersuchten Substanzen zu verschiedenen Zeitpunkten.
- Ermittlung von Umfang und Höhe von Staub, Ammoniak und Bakterien außerhalb der oben genannten Stallgebäude
- Analyse eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Luftkonzentration innerhalb und außerhalb der Stallgebäude in Abhängigkeit von baulich-technischen, klimatischen und verfahrenstechnischen Faktoren sowie Umgebungsfaktoren
- Abschätzung der Ausbreitung luftgetragener Substanzen und Staub aus den Stallgebäuden auf der Basis der Ammoniakkonzentration
- Ableitung von Möglichkeiten zur Emissionsminderung aus der vergleichenden Analyse der prototypisch messtechnisch untersuchten Legehennenhaltungssysteme

### **C. Erarbeitung von Empfehlungen zur Implementierung persönlicher Arbeitsschutzmaßnahmen bei den in der Legehennenhaltung tätigen Menschen**

- Analyse von Faktoren, über die die Implementierung von persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen bei Beschäftigten in der Legehennenhaltung gefördert bzw. behindert wird  
Entwicklung eines Konzepts, über das die Akzeptanz persönlicher Arbeitsschutzmaßnahmen bei Beschäftigten in der Legehennenhaltung erhöht werden kann
- Evaluierung des Effekts der Einführung persönlichen Arbeitsschutzes bei Beschäftigten in der Legehennenhaltung auf die Atemwegsgesundheit.

Das Projekt war nicht auf die unmittelbare Erreichung technischer Arbeitsziele angelegt. Jedoch gelang es, aus den Ergebnissen der wissenschaftlichen Untersuchungen Vorschläge und Empfehlungen für die technische Gestaltung von Legehennenhaltungssystemen abzuleiten, auf deren Grundlage die Konzentration luftgetragener Mikroorganismen, ihrer Abbau- bzw. Stoffwechselprodukte und Staub in- und außerhalb des Stallgebäudes möglichst gering gehalten werden kann.

Der Prozess Umstrukturierung in der Legehennenhaltung sollte weiterhin begleitet werden, um die vorgeschlagenen technischen und organisatorischen Maßnahmen in ihrer Effektivität und Praktikabilität evaluieren zu können.

In der umfangreichen arbeitsmedizinischen Untersuchung von Beschäftigten der Legehennenwirtschaft zeigte sich überraschenderweise eine hohe Prävalenz von Allergien. Die Frage nach dem Zusammenhang von Atemwegserkrankungen durch Bioaerosole in der Landwirtschaft und einem hohen Sensibilisierungsgrad gegenüber inhalativen Allergenen sollte in weiteren Projekten explizit betrachtet werden.

## 10 Literaturverzeichnis

1. RICHTLINIE 1999/74/EG DES RATES, vom 19. Juli 1999 zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen, verfügbar auf: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUrServ.do?uri=OJ:L:1999:203:0053:0057:DE:PDF>
2. HENNENHALTUNGS-VO, 1. VO zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2001). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002 Teil I Nr. 16, Bonn, 12.3.2002 TierSchNutzV; 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), zul. geändert 30.11.2006 (BGBl. I S. 2759)
3. Statistisches Bundesamt, [http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2010/03/PD10\\_\\_069\\_\\_413.psml](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2010/03/PD10__069__413.psml)
4. Seedorf, J., Hartung, J. (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. KTBL-Schrift 393. Darmstadt: KTBL.
5. Hörning, B., Trei, G., Simantke, C., Ökologische Geflügelproduktion – Struktur, Entwicklung, Probleme, politischer Handlungsbedarf, Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau, B.f.L.u.E.B., Editor. 2004: Bonn.
6. Hörning, B., Trei, G., Simantke, C., Organic poultry production in Germany – key features, housing, feeding, breeds, performance, health. 2006.
7. Elbe, U., Roß, A., Steffens, G. (2003): Freiland-Legehennenhaltung: Untersuchungen zu Nährstoffeinträgen in den Boden. in Vortragsveranstaltung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde und der Gesellschaft für Tierzuchtwissenschaften, 17./18.09.2003. Göttingen.
8. Elbe, U. (2004): Erfahrungen mit Legehennen im Freiland-Haltungssystem. in Überregionale Geflügelfachtagung der Landwirtschaftskammer NRW, 03. Mai 2004. Landwirtschaftszentrum Haus Düsse.
9. Hartung, E., Ollesch, K., Haeussermann, A., Rieger, M.A., Diefenbach, H., Sundrum, A., Ebke, M., Lohmeyer, M. (2004): Airborne biological hazards and dust in fattening pig facilities with and without straw, in Engineering the Future - Book of Abstracts AgEng Leuven 2004, vzw, T.I.: Leuven, Belgien. p. 660-661 + Section on CD-Rom.
10. Rieger, M.A., Sundrum, A., Jungbluth, T., Hartung, E., Lohmeyer, M., Fragen des Arbeits-, Tier- und Umweltschutzes bei der Schweinemast in verschiedenen Systemen unter besonderer Berücksichtigung mikrobieller Belastungen - Bericht zum Projekt 02 OE 615. 2004: Wuppertal.
11. Rieger, M.A., Sundrum, A., Jungbluth, T., Hartung, E., Beurteilung der Lungengesundheit von Schweinen aus verschiedenen ökologischen Haltungssystemen mittels BAL und Lungenhistologie. 2005: Wuppertal.
12. Attwood, P., Brouwer, R., Ruigewaard, P., Versloot, P., de Wit, R., Heederik, D., Boleij, J.S. (1987): A study of the relationship between airborne contaminants and environmental factors in Dutch swine confinement buildings. Am Ind Hyg Assoc J 48(8): p. 745-51

13. O'Shaughnessy, P.T., Achutan, C., Karsten, A.W. (2002): Temporal variation of indoor air quality in an enclosed swine confinement building. *J Agric Saf Health* 8(4): p. 349-64.
14. Kotimaa, M.H., Oksanen, L., Koskela, P. (1991): Feeding and bedding materials as sources of microbial exposure on dairy farms. *Scand J Work Environ Health* 17(2): p. 117-22.
15. Diefenbach, H., Rieger, M.A., Lohmeyer, M. (2004): Untersuchung des Staubungsverhaltens verschiedener Einstreumaterialien im standardisierten Experiment. in 44. Jahrestagung der DGAUM gemeinsam mit der Österreichischen Gesellschaft für Arbeitsmedizin in Innsbruck, 21.-24. April 2004,.
16. Bergfeld, U., Damme, K., Golze, M., Reichardt, W. (2004): Evaluierung alternativer Haltungssysteme für Legehennen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, ed. Landwirtschaft, S.L.f. Vol. 9. Jahrgang - Heft 8. Dresden.
17. Rieger, M.A., Blomberg, N., Mause, C., *Beurteilung der Arbeitsbedingungen in verschiedenen Legehennenhaltungssystemen unter besonderer Berücksichtigung biologischer Arbeitsstoffe - Bericht für die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft*. 2004, FG Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz, Bergische Universität Wuppertal: Wuppertal.
18. Rieger, M.A., *Biologische Belastungen der Beschäftigten in der Landwirtschaft*, in *Habilitationsschrift am Fachbereich Sicherheitstechnik*. 2001, Bergische Universität: Wuppertal.
19. BAuA-Workshop (2003): "Richtwerte für Endotoxine in der Luft am Arbeitsplatz ?"
20. BAuA-Workshop (2003): "Obstruktive Atemwegserkrankungen in der Landwirtschaft".
21. Gibbs, S.G., Green, C.F., Tarwater, P.M., Scarpino, P.V. (2004): Airborne antibiotic resistant and nonresistant bacteria and fungi recovered from two swine herd confined animal feeding operations. *J Occup Environ Hyg* 1(11): p. 699-706.
22. Wilson, I.G. (2004): Airborne *Campylobacter* infection in a poultry worker: case report and review of the literature. *Commun Dis Public Health* 7(4): p. 349-53.
23. Imai, K., Ashitani, J., Imazu, Y., Yanagi, S., Sano, A., Tokojima, M., Nakazato, M. (2004): [Farmer's lung cases of a farmer and his son with high BAL fluid beta-D glucan levels]. *Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi* 42(12): p. 1024-9.
24. Skorge, T.D., Eagan, T.M., Eide, G.E., Gulsvik, A., Bakke, P.S. (2005): Indoor exposures and respiratory symptoms in a Norwegian community sample. *Thorax* 60(11): p. 937-42.
25. Lugauskas, A., Krikstaponis, A., Sveistyte, L. (2004): Airborne fungi in industrial environments--potential agents of respiratory diseases. *Ann Agric Environ Med* 11(1): p. 19-25.
26. Baur, X., Chen, Z., Liebers, V. (1998): Exposure-response relationships of occupational inhalative allergens. *Clin Exp Allergy* 28(5): p. 537-44.
27. Baur, X. (2003): I are we closer to developing threshold limit values for allergens in the workplace? *Ann Allergy Asthma Immunol* 90(5 Suppl 2): p. 11-8.
28. De Blay, F., Bessot, J.C., Pauli, G. (1996): [New aero-allergens]. *Rev Pneumol Clin* 52(2): p. 79-87.
29. Gassner-Bachmann, M., Wuthrich, B. (2000): [Farmers' children suffer less from hay fever and asthma]. *Dtsch Med Wochenschr* 125(31-32): p. 924-31.
30. Hellgren, J., Karlsson, G., Toren, K. (2003): The dilemma of occupational rhinitis: management options. *Am J Respir Med* 2(4): p. 333-41.
31. Bunger, J., Westphal, G., Monnich, A., Hinnendahl, B., Hallier, E., Müller, M. (2004): Cytotoxicity of occupationally and environmentally relevant mycotoxins. *Toxicology* 202(3): p. 199-211.

32. Fung, F., Clark, R., Williams, S. (1998): Stachybotrys, a mycotoxin-producing fungus of increasing toxicologic importance. *J Toxicol Clin Toxicol* 36(1-2): p. 79-86.
33. Iavicoli, I., Brera, C., Carelli, G., Caputi, R., Marinaccio, A., Miraglia, M. (2002): External and internal dose in subjects occupationally exposed to ochratoxin A. *Int Arch Occup Environ Health* 75(6): p. 381-6.
34. Terr, A.I. (2001): Stachybotrys: relevance to human disease. *Ann Allergy Asthma Immunol* 87(6 Suppl 3): p. 57-63.
35. Thedell, T.D., Mull, J.C., Olenchock, S.A. (1980): A brief report of gram-negative bacterial endotoxin levels in airborne and settled dusts in animal confinement buildings. *Am J Ind Med* 1(1): p. 3-7.
36. Zhiping, W., Malmberg, P., Larsson, B.M., Larsson, K., Larsson, L., Saraf, A. (1996): Exposure to bacteria in swine-house dust and acute inflammatory reactions in humans. *Am J Respir Crit Care Med* 154(5): p. 1261-6.
37. Jolie, R., Backstrom, L., Thomas, C. (1998): Health problems in veterinary students after visiting a commercial swine farm. *Can J Vet Res* 62(1): p. 44-8.
38. Dosman, J.A., Lawson, J.A., Kirychuk, S.P., Cormier, Y., Biem, J., Koehncke, N. (2004): Occupational asthma in newly employed workers in intensive swine confinement facilities. *Eur Respir J* 24(4): p. 698-702.
39. Dosman, J.A., Fukushima, Y., Senthilselvan, A., Kirychuk, S.P., Lawson, J.A., Pahwa, P., Cormier, Y., Hurst, T., Barber, E.M., Rhodes, C.S. (2006): Respiratory response to endotoxin and dust predicts evidence of inflammatory response in volunteers in a swine barn. *Am J Ind Med* 49(9): p. 761-6.
40. 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(6): p. 472-8.
41. 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(1): p. 49-56.
42. Kirychuk, S.P., Dosman, J.A., Reynolds, S.J., Willson, P., Senthilselvan, A., Feddes, J.J., Classen, H.L., Guenter, W. (2006): Total dust and endotoxin in poultry operations: comparison between cage and floor housing and respiratory effects in workers. *J Occup Environ Med* 48(7): p. 741-8.
43. von Mutius, E., Braun-Fahrlander, C., Schierl, R., Riedler, J., Ehlermann, S., Maisch, S., Waser, M., Nowak, D. (2000): Exposure to endotoxin or other bacterial components might protect against the development of atopy. *Clin Exp Allergy* 30(9): p. 1230-4.
44. Laitinen, S., Kangas, J., Husman, K., Susitaival, P. (2001): Evaluation of exposure to airborne bacterial endotoxins and peptidoglycans in selected work environments. *Ann Agric Environ Med* 8(2): p. 213-9.
45. Rieger, M.A., Lohmeyer, M., Nubling, M., Neuhaus, S., Diefenbach, H., Hofmann, F. (2005): A description of the standardized measurement procedures and recommended threshold limit values for biological hazards in Germany. *J Agric Saf Health* 11(2): p. 185-91.
46. Rieger, M.A. (2004): Biological hazards at work - specific conditions in livestock farming, in *Engineering the Future - Book of Abstracts AgEng Leuven 2004*, vzw, T.I.: Leuven, Belgien. p. 864-865 + Section on CD-Rom.
47. Hartung, E., Ollesch, K., Haeussermann, A., Rieger, M.A., Diefenbach, H., Sundrum, A., Ebke, M., Lohmeyer, M. (2004): Airborne biological hazards and dust in fattening pig facilities with and without straw, in *Engineering the Future - Book of Abstracts AgEng Leuven 2004*, vzw, T.I.: Leuven, Belgien. p. 660-661 + Section on CD-Rom.

48. Rieger, M.A., *Biologische Belastungen der Beschäftigten in der Landwirtschaft*, in *Habilitationsschrift am Fachbereich Sicherheitstechnik*. 2001, Bergische Universität: Wuppertal.
49. Olenchock, S.A., May, J.J., Pratt, D.S., Piacitelli, L.A., Parker, J.E. (1990): Presence of endotoxins in different agricultural environments. *Am J Ind Med* 18(3): p. 279-84.
50. Spaan, S., Wouters, I.M., Oosting, I., Doekes, G., Heederik, D. (2006): Exposure to inhalable dust and endotoxins in agricultural industries. *J Environ Monit* 8(1): p. 63-72
51. Hinz, T., Linke, S. (1998): A comprehensive study of aerial pollutants in and emissions from livestock build-ings. Part 1: methods. *JAER*: p. 111-119.
52. 17. Hinz, T., Linke, S. (1998): A comprehensive study of aerial pollutants in and emissions from livestock build-ings. Part 2: results. *JAER*: p. 119-129.
53. Hartung, J., Schulz, J., Seedorf, J., *Abschlussbericht "Gesundheitliche Bewertung von Bioaerosolen aus Anlagen in der Intensivtierhaltung" Teilprojekt A Erfassung und Modellierung der Bioaerosolbelastung im Umfeld von Geflügelställen*. 2005: Hannover.
54. Hartung, M. (2004): Epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland im Jahr 2002. Berlin: Bundesinstitut für Risikobewertung.
55. Groot Koerkamp, P.W., Bleijenberg, R. (1998): Effect of type of aviary, manure and litter handling on the emission kinetics of ammonia from layer houses. *Br Poult Sci* 39(3): p. 379-92.
56. 59. Hayes, E.T., Curran, T.P., Dodd, V.A. (2006): Odour and ammonia emissions from intensive poultry units in Ireland. *Bioresour Technol* 97(7): p. 933-9.
57. 60. Ogink, N.W., Koerkamp, P.W. (2001): Comparison of odour emissions from animal housing systems with low ammonia emission. *Water Sci Technol* 44(9): p. 245-52.
58. 61. Miles, D.M., Owens, P.R., Rowe, D.E. (2006): Spatial variability of litter gaseous flux within a commercial broiler house: ammonia, nitrous oxide, carbon dioxide, and methane. *Poult Sci* 85(2): p. 167-72.
59. 62. Mol, G., Ogink, N.W. (2004): The effect of two ammonia-emission-reducing pig housing systems on odour emission. *Water Sci Technol* 50(4): p. 335-40.
60. Radon, K., Schulze, A., van Strien, R., Ehrenstein, V., Eckart, J., Entorf, H., Kühnlein, A., Bongardt, F., Janßen, C., Peters, A., Praml, G., Nowak, D.: Atemwegs-gesundheit und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens" - Niedersächsische Lungenstudie, Abschlussbericht, 31.1.2005,
61. Agopyan, N., Head, J., Yu, S., Simon, S.A. (2004): TRPV1 receptors mediate particulate matter-induced apoptosis. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 286(3): p. L563-72.
62. Hartung, J., Schütz, A., Klasmeier, E., Seedorf, J. (2005): PM10 measurements in a turkey barn. in *International Conference of the Society of Animal Hygiene*. Warschau.
63. Gardner, D.E. (1984): Alterations in macrophage functions by environmental chemicals. *Environ Health Perspect* 55: p. 343-58.
64. Obot, C.J., Morandi, M.T., Hamilton, R.F., Holian, A. (2004): A comparison of murine and human alveolar macrophage responses to urban particulate matter. *Inhal Toxicol* 16(2): p. 69-76.
65. Santini, M.T., Rainaldi, G., Ferrante, A., Romano, R., Clemente, S., Motta, A., De Berardis, B., Balduzzi, M., Paoletti, L., Indovina, P.L. (2004): Environmental fine particulate matter (PM 2.5) activates the RAW 264.7 macrophage cell line even at

- very low concentrations as revealed by <sup>1</sup>H NMR. *Chem Res Toxicol* 17(1): p. 63-74.
66. Verones, B., Oortgiesen, M. (2001): Neurogenic inflammation and particulate matter (PM) air pollutants. *Neurotoxicology* 22(6): p. 795-810.
  67. Karlsson, H.L., Nygren, J., Moller, L. (2004): Genotoxicity of airborne particulate matter: the role of cell-particle interaction and of substances with adduct-forming and oxidizing capacity. *Mutat Res* 565(1): p. 1-10.
  68. Taylor, C.D., Reynolds, S.J. (2001): Comparison of a direct-reading device to gravimetric methods for evaluating organic dust aerosols in an enclosed swine production environment. *Appl Occup Environ Hyg* 16(1): p. 78-83.
  69. Pedersen, S., Nonnenmann, M., Rautiainen, R., Demmers, T.G., Banhazi, T., Lyngbye, M. (2000): Dust in pig buildings. *J Agric Saf Health* 6(4): p. 261-74.
  70. Krause, K.-H., Linke, S. (2004): Airborne substances in animal houses - a problem for human and animal welfare, in *Engineering the Future - Book of Abstracts AgEng Leuven 2004*, vzw, T.I.: Leuven, Belgium. p. 546-547 + Section on CD-Rom.
  71. Schauburger, G., Piringer, M., Petz, E. (2000): Steady-state balance model to calculate the indoor climate of livestock buildings, demonstrated for finishing pigs. *Int J Biometeorol* 43(4): p. 154-62.
  72. Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. *Umwelt (kommunale ökologische Briefe)* 01/05.01/2000.
  73. Coufal, C.D., Chavez, C., Niemeyer, P.R., Carey, J.B. (2006): Nitrogen emissions from broilers measured by mass balance over eighteen consecutive flocks. *Poult Sci* 85(3): p. 384-91.
  74. Cole, D.J., Hill, V.R., Humenik, F.J., Sobsey, M.D. (1999): Health, safety, and environmental concerns of farm animal waste. *Occup Med* 14(2): p. 423-48.
  75. Angus, A.J., Hodge, I.D., McNally, S., Sutton, M.A. (2003): The setting of standards for agricultural nitrogen emissions: a case study of the Delphi technique. *J Environ Manage* 69(4): p. 323-37.
  76. Nowak, D. (1998): [Health effects of airborne pollutants, particularly in swine confinement stalls, from the viewpoint of occupational medicine]. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 105(6): p. 225-34.
  77. Senthilselvan, A., Dosman, J.A., Kirychuk, S.P., Barber, E.M., Rhodes, C.S., Zhang, Y., Hurst, T.S. (1997): Accelerated lung function decline in swine confinement workers. *Chest* 111(6): p. 1733-41.
  78. Jolie, R., Backstrom, L., Gunderson, P. (1998): Airborne contaminants and farmers health in swine farms with high and low prevalence of respiratory diseases in pigs. *Ann Agric Environ Med* 5(1): p. 87-92.
  79. Cormier, Y., Israel-Assayag, E., Racine, G., Duchaine, C. (2000): Farming practices and the respiratory health risks of swine confinement buildings. *Eur Respir J* 15(3): p. 560-5.
  80. Roponen, M., Toivola, M., Alm, S., Nevalainen, A., Jussila, J., Hirvonen, M.R. (2003): Inflammatory and cytotoxic potential of the airborne particle material assessed by nasal lavage and cell exposure methods. *Inhal Toxicol* 15(1): p. 23-38.
  81. Kirychuk, S.P., Senthilselvan, A., Dosman, J.A., Juorio, V., Feddes, J.J., Willson, P., Classen, H., Reynolds, S.J., Guenter, W., Hurst, T.S. (2003): Respiratory symptoms and lung function in poultry confinement workers in Western Canada. *Can Respir J* 10(7): p. 375-80.
  82. Hartung, J. (1998): [Nature and amount of aerial pollutants from livestock buildings]. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 105(6): p. 213-6.

