

Bioaerosole aus Anlagen der Geflügelhaltung

Schriftenreihe, Heft 13/2016



Bestimmung und Beurteilung wichtiger Bestandteile des Bioaerosols in der Stall- und Abluft sowie im Stallumfeld (Luv/Lee) zur Bereitstellung von Kenndaten und Bewertung des Emissions- und Immissionsverhaltens mikrobieller Luftbestandteile aus Tierställen (Geflügel)

Dr. Jens Lippmann

Dr. Henriette Mietke-Hofmann

Jennifer Deichmann

Thomas Heidenreich

Kap. 1, 2, 3, 4

Kap. 3.2.6, 4.5

Kap. 4.6

Inhalt

1	Einleitung und Zielstellung	9
2	Wissensstand	9
3	Planung und Ablauf der Untersuchungen	12
3.1	Untersuchte Geflügelställe	12
3.1.1	Legehennenstall LH-1	12
3.1.2	Legehennenstall LH-2	13
3.1.3	Mastputenstall PM-1	13
3.2	Methodischer Ansatz	14
3.2.1	Emissionen	16
3.2.2	Immissionen	19
3.2.3	Meteorologische Bedingungen	21
3.2.4	Mikrobiologische Untersuchungen	22
3.2.4.1	Emission	22
3.2.4.2	Immission	24
3.2.5	Ermittlung statistischer Kennwerte	25
3.2.6	Qualitätssicherung der Probenahmen	25
3.2.6.1	Vergleichsmessungen am Messpunkt 4	25
3.2.6.2	Gesamtzellzahlbestimmungen aus der Emission	30
3.2.6.3	Blindwertproben	31
4	Ergebnisse und Beurteilungen	32
4.1	Tierleistungen und -gesundheit	32
4.2	Legehennenstall LH-1	33
4.2.1	Einfluss von Windrichtung und Windgeschwindigkeit auf die Immissionsdaten	33
4.2.2	Vorbelastung	35
4.2.3	Emission	36
4.2.4	Immissionen	40
4.2.5	Zusammenhänge zwischen Emission und Immission	43
4.3	Legehennenstall LH-2	44
4.3.1	Vorbelastung	44
4.3.2	Emission	45
4.3.3	Immissionen	48
4.3.4	Zusammenhänge zwischen Emission und Immission	51
4.4	Mastputenstall PM-1	52
4.5	Differenzierung der kultivierbaren Staphylokokkenflora	56
4.5.1	Legehennenhaltung	57
4.5.2	Putenmast	59
4.6	Beurteilung der Endotoxinkonzentration	61
5	Schlussfolgerungen	62
6	Zusammenfassung	64
7	Quellennachweis	66
8	Anhang	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtsskizzen zu den Untersuchungsorten mit Legehennenställen (links: LH-1; rechts: LH-2) für Immissionsmessungen.....	20
Abbildung 2:	Windrose aus den Messwerten der Wetterstation am Legehennenstall LH-2	22
Abbildung 3:	Windrose aus den Messwerten der Wetterstation am Legehennenstall LH-1	22
Abbildung 4:	Positionierung der Probenahmegeräte zur QS-Messung am MP4.....	26
Abbildung 5:	Zusammenhang zwischen den Doppelbestimmungen der beiden AGI 30-Impinger.....	26
Abbildung 6:	Zusammenhang zwischen dem MAS 1 und den anderen zeitgleich messenden Impaktoren.....	27
Abbildung 7:	Mannit-Kochsalz-Platten einer typischen QS-Messung mittels MAS 100 (06.07.2015; LH 2).....	27
Abbildung 8:	Vergleich der Messergebnisse zwischen Impaktion und den beiden AGI 30-Impingern	29
Abbildung 9:	Zusammenhang zwischen Lebensalter der Tiere und dem Anteil der auf TSA kultivierbaren Bakterien an der DAPI-Gesamtzellzahl der beiden Legehennenställe.....	31
Abbildung 10:	Abweichung der Windrichtung vom Messschenkel nach Windgeschwindigkeitsklassen	33