83. Omland, O. (2002): Exposure and respiratory health in farming in temperate zones-a review of the literature. *Ann Agric Environ Med* 9(2): p. 119-36.
84. Radon, K., Danuser, B., Iversen, M., Monso, E., Weber, C., Hartung, J., Donham, K., Palmgren, U., Nowak, D. (2002): Air contaminants in different European farming environments. *Ann Agric Environ Med* 9(1): p. 41-8.
85. Schmidt, R., Hoy, S. (1996): [Dust emission from chicken and layer houses]. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 109(3): p. 95-100.
86. Hartung, J., Seedorf, J. (1999): [Orienting endotoxin measurement in the atmosphere]. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 106(12): p. 522-5.
87. Riechelmann, H. (2000): The nose versus the environment: 1982 and today. *Am J Rhinol* 14(5): p. 291-7
88. Mirabelli, M.C., Wing, S., Marshall, S.W., Wilcosky, T.C. (2006): Asthma symptoms among adolescents who attend public schools that are located near confined swine feeding operations. *Pediatrics* 118(1): p. e66-75.
- 89.
90. Schiffman, S.S., Studwell, C.E., Landerman, L.R., Berman, K., Sundry, J.S. (2005): Symptomatic effects of exposure to diluted air sampled from a swine confinement atmosphere on healthy human subjects. *Environ Health Perspect* 113(5): p. 567-76.
91. Mohle, R. (1998): [Protection of residents in the vicinity of intensive livestock units from possible health risks]. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 105(6): p. 220-4.
92. Reynolds, S.J., Donham, K.J., Whitten, P., Merchant, J.A., Burmeister, L.F., Pependorf, W.J. (1996): Longitudinal evaluation of dose-response relationships for environmental exposures and pulmonary function in swine production workers. *Am J Ind Med* 29(1): p. 33-40.
93. Wathes, C.M., Johnson, H.E., Carpenter, G.A. (1991): Air hygiene in a pullet house: effects of air filtration on aerial pollutants measured in vivo and in vitro. *Br Poult Sci* 32(1): p. 31-46.
94. Wathes, C.M., Holden, M.R., Sneath, R.W., White, R.P., Phillips, V.R. (1997): Concentrations and emission rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. *Br Poult Sci* 38(1): p. 14-28.
95. Dalton, P. (2003): Upper airway irritation, odor perception and health risk due to airborne chemicals. *Toxicol Lett* 140-141: p. 239-48.
96. McDuffie, H.H., Nakagawa, K., Pahwa, P., Shindo, J., Hashimoto, M., Nakada, N., Ghosh, S., Kirychuk, S.P., Hucl, P. (2006): Tumor necrosis factor alpha and pulmonary function in Saskatchewan grain handlers. *J Occup Environ Med* 48(5): p. 505-12.
97. Senthilselvan, A., Zhang, Y., Dosman, J.A., Barber, E.M., Holfeld, L.E., Kirychuk, S.P., Cormier, Y., Hurst, T.S., Rhodes, C.S. (1997): Positive human health effects of dust suppression with canola oil in swine barns. *Am J Respir Crit Care Med* 156(2 Pt 1): p. 410-7.
98. Palmberg, L., Larsson, B.M., Sundblad, B.M., Larsson, K. (2004): Partial protection by respirators on airways responses following exposure in a swine house. *Am J Ind Med* 46(4): p. 363-70.
99. Dosman, J.A., Senthilselvan, A., Kirychuk, S.P., Lemay, S., Barber, E.M., Willson, P., Cormier, Y., Hurst, T.S. (2000): Positive human health effects of wearing a respirator in a swine barn. *Chest* 118(3): p. 852-60.

100. Virolainen, R., Tupi, K., Terho, E.O., Husman, K., Notkola, V., Vohlonen, I. (1987): Characteristics of farmers who have obtained personal dust respirators. *Eur J Respir Dis Suppl* 152: p. 199-205
101. Lee, S.A., Adhikari, A., Grinshpun, S.A., McKay, R., Shukla, R., Zeigler, H.L., Reponen, T. (2005): Respiratory protection provided by N95 filtering facepiece respirators against airborne dust and microorganisms in agricultural farms. *J Occup Environ Hyg* 2(11): p. 577-85.
102. Slovak, A.J., Orr, R.G., Teasdale, E.L. (1985): Efficacy of the helmet respirator in occupational asthma due to laboratory animal allergy (LAA). *Am Ind Hyg Assoc J* 46(8): p. 411-5.
103. Nicas, M., Hubbard, A. (2002): A risk analysis for airborne pathogens with low infectious doses: application to respirator selection against *Coccidioides immitis* spores. *Risk Anal* 22(6): p. 1153-63.
104. Nicas, M., Neuhaus, J., Spear, R.C. (2000): Risk-based selection of respirators against infectious aerosols: application to anthrax spores. *J Occup Environ Med* 42(7): p. 737-48.
105. de Boer, I.J., Cornelissen, A.M. (2002): A method using sustainability indicators to compare conventional and animal-friendly egg production systems. *Poult Sci* 81(2): p. 173-81.
106. DIN EN 481 (1993): Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel;
107. US EPA (2001): U.S. Environmental Protection Agency, Code of Federal Regulations; PM10 (2001a), PM2.5(2001c)
108. TRGS 900: Technische Richtlinie Arbeitsplatzgrenzwerte, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2010 Nr. 5-6 S. 111 (04.02.2010)
109. Winter T., Hinz T., Linke S., Zander F. (2009): Farmers exposure against airborne contaminants in different systems for laying hens. In: Giametta G, Zimbalatti G (eds) 33rd CIOSTA CIGR V Conference 2009, Vol. 2. Reggio Calabria : Artemis, pp 1595-1599
110. Heederik D and Douwes J. (1997) Towards an occupational exposure limit for endotoxins? *Ann Agric Environ Med* 4:17–19.
111. Winter T., Hinz T., Linke S., Zander F. (2009): Farmers exposure against airborne contaminants in different systems for laying hens. In: Giametta G, Zimbalatti G (eds) 33rd CIOSTA CIGR V Conference 2009, Vol. 2. Reggio Calabria : Artemis, pp 1595-1599
112. Orenstein, A. J. (ed.): Proceedings of the Pneumoconiosis Conference, Johannesburg 1959, J. London & A. Churchill Ltd. 1960
113. LIN, X., REPONEN, T.A., WILLEKE, K., WANG, Z., GRINSHPUN, S.A., TRUNOV, M. (2000): Survival of airborne microorganisms during swirling aerosol collection. *Aerosol science and technology* 32 (3): 184-196.
114. MACHER, J.M. und FIRST, M.W. (1984): Personal airsamplers for measuring occupational exposure to biological hazards. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 45: 76-83.
115. Porst R., Fragebogen. Ein Arbeitsbuch. 2008, VS-VERLAG
116. Bovallius, A., Bucht, B.; Roffey, R.; Anas, P. (1978): Three-year investigation of the natural airborne bacterial flora at four localities in Sweden. *Appl. Environ. Microbiol.*, 35, 847-852
117. Wüst, G., Reinthaler, F. F., Haas, D., Marth, E. (1999): Vergleichende Untersuchungen luftgetragener, kultivierbarer Mikroorganismen an ausgewählten Standorten in der Abfallwirtschaft, der Nutztierhaltung und im Anwohnerbereich. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Band 30, 703-711

118. US EPA (2001): U.S. Environmental Protection Agency, Code of Federal Regulations; PM10 (2001a), PM2.5(2001c)
119. Öttl und Uhrner (2009)
120. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009, European Environment A KTBL (2006): Handhabung der TA Luft bei Tierhaltungsanlagen. Ein Wegweiser für die Praxis. KTBL- Schrift 447gency, ISBN 978-92-9213-034-3
121. RAINS ???
122. KTBL (2006): Handhabung der TA Luft bei Tierhaltungsanlagen. Ein Wegweiser für die Praxis. KTBL- Schrift 447
123. VDI 2066: Richtlinie: Messen von Partikeln.- Staubmessungen in strömenden Gasen

## **11 Veröffentlichungen aus dem Projekt**

In Absprache mit der BLE wurde auf der Jahrestagung 2008 der EAAP (European Association for Animal Production) in Vilnius ein Poster mit dem Titel „Occupational exposure to airborne micro-organisms and endotoxins in four alternative housing systems for laying hens“ präsentiert, in dem in Auszügen Ergebnisse aus den ersten 12 Monaten des Forschungsvorhabens hinsichtlich der Belastung der Stallluft durch Gesamtbakterien, Staphylokokken und Endotoxine vorgestellt wurden.

An dem Ausstellungsstand der Tierärztlichen Hochschule Hannover auf der EuroTier 2008 wurden Ergebnisse aus dem ersten Jahr des Forschungsvorhabens auf zwei Postern und das Forschungsvorhaben selbst auf einem Informationszettel vorgestellt. Im Rahmen der 14. Jahrestagung der ISAH (International Society for Animal Hygiene) 2009 wurden drei Ein weiteres Poster mit dem Titel Arbeitsplatz Geflügelstall – hohe Belastung durch Bioaerosole wurde auf der DGAUM – Jahrestagung 2009 in Aachen präsentiert.

Vorträge auf der Grundlage der im Forschungsvorhaben erhobenen Daten (zu luftgetragenen Bakterien in alternativen Legehennenhaltungen im Jahresverlauf und zu Staub- bzw. Ammoniakemissionen im Jahresverlauf in der Luft vier verschiedener Legehennenhaltungen) und zwei Poster (zu den Ergebnissen der personengetragenen Messungen und zu luftgetragenen Schimmelpilzen, Staub und Endotoxinen in der Luft von vier verschiedenen Legehennenhaltungsanlagen) vorgestellt.

Ergebnisse aus den Untersuchungen flossen außerdem in folgende Veröffentlichungen und Vorträge ein:

- Hinz T. (2008): Ermittlung von Emissionen/Immissionen an Tierhaltungsanlagen: neue Ergebnisse aus der Geflügelhaltung. In: Aktuelle rechtliche Rahmenbedin-

gungen für die Tierhaltung : KTBL-Vortragsveranstaltungen am 10. Juni 2008 in Ulm, am 19. Juni 2008 in Hannover. Darmstadt : KTBL, pp 11

- Hinz T., Winter T., Linke S., Zander F. (2009): PM and ammonia emissions from alternative systems for laying hens. In: Giametta G, Zimbalatti G (eds) 33rd CIOSTA CIGR V Conference 2009, Vol. 2. Reggio Calabria : Artemis, pp 1889-1893
- Winter T., Linke S., Hinz T. (2009): Workload in alternative keeping systems for laying hens. Bornimer Agrartechn Ber 66:76-84
- Winter T., Hinz T., Linke S., Zander F. (2009): Farmers exposure against airborne contaminants in different systems for laying hens. In: Giametta G, Zimbalatti G (eds) 33rd CIOSTA CIGR V Conference 2009, Vol. 2. Reggio Calabria : Artemis, pp 1595-1599
- Winter T., Hinz T., Linke S. (2009): Messung der Staub- und Ammoniakkonzentrationen in vier verschiedenen alternativen Systemen der Legehennenhaltung als Indikator für die Luftqualität im Stall. Jahrestagung der Gesellschaft für Hygiene, Umweltmedizin und Präventmedizin, 8.-10. Oktober 2009 in Stuttgart

Weitere Veröffentlichungen von Teilergebnissen des Projekts sind in Form von Posterpräsentationen, Vorträgen und Artikeln in Vorbereitung.

## 11.1 Qualifizierungsarbeiten

Im Rahmen des Projektes werden drei Dissertationen (Dr. rer. medic.) an der Fakultät für Medizin, Private Universität Witten / Herdecke gGmbH erarbeitet.

- Dipl.-Ing. Nicole Blomberg: Implementierung von Atemschutz in der intensiven Nutztierhaltung: Cluster randomisierte Interventionsstudie zur Evaluation der Effektivität von partikelfilternden Halbmasken auf die Atemwegsgesundheit von Beschäftigten mit Bioaerosolexposition
- Dipl. Biol. Annette Springorum, MPH: Mikrobiologische Belastung der Luft in vier alternativen Legehennenhaltungen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes
- Dipl.-Ing. Tatjana Winter: Umweltmedizinische Relevanz der Legehennenhaltung - Einfluss alternativer Haltungsformen auf Gas- und Staubemissionen

Entsprechend bilden die Projektergebnisse und Teile des vorliegenden Abschlussberichts die Grundlage für die o.g. Dissertationsvorhaben bzw. fließen in diese ein.



## 12 Anhänge

**12.1 Anhang Modul F - Fragebogen zur „Best practice“**

# Best Practice : Befragung zur Luftqualität im Stall in der Legehennenhaltung

Rückantwort

Private Universität Witten/Herdecke gGmbH

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin

- Arbeitsmedizin und Umweltmedizin – (Legehennen)

Alfred-Herrhausen-Str. 50

58448 Witten

Hier knicken

**1** Welchen Einfluss haben typische Merkmale verschiedener Haltungsformen auf die Luftqualität im Stall? Bitte geben Sie Ihre Einschätzung auf der Skala an:

	kaum Einfluss	auf Luftqualität			großer Einfluss
A Gebäudedimensionen (Höhe, Breite, Länge)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
B Gebäudelage im Gelände	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
C Art der Luftführung und Lüftungsart	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
D Wahl der Einstreu	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
E Dauer der Kotlagerung im Stall	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
F Rhythmus Reinigung des Scharrbereichs	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
G Lage/Größe des Scharrbereichs	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
H Wahl des Futters	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
I Anlagenwartung und Herdenführung	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

Hier knicken

**2** Wie hoch schätzen Sie die Bedeutung der Luftqualität im Stall für folgende Bereiche ein? Bitte geben Sie Ihre Einschätzung auf der vorgegebenen Skala an:

	unwichtig			sehr wichtig	
A Tiergesundheit	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
B Tiergerechtigkeit	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
C Arbeitsschutz	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
D Gesundheit der Beschäftigten	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
E Umweltschutz	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
F Nachbarschaftsschutz	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
G Wirtschaftlichkeit	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

3 Welche Maßnahmen können zu einer Verbesserung der Luftqualität im Stall führen? Bitte geben Sie Ihre Einschätzung auf der vorgegebenen Skala an:					
	kaum Verbesserung			gute Verbesserung	
A Anpassung der Lüftungstechnik	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
B Wahl der Einstreu in Art und Menge	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
C Wahl des Futters (Zusatzstoffe, Zusammensetzung, Körnungsgrad)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
D Anpassung der Herdenführung/Stallmanagement	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
E Reduzierung der Kotlagerdauer im Stall	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
F Häufigkeit Reinigung des Scharrbereichs	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

4 Welche drei dieser Maßnahmen sind Ihrer Meinung nach die Wichtigsten?

Bitte tragen Sie diese - mit den in Frage 3 verwendeten Kennbuchstaben - hier ein und beginnen Sie dabei mit der Ihrer Meinung nach wichtigsten Maßnahme:

~~☒~~ 1. \_\_\_\_ 2. \_\_\_\_ 3. \_\_\_\_

5 Welchen Problemen sind Sie in ihrem Betrieb in den letzten 12 Monaten begegnet?

Bitte antworten Sie mit ja oder nein.

A Nicht ausreichende Luftwechselrate	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
B Kein vollständiger Luftaustausch	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
C komplizierte Lüftungstechnik	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
D zu viel Staub im Stall	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
E zu viel Ammoniak im Stall	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
F viele verlegte Eier in der Einstreu	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
G Vernasste Einstreu	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
H Vernasster Kot	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
I Hohe Tierverluste	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
J Mangelhafte Eiqualität	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
K Beschwerden aus der Nachbarschaft	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
L Probleme mit der Genehmigungsbehörde	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
M Gesundheitlich Probleme der Stallbetreuer durch die Tätigkeit	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

6 Welche drei dieser Probleme traten am Häufigsten auf?

Bitte tragen Sie diese - mit den in Frage 5 verwendeten Kennbuchstaben - hier ein und beginnen Sie dabei mit der am häufigsten vorkommenden Ursache :

~~☒~~ 1. \_\_\_\_ 2. \_\_\_\_ 3. \_\_\_\_

7 Konnten Sie die Ursachen für einige der Probleme (Frage 5) ausfindig machen?  
(Wie) konnte das Problem gelöst werden?

Wir würden uns über Stichworte freuen, die sich auf die Auflistung unter Frage 5 beziehen:

Buchstabe: \_\_\_\_\_ vermutete / ermittelte Ursache:

Eine Lösung des Problems war nicht möglich / möglich\*, nämlich:

\* bitte nicht zutreffendes durchstreichen

Buchstabe: \_\_\_\_\_ Ursache:

Eine Lösung des Problems war nicht möglich / möglich\*, nämlich:

\* bitte nicht zutreffendes durchstreichen

Buchstabe: \_\_\_\_\_ Ursache:

Eine Lösung des Problems war nicht möglich / möglich\*, nämlich:

\* bitte nicht zutreffendes durchstreichen

8 Haben Sie andere, nicht genannte Probleme gehabt, die auch für andere Betriebe von Interesse sein könnten?

Wir freuen uns über ihre Anregung hier:

9 Nachfolgend interessieren wir uns noch dafür, womit Sie gute (oder schlechte) Erfahrungen gemacht haben im Hinblick auf die Luftqualität im Stall. Was würden Sie Kollegen raten?

A Welche Einstreu empfehlen Sie für welche Haltungsform im Hinblick auf die Luftqualität?

Gute Erfahrungen

Schlechte Erfahrungen

<b>B</b> Welche Handhabung der Entmistung / Stallreinigung empfehlen Sie im Hinblick auf die Luftqualität?	
Gute Erfahrungen	Schlechte Erfahrungen
✎	
<b>C</b> Empfehlen Sie Tränke- oder Futterzusätze im Hinblick auf die Luftqualität?	
Gute Erfahrungen	Schlechte Erfahrungen
✎	
<b>D</b> Haben Sie Empfehlungen zu Stalllüftung, z.B. Lüftungstechnik im Stall im Hinblick auf die Luftqualität?	
Gute Erfahrungen	Schlechte Erfahrungen
✎	
<b>E</b> Haben Sie Empfehlungen zur Stallausstattung im Hinblick auf die Luftqualität?	
Gute Erfahrungen	Schlechte Erfahrungen
✎	
<b>10</b> Bitte beantworten Sie zum Abschluss für unsere Statistik folgende Frage zu Ihrem Unternehmen:	
Wie viele Legehennenplätze unterhalten Sie insgesamt? ✎ _____	
In welchen Haltungsformen sind diese untergebracht?	
<input type="checkbox"/> Bodenhaltung	<input type="checkbox"/> Voliere
<input type="checkbox"/> konv. Käfig	<input type="checkbox"/> Kleingruppenhaltung
ggf. mit:	
Freilandhaltung	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Wintergarten	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

**Vielen Dank für Ihre freundliche Unterstützung!**

## 12.2 Anhang Modul G

### 12.2.1 Karteikarten als Gesprächsgrundlage

#### 1. Einleitung - Themendarstellung

##### **Gesamt-Projektdarstellung:**

- Ermittlung von Umfang und Höhe der wichtigsten luftbelastenden Stoff in alternativen Haltungssystemen für Legehennen
- Identifizierung von Emissionsminderungsmaßnahmen im Stall zum Schutz von Mensch, Tier und Umwelt
- Erarbeitung von persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen bei den in der Legehennenhaltung tätigen Menschen

##### **Teil-Projektdarstellung:**

Befragung von Praxisbetrieben (Legehennen) zur „Best Practice“ bezogen auf Emissionen und Immissionen und im Weiteren zu Umweltaspekten und zur Anwohnerproblematik, letztlich auch zu Auswirkungen für die Tiergesundheit und Tiergerechtigkeit.

Vorgelagert finden nun Experteninterviews zu diesen Themenfeld statt, um daraus einen möglichst kurzen Fragenbogen für die Praxisbetriebe zu entwickeln.

Experten in unserem Sinne sind Fachleute aus den verschiedenen beteiligten Gruppen wie Vertreter von Verbänden, der Behörden, Stallausstattern oder der Wissenschaft

#### 2. Bezug des Interviewten zum Thema:

**In welcher Weise sind Sie mit dem Thema der Legehennenhaltungs-Systeme verbunden – Ihr beruflicher Hintergrund.**

3. Vorgehensweise:

**Für alternative Haltungssysteme sind verschiedene Ausstattungsmerkmale typisch.**

**Im Folgenden möchte ich Sie bitten diese Merkmale im Hinblick auf ihre Vor- und Nachteile zu den Aspekten von Emissionen und Arbeitsschutzfragen, Tiergesundheit und Tiergerechtigkeit sowie zu Immissionen mit Umweltaspekten und Nachbarschaftsschutz.**

**(Darstellung der Aspekte der Fragestellung auf Karteikarte – offen auf dem Tisch)**

**Welches ist aus Ihrer Erfahrung die jeweils beste und welches die schlechteste Lösung?**

4. Befragung zu typischen Merkmalen alternativer Legehennenhaltungssysteme:

A. Kotlagerung im Stall:

- 1. Kotbänder mit Kottrocknung**
- 2. Kotgrube mit Entleerungseinrichtungen („Schieber“)**
- 3. Lagerung in der Kotgrube im Stall über die gesamte Legeperiode**

**Gibt es andere Merkmale die zu berücksichtigen sind?**

4. Befragung zu typischen Merkmalen alternativer Legehennenhaltungssysteme:

B. Scharrbereiche und Einstreumaterial:

- 1. Scharrmatten in Kleingruppenhaltungen**
- 2. Ausschließlich separat im „Wintergarten“**
- 3. Im Stall integrierte Scharrbereiche**
- 4. Zugang zu Freiflächen**
- 5. weitere Strukturelemente wie Sitzstangen**

**6. Welche Einstreumaterialien erscheinen besonders geeignet, zur Verringerung der Staubbelastung / Keimwachstum / Ammoniakemissionen?  
(Holzspäne, Stroh – verschiedene Zerkleinerungsgrade)**

4. Befragung zu typischen Merkmalen alternativer Legehennenhaltungssysteme:

C. Gebäudemerkmale:

- Dimensionen des Gebäudes (Breite / Länge / Höhe – Verhältnis zu einander)**
- 2. Standort und Ausrichtung**

**Gibt es andere Merkmale die zu berücksichtigen sind?**

4. Befragung zu typischen Merkmalen alternativer  
Legehennenhaltungssysteme:

D. Luftführung

- **Anordnung und Anzahl der Kamine**
- 2. Luftführung im Stall (Lage Zuluft – Lage Abluft; Luftführung über Kotlager/ Kotband)**
- 3. Parameter der Lüftungsschaltung (z.B. Temperatursteuerung)**
- 4. Einsatz von Filteranlagen**

**Gibt es andere Merkmale die zu berücksichtigen sind?**

4. Befragung zu typischen Merkmalen alternativer  
Legehennenhaltungssysteme:

E. Futtermittel und Fütterungssysteme

- **Wahl der Futtermittel  
(Inhaltsstoffe, Korngröße, Zusatzstoffe, ...)**
- **Art und Lage der Fütterungsanlagen**

**Gibt es andere/weitere Merkmale die zu berücksichtigen sind?**

5. Probleme, die im Zusammenhang mit Emissionen bzw. Immissionen aus Legehennenhaltungen aufgetreten sind.

**Welche Probleme sind Ihnen im Zusammenhang mit Emissionen oder Immissionen aus Legehennenhaltungen bekannt?**

- Was war der Hintergrund?
- Wie wurde das Problem gelöst?
- Wie ist Ihre Bewertung des Problems / der Problemlösung?

*... mit Anwohnern.*

*... mit Beschäftigten.*

*... mit Behörden.*

6. Management, Herdenführung

**Gibt es typische Fehler im Stallmanagement, die sich ungünstig für das Stallklima auswirken können, oder wie kann man einen Stall optimal führen?**

7. Wie sieht ihr „Wunschstall aus“?

- **Wie sieht Ihr Wunschstall aus?**
- **Lässt er sich realisieren?**
- **Unter welchen Bedingungen?**

- ggf. gibt es für jedes unserer Themenfelder einen anderen Wunschstall?

2. Gibt es **einen** Stall, der alle Bedürfnissen weitestgehend gerecht werden kann? ... Arbeitsschutz

... *Tierschutz / Tiergerechtheit*

... *Umweltschutz*

... *Anwohnerschutz*

8. Abschluss:

**Gibt es Aspekte, Faktoren oder Merkmale, die wir vergessen haben? Gibt es noch etwas zu ergänzen?**

Zur Illustration, offen auf dem Tisch liegend:

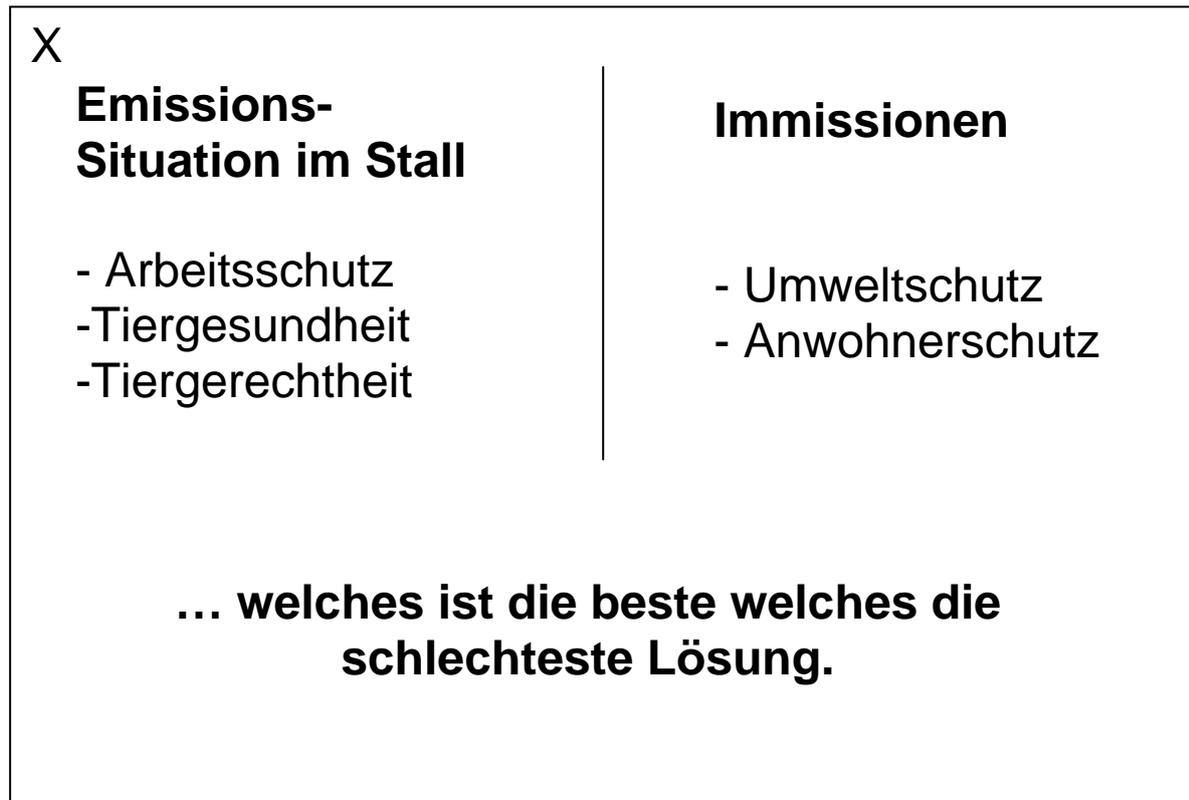


Abbildung 1: Karteikarten auf Basis des Interviewleitfadens für die Gesprächsführung

## 12.2.2 Anhang G – Einverständniserklärung



### **Experteninterview – „Best Practice“ in der Legehennenhaltung**

#### **Aufzeichnung des Gesprächs– Verwendung der Daten**

Das Experteninterview ist ein Instrument aus der qualitativen Forschung. Es dient der Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse und nicht der Veröffentlichung von Meinungen und Ansichten verschiedener Interessengruppen.

Die „Best Practice“ – Befragung erfolgt im Rahmen des durch die BLE geförderten Forschungsvorhabens zur Beurteilung verschiedener Haltungssysteme für Legehennen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes; Belastung durch luftgetragene Stäube und Mikroorganismen (05HS012).

Mit der Durchführung der Interviews ist Frau Dipl.-Ing. Nicole Blomberg, wissenschaftliche Mitarbeiterin der Universität Witten / Herdecke – Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin – Schwerpunkt Arbeitsmedizin und Umweltmedizin, beauftragt.

#### **Einverständniserklärung**

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass das mit mir am ..... von Frau N. Blomberg geführte Gespräch über einen digitalen Tonmitschnitt dokumentiert und in Auszügen verschriftet und ausgewertet wird in Hinblick auf die Durchführung der wissenschaftlichen Arbeit im Rahmen des o.g. Projektes. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass das verschriftete Interview unter Beschränkung auf kleine Ausschnitte auch für Publikationszwecke (einschließlich Qualifizierungsarbeiten wie z.B. Dissertationen) verwendet werden darf. Mir wurde zugesichert, dass dabei alle persönlichen Daten, die Rückschlüsse auf meine Person zulassen, gelöscht oder pseudonymisiert werden. Darüber hinaus erkläre ich mich damit einverstanden, dass das verschriftete pseudonymisierte Material für weitere Forschungsprojekte des o.g. Instituts verwendet werden darf.

Ich habe jederzeit die Möglichkeit, meine Einwilligung zu widerrufen. Die Tonmitschnitte werden sicher aufbewahrt und spätestens 10 Jahre nach Veröffentlichung der Untersuchungsergebnisse vernichtet.

Ort, Datum

Name

## **12.3 Anhang Modul H**

### **12.3.1 Informationsflyer (Rekrutierung und Ablauf der Studie)**

## ■ Wussten Sie,

... dass durchschnittlich 17% aller Tierhalter eine chronische Bronchitis entwickeln?

... dass in 50 % dieser Fälle eine folgenschwere chronische Erkrankungen der Atemwege entsteht?

*Diese Zahlen sind der Grund für unsere Studie!*

## ■ Wir ...

... untersuchen, welchen Belastungen Ihre Atemwege ausgesetzt sind?

... zeigen Ihnen, wie Sie sich schützen können!

## ■ Sie erhalten von uns:

- Ihre persönlichen Analysewerte
- Kostenlose Bescheinigung H6  
(Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung - organische Stäube - der LSV)
- Schulung zum richtigen Tragen von Schutzmasken
- Informationen zur Arbeitsmedizin: Atemwege (Unterweisung Arbeitsschutz)

## ■ Was passiert mit Ihren Daten:

- Alle erhobenen Daten werden anonymisiert – d.h. es wird nicht nachvollziehbar sein, dass und mit welchen Ergebnissen Sie an der Studie teilgenommen haben.

## ■ Ihr Aufwand:

- ca. 30 min an 2 aufeinander folgenden Tagen

## ■ Was wird gemacht:

- Untersuchung zur Lungengesundheit (Lungenfunktionstest) und Allergie
- Bestimmung von Entzündungszeichen der Nasenschleimhaut
- Kurzer Fragebogen zu Allergien und Hinweisen auf Krankheiten
- Übersichtsmessung der Luftschadstoffe im Stall

■ Über uns:



---

**Private Universität  
Witten/Herdecke  
gGmbH**

Alfred-Herrhausen-Str. 50  
58448 Witten

**Fakultät Medizin  
Institut für Allgemein und  
Familienmedizin  
Schwerpunkt Arbeits- und  
Umweltmedizin**

Ärztliche Projektleitung:  
Dr. med. Monika A. Rieger

---

Kontakt: Dipl.-Ing. N. Blomberg  
Tel. 02453-2117 o.  
0170-4976478

Weitere Informationen unter:  
[www.gwv-nrw.de](http://www.gwv-nrw.de) im Archiv

Haltungsform: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_

Ich bin an der Studie interessiert.

Faxantwort an 02302-926-745 oder 02453-2117:



---

Wir suchen Sie  
und Ihre Beschäftigten  
als Teilnehmer an  
unserer  
**Studie!!!**

---

**Sie betreiben eine /  
arbeiten in der  
Legehennenhaltung oder  
Geflügelmast?**

Wir interessieren uns für  
**Ihre Gesundheit!!!**



Institut für  
Allgemeinmedizin  
und Familienmedizin

## ■ Ziele

Ziel unserer Studie ist es, den möglichen Zusammenhang zu untersuchen zwischen den Belastungen, denen Sie im Stall ausgesetzt sind, und der Reaktion Ihrer Atemwege auf diese Belastungen.

Bei den Belastungen beziehen wir uns auf das so genannte Bioaerosol im Stall. Dabei handelt es sich um ein Gemisch aus Gasen, Stäuben und kleinsten Partikel (z.B. Futterbestandteile, Federn, Hautschuppen).

Zugleich soll untersucht werden, wie wirksam der Schutz durch Staubmasken bei Aufenthalt im Stall ist. Da das nur im Vergleich von Personen mit und ohne Verwendung von Staubmasken möglich ist, werden die Betriebe zufällig in zwei Gruppen aufgeteilt: auf den einen Betriebe (sog. Kontrollgruppe) wird wie gewohnt weiter gearbeitet, auf den anderen Betrieben (Interventionsgruppe) bekommen die Studienteilnehmer von uns für drei Monate Staubmasken zur Verfügung gestellt und sollten diese soweit als möglich tragen. Leider muss die Zuteilung zu den beiden Gruppen im Rahmen der Studie zufällig erfolgen.

---

## ■ Ablauf

A - Zu Beginn der Untersuchungsreihe werden wir mit Ihnen einen Doppeltermin an zwei aufeinander folgenden Tagen im Januar 2009 vereinbaren.

Während dieser beiden Termine möchten wir bei Ihnen und evtl. weiteren Studienteilnehmern auf dem Betrieb

- eine schriftliche Einverständniserklärung einholen (Unterschrift auf Vordruck)
  - die Atemwege untersuchen. Dies erfolgt über einen Lungenfunktionstest und eine sanfte Spülung der Nase (zur Erfassung von Entzündungszeichen in den oberen Atemwegen)
  - einen Allergietest durchführen. Dies geschieht über eine Blutabnahme.
  - Angaben auf einem Fragebogen einholen zu den Beschwerden – hauptsächlich bezogen auf die Atemwege, die im Moment oder auch immer mal wieder auftreten. Zusätzlich enthält der Fragebogen Angaben zur Tätigkeit, zu Vorerkrankungen, den Rauchgewohnheiten und der Art der Geflügelhaltung auf Ihrem Betrieb.
- 

Zusätzlich erfolgt eine Übersichtsmessung zum Bioaerosol in einem Ihrer Ställe (Messung von Ammoniak, Schimmelpilzen und Endotoxinen). Für die Messung wird ein Fotostativ mit Pumpen für 30 Minuten im Stall aufgestellt.

B - Nach ca. 3 Monaten werden wir erneut einen Doppeltermin mit Ihnen vereinbaren. Dieser wird dann im April 2009 liegen.

Dann beschränken wir uns jeweils auf die Untersuchung der Nasenschleimhaut, den Lungenfunktionstest und einen kurzen Fragebogen. Zusätzlich wird eine Schulung zur Atemwegsgesundheit durchgeführt: auf den Betrieben der Interventionsgruppe im Januar/Februar – in der Kontrollgruppe ab April/Mai 2009.

---

## ■ Ihr Aufwand

**Zeit- und Raumbedarf:** pro Person, die auf Ihrem Betrieb an der Studie teilnimmt, benötigen wir ungefähr 30 min. Zusätzlich benötigen wir etwas Zeit für die Vorbereitung der Untersuchung und der Messung im Stall. Für die Untersuchung benötigen wir einen Raum, in dem es einen Tisch und einen Stuhl gibt (z.B. ein Büro, einen Sozialraum oder ähnliches)

Als Dankeschön bekommen die Teilnehmer aus der Kontrollgruppe am Ende der Studie eine kostenlose Schulung und Beratung zum Thema Atemwegsgesundheit in der Geflügelhaltung.

Ärztliche Projektleitung:

Dr. med. Monika A. Rieger

Kontakt:

Dipl.-Ing. N. Blomberg

[nicole.blomberg@uni-wh.de](mailto:nicole.blomberg@uni-wh.de)

Tel. 02453-2117  
oder  
0160- 8 71 94 30

## ■ Ergebnisse

Der Betriebseigner erhält die Ergebnisse der Stallluftmessung.

Jeder Studienteilnehmer erhält seine persönlichen Untersuchungsergebnisse und die Bescheinigung über die Arbeitsmedizinische Vorsorge gemäß den Vorgaben der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft H6(Organische Stäube) und H7 (Atemschutzgeräte).

Da diese Untersuchung von der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft verpflichtend gefordert wird, wird mit der Untersuchung im Rahmen der Studie eine wichtige Forderung der BG erfüllt.

Private Universität Witten/Herdecke gGmbH  
Alfred-Herrhausen-Str. 50  
58448 Witten

Fakultät Medizin  
Institut für Allgemein und Familienmedizin  
Schwerpunkt Arbeits- und Umweltmedizin

 Institut für  
Allgemeinmedizin  
und Familienmedizin



---

# Informationen zur Studie:

# Erkrankungen der Atemwege in der Geflügelhaltung

---

- Ziele
- Ablauf
- Ergebnisse

12.3.2 **Fragebogen Anamnese**

# Fragebogen zur arbeitsmedizinischen Studie

## Atemwegserkrankungen in der Geflügelwirtschaft

**Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,**

um die bei Ihnen erhobenen Befunde richtig einordnen zu können, benötigen wir zusätzliche Angaben zu Ihrer Tätigkeit und Gesundheit (jeweils früher und aktuell). Diese Angaben werden anonymisiert ausgewertet. Auch Ihr Arbeitgeber oder Ihre Kollegen erhalten keine Informationen zu Ihrem Gesundheitszustand.

Wir haben uns auf die notwendigsten Fragen beschränkt, um Ihren Zeitaufwand möglichst gering zu halten. Sollte Ihnen bei der Bearbeitung des Fragebogens etwas unklar sein, fragen Sie bitte nach und/oder vermerken Sie dies auf dem Fragebogen.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit

Das Team der Universität Witten/Herdecke

Witten, im Januar 2009





**2. Ihre Gesundheit**

**2.1 Kreuzen Sie bitte an, ob und wann folgende Beschwerden bei Ihnen auftreten:**

	nein, bisher nicht	jetzt, im Augenblick	in den letzten 12 Monaten	vor mehr als 12 Monaten
• Heuschnupfen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Dauerschnupfen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Verstopfte Nase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Niesanfälle (mehr als 3 mal)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Kieferhöhlenentzündung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Trockener Husten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Husten mit Auswurf	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Engegefühl in der Brust	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Pfeifen beim Atmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Kurzatmigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Atemnot bei körperlicher Belastung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Atemnot in Ruhe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• nächtliches Aufwachen wegen Atemnot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Fieber/Schüttelfrost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Muskel- und Gelenkschmerzen wie bei einer Erkältung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Augenbrennen, Fremdkörpergefühl mit Tränenfluss	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Reizung der Nase (Jucken, Brennen, Laufen, Kitzeln)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**2.3 Hatten Sie schon einmal ...**  
 ....circa 2 bis 6 Stunden nach der Arbeit im Stall das Gefühl, als ob Sie eine Grippe bekämen – mit Fieber, Schüttelfrost, Muskelschmerzen, Kopfschmerzen etc. ?

Nein                       Ja

<b>3. Aktuelle Erkrankungen</b>			
	<b>Eigene Diagnose</b>	<b>Diagnose vom Arzt</b>	<b>Liegt nicht vor</b>
• Unfallverletzung (z.B. Rücken, Fuß, Verbrennung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Erkrankung des Bewegungsapparates (z.B. Rückenschmerzen, Ischias, rheumatische Beschwerden)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z.B. Bluthochdruck, Herzinfarkt, Koronarerkrankungen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Atemwegserkrankungen (z.B. chronische Nasennebenhöhlenentzündungen, Asthma, Bronchial-/ Lungenerkrankungen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Hautkrankheiten (z.B. allergischer Hautausschlag, Ekzeme)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Allergien	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Wenn ja, welche _____			
<b>Andere Krankheiten:</b>			
• _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**4. Ihre Gesundheit - Allgemeinbefinden**

4.1

**Ganz allgemein: Wie würden Sie Ihren gegenwärtigen Gesundheitszustand beschreiben?**

<b>Sehr gut</b>	<b>Gut</b>	<b>Zufrieden stellend</b>	<b>Weniger gut</b>	<b>Schlecht</b>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4.2

**Und im Vergleich zu vor einem Jahr, wie würden Sie Ihren jetzigen Gesundheitszustand beschreiben?**

<b>Zurzeit viel besser als vor einem Jahr</b>	<b>Zurzeit etwas besser als vor einem Jahr</b>	<b>Etwa so wie vor einem Jahr</b>	<b>Zurzeit etwas schlechter als vor einem Jahr</b>	<b>Zurzeit viel schlechter als vor einem Jahr</b>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4.3

**Wenn Sie Treppen steigen müssen, also mehrere Stockwerke zu Fuß hochgehen: Beeinträchtigt Sie dabei Ihr Gesundheitszustand stark, ein wenig oder gar nicht?**

<b>Stark</b>	<b>Ein wenig</b>	<b>Gar nicht</b>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4.4

**Und wie ist das mit anstrengenden Tätigkeiten im Alltag, wo man z.B. etwas Schweres heben muss oder Beweglichkeit braucht: Beeinträchtigt Sie dabei Ihr Gesundheitszustand stark, ein wenig oder gar nicht?**

<b>Stark</b>	<b>Ein wenig</b>	<b>Gar nicht</b>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4.5 Bitte denken Sie einmal an die letzten vier Wochen. Wie oft kam es in dieser Zeit vor,...

	Immer	Oft	Manchmal	Fast nie	Nie
1. ...dass Sie sich niedergeschlagen und trübsinnig fühlten?	<input type="radio"/>				
2. ...dass Sie sich ruhig und ausgeglichen fühlten?	<input type="radio"/>				
3. ...dass Sie jede Menge Energie verspürten?	<input type="radio"/>				
4. ...dass Sie starke körperliche Schmerzen hatten?	<input type="radio"/>				
5. ...dass Sie wegen gesundheitlicher Probleme körperlicher Art in Ihrer Arbeit oder Ihren alltäglichen Beschäftigungen <u>weniger geschafft haben</u> als Sie eigentlich wollten?	<input type="radio"/>				
6. ...dass Sie wegen gesundheitlicher Probleme körperlicher Art in Ihrer Arbeit oder Ihren alltäglichen Beschäftigungen <u>in der Art Ihrer Tätigkeit eingeschränkt</u> waren?	<input type="radio"/>				
7. ...dass Sie wegen seelischer oder emotionaler Probleme in Ihrer Arbeit oder Ihren alltäglichen Beschäftigungen <u>weniger</u> geschafft haben als Sie eigentlich wollten?	<input type="radio"/>				
8. ...dass Sie wegen seelischer oder emotionaler Probleme in Ihrer Arbeit oder Ihren alltäglichen Beschäftigungen Ihre Arbeit oder Tätigkeit <u>weniger sorgfältig</u> als sonst gemacht haben?	<input type="radio"/>				
9. ...dass Sie wegen gesundheitlicher oder seelischer Probleme in Ihren sozialen Kontakten, z.B. mit Freunden, Bekannten oder Verwandten, eingeschränkt waren?		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Gibt es Anmerkungen zum Fragebogen?  
Hier ist Raum dafür:***

***Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!***

### 12.3.3 Fragebogen Abschlussbefragung

S. VII

## **Abschluss - Fragebogen zur arbeitsmedizinischen Studie Atemwegserkrankungen in der Geflügelwirtschaft**

**Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,**

vielen Dank, dass Sie unsere Studie so tatkräftig unterstützen haben.

Ihre persönlichen Untersuchungsergebnisse zur Lungenfunktion und zur Allergietestung werden wir Ihnen nach Bearbeitung mit der Post zusenden.

Gleichzeitig erhalten Sie dann Ihre Bescheinigung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge nach den Auswahlkriterien H6 (organische Stäube) und H7 (Atemgeräteträger).

Zum Abschluss möchten wir Sie nun bitten noch einmal einen Fragebogen auszufüllen.

Inhalt:

1. Angabe zu Ihren Tätigkeiten im Stall, nach Art und Dauer
2. Ihre Tragegewohnheiten von Staubmasken
3. Betriebsbeschreibung mit Anzahl der Ställe und Anzahl der Tiere, ggf. Besatzdichte
4. Aktuelle gesundheitliche Beschwerden

Das Team der Universität Witten/Herdecke

Witten, im April 2009

1.	<b>Ihre Tätigkeiten in der Geflügelhaltung</b>			
1.1	<p><b>Geben Sie bitte an, welche Form der Geflügelhaltung Sie betreiben: (Geflügelart, Haltungsart, Tierzahlen, Anzahl der Ställe)</b></p>			
1.2	<p><b>Welche Tätigkeiten haben Sie in den letzten 3 Monaten ausgeführt? Und haben Sie dabei Staubmasken benutzt?</b></p>			
		<b>Staubmaske</b>		
		<b>immer</b>	<b>teilweise</b>	<b>nie</b>
<input type="radio"/>	<b>Einstallen</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>Ausstallen</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>Einstreuen</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>Nachstreuen</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>Grubbern im Stall</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>Ausmisten</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>Reinigungs- und Wartungsarbeiten</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>Tierkontrolle</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>Futter mischen</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>anderes:</b> _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>anderes:</b> _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Code Aufkleber :



## **Bewältigung der derzeitigen Anforderungen in der Arbeit**

Wie gelingt es Ihnen die derzeitigen körperlichen **Arbeitsanforderungen** zu bewältigen?

2.3

<sub>5</sub> sehr gut     <sub>4</sub> eher gut     <sub>3</sub> mittelmäßig     <sub>2</sub> eher schlecht     <sub>1</sub> sehr schlecht

Wie gelingt es Ihnen, die derzeitigen geistigen **Arbeitsanforderungen** zu bewältigen?