Abbildung 11:	Einfluss von Windgeschwindigkeit auf die Konzentration an Staphylokokken am Messpunkt 4 (zusammengefasst für LH-1 und LH-2)	34
Abbildung 12:	Einfluss von der absoluten Abweichung der Windrichtung vom Messschenkel auf die Konzentration an Staphylokokken am Messpunkt 4 (zusammengefasst für LH-1 und LH-2).....	35
Abbildung 13:	Vorbelastung (GBZ, Staphylokokken, Schimmelpilze) im Umfeld des Legehennenstalls LH-1.....	36
Abbildung 14:	Konzentration untersuchter mikrobieller Bestandteile im Abluftstrom des Stalls LH-1	37
Abbildung 15:	Emissionsfaktoren für den Legehennenstall LH-1	38
Abbildung 16:	Gesamtbakterienzahl des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-1 (MAS).....	40
Abbildung 17:	Staphylokokkengehalte des Bioaerosols im Luv und Lee des Legehennenstalls LH-1 (MAS).....	42
Abbildung 18:	Schimmelpilzgehalte des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-1 (MAS).....	43
Abbildung 19:	Luftkonzentrationen von mikrobiellen Partikeln im Abluftstrom und 500 m im Lee des Legehennenstalls LH-1	44
Abbildung 20:	Vorbelastung (GBZ, Staphylokokken, Schimmelpilze) im Umfeld des Legehennenstalls LH-2.....	45
Abbildung 21:	Konzentration untersuchter mikrobieller Bestandteile im Abluftstrom des Stalls LH-2	46
Abbildung 22:	Emissionsfaktoren für den Legehennenstall LH-2.....	47
Abbildung 23:	Gesamtbakterienzahl des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-2 (MAS).....	48
Abbildung 24:	Staphylokokkengehalte des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-2 (MAS).....	49
Abbildung 25:	Schimmelpilzgehalte des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-2 (MAS).....	50
Abbildung 26:	Luftkonzentrationen von mikrobiellen Partikeln im Abluftstrom und 500 m im Lee des Legehennenstalls LH-2	51
Abbildung 27:	Vorbelastung (GBZ, Staphylokokken, Schimmelpilze) im Umfeld des Putenstalls PM-1	52
Abbildung 28:	Konzentration untersuchter mikrobieller Bestandteile im Abluftstrom des Stalls PM-1	53
Abbildung 29:	Emissionsfaktoren für den Putenmaststall PM-1.....	55
Abbildung 30:	Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch aus Staphylokokken von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Bioaerosolen des LH-2	58
Abbildung 31:	Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch als Staphylokokken von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Bioaerosolen des LH-1	59
Abbildung 32:	Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch als Staphylokokken von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Bioaerosolen der Putenmastanlage	60
Abbildung 33:	Messpunkteplan für den Stall LH-1 zur Kennwerteerfassung – Volumenstrom, Lufttemperatur und -feuchte, Parameter des Bioaerosols	70
Abbildung 34:	Messpunkteplan für den Stall LH-2 zur Kennwerteerfassung – Volumenstrom, Lufttemperatur und -feuchte, Parameter des Bioaerosols	70
Abbildung 35:	Messpunkteplan für den Stall PM-1 zur Kennwerteerfassung – Volumenstrom, Lufttemperatur und -feuchte, Parameter des Bioaerosols	70