<sub>5</sub> sehr gut     <sub>4</sub> eher gut     <sub>3</sub> mittelmäßig     <sub>2</sub> eher schlecht     <sub>1</sub> sehr schlecht

3.	<b>Anzahl der aktuellen, vom Arzt diagnostizierten Krankheiten</b>			
<b>Kreuzen Sie in der folgenden Liste Ihre Krankheiten oder Verletzungen an. Geben Sie bitte auch an, ob ein Arzt diese Krankheiten diagnostiziert oder behandelt hat:</b>				
		Eigene Diagnose	Diagnose vom Arzt	Liegt nicht vor
• <b>Unfallverletzungen</b> (z.B. Rücken, Fuß, Verbrennung)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Erkrankung des Bewegungsapparates</b> (z.B. Rückenschmerzen, Ischias-, rheumatische. Beschwerden)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Herz-Kreislauf-Erkrankungen</b> (z.B. Bluthochdruck, Herzinfarkt, Koronarerkrankungen)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Atemwegserkrankungen</b> (z.B. chronische Nasennebenhöhlenentzündungen, Asthma, Bronchial- / Lungenerkrankungen)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Psychische Erkrankungen</b> (z.B. Depressionen, Angstzustände, Schlaflosigkeit, Angespanntheit)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Neurologische und sensorische Erkrankungen</b> (z.B. Epilepsie, Schwerhörigkeit oder Hörschaden, Migräne, Nervenschmerzen)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Erkrankungen im Magen-Darmtrakt</b> (z.B. Gallensteine, Leber- oder Bauchspeicheldrüsenerkrankungen, Magengeschwüre, Reizdarm)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Geschlechts- und Harnwegserkrankungen</b> (z.B. Harnwegserkrankungen, Nierenleiden, Krankheiten der Geschlechtsorgane einschl. Gebärmutter, Prostata etc.)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Hautkrankheiten</b> (z.B. allergische Hautausschlag, Ekzeme)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Tumore</b> (z.B. Krebs)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Hormon- und Stoffwechselerkrankungen</b> (z.B. Fettleibigkeit, Diabetes, Schilddrüsenüber- oder unterfunktion)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Blutkrankheiten und Geburtsfehler</b> (z.B. Blutarmut, angeborene Krankheiten)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• <b>Andere Leiden oder Krankheiten, welche?</b> _____		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4.	<b>Geschätzte Beeinträchtigung der Arbeitsleistung durch Krankheiten</b>
4.1	<p><b>Behindert Sie derzeit eine Erkrankung oder Verletzung bei der Arbeit?</b> (Falls nötig, kreuzen Sie bitte mehr als eine Antwort-Möglichkeit an )</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Ich habe keine Beeinträchtigung.</li> <li><input type="radio"/> Ich kann meine Arbeit ausführen, habe aber <b>Beschwerden</b>.</li> <li><input type="radio"/> Ich bin <b>manchmal</b> gezwungen, langsamer zu arbeiten oder meine Arbeitsmethoden zu ändern</li> <li><input type="radio"/> Ich bin <b>oft</b> gezwungen, langsamer zu arbeiten oder meine Arbeitsmethoden zu ändern</li> <li><input type="radio"/> Wegen meiner Krankheit bin ich nur in der Lage <b>Teilzeitarbeit</b> zu verrichten</li> <li><input type="radio"/> Meiner Meinung nach bin ich <b>völlig</b> arbeitsunfähig</li> </ul>
4.3	<p><b>Krankenstand in den letzten 12 Monaten</b></p> <p>Wie viele Tage blieben Sie aufgrund eines gesundheitlichen Problems (Krankheit, Gesundheitsvorsorge oder Untersuchung) <b>im letzten Jahr</b> (12 Monate) der Arbeit fern?</p> <p><input type="radio"/><sub>5</sub> keinen    <input type="radio"/><sub>4</sub> höchstens 9 Tage    <input type="radio"/><sub>3</sub> 10-24 Tage    <input type="radio"/><sub>2</sub> 25-99 Tage    <input type="radio"/><sub>1</sub> 100-354 Tage</p>
4.3	<p><b>Einschätzung der eigenen Arbeitsfähigkeit in 2 Jahren</b></p> <p>Glauben Sie, dass Sie, ausgehend von Ihrem jetzigen Gesundheitszustand, Ihre derzeitige Arbeit auch in den nächsten Jahren ausüben können?</p> <p><input type="radio"/><sub>1</sub> unwahrscheinlich    <input type="radio"/><sub>4</sub> nicht sicher    <input type="radio"/><sub>7</sub> ziemlich sicher</p>
4.4	<p><b>Psychischen Leistungsreserven</b></p> <p>Haben Sie in der letzten Zeit Ihre täglichen Aufgaben mit Freude erledigt?</p> <p><input type="radio"/><sub>4</sub> häufig    <input type="radio"/><sub>3</sub> eher häufig    <input type="radio"/><sub>3</sub> manchmal    <input type="radio"/><sub>1</sub> eher selten    <input type="radio"/><sub>0</sub> niemals</p> <p>Waren Sie in letzter Zeit aktiv und rege?</p> <p><input type="radio"/><sub>4</sub> immer    <input type="radio"/><sub>3</sub> eher häufig    <input type="radio"/><sub>3</sub> manchmal    <input type="radio"/><sub>1</sub> eher selten    <input type="radio"/><sub>0</sub> niemals</p> <p>Waren in letzter Zeit zuversichtlich, was die Zukunft betrifft?</p> <p><input type="radio"/><sub>4</sub> ständig    <input type="radio"/><sub>3</sub> eher häufig    <input type="radio"/><sub>3</sub> manchmal    <input type="radio"/><sub>1</sub> eher selten    <input type="radio"/><sub>0</sub> niemals</p>

**5. Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihren aktuellen Gesundheitszustand**

**5.1 Kreuzen Sie bitte an, ob und wann folgende Beschwerden in den letzten 3 Monaten bei Ihnen auftraten**

	nein, bisher nicht	jetzt, im Augenblick	in den letzten 3 Monaten
• Heuschnupfen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Dauerschnupfen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Verstopfte Nase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Niesanfälle (mehr als 3 mal)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Kieferhöhlenentzündung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Trockener Husten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Husten mit Auswurf	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Engegefühl in der Brust	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Pfeifen beim Atmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Kurzatmigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Atemnot bei körperlicher Belastung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Atemnot in Ruhe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• nächtliches Aufwachen wegen Atemnot	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Fieber/Schüttelfrost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Muskel- und Gelenkschmerzen wie bei einer Erkältung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Augenbrennen, Fremdkörpergefühl mit Tränenfluss	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Reizung der Nase (Jucken, Brennen, Laufen, Kitzeln)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Waren Sie wegen einer der genannten Beschwerden in den letzten **12 Monaten** beim Arzt?

Nein

Ja ..... wenn ja, bei welchem Arzt

Hausarzt

Facharzt für \_\_\_\_\_

5.2	<p><b>„Hatten Sie jemals ca. 2 bis 6 Stunden nach der Arbeit im Stall das Gefühl, als ob Sie eine Grippe bekämen (Fieber, Schüttelfrost, Muskelschmerzen, Kopfschmerzen)?</b></p> <p><input type="radio"/> Nein                      <input type="radio"/> Ja</p>
-----	---

<b>6.</b>	<b>Ihre Gesundheit - Allgemeinbefinden</b>														
6.1	<p><b>Ganz allgemein: Wie würden Sie Ihren gegenwärtigen Gesundheitszustand beschreiben?</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%;">Sehr gut</td> <td style="width: 20%;">Gut</td> <td style="width: 20%;">Zufrieden stellend</td> <td style="width: 20%;">Weniger gut</td> <td style="width: 20%;">Schlecht</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </table>					Sehr gut	Gut	Zufrieden stellend	Weniger gut	Schlecht	<input type="radio"/>				
Sehr gut	Gut	Zufrieden stellend	Weniger gut	Schlecht											
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											
6.2	<p><b><u>Und im Vergleich zu vor einem Jahr</u>, wie würden Sie Ihren jetzigen Gesundheitszustand beschreiben?</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%;">Zurzeit viel besser als vor einem Jahr</td> <td style="width: 20%;">Zurzeit etwas besser als vor einem Jahr</td> <td style="width: 20%;">Etwa so wie vor einem Jahr</td> <td style="width: 20%;">Zurzeit etwas schlechter als vor einem Jahr</td> <td style="width: 20%;">Zurzeit viel schlechter als vor einem Jahr</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </table>					Zurzeit viel besser als vor einem Jahr	Zurzeit etwas besser als vor einem Jahr	Etwa so wie vor einem Jahr	Zurzeit etwas schlechter als vor einem Jahr	Zurzeit viel schlechter als vor einem Jahr	<input type="radio"/>				
Zurzeit viel besser als vor einem Jahr	Zurzeit etwas besser als vor einem Jahr	Etwa so wie vor einem Jahr	Zurzeit etwas schlechter als vor einem Jahr	Zurzeit viel schlechter als vor einem Jahr											
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											

***Anmerkungen:***

***Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!***

**12.3.4 Tragetagebuch**

**Tragetagebuch**

Code-Aufkleber/Nr.

Woche \_\_\_\_\_ vom: \_\_\_\_\_ bis zum : \_\_\_\_\_

	Maske getragen		Tragezeit in Minuten bzw. Stunden	Tragekomfort			Bemerkungen Was war angenehm - was war unangenehm
	nein	ja		gut	schlecht		
Montag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Dienstag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Mittwoch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Donnerstag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Freitag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Samstag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Sonntag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Bitte für jede Woche eine "Tragetagebuch" ausfüllen und per Fax an uns schicken: 02302 - 926 - 745

**Tragetagebuch**

Code-Aufkleber/Nr.

Woche \_\_\_\_\_ vom: \_\_\_\_\_ bis zum : \_\_\_\_\_

	Maske getragen		Tragezeit in Minuten bzw. Stunden	Tragekomfort			Bemerkungen Was war angenehm - was war unangenehm
	nein	ja		gut	schlecht		
Montag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Dienstag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Mittwoch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Donnerstag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Freitag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Samstag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Sonntag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Bitte für jede Woche eine "Tragetagebuch" ausfüllen und per Fax an uns schicken: 02302 - 926 - 745

**12.3.5 Einverständniserklärungen**

Studie „Atemwegsgesundheit von Beschäftigten in Geflügelhaltungsbetrieben“ - Kontrollgruppe

### **Einverständniserklärung**

Hiermit erkläre ich mich dazu bereit, an der o.g. Studie teilzunehmen. Vor und nach einem dreimonatigen Zeitraum wird/werden im Rahmen der Studie

- die Gesundheit meiner Atemwege über Lungenfunktionsprüfung und Nasenspülung untersucht
- meine Fragebogen-Angaben zu meiner gesundheitlichen Situation und meiner Tätigkeit erfasst.

Zusätzlich erfolgt zu Beginn des dreimonatigen Zeitraums eine einmalige Blutentnahme. Die mit einer Blutabnahme verbundenen Risiken sind, wie Sie z.B. von Untersuchungen bei Ihrem Hausarzt wissen, sehr gering. Die Einstichstelle kann etwas wehtun, es kann sich ein kleiner Bluterguss bilden oder in sehr seltenen Fällen kann umliegendes Gewebe verletzt werden. Insgesamt wird 1 Röhrchen Blut (ca. 7 ml) benötigt.

Die gewonnenen Daten und Proben dienen ausschließlich der wissenschaftlichen Auswertung von Fragen in Zusammenhang mit der Atemwegsgesundheit von Beschäftigten in der Landwirtschaft.

Es wurde mir zugesichert, dass

- a) mir die gewonnenen Ergebnisse der Untersuchungen zur Verfügung gestellt werden,
- b) für die wissenschaftliche Auswertung und Veröffentlichung nur anonymisierte Daten gespeichert und verwendet werden,
- c) in den für die Analysen gespeicherten Daten keinerlei Rückschlüsse auf meine Person möglich sein werden.

Am Ende der wissenschaftlichen Untersuchung werde ich gefragt, ob die erhobenen Befunde für die Beurteilung im Rahmen der von der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft vorgeschriebenen arbeitsmedizinischen Untersuchungen „H6“ und „H7“ verwendet werden dürfen. Hierzu kann ich mein gesondertes Einverständnis schriftlich erklären.

Ein Widerruf dieser Einverständniserklärung ist jederzeit schriftlich möglich.

Ort, Datum, Unterschrift

Ort, Datum, Unterschrift Studienassistent

Studie „Atemwegsgesundheit von Beschäftigten in Geflügelhaltungsbetrieben“ - Interventionsgruppe

### **Einverständniserklärung**

Hiermit erkläre ich mich dazu bereit, an der o.g. Studie teilzunehmen. Vor und nach einem dreimonatigen Zeitraum wird/werden im Rahmen der Studie

- die Gesundheit meiner Atemwege untersucht über Lungenfunktionsprüfung und Nasenspülung
- meine Fragebogen-Angaben zu meiner gesundheitlichen Situation und meiner Tätigkeit erfasst.

Zusätzlich erfolgt zu Beginn des dreimonatigen Zeitraums eine Blutentnahme. Die mit einer Blutabnahme verbundenen Risiken sind, wie Sie z.B. von Untersuchungen bei Ihrem Hausarzt wissen, sehr gering. Die Einstichstelle kann etwas wehtun, es kann sich ein kleiner Bluterguss bilden oder in sehr seltenen Fällen kann umliegendes Gewebe verletzt werden. Insgesamt wird 1 Röhrchen Blut (ca. 7 ml) benötigt.

Während des dreimonatigen Zeitraums dokumentiere ich die Häufigkeit der Nutzung von Atemschutzmasken. Diese Daten werden ausschließlich im Rahmen der Studie verwendet.

Die gewonnenen Daten und Proben dienen ausschließlich der wissenschaftlichen Auswertung von Fragen in Zusammenhang mit der Atemwegsgesundheit von Beschäftigten in der Landwirtschaft.

Es wurde mir zugesichert, dass

- a) mir die gewonnenen Ergebnisse der Untersuchungen zur Verfügung gestellt werden,
- b) für die wissenschaftliche Auswertung und Veröffentlichung nur anonymisierte Daten gespeichert und verwendet werden,
- c) in den für die Analysen gespeicherten Daten keinerlei Rückschlüsse auf meine Person möglich sein werden.

Am Ende der wissenschaftlichen Untersuchung werde ich gefragt, ob die erhobenen Befunde für die Beurteilung im Rahmen der von der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft vorgeschriebenen arbeitsmedizinischen Untersuchungen „H6“ und „H7“ verwendet werden dürfen. Hierzu kann ich mein gesondertes Einverständnis schriftlich erklären.

Ein Widerruf dieser Einverständniserklärung ist jederzeit schriftlich möglich.

Ort, Datum, Unterschrift

Ort, Datum, Unterschrift Studienassistent

**12.3.6 Probandeninformation**

Probandeninformation zur Studie

## **Studie zu Atemwegsgesundheit von Beschäftigten in der Geflügelhaltung**

**Sehr geehrte Studienteilnehmerin, sehr geehrter Studienteilnehmer,**

vielen Dank für Ihr Interesse an unserer arbeitsmedizinischen Studie zur Atemwegsgesundheit von Mitarbeitern in der Geflügelhaltung.

Nachfolgend wollen wir Ihnen Ziel und Ablauf der Studie kurz erläutern. So können Sie sich ein Bild davon machen, was für Sie persönlich mit der Studie verbunden ist. Sollten Sie weitere Fragen haben, scheuen Sie sich bitte nicht, uns telefonisch oder per e-mail anzusprechen. Selbstverständlich können Sie auch beim Besuch des Studienpersonals Fragen zur Studiendurchführung stellen.

**Ziel unserer Studie ist es, das Reaktionsmuster der Atemwege von Beschäftigten zu untersuchen, die im Rahmen ihrer Arbeit die Luft im Geflügelstall einatmen. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass die Luft im Stall in der Regel ein sogenanntes Bioaerosol enthält. Dieses besteht aus einem Gemisch aus Gasen, Stäuben und kleinsten Partikeln z.B. aus Futter-, Kot-, Einstreubestandteilen, denen Bakterien und Schimmelpilze anhaften.**

### Ablauf:

1. Zu Beginn der Untersuchungsreihe werden wir mit Ihnen einen Doppeltermin an zwei aufeinander folgenden Tagen vereinbaren.

Während dieser beiden Termine geschieht folgendes:

- Wir besprechen mit Ihnen auf der Grundlage dieses Schreibens nochmals die Details zur Studie und bitten Sie um Ihr schriftliches Einverständnis.
  - Wir untersuchen die Gesundheit Ihrer Atemwege. Dies erfolgt über einen Lungenfunktionstest und eine sanfte Spülung der Nase zur Analyse von Entzündungszeichen in den oberen Atemwegen.
  - Es wird einmalig eine Blutprobe entnommen, um einen Allergietest durchzuführen.
  - Sie werden gebeten, einen Fragebogen auszufüllen zu möglichen Beschwerden – hauptsächlich bezogen auf Ihre Atemwege – und Vorerkrankungen sowie zu Ihren Tätigkeiten.
2. Nach ca. 3 Monaten werden wir erneut einen Doppeltermin mit Ihnen vereinbaren. Dann beschränken wir uns jeweils auf die Untersuchung der Nasenschleimhaut und den Lungenfunktionstest und eine kurze Befragung.
3. Im Verlauf der Studie wollen wir eine Luftmessung im Stall durchführen, um die Konzentration von Staub und Gasen an Ihrem Arbeitsplatz zu kennen. Es wäre schön, wenn Sie dazu die von uns vorbereiteten Messgeräte für ca. 30 Minuten in den Stall stellen könnten. Es handelt sich um ein Stativ wie für eine Fotokamera und daran angebrachte Pumpen. Derartige Messungen werden von uns in vielen Ställen durchgeführt. Erfahrungsgemäß werden die Hühner hierdurch in keiner Weise beeinträchtigt. Selbstverständlich werden die Geräte vor der Messung auf Ihrem Betrieb

[Kontrollgruppe]

gereinigt und desinfiziert, so dass eine Übertragung von Krankheitserregern soweit als möglich ausgeschlossen ist.

### Ergebnisse:

Ihre persönlichen Befunde und die Ergebnisse der gesamten Studie erhalten Sie auf dem Postweg am Ende der Studie. Falls Sie einverstanden sind, wird auf der Grundlage der Untersuchung eine Bescheinigung über die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung nach H6 und H7 ausgestellt, wie sie von der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft für Beschäftigte in der Nutztierhaltung gefordert wird.

### Dankeschön

Leider können wir Ihnen für die Teilnahme an der Studie kein Geld zahlen. Aber: wir würden am Ende der Studie für Sie gern eine kurze Schulung durchführen zu gesundheitlichen Risiken durch Bioaerosole in der Geflügelhaltung und v.a. Ihnen Tipps zu Schutzmaßnahmen geben. In diese Schulung werden auch die Ergebnisse der Studie einfließen.

### Details zu den Untersuchungen

Nachfolgend beschreiben wir Ihnen die beiden Untersuchungen „Lungenfunktionsprüfung“ und „Spülung der Nase“. Sie werden sehen, dass beide keine belastenden Untersuchungen darstellen – die Lungenfunktionsprüfung kennen Sie vielleicht sogar schon von Ihrem Hausarzt.

#### Lungenfunktionsprüfung:

Bei der Lungenfunktionsprüfung atmen Sie durch ein kleines Gerät unter Anleitung zunächst ruhig ein und aus. Dann werden Sie aufgefordert, kräftig ein und maximal auszuatmen. Die Geschwindigkeit und die Menge Luft, die Sie atmen, werden aufgezeichnet. Da man die Atemtechnik ein wenig üben muss, kann es sein, dass die Messung zwei- bis dreimal wiederholt werden muss.

#### Nasenspülung:

Bei der Nasenspülung (Fachausdruck „Nasallavage“) putzen Sie sich zunächst ganz normal die Nase. Danach wird eines Ihrer Nasenlöcher mit angewärmter Kochsalzlösung gespült. Die Konzentration der Kochsalzlösung ist so gewählt, dass die Flüssigkeit die Nasenschleimhaut nicht reizt. Zur Spülung wird die Kochsalzlösung in eine Spritze aufgezogen. Danach wird die Lösung von einer Studienmitarbeiterin vorsichtig in Ihr Nasenloch gespritzt (natürlich ohne Nadel!), bis Sie angeben, dass die Flüssigkeit hinten runter läuft. Die in Ihrer Nase befindliche Flüssigkeit wird in die Spritze zurückgezogen. Der Vorgang wird drei- bis fünf Mal wiederholt.

Sie sehen: beide Untersuchungen sind nicht schmerzhaft, unangenehm oder anstrengend. Viele Menschen empfinden die Nasenspülung sogar als angenehm, weil die Nase auf diese Art und Weise sanft gereinigt wird.

Wenn Sie Fragen zur Studie und zu den Untersuchungen haben, scheuen Sie sich bitte nicht, uns anzurufen. Sie erreichen uns unter Tel. 0160-8719430 (Dipl.-Ing. Nicole Blomberg).

Wir würden uns freuen, wenn Sie an der Studie mitmachen.

Dr. Monika A. Rieger  
Fachärztin für Arbeitsmedizin

Dipl.-Ing. Nicole Blomberg  
Sicherheitsingenieurin

Probandeninformation zur Studie

## **Studie zu Atemwegsgesundheit von Beschäftigten in der Geflügelhaltung**

### **Sehr geehrte Studienteilnehmerin, sehr geehrter Studienteilnehmer,**

vielen Dank für Ihr Interesse an unserer arbeitsmedizinischen Studie zur Atemwegsgesundheit von Mitarbeitern in der Geflügelhaltung.

Nachfolgend wollen wir Ihnen Ziel und Ablauf der Studie kurz erläutern. So können Sie sich ein Bild davon machen, was für Sie persönlich mit der Studie verbunden ist. Sollten Sie weitere Fragen haben, scheuen Sie sich bitte nicht, uns telefonisch oder per e-mail anzusprechen. Selbstverständlich können Sie auch beim Besuch des Studienpersonals Fragen zur Studiendurchführung stellen.

**Ziel:** Beschäftigte in Geflügelhaltungsbetrieben atmen bei Aufenthalt im Stall ein Gemisch aus Gasen, Stäuben und feinen Partikel ein. Dieses kann sich negativ auf die Gesundheit der Atemwege auswirken. Das so genannte Bioaerosol besteht z.B. aus Futter-, Kot-, Einstreubestandteilen, denen Bakterien und Schimmelpilze anhaften. Als Schutzmaßnahmen wird das Tragen von Staubmasken der Klasse FFP2 empfohlen.

### **Mit unserer Studie soll die Wirksamkeit dieser Staubmasken untersucht werden.**

Für einen Zeitraum von 3 Monaten werden wir die empfohlenen Staubmasken zur Verfügung stellen und anhand der Reaktionsmuster der Atemwege der Beschäftigten die Schutzqualität der Staubmasken testen.

### Ablauf:

1. Zu Beginn der Untersuchungsreihe werden wir mit Ihnen einen Doppeltermin an zwei aufeinander folgenden Tagen vereinbaren.