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Messungen und Messbedingungen am Untersuchungsort LH-1	14
Tabelle 2:	Messungen und Messbedingungen am Untersuchungsort LH-2	15
Tabelle 3:	Messungen und Messbedingungen am Untersuchungsort PM-1	16
Tabelle 4:	Aufbau des Messplatzes am Emissionsmesspunkt	16
Tabelle 5:	Prozedur der Probebehandlung	17
Tabelle 6:	Eingesetzte Geräte zur Abgasrandbestimmung	17
Tabelle 7:	Einfluss der Herdenaktivität auf die Konzentration luftgetragenen Staubs in Prozent	18
Tabelle 8:	Meteorologie im Umfeld des Emittenten	21
Tabelle 9:	Nährböden und Kultivierungsverfahren zur Bestimmung mikrobieller Parameter	23
Tabelle 10:	Untersuchungsschema für die Immissionsmessungen mittels Impaktion	23
Tabelle 11:	Ermittelte Staphylokokkengehalte pro m ³ Luft, statistische Kenngrößen und meteorologische Gegebenheiten zum Zeitpunkt der Probenahme am 06.07.15	28
Tabelle 12:	Feldblindwerte der Emissionsmessungen an den drei Standorten	31
Tabelle 13:	Systemdaten der untersuchten Geflügelställe	69
Tabelle 14:	Quantile von Stalllufttemperatur und -feuchte sowie Abluftvolumenstrom für den Legehennenstall LH-1	71
Tabelle 15:	Quantile von Stalllufttemperatur und -feuchte sowie Abluftvolumenstrom für den Legehennenstall LH-2	71
Tabelle 16:	Quantile von Stalllufttemperatur und -feuchte sowie Abluftvolumenstrom für den Putenmaststall PM-1	72
Tabelle 17:	Quantile der Messwerte der Wetterstation am Stall LH-1	72
Tabelle 18:	Quantile der Messwerte der Wetterstation am Stall LH-2	73
Tabelle 19:	Quantile der Außenlufttemperatur am Stall PM-1	74
Tabelle 20:	Windklassenverteilung im Untersuchungszeitraum am Stall LH-1	74
Tabelle 21:	Windklassenverteilung im Untersuchungszeitraum am Stall LH-2	74
Tabelle 22:	Mittelwerte der Vorbelastung im Umfeld des Legehennenstalls LH-1 für die Außentemperaturklassen	75
Tabelle 23:	Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-1 (Jahr)	75
Tabelle 24:	Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-1 (Jahr)	76
Tabelle 25:	Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-1 (Frühling, Sommer)	76
Tabelle 26:	Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-1 (Frühling, Sommer)	77
Tabelle 27:	Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-1 (Herbst, Winter)	77
Tabelle 28:	Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-1 (Herbst, Winter)	78
Tabelle 29:	Emissionsfaktoren (KBE,EE/s*GV) für den Legehennenstall LH-1	79
Tabelle 30:	Quantile der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Jahr)	79
Tabelle 31:	Gesamtbakterienzahl – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)	80
Tabelle 32:	Enterobakterien – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte am Messpunkte 1 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)	81
Tabelle 33:	Enterokokken – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 1 und 2 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)	81
Tabelle 34:	Staphylokokken – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)	82
Tabelle 35:	<i>Staphylococcus aureus</i> – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 2 und 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)	83
Tabelle 36:	Schimmelpilze – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)	83
Tabelle 37:	Quantile der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Impinger, KFG – Jahr)	84
Tabelle 38:	Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Impinger, KFG – Jahr)	84

Tabelle 39:	Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Impinger, KFG – Außentemperaturklassen).....	85
Tabelle 40:	Mittelwerte der Vorbelastung im Umfeld des Legehennenstalls LH-2 für die Außentemperaturklassen	85
Tabelle 41:	Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-2 (Jahr)	86
Tabelle 42:	Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-2 (Jahr).....	87
Tabelle 43:	Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-2 (Frühling, Sommer)	87
Tabelle 44:	Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-2 (Frühling, Sommer)	88
Tabelle 45:	Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-2 (Herbst, Winter).....	88
Tabelle 46:	Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-2 (Herbst, Winter)	89
Tabelle 47:	Emissionsfaktoren (KBE,EE/s*GV) für den Legehennenstall LH-2	90
Tabelle 48:	Quantile der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Jahr)	90
Tabelle 49:	Gesamtbakterienzahl – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)	91
Tabelle 50:	Enterobakterien – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte am Messpunkt 1 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen).....	92
Tabelle 51:	Enterokokken – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkten 1 und 2 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)	92
Tabelle 52:	Staphylokokken – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkten 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)	93
Tabelle 53:	<i>Staphylococcus aureus</i> – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkten 2 und 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)	94
Tabelle 54:	Schimmelpilze – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkten 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)	94
Tabelle 55:	Quantile der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Impinger, KFG – Jahr)	95
Tabelle 56:	Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Impinger, KFG – Jahr).....	95
Tabelle 57:	Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Impinger, KFG – Außentemperaturklassen).....	96
Tabelle 58:	Mittelwerte der Vorbelastung im Umfeld des Putenstalls PM-1 für die Außentemperaturklassen.....	96
Tabelle 59:	Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls PM-1 (Jahr).....	97
Tabelle 60:	Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Putenstalls PM-1 (Jahr).....	97
Tabelle 61:	Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls PM-1 (Frühling, Sommer)	98
Tabelle 62:	Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Putenstalls PM-1 (Frühling, Sommer)	98
Tabelle 63:	Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls PM-1 (Herbst, Winter).....	99
Tabelle 64:	Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Putenstalls PM-1 (Herbst, Winter).....	99
Tabelle 65:	Emissionsfaktoren (KBE,EE/s*GV) für den Putenstall PM-1.....	100
Tabelle 66:	Gesamtzellzahlen und Gesamtbakterienzahlen in den untersuchten Geflügelställen.....	101
Tabelle 67:	Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch als Staphylokokken von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Bioaerosolen der Legehennenställe (Emission und Immission)	102
Tabelle 68:	Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch als Staphylokokken von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Emissionsproben der Putenmastanlage.....	103
Tabelle 69:	Mikrobiologische Untersuchungen der Einstreu im Putenstall	104

Abkürzungsverzeichnis

AGI 30	Glasimpinger
AKTerm	Ausbreitungsklassen-Zeitreihen
$T_A K_W (F/H),(S)$	Außentemperaturklasse Winter [$< 6 \text{ °C}$] (Frühling/Herbst [$6-16 \text{ °C}$]),(Sommer [$>16 \text{ °C}$])
ATI (e. V.)	Albrecht-Daniel-Thaer-Institut (eingetragener Verein)
BfUL	Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
Bl.	Blatt
DAPI	Fluoreszenzfarbstoff (4',6-Diamidino-2-phenylindol-dihydrochlorid)
DG-18 Agar	Dichloran-Glyzerin-Agar
DH	durchschnittlicher Hennenbestand
E-Bak.	Enterobakterien
EE	Endotoxineinheiten
E-Kokk.	Enterokokken
FA	Außenluftfeuchte
FI	Stallluftfeuchte
FT-IR	Fourier-Transform-Infrarot
GBZ	Gesamtbakterienzahl
GPZ	Gesamtpilzzahl
GV	Großvieheinheiten (500 kg Lebendmasse)
GZZ	Gesamtzellzahl
i. N. tr.	im Normzustand, trocken
KBE	koloniebildende Einheiten
KGF	KleinfILTERgerät
Lee	windabgewandte Seite (Immission)
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LH-1	Legehennenstall 1, Standort 1
LH-2	Legehennenstall 2, Standort 2
LL(DH)	Legeleistung bezogen auf den Durchschnittbestand
LM	Lebendmasse
Luv	windzugewendete Seite (Vorbelastung)
Lw	Lebenswoche
MALDI-TOF	Matrix-assisted laser desorption and ionization-time of flight
MAS	modified Andersen-air-sampler
Min.	Minute
MP	Messpunkt
MPN	most probable number
n	Anzahl
NG	Nachweisgrenze
n. S.	nächste Seite
N.tr.E	Normzustand, trocken, Emission (273 K)
N.tr.I	Normzustand, trocken, Immission (293 K)
PM-1	Putenstall 1, Standort 3
PM10/2,5/1	Feinstaub, Partikel mit aerodynamischen Durchmesser $< 10/< 2,5/< 1 \text{ }\mu\text{m}$
QS	Qualitätssicherung