Während dieser beiden Termine geschieht folgendes:

- Wir besprechen mit Ihnen auf der Grundlage dieses Schreibens nochmals die Details zur Studie und bitten Sie um Ihr schriftliches Einverständnis.
  - Wir untersuchen die Gesundheit Ihrer Atemwege. Dies erfolgt über einen Lungenfunktionstest und eine sanfte Spülung der Nase zur Analyse von Entzündungszeichen in den oberen Atemwegen.
  - Es wird einmalig eine Blutprobe entnommen, um einen Allergietest durchzuführen.
  - Sie werden gebeten, einen Fragebogen auszufüllen zu möglichen Beschwerden – hauptsächlich bezogen auf Ihre Atemwege – und Vorerkrankungen sowie zu Ihren Tätigkeiten.
  - Sie erhalten eine ausreichende Anzahl von Staubmasken für die nächsten 3 Monate und eine kurze Einweisung zum korrekten Trage der Masken (siehe Anhang).
  - Sie erhalten von uns einen kleinen Tragekalender. Hier bitten wir Sie die Benutzung der Masken zu dokumentieren und Angaben zum Tragekomfort einzutragen.
2. Nach ca. 3 Monaten werden wir erneut einen Doppeltermin mit Ihnen vereinbaren. Dann beschränken wir uns jeweils auf die Untersuchung der Nasenschleimhaut und den Lungenfunktionstest und eine kurze Befragung.

3. Im Verlauf der Studie wollen wir eine Luftmessung im Stall durchführen, um die Konzentration von Staub und Gasen an Ihrem Arbeitsplatz zu kennen. Es wäre schön, wenn Sie dazu die von uns vorbereiteten Messgeräte für ca. 30 Minuten in den Stall stellen könnten. Es handelt sich um ein Stativ mit einer Fotokamera und daran angebrachte Pumpen. Derartige Messungen werden von uns in vielen Ställen durchgeführt. Erfahrungsgemäß werden die Hühner hierdurch in keiner Weise beeinträchtigt. Selbstverständlich werden die Geräte vor der Messung auf Ihrem Betrieb gereinigt und desinfiziert, so dass eine Übertragung von Krankheitserregern soweit als möglich ausgeschlossen ist.

#### Ergebnisse:

Ihre persönlichen Befunde und die Ergebnisse der gesamten Studie erhalten Sie auf dem Postweg am Ende der Studie. Falls Sie einverstanden sind, wird auf der Grundlage der Untersuchung eine Bescheinigung über die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung nach H6 und H7 ausgestellt, wie sie von der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft für Beschäftigte in der Nutztierhaltung gefordert wird.

#### Dankeschön

Leider können wir Ihnen für die Teilnahme an der Studie kein Geld zahlen. Aber: zu Beginn der Studie führen wir für Sie eine kleine Schulung durch zur Gesundheit der Atemwege, möglichen Gefahren für die Gesundheit durch die Stallluft und Möglichkeiten für Ihren persönlichen Schutz. Außerdem bekommen Sie die Atemmasken von uns.

#### Details zu den Untersuchungen

Nachfolgend beschreiben wir Ihnen die beiden Untersuchungen „Lungenfunktionsprüfung“ und „Spülung der Nase“. Sie werden sehen, dass beide keine belastenden Untersuchungen darstellen – die Lungenfunktionsprüfung kennen Sie vielleicht sogar schon von Ihrem Hausarzt.

#### **Lungenfunktionsprüfung:**

Bei der Lungenfunktionsprüfung atmen Sie durch ein kleines Gerät unter Anleitung zunächst ruhig ein und aus. Dann werden Sie aufgefordert, kräftig ein und maximal auszuatmen. Die Geschwindigkeit und die Menge Luft, die Sie atmen, werden aufgezeichnet. Da man die Atemtechnik ein wenig üben muss, kann es sein, dass die Messung zwei- bis dreimal wiederholt werden muss.

#### **Nasenspülung:**

Bei der Nasenspülung (Fachausdruck „Nasallavage“) putzen Sie sich zunächst ganz normal die Nase. Danach wird eines Ihrer Nasenlöcher mit angewärmter Kochsalzlösung gespült. Die Konzentration der Kochsalzlösung ist so gewählt, dass die Flüssigkeit die Nasenschleimhaut nicht reizt. Zur Spülung wird die Kochsalzlösung in eine Spritze aufgezogen. Danach wird die Lösung von einer Studienmitarbeiterin vorsichtig in Ihr Nasenloch gespritzt (natürlich ohne Nadel!), bis Sie angeben, dass die Flüssigkeit hinten runter läuft. Die in Ihrer Nase befindliche Flüssigkeit wird in die Spritze zurückgezogen. Der Vorgang wird drei- bis fünf Mal wiederholt.

[Interventionsgruppe]

Sie sehen: beide Untersuchungen sind nicht schmerzhaft, unangenehm oder anstrengend. Viele Menschen empfinden die Nasenspülung sogar als angenehm, weil die Nase auf diese Art und Weise sanft gereinigt wird.

Wenn Sie Fragen zur Studie und zu den Untersuchungen haben, scheuen Sie sich bitte nicht, uns anzurufen. Sie erreichen uns unter Tel. 0160-8719430 (Dipl.-Ing. Nicole Blomberg).

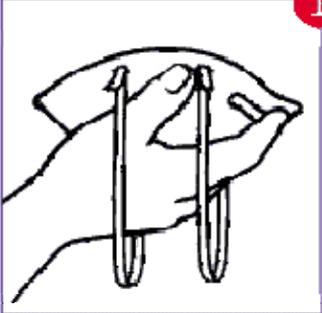
Wir würden uns freuen, wenn Sie an der Studie mitmachen.

Dr. Monika A. Rieger  
Fachärztin für Arbeitsmedizin

Dipl.-Ing. Nicole Blomberg  
Sicherheitsingenieurin

Anhang: Hinweise zum Gebrauch von Staubmasken

Auszug aus dem Schulungsmaterial vor Ort – Quelle 3M - Deutschland

- 1  2 Halten Sie die Filtermaske becherförmig und mit dem Nasenbügel an den Fingerspitzen in der Hand, wobei die Kopfbänder frei unter der Hand herabhängen sollten.
- 3  4 Positionieren Sie die Filtermaske mit dem Nasenbügel oben unter das Kinn.
- 5  6 Ziehen Sie das obere Band über den Kopf, damit es oben am Hinterkopf anliegt. Ziehen Sie das untere Band über den Kopf und positionieren sie es um den Hals unterhalb der Ohren.
- 7  8 Bringen Sie die Fingerspitzen beider Hände oben auf den Metallnasenbügel. Formen Sie den Nasenbügel auf Ihre Nase zu, indem Sie ihn, während Sie die Fingerspitzen an beiden Seiten des Bügels bewegen, nach innen. Wenn Sie den Nasenbügel nur mit einer Hand zusammen kneifen, dann kann es sein, daß die Maske nicht effizient funktioniert.



9

10 **Der Dichtungsstreifen der Maske auf dem Gesicht sollte auf guten Sitz überprüft werden, bevor Sie den Arbeitsbereich betreten.**

a) Bedecken Sie den vorderen Teil der Maske mit beiden Händen, wobei Sie darauf achten, daß Sie die Maske nicht verschieben.

b) Atmen Sie tief ein. Sie sollten innen in der Maske einen negativen Druck spüren. Wenn Undichtheit festgestellt wird, dann adjustieren Sie die Position der Maske und/oder ziehen Sie die Bänder an. Prüfen Sie die Dichtung nochmals. Wiederholen sie den Vorgang, bis die Maske gut abgedichtet ist.

**Wenn die Maske nicht richtig sitzt, dann sollten Sie keinen kontaminierten Bereich betreten. Wenden Sie sich an Ihren Vorarbeiter.**

**Hinweis – diese Maske sollte nicht von Barträgern oder bei anderem Gesichtshaar, durch das der Kontakt zwischen Gesicht und Maskenkante beeinträchtigt werden könnte, getragen werden.**

**12.3.7 Schulungsunterlagen**

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin

Schulungsunterlagen

uni<sup>versität</sup> Witten/Herdecke

## Exposition gegenüber Bioaerosolen

### Atemwegserkrankungen in der Geflügelhaltung

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin

Staub im Geflügelstall

uni<sup>versität</sup> Witten/Herdecke

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin

Inhalt

uni<sup>versität</sup> Witten/Herdecke

- Aufnahme über die Atemwege
- Exposition
- Wirkungen
- Symptome und Erkrankungen
- Prävention
- Rechtlicher Hintergrund

3

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin

Aufnahme über die Atemwege

(Die Aufnahmewege wurden an dieser Stelle erläutert, jedoch kann die Darstellung zur Wahrung der Produktneutralität hier nicht wieder gegeben werden)

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin

Exposition

Was ist in welchen Mengen in der Stallluft?

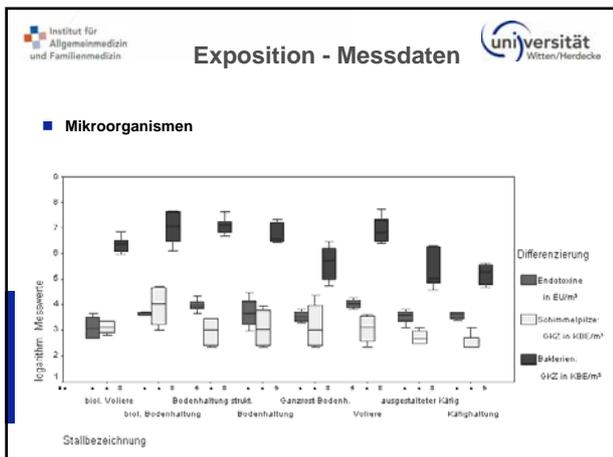
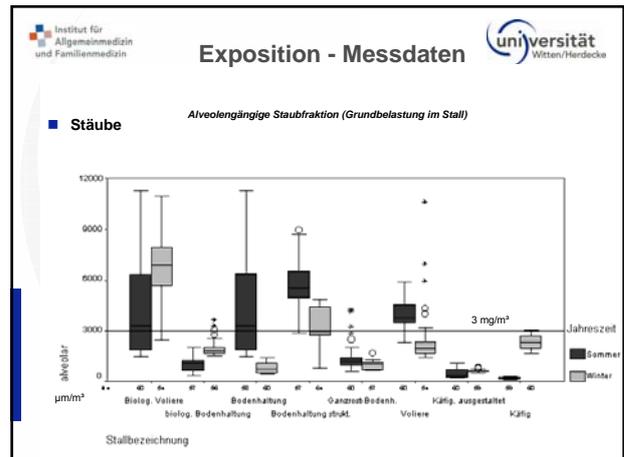
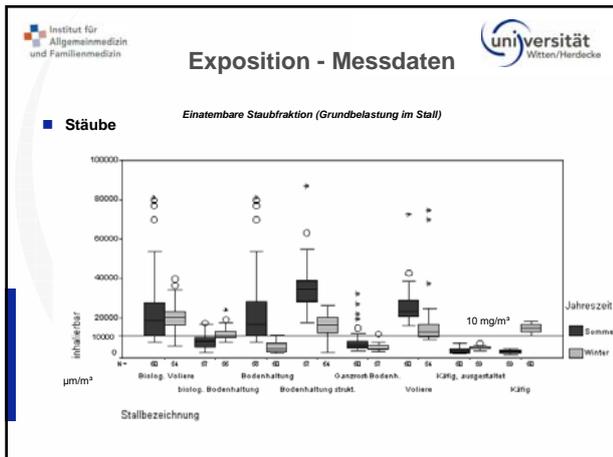
uni<sup>versität</sup> Witten/Herdecke

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin

Exposition - Bioaerosol

uni<sup>versität</sup> Witten/Herdecke

- Gase (z.B. Ammoniak)
- Gerüche
- Tröpfchen (Sekrete, Kot, Wasser)
- Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Schimmelpilze)
- Toxine (Abbauprodukte von Mikroorganismen)
- Stäube (Anhaftungen von Toxinen, Hautzellen, Feder- u. Kotpartikeln, Insektenteile, Mikroorganismen, Gase)



Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

### Wirkungen

Wie wirken diese Substanzen in den Atemwegen?

- Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke
- ### Wirkungen auf die Atemwege
- **Stäube**
    - Mechanische Reizwirkung
    - Überlastung der Selbstreinigungsfunktion der Schleimhäute
    - Sensibilisierung – Entstehung einer Allergie
  - **Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Schimmelpilze)**
    - Infektionen
    - Sensibilisierung – Entstehung einer Allergie
  - **Abbauprodukte von Mikroorganismen**
    - Toxische Wirkungen
  - **Gase**
    - Reizwirkung
    - Toxische Wirkungen

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

### Symptome

### Erkrankungen

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Symptome Erkrankungen

- Allergien
  - Juckreiz Augen, Schleimhäute, Heuschnupfen
  - Allergisches Asthma
- Asthma – asthma-ähnliche Beschwerden
  - Anfallsartige Atembeschwerden: Enge auf der Brust, Gefühl, man kann nicht ausatmen, Husten
  - Unmittelbarer Auslöser für die Atemnot-Anfälle bekannt: z.B. kalte Luft, feuchte Luft, Rauch, Staub, reizende Gase (z.B. Ammoniak)
  - Bei allergischem Asthma: Bestimmte Substanzen (z.B. Vogelfedern, Futtermilben, Rinderhaare)

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Symptome Erkrankungen

- Toxische Wirkungen
  - Schädigung der Zellen: Reizwirkung -> Entzündungen
  - Chronische Entzündungen -> chronischer Husten

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Erkrankungen der Atemwege in der Landwirtschaft

- Drescherfieber (Organic Dust toxic Syndrome)
  - Grippeähnliches Gefühl (Kopfschmerzen, Gliederschmerzen, Müdigkeit)
  - 4-12 Stunden nach dem Einatmen von hohen Staubkonzentrationen
  - Heilt folgenlos aus
  - Bei häufigen ODTS-Erscheinungen -> chronischen Bronchitis
- Farmerlunge (Exogen allergische Alveolitis)
  - Allergie gegen z.B. Strahlenpilze (Aktinomyzeten), Vogelfedern, Kotbestandteile
  - Anfallsartig aber mit zeitlicher Verzögerung
  - Husten, Fieber, Atemnot
  - Deutlich seltener als Asthma und Bronchitis

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Erkrankungen der Atemwege in der Landwirtschaft

- Chronische (obstruktive) Bronchitis,
  - Schleichende Entwicklung
  - Husten mit Auswurf, mehrere Monate im Jahr
  - Atembeschwerden, Enge auf der Brust
  - Folge: Infekte der Atemwege verlaufen schwerer als vorher
  - -> Sauerstoffmangel des Körpers, Belastung des Herzens
  - Ursache: entwickelt sich bei staubiger Arbeit über Jahre
  - Kann die Folgeerkrankung von Asthma oder Drescherfieber sein

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Berufskrankheiten in der Landwirtschaft

- Chronische allergische Atemwegserkrankungen (Asthma und/oder Heuschnupfen) (BK 4301)
  - Wenn Tätigkeit aufgegeben werden musste
- Chronische (obstruktive) Bronchitis durch reizende oder toxische Substanzen (BK 4302)
  - Wenn Tätigkeit aufgegeben werden musste
- Farmerlunge (BK 4201)

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Zahlen der Berufsgenossenschaft LBG - NRW

Gemeldete Berufskrankheiten 2006

Berufskrankheit (BK)	Anzahl
1001	2
1002	0
1003	0
1004	0
1005	0
1006	12
1007	0
1008	0
1009	0
1010	0
1011	0
1012	0
1013	0
1014	0
1015	0
1016	0
1017	0
1018	0
1019	0
1020	0
1021	0
1022	0
1023	0
1024	0
1025	0
1026	0
1027	0
1028	0
1029	0
1030	0
1031	0
1032	0
1033	0
1034	0
1035	0
1036	0
1037	0
1038	0
1039	0
1040	0
1041	0
1042	0
1043	0
1044	0
1045	0
1046	0
1047	0
1048	0
1049	0
1050	0
1051	0
1052	0
1053	0
1054	0
1055	0
1056	0
1057	0
1058	0
1059	0
1060	0
1061	0
1062	0
1063	0
1064	0
1065	0
1066	0
1067	0
1068	0
1069	0
1070	0
1071	0
1072	0
1073	0
1074	0
1075	0
1076	0
1077	0
1078	0
1079	0
1080	0
1081	0
1082	0
1083	0
1084	0
1085	0
1086	0
1087	0
1088	0
1089	0
1090	0
1091	0
1092	0
1093	0
1094	0
1095	0
1096	0
1097	0
1098	0
1099	0
1100	0
1101	0
1102	0
1103	0
1104	0
1105	0
1106	0
1107	0
1108	0
1109	0
1110	0
1111	0
1112	0
1113	0
1114	0
1115	0
1116	0
1117	0
1118	0
1119	0
1120	0
1121	0
1122	0
1123	0
1124	0
1125	0
1126	0
1127	0
1128	0
1129	0
1130	0
1131	0
1132	0
1133	0
1134	0
1135	0
1136	0
1137	0
1138	0
1139	0
1140	0
1141	0
1142	0
1143	0
1144	0
1145	0
1146	0
1147	0
1148	0
1149	0
1150	0
1151	0
1152	0
1153	0
1154	0
1155	0
1156	0
1157	0
1158	0
1159	0
1160	0
1161	0
1162	0
1163	0
1164	0
1165	0
1166	0
1167	0
1168	0
1169	0
1170	0
1171	0
1172	0
1173	0
1174	0
1175	0
1176	0
1177	0
1178	0
1179	0
1180	0
1181	0
1182	0
1183	0
1184	0
1185	0
1186	0
1187	0
1188	0
1189	0
1190	0
1191	0
1192	0
1193	0
1194	0
1195	0
1196	0
1197	0
1198	0
1199	0
1200	0
1201	0
1202	0
1203	0
1204	0
1205	0
1206	0
1207	0
1208	0
1209	0
1210	0
1211	0
1212	0
1213	0
1214	0
1215	0
1216	0
1217	0
1218	0
1219	0
1220	0
1221	0
1222	0
1223	0
1224	0
1225	0
1226	0
1227	0
1228	0
1229	0
1230	0
1231	0
1232	0
1233	0
1234	0
1235	0
1236	0
1237	0
1238	0
1239	0
1240	0
1241	0
1242	0
1243	0
1244	0
1245	0
1246	0
1247	0
1248	0
1249	0
1250	0
1251	0
1252	0
1253	0
1254	0
1255	0
1256	0
1257	0
1258	0
1259	0
1260	0
1261	0
1262	0
1263	0
1264	0
1265	0
1266	0
1267	0
1268	0
1269	0
1270	0
1271	0
1272	0
1273	0
1274	0
1275	0
1276	0
1277	0
1278	0
1279	0
1280	0
1281	0
1282	0
1283	0
1284	0
1285	0
1286	0
1287	0
1288	0
1289	0
1290	0
1291	0
1292	0
1293	0
1294	0
1295	0
1296	0
1297	0
1298	0
1299	0
1300	0
1301	0
1302	0
1303	0
1304	0
1305	0
1306	0
1307	0
1308	0
1309	0
1310	0
1311	0
1312	0
1313	0
1314	0
1315	0
1316	0
1317	0
1318	0
1319	0
1320	0
1321	0
1322	0
1323	0
1324	0
1325	0
1326	0
1327	0
1328	0
1329	0
1330	0
1331	0
1332	0
1333	0
1334	0
1335	0
1336	0
1337	0
1338	0
1339	0
1340	0
1341	0
1342	0
1343	0
1344	0
1345	0
1346	0
1347	0
1348	0
1349	0
1350	0
1351	0
1352	0
1353	0
1354	0
1355	0
1356	0
1357	0
1358	0
1359	0
1360	0
1361	0
1362	0
1363	0
1364	0
1365	0
1366	0
1367	0
1368	0
1369	0
1370	0
1371	0
1372	0
1373	0
1374	0
1375	0
1376	0
1377	0
1378	0
1379	0
1380	0
1381	0
1382	0
1383	0
1384	0
1385	0
1386	0
1387	0
1388	0
1389	0
1390	0
1391	0
1392	0
1393	0
1394	0
1395	0
1396	0
1397	0
1398	0
1399	0
1400	0
1401	0
1402	0
1403	0
1404	0
1405	0
1406	0
1407	0
1408	0
1409	0
1410	0
1411	0
1412	0
1413	0
1414	0
1415	0
1416	0
1417	0
1418	0
1419	0
1420	0
1421	0
1422	0
1423	0
1424	0
1425	0
1426	0
1427	0
1428	0
1429	0
1430	0
1431	0
1432	0
1433	0
1434	0
1435	0
1436	0
1437	0
1438	0
1439	0
1440	0
1441	0
1442	0
1443	0
1444	0
1445	0
1446	0
1447	0
1448	0
1449	0
1450	0
1451	0
1452	0
1453	0
1454	0
1455	0
1456	0
1457	0
1458	0
1459	0
1460	0
1461	0
1462	0
1463	0
1464	0
1465	0
1466	0
1467	0
1468	0
1469	0
1470	0
1471	0
1472	0
1473	0
1474	0
1475	0
1476	0
1477	0
1478	0
1479	0
1480	0
1481	0
1482	0
1483	0
1484	0
1485	0
1486	0
1487	0
1488	0
1489	0
1490	0
1491	0
1492	0
1493	0
1494	0
1495	0
1496	0
1497	0
1498	0
1499	0
1500	0

Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft NRW

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Prävention

- Beratung, Ausbildung, Schulung
- Arbeitsmedizinische Vorsorge
- Optimierung Lüftungstechnischer Maßnahmen
- Hygienemaßnahmen
- Persönliche Schutzmaßnahmen

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Prävention

- Beratung, Ausbildung, Schulung

...

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Prävention

- Arbeitsmedizinische Vorsorge
  - Wenn Verdacht besteht, dass sich eine Berufskrankheit entwickeln könnte:
  - > LBG bezahlt Maßnahmen, die dies verhindern können: z.B. Bereitstellung eines belüfteten Atemhelms, Stallumbauten etc.
  - Ordentliche Untersuchung und ggf. Verdachtsanzeige stellen

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Prävention

- Arbeitsmedizinische Vorsorge
  - H6 – Organische Stäube
    - G 23 „obstruktive Atemwegserkrankungen“
  - Allg. Anamnese
  - Arbeitsanamnese
  - Beschwerden
  - Allergologische Anamnese
  - Lungenfunktionstest
  - Beratung

**Anlage 2 zu VSG 12**  
Hinweise der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

H 6	Organische Stäube	Fassung 10/14
<p>1. Anamnestische Befragungen</p> <p>Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 23 „obstruktive Atemwegserkrankungen“ sind insbesondere durchzuführen, wenn allergische Vorerkrankungen vorliegen, um durch Arbeitsstoffe verursachte Erkrankungen des Bronchialsystems möglichst zu verhindern. Inwieweit zu erkennen oder bei Vorhandensein des Bronchialsystems Verschärfungen durch Einwirkung von Arbeitsstoffen zu vermeiden.</p> <p>Die wichtigsten Arbeitsstoffe mit allergisierender Wirkung kommen in Gartenbau und Landwirtschaft vor wie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pflanzliche Allergene, z.B.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Staub von Mehl und Kleie aus Getreide,</li> <li>• Schalenstaub von Nüssen und Tannenzapfen,</li> <li>• Federmehlstaub z.B. von Linsen,</li> <li>• Staub von Einbaumästen,</li> <li>• Pilzsporen.</li> </ul> </li> <li>- tierische Allergene, z.B.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Federmehlstaub,</li> <li>• Hirschenstaub,</li> <li>• Hirschenhaare,</li> <li>• Hirschenkot.</li> </ul> </li> </ul>		

© Hermann Müller vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Altonaer Platz 111, 10177 St. Augustin im Rahmen der „Gartenbau Verlag, Paderborn 10/14“, 2014, Band 10

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Prävention

- Arbeitsmedizinische Vorsorge
  - H7 – Atemschutzgeräte
    - G 26 „Atemschutzgeräte“
  - Arbeitsplatzanamnese
  - Lungenfunktionstest
  - Allg. Anamnese

**Anlage 2 zu VSG 12**  
Hinweise der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

H 7	Atemschutzgeräte	Fassung 10/14
<p>1. Anamnestische Befragungen</p> <p>Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 26 „Atemschutzgeräte“ sind durchzuführen, um Versuche, bei denen gesundheitliche Bedenken gegen das Tragen von Atemschutzgeräten bestehen, vor Gesundheitsgefahren zu schützen.</p> <p>Versuche, die bei ihrer Tätigkeit Atemschutzgeräte tragen müssen, sind durch diese Geräte in der Regel einer zusätzlichen Belastung ausgesetzt, die verursacht wird durch das Gewicht des Atemschutzgerätes und seiner Druckluftflaschen bei der Ein- und Ausrichtung, Atemschwierigkeiten. Ferner müssen die Arbeitsbedingungen (z. B. Klima, die Schwere der Arbeit und die Befehlsdauer des Atemschutzgerätes) berücksichtigt werden.</p> <p>Unter dem Gesichtswinkel des vom Benutzer am Körper zu tragenden Gewichtes des Gerätes sind die Atemschutzgeräte zu wählen. Bei den Atemschutzgeräten sind die in den Atemschutznormen angegebenen Werte des kompletten Gerätes in Höhe zugrunde zu legen.</p> <p><b>Gruppeneinteilung der Atemschutzgeräte</b></p> <p>Die Gruppeneinteilung der Atemschutzgeräte erfolgt nach dem Gewicht und dem Drucköffnungszeit bei der Einstellung unter der Ausdehnung (Atemwiderstand). Für die Zuordnung des Atemschutzgerätes zu einer Gruppe ist die Überprüfung bereits eines der beiden Grenzwerte (Gesichtswert oder Atemwiderstand) ausreichend. Die Bestimmung durch die Bestimmung von Gruppe 1 nach Gruppe 3 ist.</p> <p><b>Gruppe 1</b></p> <p><b>Gesichtswert bis 3 kg</b></p> <p>Die Atemschutzgeräte des Atemschutzgerätes beim Einatmen oder Ausatmen sind geringfügig (0,5 Sekunde) bei einem Atemschutzdruck von nicht mehr als 1,5 bar (1,5 MPa) zu tragen.</p> <p><small>© Hermann Müller vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Altonaer Platz 111, 10177 St. Augustin im Rahmen der „Gartenbau Verlag, Paderborn 10/14“, 2014, Band 10</small></p>		

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin | universität Witten/Herdecke

## Prävention

- Optimierung Lüftungstechnischer Maßnahmen
  - Auch im Winterbetrieb für ausreichende Lüftungsleistung sorgen
  - Regelmäßige Wartung der Anlage
  - Luftführung optimieren

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin **Prävention** universität Witten/Herdecke

■ **Hygienemaßnahmen**

- Regelmäßige Reinigung, Staubentfernung der Arbeitsbereiche
- Bei Arbeiten Aufwirbelungen vermeiden
- Saubere Waschgelegenheiten nutzen, hygienische Aufbewahrung von Seifen und Hautschutzmitteln, Handtüchern
- Trennung von „Schmutz“raum – „Wohn“raum (Schwarz-Weiß-Bereiche)

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin **Prävention** universität Witten/Herdecke

■ **Tragen von Staubmasken**

- Qualität: FFP2 – mit Ausatemventil
- Richtiger Sitz:
  - Gummibänder in die Richtige Lage bringen
  - Nasen-„Draht“ anpassen
  - Test: übertriebenes einatmen: es soll kein „Luftzug“ an den Übergängen zwischen Haut und Maske spürbar sein.
- Gebrauch: Staubmasken sind „Einweg“-Artikel
- Längstens 2 Tage gebrauchen, da sich sonst Bakterien oder Schimmelpilze im feuchten Milieu des Fließes vermehren

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin **Recht und Gesetz** universität Witten/Herdecke

Institut für Allgemeinmedizin und Familienmedizin **Gesetzliche Grundlagen** universität Witten/Herdecke

Gesetzliche Regelungen → Branchenspezifische Umsetzung Regelungen der Unfallversicherung: LBG

- Arbeitsschutzgesetz
- Gefahrstoffverordnung
- Biostoffverordnung
- Technische Regeln: TRBA, TRGS
- TRBA 230: Landw. Nutztierhaltung
- TRBA 500: Allg. Hygienemaßnahmen (Min.)

- VSG1.1: Allg. Vorschriften
- VSG1.2: arbeitsmed. Vorsorge
- VSG 4.1: Tierhaltung
- > Verweis auf TRBA 230

## **12.4 Bericht Dr. Öttl**

# **Endbericht**

**Ermittlung von Emissionsfaktoren für Luftschadstoffe aus  
einer alternativen Legehennenhaltung mit Auslauf mittels  
numerischer Ausbreitungssimulation**

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DATENGRUNDLAGEN</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>AUSBREITUNGSMODELLIERUNG</b>	<b>5</b>
3.1	Ausbreitungsmodell	5
3.2	Modellierungsstrategie	6
3.3	Emissionsberechnungen für den Schweinestall und den Hühnerstall	8
3.3.1	Ermittlung der NH <sub>3</sub> -Emissionen nach TA-Luft bzw. KTBL/FAL (2006)	8
3.3.2	Ermittlung auf Basis von gemessenen Indoor NH <sub>3</sub> -Konzentrationen	8
<b>4</b>	<b>MESSKAMPAGNE VOM 15.4.-16.4.2009</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>MESSKAMPAGNE VOM 19.5.-20.5.2009</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>MESSKAMPAGNE VOM 31.3.-1.4.2009</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>MESSKAMPAGNE VOM 3.3.-4.3.2009</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>MESSKAMPAGNE VOM 21.5.-30.7.2008</b>	<b>15</b>
<b>9</b>	<b>MESSKAMPAGNE VOM 12.11.-25.11.2008</b>	<b>18</b>
<b>10</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>20</b>
<b>11</b>	<b>REFERENZEN</b>	<b>21</b>
<b>12</b>	<b>ANHANG</b>	<b>22</b>

## 1 Einleitung

Im Rahmen eines Projektes zur alternativen Hennenhaltung mit Auslauf sollten mittels numerischer Ausbreitungssimulation Quellstärken für Ammoniak bestimmt werden. Dabei ging es um die Klärung folgender grundsätzlicher Fragen:

- Können mit dem durchgeführten experimentellen Setup  $\text{NH}_3$ -Emissionen von offenen Auslaufflächen (Freilandhaltung) ermittelt werden?
- In welcher Größenordnung liegen die  $\text{NH}_3$ -Emissionen von offenen Auslaufflächen im Vergleich zu  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus geschlossenen Stallbauten?

Da Emissionsmessungen von offenen Flächen mit vertretbarem Aufwand nicht durchgeführt werden können, wurde in dieser Studie der Ansatz verfolgt, Emissionen indirekt über Immissionsmessungen und Ausbreitungssimulationen zu ermitteln. Damit sinkt der Aufwand für die Emissionsbestimmung enorm, allerdings sind die daraus abgeschätzten Emissionsfaktoren mit höheren Unsicherheiten behaftet als eine direkte Emissionsmessung.

Unsicherheiten ergeben sich aus folgenden Umständen:

- Hintergrundbelastung ist nicht exakt bekannt bzw. räumlich inhomogen
- Ungenauigkeiten der Modellberechnung (Eingabefehler, Modellphysik)
- Ungenauigkeiten der Immissionsmessung
- Zusätzliche Überlagerung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den offenen Auslaufflächen durch nicht gemessene  $\text{NH}_3$ -Emissionen eines angrenzenden belüfteten Schweinestalls sowie zweier geschlossener belüfteter Hühnerställe).

Es war daher notwendig, zusätzliche Annahmen zu treffen bzw. weitere Emissionsberechnungen für die geschlossenen Ställe durchzuführen. Um den Einfluss der  $\text{NH}_3$ -Emissionen der beiden Legehennenställe sowie des angrenzenden Schweinestalls besser abschätzen zu können, wurde bei der Auswahl der Zeiträume die Überlegung zugrunde gelegt, dass produktionsbedingt folgende Abschnitte betrachtet werden konnten:

- alle Quellen aktiv
- ausschließlich Hennenstall, d.h. 3000 Hennen
- ausschließlich Hennenstall, keine Schweine

## 2 Datengrundlagen

Als Datengrundlage für die Ausbreitungsberechnungen standen grundsätzlich folgende Angaben zur Verfügung:

- Auf Basis von Volumenstrommessungen in einem der vier Kanäle der beiden Hühnerställe und parallel durchgeführten  $\text{NH}_3$  Messungen ermittelte Emissionsfrachten. Diese Messungen über jeweils etwa 24 Stunden wiesen eine hohe zeitliche Auflösung auf, sodass hier stündliche Emissionen zur Verfügung standen.
- Auf einem fixen Gitternetz in ca. 2,5 m über Grund wurden in der näheren Umgebung des Betriebes  $\text{NH}_3$ -Immissionskonzentrationen mittels Passivsammler gemessen. Diese standen als Mittelwerte über die jeweiligen Untersuchungszeiträume zur Verfügung. Aufgrund der Örtlichkeit des Betriebes wurde das Gitternetz so errichtet, dass bei den zu erwartenden häufigen Südwest- Westwinden eine optimale Messung der Zusatzbelastung möglich sein sollte. Die Anordnung der Messpunkte zu den Gebäuden ist im Anhang dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Modul D des Abschlußberichtes des Gesamtprojektes.
- In der Umgebung des Betriebes wurden mit einer Aufzeichnungsrate von 10 Hz Messungen der Windgeschwindigkeit der beiden Horizontalgeschwindigkeiten (u und v) mit einem Ultraschallanemometer in ca. 3 m über Grund durchgeführt. Zusätzlich standen stündliche Daten der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Globalstrahlung einer benachbarten DWD-Station zur Verfügung.
- Zur Ermittlung von Lüftungsraten sowie von  $\text{NH}_3$ -Emissionsfrachten, insbesondere des Schweinestalls, wurden die Tierbestände für die jeweiligen Zeiträume der Messkampagnen zur Verfügung gestellt. Bei den Mastschweinen wurde von einer täglichen Gewichtszunahme von 0,8 kg/Tag ausgegangen, um das Durchschnittsgewicht zum Zeitpunkt der Messkampagnen zu ermitteln. In den beiden Hühnerställen wurden 6.000 Legehennen der Rasse Lohmann Brown mit einem durchschnittlichen Gewicht von 2 kg gehalten. Durch eine Klappe ist es den Legehennen möglich in der Zeit zwischen 10:00 h und 22:00 h in die Auslauflächen zu gelangen. Die Hennen nutzen die Auslauflächen vorwiegend bei schönem Wetter. Der Belegungsgrad der Auslauflächen wurde mit 10 % abgeschätzt. Im Tagesdurchschnitt ergibt sich damit eine mittlere Belegung von 5 %.
- Geometrien der Ställe:
  - Schweinestall:  
Firsthöhe: 4,5 m  
Traufenhöhe: 3,4 m

Entlüftung: 5 Abluftkamine mit Durchmesser 63 cm, 2 m über Dach, Belüftung nach DIN 18910

Hühnerstall:

Firsthöhe: 5,5 m

Traufenhöhe: 3,2 m

Entlüftung: 4 Abluftkamine (je 2 pro Abteil) mit Durchmesser 1,1 cm, ca. 1,5 m über Dach, Belüftung nach DIN 18910

**Tabelle 1: Zusammenfassung der Verfügbarkeit der für die Ausbreitungsmodellierung notwendigen Parameter für die einzelnen Untersuchungszeiträume**

Periode	Hintergrundbelastung	NH <sub>3</sub> -Emission Schweinestall	NH <sub>3</sub> -Emission Hühnerställe	Klare Anströmrichtung	Simulation
21.5.-30.7.08	nein	nein	nein	Ja	Ja
12.11.-25.11.08	ja	nein	nein	Ja	Ja
19.5.-20.5.09	nein	ja	nein	nein	Ja
31.3.-1.4.09	nein	nein	ja	nein	Ja
3.3.-4.3.09	nein	nein	ja	nein	Nein
15.4.-16.4.09	nein	nein	ja	nein	Nein

### 3 Ausbreitungsmodellierung

#### 3.1 Ausbreitungsmodell

Für die Ausbreitungsrechnung stand ein Lagrange'sches Partikelmodell, entwickelt von der Technischen Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, zur Verfügung. Dieses wird nachstehend kurz beschrieben:

Die Ausbreitung von Luftschadstoffen wird durch die räumlichen Strömungs- und Turbulenzvorgänge bestimmt. Diese sind für bodennahe Quellen neben den allgemeinen meteorologischen Bedingungen auch von der Geländestruktur, von Verbauungen und von unterschiedlichen Bodennutzungen abhängig. Um die Einflüsse möglichst gut zu erfassen, wurde in dieser Untersuchung das Lagrange'sche Partikelmodell GRAL Vs. 10.9 zur Bestimmung der Zusatzbelastung der Immission verwendet. Dieses kann den Einfluss der meteorologischen Verhältnisse, die Lage der Emissionsquellen und den Einfluss von windschwachen Wetterlagen berücksichtigen. Im Gegensatz zu Gauß-Modellen, die für gewisse Einschränkungen (homogenes Windfeld, homogene Turbulenz, ebenes Gelände, etc.) eine analytische Lösung der Advektions-Diffusionsgleichung verwenden, unterliegen Lagrange-Modelle weniger Einschränkungen. Bei diesen Modellen wird die Schadstoffausbreitung durch eine große Anzahl von Teilchen simuliert, deren Bewegung durch das vorgegebene Windfeld sowie einer überlagerten Turbulenz bestimmt ist. Der Vorteil liegt darin, dass inhomogene Wind- und Turbulenzverhältnisse berücksichtigt werden können. Außerdem können im Prinzip beliebige Formen von Schadstoffquellen simuliert werden.

Für die Bestimmung von Immissionskonzentrationen wurde in einem festgelegten Gitter zu jedem Zeitpunkt die Anzahl an Teilchen in jedem Gittervolumen ermittelt und über die Zeit integriert. Da erfahrungsgemäß die vertikalen Konzentrationsgradienten höher sind als die horizontalen, wurde ein Auszählgitter verwendet, dessen horizontale Abmessung 5 m und in der Vertikale 1 m beträgt. Damit werden die räumlichen Gradienten der Konzentration genügend genau erfasst und statistische Unsicherheiten vermieden.

Eine umfangreiche Beschreibung sowie die Validierung des Modells GRAL findet sich in Öttl und Uhrner (2009). Die Ergebnisse der Validierung für zwei Schweineställe (Uttenweiler in Deutschland und Roager in Dänemark) zeigen, dass die maximalen Abweichungen für mittlere Immissionskonzentrationen bei etwa  $\pm 10\%$  und die normalisierte mittleren quadratischen Abweichungen bei maximal 0,8 liegen. Damit werden die Qualitätsanforderungen, wie sie in COST 738 für mikroskalige Ausbreitungsmodelle definiert sind, eingehalten. Als akzeptable Grenzen für die mittlere Abweichung werden hier  $\pm 30\%$  sowie für die normalisierte mittlere quadratische Abweichung 4,0 angegeben.

### **3.2 Modellierungsstrategie**

Zur Berechnung der mittleren Immissionsbeiträge der verschiedenen  $\text{NH}_3$ -Quellen wurde für die beiden 14-tägigen Messkampagnen eine Ausbreitungsklassenstatistik entsprechend U.S.-EPA (2000) in leicht modifizierter Form erstellt. Folgende Klasseneinteilungen wurden festgelegt:

Windgeschwindigkeiten:  $\leq 0,5$  m/s, 0,5 – 1,0 m/s, 1,0 – 2,0 m/s, 2,0 – 3,0 m/s,  $\geq 3,0$  m/s

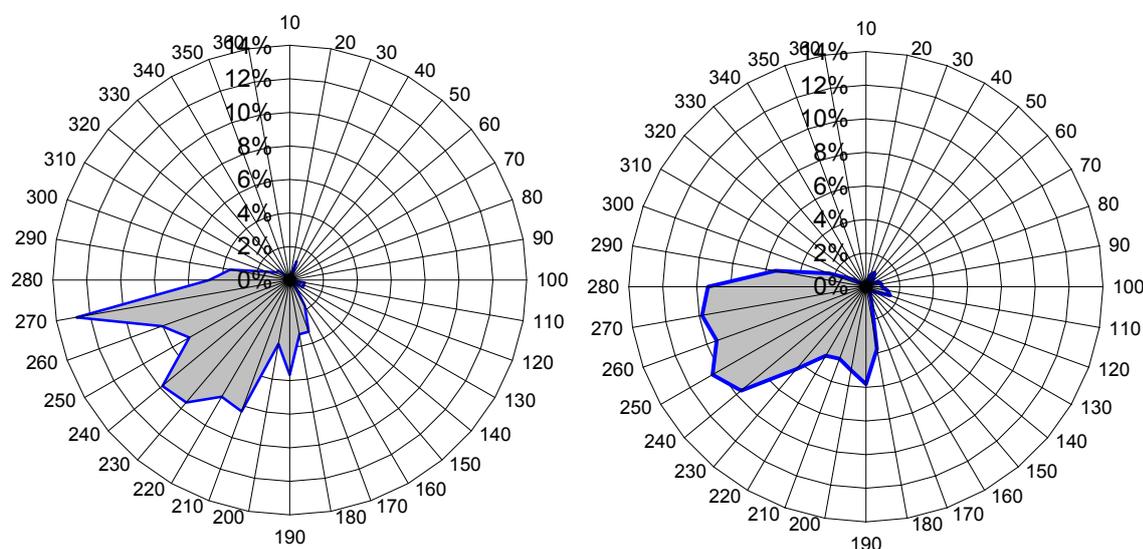
Windrichtungen: 10 ° Sektoren

Ausbreitungsklassen nach Turner: 1 – 7 (ermittelt aus der Globalstrahlung und der Windgeschwindigkeit)

Für die 24 Stunden Kampagnen wurden die entsprechenden Zeitreihen der gemessenen Windgeschwindigkeit, -richtung und Ausbreitungsklasse verwendet.

Für die Messkampagne vom 12.11. – 25.11.2008 wurden die Messdaten der DWD-Station sowie der lokalen Windmessung verglichen. Dabei zeigte sich, dass die DWD Station durchaus repräsentativ für die Umgebung des Stalles ist. Die gemessene durchschnittliche Windgeschwindigkeit an der DWD Station lag mit 4,5 m/s etwas höher als die lokal gemessene Windgeschwindigkeit mit 3,4 m/s. Dies ist aber auf die unterschiedlichen Messhöhen von 10 m bei der DWD Station und etwa 3 m bei der lokalen Messung zurückzuführen. Aus Gründen der Datenhomogenität wurden in der Folge alle Ausbreitungssimulationen mit den DWD Daten durchgeführt.

**Abbildung 1: Vergleich zwischen gemessenen Windrichtungsverteilungen der DWD-Station (links) und der lokalen Windmessung mittels Ultraschallanemometer (rechts)**



Da nicht in allen Fällen sämtliche Eingangsdaten für eine eindeutige Rückrechnung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen der Auslaufzonen der Hennen zur Verfügung standen, wurde in diesen Fällen versucht, durch die Minimierung des mittleren quadratischen Fehlers zwischen Messwerten und den simulierten Konzentrationen durch Variation der Emissionsfrachten und der Hintergrundkonzentration, ein optimales Ergebnis zu erhalten:

$$QuadF = \sum_{n=1}^6 \left( \overline{c_{b,n}} - efa_{Schweine} \cdot \overline{c_{Schweine,n}} - efa_{Hühner} \cdot \overline{c_{Hühner,n}} - efa_{Auslaufz.} \cdot \overline{c_{Auslaufz.,n}} - \overline{c_{Hintergrund}} \right)^2 \quad (1)$$

Dabei sind:

$\overline{c_{b,n}}$ : mittlere gemessene NH<sub>3</sub>-Konzentrationen an den n-Messpunkten

$\overline{c_{Schweine,n}}$ : mittlere modellierte, normierte NH<sub>3</sub>-Konzentration an den n-Messpunkten durch die Emissionen des Schweinestalls, etc.

$\overline{c_{Hintergrund}}$ : mittlere Hintergrundkonzentration an NH<sub>3</sub>

$efa_{Schweine}$ : die zu berechnenden Emissionsfrachten aus dem Schweinestall, etc.

### 3.3 Emissionsberechnungen für den Schweinestall und den Hühnerstall

#### 3.3.1 Ermittlung der NH<sub>3</sub>-Emissionen nach TA-Luft bzw. KTBL/FAL (2006)

In der TA-Luft finden sich vereinfachte Emissionsfaktoren für Mastschweine und Legehennen:

Mastschweine, Zwangsbelüftung, Flüssigmistverfahren (Teil- oder Vollspaltenböden):

3,64 kg/Tierplatz/a

Legehennen, Bodenhaltung/Auslauf (Entmistung 1 mal je Durchgang):

0,3157 kg/Tierplatz/a

Diese Emissionsfaktoren stellen Obergrenzen dar, die unter **ungünstigen** Bedingungen von der **gesamten Anlage** (inklusive Wirtschaftsdüngerlagerung) emittiert werden können.

Für die hier betrachtete Landwirtschaft würden sich demnach folgende NH<sub>3</sub>-Frachten ergeben:

Schweinestall (inkl. Lagerung): 0,18 kg/h

Hühnerställe (inkl. Lagerung+Auslauf): 0,22 kg/h

Eine detaillierte Berechnung nach KTBL/FAL (2006) war aufgrund der nicht genau bekannten Eingabeparameter (Fütterungsart, Aufgliederung der Funktionsbereiche, Mistverweildauer im Stall, etc.) nicht möglich. Die Spannweite der Emissionen für die beiden Ställe reichen von 0,05 bis 0,37 kg/h für den Schweinestall und für den Hühnerstall von kleiner 0,03 bis über 0,19 kg/h.