RPF	Rabbit Plasma Fibrinogen
SB-Agar	Slanez-Bartley-Agar
s	Sekunde
sp.	species
spp.	species pluralis
Staph.	Staphylokokken
<i>S. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Std-Mw	Stundenmittelwerte
TA	Außenlufttemperatur
TI	Stalllufttemperatur
T _{TM}	Tagesmitteltemperaturen
T _{Max}	Tageshöchsttemperatur
TSA	Casein-Sojamehlpepton-Agar
VDI	Verein Deutscher Ingenieure (Handlungsanweisungen)
WG	Windgeschwindigkeit
WR	Windrichtung

1 Einleitung und Zielstellung

Zum Schutz der Anlieger im Umfeld von Tierhaltungen sind potenziell gesundheitsschädliche Emissionen aus diesen zu minimieren. Neben einer Reihe von gasförmigen Luftbestandteilen der Stallabluft sind auch Bioaerosole zunehmend Gegenstand der Beurteilung. Die mikrobiologischen Bestandteile – Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte – sind von der Art der Tierhaltung abhängig und unterliegen während der Transmission einer Reihe von meteorologischen Einflüssen. Deshalb sind Kennwerte für prognostische Beurteilungen im Schrifttum in Art und Umfang heterogen beschrieben und nur eingeschränkt für derartige Beurteilungen sowie Ausbreitungsberechnungen verwendbar. Ursächlich hierfür ist die differente Herangehensweise bei der Probenahme und Analyse. Inzwischen haben sich die involvierten Fachdisziplinen auf ein einheitliches Herangehen verständigt und dieses in einer Reihe von VDI-Richtlinien zusammengestellt. Das Untersuchungsprojekt leistet auf dieser Basis einen Beitrag, unter Praxisbedingungen reproduzierbare Kennwerte zu gewinnen. Es hatte zum Ziel,

- die Konzentrationen wesentlicher luftgetragener mikrobieller Partikel im Luv und Lee von Geflügelhaltungen sowie in deren Abluftstrom zu ermitteln,
- Beziehungen zwischen den einzelnen Messpunkten herauszuarbeiten und
- Bewertungsgrundlagen für die Emission und Immission dieser Partikel aus und im Umfeld von Tierställen abzuleiten.

Die Untersuchungen wurden unter der Leitung des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Referat 74, unter Mitwirkung der Referate 51 und 52 und in Zusammenarbeit mit der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL), Fachbereich 42 und 63 – Probenahmen und Analysen – sowie dem Albrecht-Daniel-Thaer-Institut e. V. (ATI) an der Universität Leipzig – wissenschaftliche Begleitung und Koordination der Untersuchungen – durchgeführt.

2 Wissensstand

Das genetisch determinierte Leistungspotenzial landwirtschaftlicher Nutztiere kann nur in einem tiergerechten Haltungssystem und primär bei optimalem Stallklima abgerufen werden. Neben der Lufttemperatur und -feuchte, gasförmigen Stallraumlasten wie Ammoniak und Kohlendioxid nehmen die luftgetragenen organischen und anorganischen Bestandteile des Bioaerosols Einfluss auf das Stallklima und die Stallhygiene. Zur Sicherung einer hohen Stallluftqualität werden diese Stallraumlasten über das Belüftungssystem aus dem Stallraum befördert. Eine immissionschutzrechtliche Bewertung von Tierhaltungsanlagen findet derzeit in der technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA LUFT 2002) anhand von Ammoniak, Geruchsstoffen und Staub statt. Ziel ist, Anlieger und Umwelt vor erhöhten Belastungen durch diese Substanzen zu schützen. Hieraus resultieren einzuhaltende Mindestabstände der Stallanlagen zu Wohnbebauungen und Ökosystemen. Einzuhaltende Obergrenzen existieren zum Gesamtschwebstaub und Feinstaub (PM₁₀). Der Massenstrom an Gesamtstaub aus Tierhaltungen wird stündlich auf maximal 200 g bzw. einer Massenkonzentration von 20 mg je m³ begrenzt. Am Immissionsort dürfen Konzentrationen von 40 µg Schwebstaub im Jahresmittel und 50 µg Feinstaub (PM₁₀) im Tagesmittel je m³ Luft zum Schutz der menschlichen Gesundheit nicht überschritten werden (TA Luft 2002).

Stäube sind disperse Verteilungen fester Stoffe in Gasen (MAK-Liste, DFG 2001, zit. SEEDORF & HARTUNG 2002) und gehören zu den Aerosolen. Stallstaub setzt sich aus verschiedenen Komponenten organischer und anorganischer Herkunft zusammen (SEEDORF & HARTUNG 2002). Die Jahreszeit hat einen deutlichen Einfluss. So ermitteln MOSTAFA & BÜSCHER (2007) für Juli gegenüber November eine deutlich niedrigere Luftkonzentration an Gesamtstaub in Volieren. NANNEN & BÜSCHER (2007) leiten aus ihren Ergebnissen ab, dass die Streuung der Staubkonzentration im Sommer höher als in Übergangs- bzw. Winterklimabereichen ist. Wird bisher das Augenmerk auf die Staubfraktion PM10 gerichtet, so werden künftig die Fraktionen PM2.5 und PM1 mehr Beachtung finden (HINZ 2005). Als Bioaerosol werden die luftgetragenen Bestandteile mit biologischem Ursprung bezeichnet, sie können pflanzlicher, tierischer und mikrobieller Herkunft sein (HOPPENHEIDT 2002; VDI 4251 [Bl. 1] 2007). Im Sinne der VDI-Richtlinie 4251 (Bl. 1) sind Bioaerosole „... alle im Luftraum befindlichen Ansammlungen von Partikeln, denen Pilze (Sporen, Konidien, Hyphenbruchstücke), Bakterien, Viren und/oder Pollen sowie Zellwandbestandteile und Stoffwechselprodukte (z. B. Endotoxine, Mykotoxine) anhaften bzw. diese beinhalten...“. Bereits Partikelgrößen unterhalb 100 µm (Grobstaub) sind zu einem Anteil von über 50 % einatembar (LINSEL 2001, zit. HOPPENHEIDT 2002). Mit abnehmendem aerodynamischem Durchmesser passieren sie zunehmend Mund- und Nasenraum. Unterhalb eines Durchmessers von 30 µm dringen die Partikel über den Kehlkopf in die Lunge vor (thorakal). Die Luftwege der Lunge (alveolar) erreichen Partikel unterhalb eines Durchmessers von 10 µm (Feinstaub). Unterhalb von 5 µm setzt die Deposition in der Lunge ein, unterschreitet der aerodynamische Durchmesser 2,5 µm gelangen bereits ca. 90 % der Partikel in die Lunge (LINSEL 2001, zit. HOPPENHEIDT 2002). Insbesondere Viren, Bakterien und Pilze besitzen einen aerodynamischen Durchmesser unter 10 µm. In Bodenhaltungssystemen für Legehennen wurden Gesamtstaubgehalte zwischen 15 bis 90 mg je m³ Stallluft gemessen (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2004). Volieren weisen hierbei die höheren Konzentrationen auf. Die Untersuchungen zeigen, dass die Staubgehalte der Stallluft deutlich an das Tierverhalten gekoppelt sind. Untersuchungen in Volieresystemen wiesen nach, dass hier eine Staubkonzentration zwischen 7 und 24 mg/m³ auftritt (LIPPMANN 2007). Aufgrund der Sedimentationseigenschaft der Staubpartikel im Abluftstrom ist die in der Stallluft gemessene Staubkonzentration nicht für die Ermittlung der Staubemissionen nutzbar (SCHMITT et al. 2004).