#### 3.3.2 Ermittlung auf Basis von gemessenen Indoor NH<sub>3</sub>-Konzentrationen

Unter anderem wurden im März 2009 tageweise NH<sub>3</sub>-Konzentrationen in den beiden Hühnerställen gemessen. Die mittlere Konzentration lag bei etwa 35 ppm. Am 15. April 2009

wurde im Schweinestall eine NH<sub>3</sub>-Konzentration von 18 ppm gemessen. Die jeweiligen Lüftungsraten waren zu diesen Zeitpunkten nicht bekannt bzw. wurden nicht parallel mitgemessen. Die Lüftung wurde zu den Zeiten der NH<sub>3</sub>-Indoor Messungen mit 1/3 Winterrate gefahren. Die Sommerlüftungsrate lässt sich nach DIN 18910 grob abschätzen:

$$\dot{m}_{L,S} = \frac{\sum \dot{Q}_{ST,S}}{\Delta\Theta_{zul} \cdot c_{pL}} \quad [\text{kg/h}] \quad (2)$$

$\dot{m}_{L,S}$ : Massenstrom der Luft im Sommer in [kg/h]

$\sum \dot{Q}_{ST,S}$ : Strom sensibler Wärme, summiert für den gesamte Stall, im Sommer bei einer Lufttemperatur von 30°C [W]

$\Delta\Theta_{zul}$ : zulässige Temperaturdifferenz zwischen Stall- und Außenluft in [K]

$c_{pL}$ : spezifische Wärmekapazität der Luft [0,28 Wh/(kg K)]

Zur Umrechnung des Massenstromes in einen Volumenstrom wurde eine mittlere Dichte von 1,19 kg/m<sup>3</sup>, basierend auf der der mittleren Temperatur während der Untersuchungsphase, angenommen.

Für die Schweine, mit einer mittleren Masse von 92 kg, wurde ein sensibler Wärmestrom von 70 W und für die Hühner von 3,7 W, entsprechend den Vorgaben der DIN angenommen. Als zulässige Temperaturdifferenz ergeben sich nach DIN 3 K. Damit ergeben sich folgende Sommerlüftungsraten:

Schweinestall gesamt: 29.762 m<sup>3</sup>/h (maximale Lüfterleistung 40.000 m<sup>3</sup>/h)

Hühnerstall gesamt: 22.209 m<sup>3</sup>/h (maximale Lüfterleistung 96.000 m<sup>3</sup>/h)

Mit einem Drittel dieser beiden Sommerlüftungsraten ergeben sich schätzungsweise nachstehende Emissionsfrachten:

Schweinestall gesamt: 0,13 kg/h

Hühnerstall gesamt: 0,18 kg/h

Erwartungsgemäß liegen beide Werte unter jenen nach TA-Luft. Im Vergleich zu den Angaben in KTBL/FAL (2006) liegt der Wert für den Schweinestall im unteren Bereich, jener für den Hühnerstall aber an der oberen Grenze. Dieser Umstand wird insofern noch verschärft, als dass die Hühner zusätzlich die beiden Auslaufzonen nutzen können, deren NH<sub>3</sub>-Emissionen nicht in der Indoor-Messung zum Tragen kommen.

#### 4 Messkampagne vom 15.4.-16.4.2009

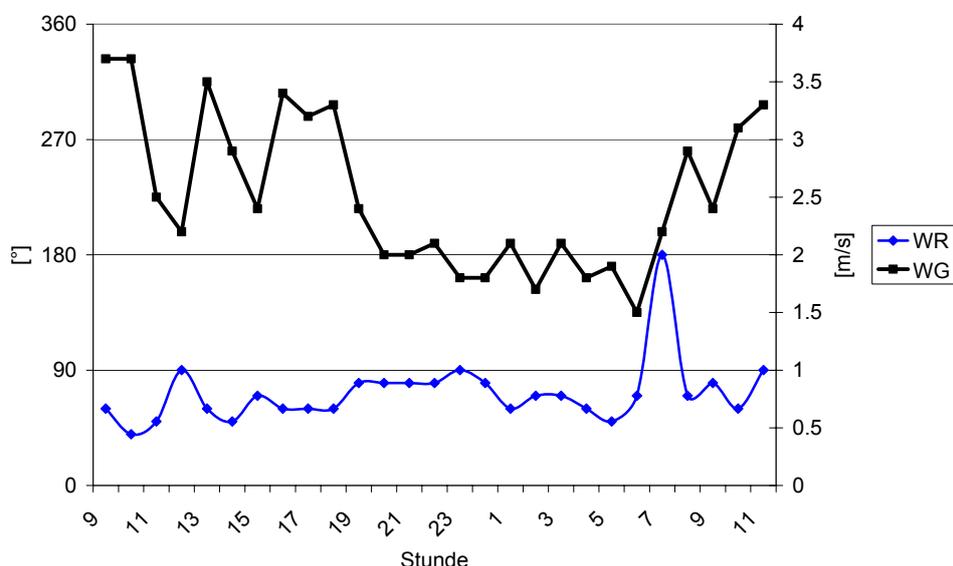
Anhand dieser Messkampagne kann gezeigt werden, dass aufgrund ungünstiger meteorologischer Rahmenbedingungen teilweise keine oder nur ungenaue Berechnungen für die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus den Auslaufzonen möglich waren.

Die  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen wurden an den Aufpunkten 1 bis 10 ermittelt. Die gemessenen Konzentrationen lagen zwischen  $38,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $49,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabelle 2). Es zeigt sich in dieser kurzen Periode nur am Aufpunkt 7 (eigentlich die Hintergrundmessstelle) ein Einfluss der Ställe auf die lokale  $\text{NH}_3$ -Belastung, ansonsten gibt es keinen klar ausgeprägten Gradienten der  $\text{NH}_3$ -Belastung. Die gemessenen Windrichtungen in diesem Zeitraum stammen hauptsächlich aus dem Ost- Südostsektor (Abbildung 2). Dadurch wird klar, dass die hohen Immissionskonzentrationen von teilweise über  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durch andere lokale Quellen aus diesem Sektor verursacht wurden. Unter Umständen wurde auf benachbarte Felder in diesem Zeitraum Gülle ausgebracht. In diesem Fall ist es daher aufgrund der Wettersituation unmöglich, eine Rückrechnung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den Auslaufzonen durchzuführen.

**Tabelle 2: Gemessene  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen während der Messperiode in  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$**

	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP7	MP8	MP9	MP10
15.4.- 16.4.09	40,1	38,7	40,8	43,7	45,1	44,6	49,2	44,6	45,4	46,1

**Abbildung 2: Gemessene Windrichtung und –geschwindigkeit an der nächstgelegenen DWD Station während des Untersuchungszeitraums vom 15.4.-16.4.09**



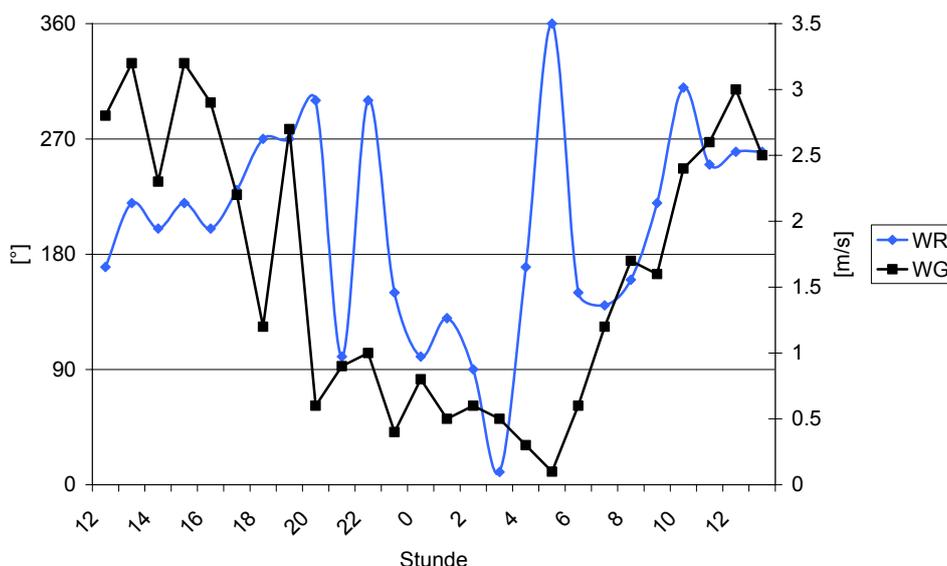
## 5 Messkampagne vom 19.5.-20.5.2009

Die gemessene durchschnittliche Windgeschwindigkeit an der DWD Station lag im Mittel über den Zeitraum bei nur etwa  $1,6 \text{ m/s}$  und damit deutlich niedriger im Vergleich zu den anderen Perioden. In der Nachthälfte wurden sogar Werte bis unter  $0,5 \text{ m/s}$  gemessen. Die

Windrichtungen waren aufgrund der teils sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten stark drehend.

Aufgrund der stark schwankenden Ausbreitungsbedingungen während dieser Periode, ergeben sich grundsätzlich höhere Unsicherheiten in der Modellierung, da sich Schwankungen in den Emissionsfrachten (welche für die Auslaufzonen und in diesem Fall auch für die Hühnerställe unbekannt sind) signifikant auf die berechneten Immissionskonzentrationen auswirken können. Zudem ergaben sich auch häufige Süd- und Ostwinde, was wahrscheinlich wiederum zu erhöhten NH<sub>3</sub>-Immissionen durch andere lokale Quellen in diesem Sektor führte. Trotz dieser ungünstigen Ausbreitungsbedingungen wurden für diesen Fall die Simulationsberechnungen durchgeführt, da hier der Schweinestall leer war.

**Abbildung 3: Gemessene Windrichtung und –geschwindigkeit an der nächstgelegenen DWD Station während des Untersuchungszeitraums vom 19.-20.5.09**



Die gemessenen Konzentrationen lagen zwischen 26,9 µg/m<sup>3</sup> an der Hintergrundmessstelle und 34,4 µg/m<sup>3</sup> (Tabelle 3). Es zeigt sich in dieser kurzen Periode kein klarer Einfluss der Ställe auf die lokale NH<sub>3</sub>-Belastung, d.h. es gibt keinen klar ausgeprägten Gradienten der NH<sub>3</sub>-Belastung vom Stall weg. Damit war eine direkte Messung der Hintergrundbelastung unmöglich.

**Tabelle 3: Gemessene NH<sub>3</sub>-Konzentrationen während der Messperiode in [µg/m<sup>3</sup>]**

	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP7	MP8	MP9	MP10
19.5.- 20.5.09	27,5	28,8	26,9	28,7	30,3	30,2	28,0	29,9	34,4	28,2

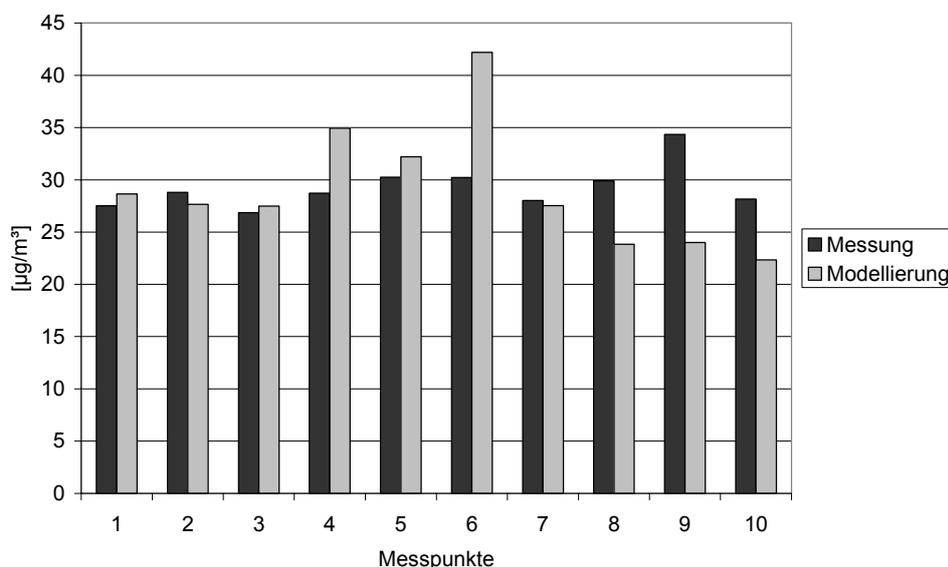
Die ermittelte Emissionsfracht für die beiden Hühnerställe mit einem Bestand von 6.000 Hühnern beträgt 0,33 kg/h. Mit Hilfe der Variationsrechnung (s. Gl. 1) wurden die Emissionen der Auslaufzonen bzw. die Hintergrundkonzentration durch die Modellrechnungen bestimmt.

Auslaufzonen: 0,005 kg/h

Hintergrundkonzentration: 19,5 µg/m<sup>3</sup>

Dieses Ergebnis weist die geringste Abweichung zwischen Messung und Modellierung auf (Abbildung 4). Im Mittel würde es sogar keine Abweichung geben. Allerdings ist die Abweichung zwischen gemessenen und modellierten Werten an den Aufpunkten 6 und 9 relativ hoch. Die Unsicherheit bei den berechneten NH<sub>3</sub>-Emissionen aus den Auslaufzonen müssen für diese Periode daher ebenfalls als sehr hoch eingestuft werden.

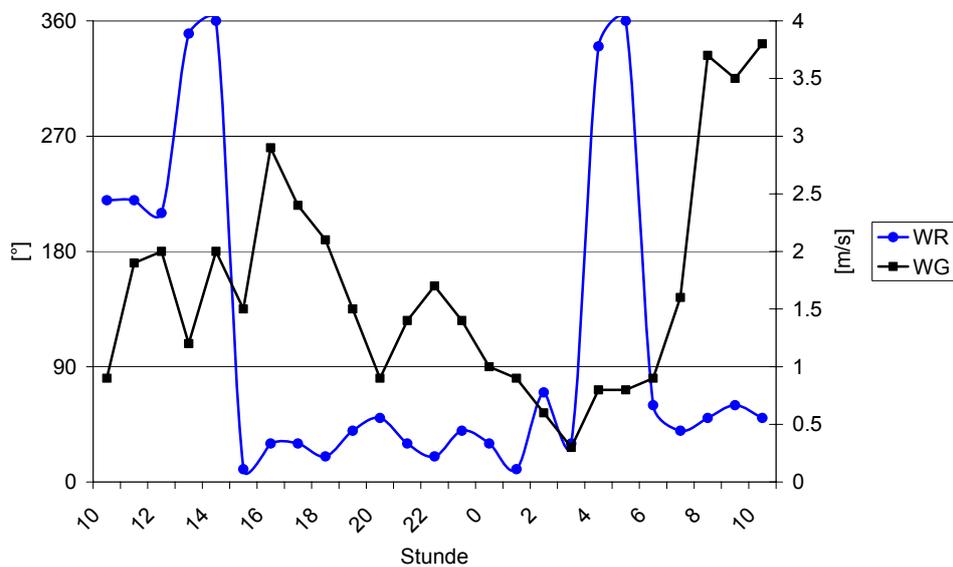
**Abbildung 4: Abweichung zwischen gemessenen und berechneten NH<sub>3</sub>-Immissionen für den „optimalen“ Fall (minimale Fehlerabweichung durch Emissionsvariation)**



## 6 Messkampagne vom 31.3.-1.4.2009

Die gemessene durchschnittliche Windgeschwindigkeit an der DWD Station lag im Mittel über den Zeitraum bei nur etwa 1,7 m/s. In den frühen Morgenstunden wurden Werte bis unter 0,5 m/s gemessen. Als Hauptwindrichtung dominierte Nord bis Nordost. Da einerseits die Immissionsmessungen für Anströmrichtungen aus West aufgebaut wurden und andererseits lokale NH<sub>3</sub>-Quellen im Osten einen signifikanten Einfluss auf die gemessenen NH<sub>3</sub>-Immissionskonzentrationen haben dürften, sind die in dieser Periode abgeleiteten Emissionsfaktoren ebenfalls mit hohen Unsicherheiten behaftet.

**Abbildung 5: Gemessene Windrichtung und –geschwindigkeit an der nächstgelegenen DWD Station während des Untersuchungszeitraums vom 31.3.-1.4.09**



Während des Untersuchungszeitraums befanden sich 425 Mastschweine im Schweinestall. Die Schweine hatten am 18.5.09 ihr Endgewicht von 120 kg erreicht. Über die tägliche Gewichtszunahme von 0,8 kg/Tag kann damit ein Durchschnittsgewicht von etwa 82 kg errechnet werden. In den beiden Hühnerställen befanden sich 6.000 Legehennen mit einem durchschnittlichen Gewicht von 2 kg gehalten.

Die gemessenen  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen lagen zwischen  $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $31,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabelle 4). Es zeigt sich in dieser kurzen Periode aufgrund der ungünstigen Ausbreitungsbedingungen erwartungsgemäß kein klarer Einfluss der Ställe auf die lokale  $\text{NH}_3$ -Belastung, d.h. es gibt keinen klar ausgeprägten Gradienten der  $\text{NH}_3$ -Belastung vom Stall weg. Damit war auch hier eine direkte Messung der Hintergrundbelastung nicht möglich.

**Tabelle 4: Gemessene  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen während der Messperiode in  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$**

	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP7	MP8	MP9	MP10
31.3.- 1.4.09	22,6	24,7	19,7	20,2	23,5	25,2	23	20,4	23	31

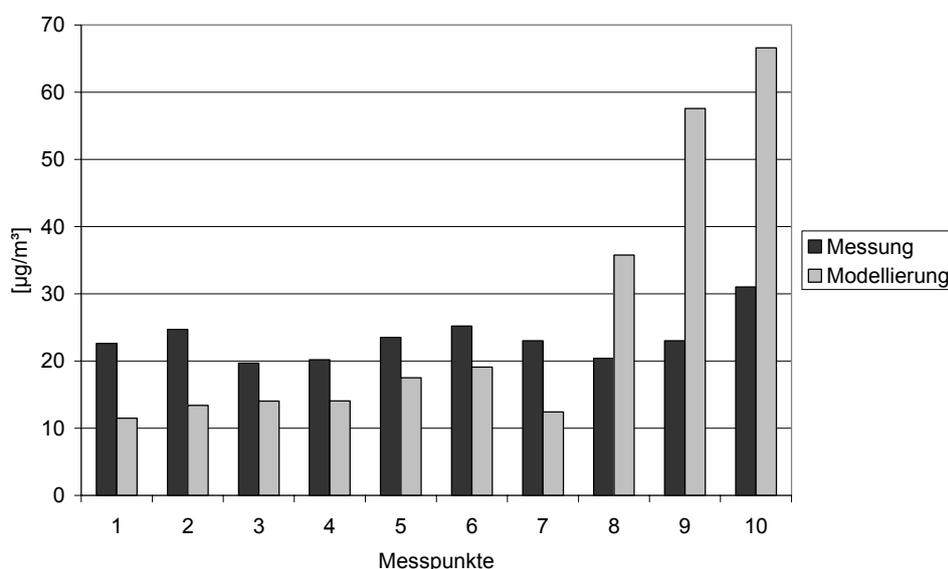
$\text{NH}_3$ -Emissionsmessungen und parallel dazu Volumenstrommessungen wurden in einem der beiden Hühnerställe durchgeführt. Die daraus berechnete mittlere Emissionsfracht beträgt  $0,47 \text{ kg}/\text{h}$ . Für den Schweinestall wurden die in Kap. 3.3.2 ermittelte Emissionsfracht von  $0,13 \text{ kg}/\text{h}$  verwendet. Mit Hilfe der Variationsrechnung (Gl. 1) wurden die Emissionen der Auslaufzonen bzw. die Hintergrundkonzentration durch die Modellrechnungen bestimmt.

Das auf diese Weise optimale Ergebnis ergibt folgende Emissionen:

Auslaufzonen: <0,005 kg/h  
 Hintergrundkonzentration: 10,0 µg/m<sup>3</sup>

Dieses Ergebnis weist die geringste Abweichung zwischen Messung und Modellierung auf (Abbildung 6). Im Mittel würde die Abweichung +9 % betragen. Für die Aufpunkte 8 bis 9 ergeben sich aber extrem hohe Überschätzungen durch die Modellrechnung. Als wahrscheinlichste Ursache für diese hohen Abweichungen sind lokale Quellen im Osten/Nordosten zu vermuten, die eine entsprechend inhomogene Hintergrundbelastung im Bereich des untersuchten Stalls bewirkten. Der ermittelte Emissionsfaktor für diese Messkampagne ist aufgrund der ungünstigen Ausbreitungsbedingungen und den damit verbundenen schlechten Modellergebnissen mit sehr hohen Unsicherheiten behaftet.

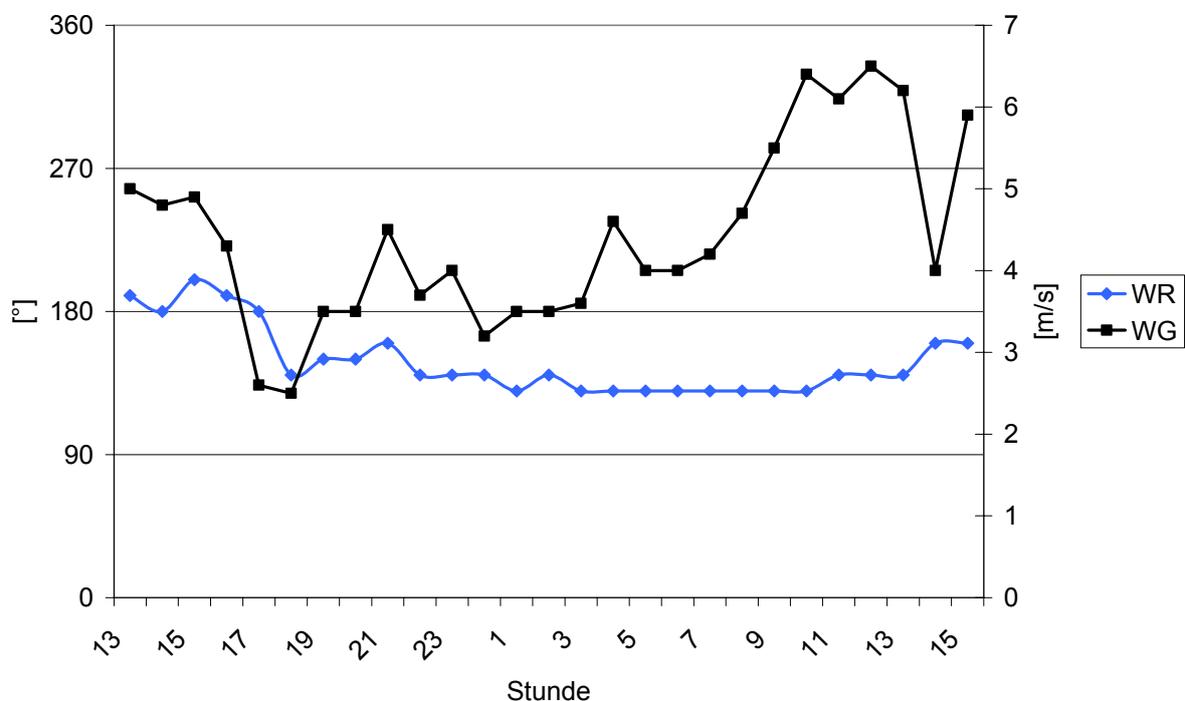
**Abbildung 6: Abweichung zwischen gemessenen und berechneten NH<sub>3</sub>-Immissionen für den „optimalen“ Fall (minimale Fehlerabweichung durch Emissionsvariation)**



## 7 Messkampagne vom 3.3.-4.3.2009

Die gemessene durchschnittliche Windgeschwindigkeit an der DWD Station lag im Mittel über den Zeitraum bei etwa 4,4 m/s. Als Hauptwindrichtung dominierte Südost. Da die Immissionsmessungen für Anströmungsrichtungen aus West aufgebaut wurden, gibt es nur bei wenigen Aufpunkten signifikante Immissionszusatzbelastungen durch den Stall. Ebenso ergibt sich wiederum eine Unsicherheit durch mögliche NH<sub>3</sub>-Quellen im Osten. Wie bereits aus den vorhergehenden Berechnungen für die Messkampagnen am 19.-20.5.09 und vom 31.3.-1.4.09 ersichtlich wurde, ist es bei derart ungünstigen Ausbreitungsbedingungen nicht möglich, Emissionen aus den Auslaufzonen mit dem Modell rückzurechnen. Daher wurde für diese Periode auf eine Berechnung verzichtet.

**Abbildung 7: Gemessene Windrichtung und –geschwindigkeit an der nächstgelegenen DWD Station während des Untersuchungszeitraums vom 3.3.-4.3.09**



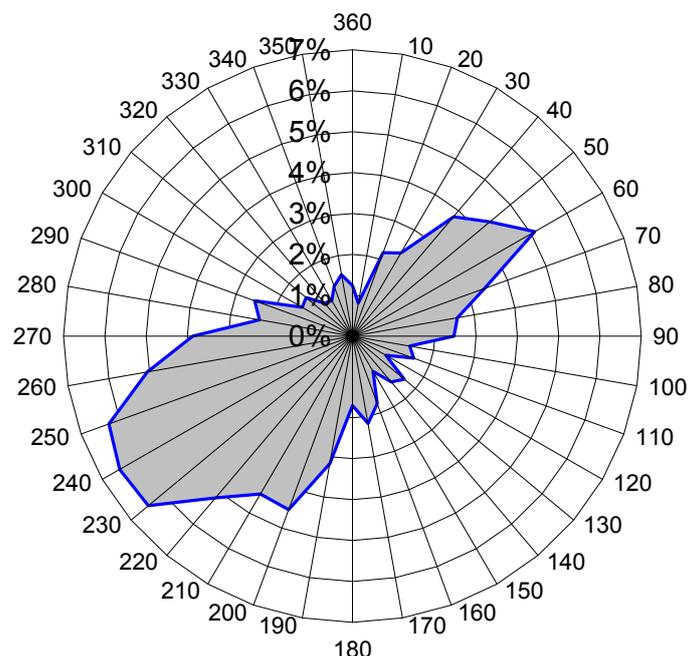
## 8 Messkampagne vom 21.5.-30.7.2008

Aufgrund des längeren Untersuchungszeitraums wurde eine Ausbreitungsklassenstatistik auf Basis der stündlichen DWD-Daten erstellt. Für den Untersuchungszeitraum ergaben sich 401 klassifizierte Ausbreitungssituationen für welche stationäre Strömungs- und Konzentrationsfelder für jede NH<sub>3</sub>-Quelle berechnet wurden.

Hauptsächlich traten während des Zeitraumes südwestliche und nordöstliche Windrichtungen auf. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit betrug 3,1 m/s und die Kalmenhäufigkeit (Windgeschwindigkeiten < 0,5 m/s) betrug knapp 3 %. Hauptsächlich traten neutrale Ausbreitungsbedingungen (AK 4) mit 45 % auf, stabile Verhältnisse (AK5-AK7) traten in etwa 20 % der Zeit und labile (AK1-AK3) in etwas über 30 % der Zeit auf.

**Tabelle 5: Häufigkeit der Ausbreitungsklassen (Turner Klassen)**

AK 1	AK 2	AK 3	AK 4	AK 5	AK 6	AK 7
0 %	11 %	22 %	45 %	7 %	15 %	0 %

**Abbildung 8: Gemessene Windrichtungsverteilung während der Untersuchungsperiode**

Während des Untersuchungszeitraums befanden sich im Schweinestall 425 Mastschweine mit einem durchschnittlichen Gewicht von 92 kg. In den beiden Hühnerställen wurden 6.000 Legehennen gehalten.

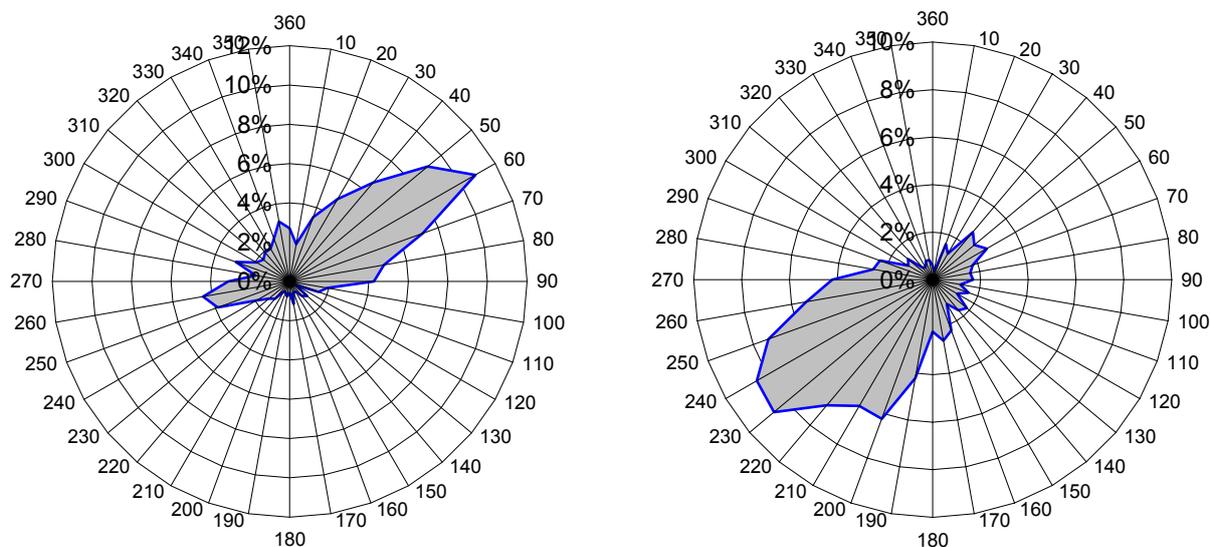
Die  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen wurden an den Aufpunkten 1 bis 6 während zwei Beobachtungsperioden mittels Passivsammler ermittelt. Die gemessenen Konzentrationen lagen zwischen  $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $19,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabelle 6). Auffällig ist, dass während der zweiten Periode deutlich niedrigere Konzentrationen gemessen wurden. Durch die tägliche Gewichtszunahme der Mastschweine sollten die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aber zugenommen haben. Die Ursache für die immissionsseitige Abnahme kann unter anderem in den Ausbreitungsbedingungen liegen. Die mittlere Windgeschwindigkeit lag tatsächlich in der ersten Periode mit 2,8 m/s etwas niedriger als in der zweiten Periode, wo 3,2 m/s gemessen wurden. Dieser Unterschied ist allerdings zu gering, um die enormen Konzentrationsunterschiede zu erklären. Die Windrichtungsverteilung war jedoch stark unterschiedlich in den beiden Perioden. Während in der ersten, höher belasteten Periode Nordostwinde dominierten, wies die zweite, niedriger belastete Periode vorzugsweise südwestliche Windrichtungen auf. Dies deutet wiederum auf eine höhere Vorbelastung bei nordöstlichen Windrichtungen durch andere Quellen in diesem Sektor hin. Da die Unsicherheiten bei der Emissionsermittlung aus den Auslaufzonen bei diesen Windrichtungen stark zunehmen (ungeeignetes Layout des Experiments für diese

Windrichtungen, dominante und unbekannte NH<sub>3</sub>-Quellen), wurde ausschließlich eine Simulationsrechnung für die zweite Periode durchgeführt.

**Tabelle 6: Gemessene NH<sub>3</sub>-Konzentrationen während der beiden Messperioden in [µg/m<sup>3</sup>]**

	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6
21.5.-11.6.08	12,5	11,6	11,1	18,8	15,3	19,8
11.6.-30.7.08	5,7	6,0	6,5	9,3	7,1	11,0

**Abbildung 9: Gemessene Windrichtungsverteilungen während der ersten Periode (links; 21.5.-11.6.08) und der zweiten (rechts; 11.6.-30.7.08)**



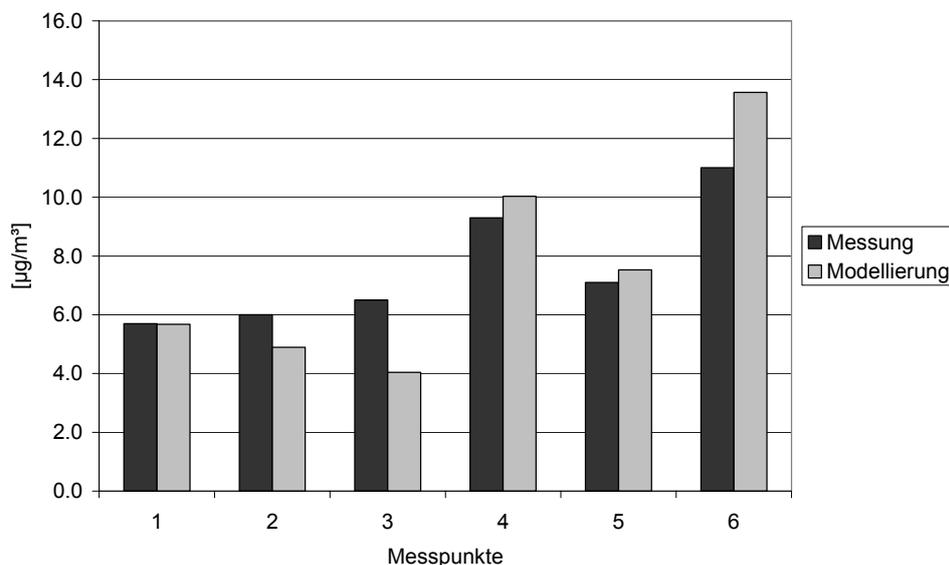
Sowohl für den Schweinestall als auch für die beiden Hühnerställe wurden die in Kap. 3.3.2 ermittelten Emissionsfrachten von 0,13 kg/h bzw. 0,18 kg/h verwendet. Das optimale Ergebnis aus der Variationsberechnung ergibt folgende Emissionen:

Auslaufzonen: <0,01 kg/h

Hintergrundkonzentration: 1,0 µg/m<sup>3</sup>

Für die Auslaufzonen ergeben sich über diese Periode relativ geringe Emissionen. Allerdings ist auch die Hintergrundbelastung sehr niedrig. Im Mittel würde die Abweichung +6 % betragen, die größte Abweichung ergibt sich am Aufpunkt 3 mit -38 %. Die Ursache könnte, neben der generellen Modellunsicherheit, auch in der Annahme einer gleichmäßigen NH<sub>3</sub> Emission aus den beiden Auslaufzonen begründet sein. Sowohl die niedrige Hintergrundbelastung als auch die niedrigen Emissionen der Auslaufzonen könnten durch die Witterung (ev. Niederschlagsereignisse) verursacht worden sein.

**Abbildung 10: Abweichung zwischen gemessenen und berechneten NH<sub>3</sub>-Immissionen für den „optimalen“ Fall (minimale Fehlerabweichung durch Emissionsvariation)**



## 9 Messkampagne vom 12.11.-25.11.2008

Für den Untersuchungszeitraum ergaben sich 73 klassifizierte Ausbreitungssituationen auf Basis der stündlichen DWD-Daten für welche wiederum stationäre Strömungs- und Konzentrationsfelder für jede NH<sub>3</sub>-Quelle (Schweinestall, 2 Abt. des Hühnerstalls, 2 Auslaufflächen) berechnet wurden.

Hauptsächlich traten während des Zeitraumes südwestliche Windrichtungen auf. Zum überwiegenden Teil traten neutrale Ausbreitungsbedingungen (AK 4) mit 82 % auf, stabile Verhältnisse (AK5-AK7) wurden in etwa 9 % der Zeit und labile (AK1-AK3) in nur 1 % der Zeit ermittelt.

**Tabelle 7: Häufigkeit der Ausbreitungsklassen (Turner Klassen)**

AK 1	AK 2	AK 3	AK 4	AK 5	AK 6	AK 7
0 %	0 %	1 %	82 %	8 %	9 %	0 %

Während des Untersuchungszeitraums befanden sich im Schweinestall 425 Mastschweine mit einem durchschnittlichen Gewicht von 92 kg. In den beiden Hühnerställen wurden 6.000 Legehennen gehalten.

Die NH<sub>3</sub>-Konzentrationen wurden an den Aufpunkten 1 bis 10 mittels Passivsammler ermittelt. Die gemessenen Konzentrationen lagen zwischen 5,2 µg/m<sup>3</sup> an der Hintergrundmessstelle und 32,7 µg/m<sup>3</sup> (Tabelle 8). Es zeigt sich also ganz deutlich der Einfluss der Ställe auf die lokale NH<sub>3</sub>-Belastung.

**Tabelle 8: Gemessene NH<sub>3</sub>-Konzentrationen während der Messperiode in [µg/m<sup>3</sup>]**

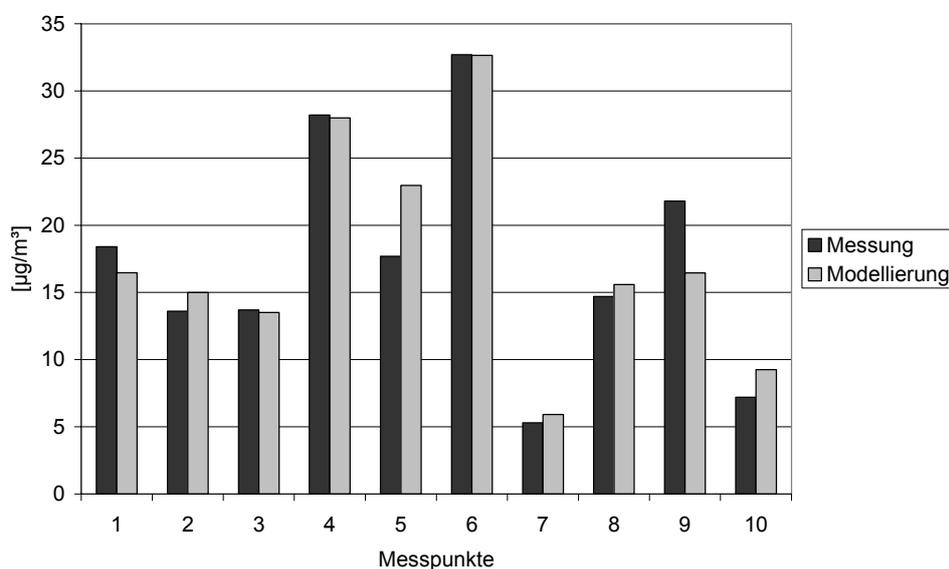
	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP7	MP8	MP9	MP10
12.11.- 25.11.08	18,4	13,6	13,7	28,3	17,7	32,7	5,2	14,7	21,8	7,2

Sowohl für den Schweinestall als auch für die beiden Hühnerställe wurden die in Kap. 3.3.2 ermittelten Emissionsfrachten von 0,13 kg/h bzw. 0,18 kg/h verwendet. Das optimale Ergebnis aus der Variationsberechnung ergibt folgende Emission bzw. Hintergrundbelastung:

Auslaufzonen: 0,10 kg/h

Hintergrundkonzentration: 5,0 µg/m<sup>3</sup>

Dieses Ergebnis weist die geringste Abweichung zwischen Messung und Modellierung auf (Abbildung 11). Im Mittel würde die Abweichung nur +5 % betragen. Gegenüber den anderen Messkampagnen sind die ermittelten Emissionen für diese Periode wesentlich belastbarer.

**Abbildung 11: Abweichung zwischen gemessenen und berechneten NH<sub>3</sub>-Immissionen für den „optimalen“ Fall (minimale Fehlerabweichung durch Emissionsvariation)**

## 10 Zusammenfassung

Inhalt dieser Arbeit ist die Ermittlung von  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den beiden Auslaufzonen von zwei Hühnerställen eines landwirtschaftlichen Betriebes in Norddeutschland. Dabei wurden  $\text{NH}_3$  Konzentrationsmessungen über Zeiträume von 24 h bis 14 Tage durchgeführt. Da es sich bei den  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den Auslaufzonen um diffuse Emissionen handelt, deren Fracht [kg/h] nicht direkt bzw. nur mit enormem Aufwand gemessen werden könnte, wurde mit Hilfe von Ausbreitungsberechnungen versucht, die Frachten rückzurechnen.

Erschwerend für die Simulationsrechnungen war, dass neben den Auslaufzonen noch weitere Emissionsquellen durch einen angrenzenden Schweinstall und zwei Hühnerställen mit gefasster Entlüftung vorhanden waren. Für den Schweinestall gab es während der Versuche nur eine Stichprobenmessung von  $\text{NH}_3$  im Stallbereich, sodass hier die Emissionen auf Basis von Literaturwerten berechnet wurden. In den beiden Hühnerställen wurden bei mehreren Versuchen  $\text{NH}_3$ -Messungen im Stall vorgenommen, teilweise standen Messungen des Volumenstroms zur Verfügung, sodass Emissionswerte zur Verfügung standen.

Das Immissionsnetz wurde so aufgebaut, dass bei West- Südwestwinden eine klare Beaufschlagung erfolgen sollte. Weiters wurde westlich der Stallbauten eine Hintergrundmessstelle errichtet. Aufgrund ungünstiger Ausbreitungsbedingungen stellte sich nur in einer Periode eine klare Westwindsituation ein, die dann tatsächlich eine verlässliche Ermittlung einer Hintergrundkonzentration sowie der Emissionsfracht aus den Auslaufzonen ermöglichte.

Bei der Periode vom 12.11.-25.11.08 war eine eindeutige Anströmrichtung vorhanden, die auch eine entsprechend hohe räumliche Inhomogenität bei der Immissionsmessung bewirkte. Dies ist damit die einzige Periode, in der modellseitig ein klares Ergebnis bezüglich möglicher Emissionen aus den Auslaufzonen abgeleitet werden konnte. Überraschenderweise ergeben sich relativ hohe Emissionen im Bereich von 0,1 kg/h (praktisch ein ähnlich hoher Wert wie aus den beiden Ställen), obwohl sich im Mittel die Hühner nur zu ca. 5 % im Freien aufhalten. Bezogen auf eine Henne, ergeben sich für diese Periode also etwa 15 mal so hohe Emissionen im Auslaufbereich gegenüber dem Stall (2,9 kg/a/Henne im Auslaufbereich gegenüber 0,2 kg/a/Henne im Stallbereich). Möglicherweise kommt es zum Anreichern des Hühnerkotes und damit zu mehr oder weniger dauerhaften Emissionen vom Boden. Eine regelmäßige Entmistung, wie im Stall findet im Außenbereich nicht statt. Um diese Emissionen mit jenen aus geschlossenen Ställen vergleichen zu können, müsste man zu letzteren noch die weiteren Emissionen an  $\text{NH}_3$  während der Lagerung und Ausbringung des Wirtschaftsdüngers hinzurechnen. Lokal könnte damit die Haltung von Hühnern in Auslaufzonen zu immissionsseitigen Problemen führen

(Geruchsprobleme und Forst). Möglicherweise sind die Emissionen aus den Auslaufzonen insgesamt mit einer noch größeren Variabilität behaftet, als Emissionen aus geschlossenen Stallbauten, da hier z.B. durch Niederschlagsereignisse eine Beeinflussung erwartet werden kann. Unter Umständen war dies auch der Grund, warum in der Periode vom 21.5.-31.7.08 eine niedrige Hintergrundbelastung (nur  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und gleichzeitig eine niedrige Emission von unter  $0,01 \text{ kg}/\text{h}$  (das ist bezogen auf eine Henne in etwa eine gleich hohe Emission, wie aus dem Stall, nämlich ca.  $0,2 \text{ kg}/\text{a}/\text{Henne}$ ) aus den Auslaufzonen ermittelt wurde.

Es kann damit festgehalten werden, dass die geplante Vorgangsweise zur Ermittlung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den Auslaufzonen grundsätzlich geeignet wäre, um diese mit genügender Genauigkeit zu bestimmen. Die in diesem Projekt durchgeführten Messungen waren jedoch größtenteils geprägt durch Windrichtungshäufigkeiten, die genau diametral zu den ansonsten häufigsten Winden aus dem Sektor West- Südwest standen. Darüber hinaus scheint es gerade im Ostsektor Quellen mit signifikanter  $\text{NH}_3$ -Emission zu geben, die zu höheren Belastungen bei den  $\text{NH}_3$ -Immissionsmessungen führten, als jene Emissionen des untersuchten Betriebes selbst.

## 11 Referenzen

Öttl, D. und U. Uhrner (2009): Documentation of the Lagrangian Particle Model. GRAL (Graz Lagrangian Model) Vs. 10.9. Amt d. Stmk. Landesreg., FA17C, Ber. Nr. Lu-10-08, 93 S.

US-EPA (2000): Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. EPA-454/R-99-005. Office of Air and Radiation. Office of Air Quality. Planning and Standards. Research Triangle Park, NC 27711, p 171

TA-Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24.7.2002. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BRD, 239 S.

KTBL/FAL (2006): Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren 2006.

## 12 Anhang

Die Anordnung der Passivsammler ist in Abbildung 12 dargestellt. Der Messpunkt 7 war als Hintergrundmessstelle für die normalerweise häufigste Windrichtung aus Südwest gedacht und befindet sich außerhalb des dargestellten Bereiches. Das nördliche Gebäude sind die beiden Hennenställe (West- und Oststall) und das südlichste Gebäude ist der Schweinestall. Die Auslaufzonen befinden sich um die Hennenställe und erstrecken sich im Süden bis hin zum Schweinestall.

**Abbildung 12: Anordnung der Passivsammler sowie der Stallgebäude**