Im „Staub“ bilden die belebten Bestandteile – Bakterien, Pilze, Viren, Milben und Protozoen – mit den unbelebten Bestandteilen überwiegend Cluster (MÜLLER et al. 1978). Ca. 80 % der luftgetragenen Mikroorganismen nutzen diese Möglichkeit als Transportmittel und zum Stoffwechsel. Aufgrund dieser Beziehungen hat ein Bioaerosol das Potenzial zur Infektiosität, Allergisierung, Toxizität und pharmakologischen Wirkung (SEEDORF & HARTUNG 2002). Die Zusammenführung von Untersuchungsergebnissen zu Konzentrationen von Staub, Mikroorganismen und Endotoxinen in Tierhaltungssystemen für Rind, Schwein und Geflügel (SEEDORF & HARTUNG 2002) ergab, dass Geflügelhaltungen mit Ausnahme der Pilzfraktion die höchsten Kennwerte aufweisen. Die mittlere Gesamtkeimzahl (mesophile Bakterien) in Geflügelhaltungen beträgt 10⁵ – 10⁶ KBE je m³ Stallluft. In Schweineställen wurden Stallluftkonzentrationen von 10⁴ – 10⁵ KBE je m³ ermittelt. Die Stallluftkonzentration an Pilzen in den Geflügel- und Schweinehaltungen lag zwischen 10³ und 10⁴ KBE je m³. Die Stallluftkonzentration von inhalierbaren Endotoxinen in Geflügel und Schweineställen lag zwischen 10⁴ – 10⁵ ng je m³. In eigenen Untersuchungen wurden Konzentrationen für Bakterien zwischen 10² und 10⁷ KBE und für Schimmelpilze zwischen 10² und 10⁴ KBE je m³ gemessen (LIPPMANN 2007). Im Abluftstrom von Legehennenställen weist LIPPMANN (2014) Konzentrationen an mesophilen Bakterien zwischen 10⁴ und 10⁹ KBE je m³ und an Endotoxinen zwischen 10² und 10⁵ EE je m³ nach. Dabei ist kein jahreszeitlicher Einfluss ableitbar. Auch CLAUB et al. (2012) fanden keine Korrelation zwischen den Konzentrationen an Bakterien, Pilzen und meteorologischen Datenreihen. Die jahreszeitlichen Massenströme (jeweils drei Monate) lagen für Bakterien zwischen 10⁷ und 10¹² KBE je Tierplatz sowie für Endotoxine zwischen 10⁶ und 10⁹ EE je Tierplatz (LIPPMANN 2014).

Mit zunehmender Entfernung zum Stall kann nach Untersuchungen von SCHIEK (1998) davon ausgegangen werden, dass sich die Luftgehalte an Keimen und Schimmelpilzen aus Tierhaltungen deutlich reduzieren und überwiegend keine humanpathogenen Keime gefunden werden. Die Transmission und Immission emittierter Bioaerosole wird im Schrifttum kontrovers diskutiert. Allgemein werden Distanzen zwischen Stall und Immissionsort von bis zu 250 m mit nachweislich erhöhter Keimkonzentration gegenüber der Hintergrundkonzentration benannt (HILLGER 1991; MÜLLER & WIESER 1987; SARIKAS 1976; PLATZ et al. 1979). Nach 500 m im Lee eines Masthähnchenstalls konnten Staphylokokken nur noch auf dem Niveau der Nachweisgrenze (300 KBE/m³) gemessen werden (SEEDORF 2006). Demgegenüber weist SCHIEK (1998) 450 m im Lee von Hähnchenmastställen bis zu 10⁸ KBE/m³ luftgetragener Bakterien (hauptsächlich *Staphylococcus gallinarum*) nach, während im Luv der Ställe kein Nachweis möglich war. Das bestätigen auch die Befunde von SCHULZ et al. (2005), die nach ca. 500 m im Lee von zwangsbelüfteten Geflügelställen noch deutlich erhöhte Luftkonzentrationen an Staphylokokken gegenüber dem Vorbelastungsniveau nachwies. KÖLLNER et al. (2005) schlussfolgerten aus den Immissionsmessungen um einen Mastschweinestall (auf dem mittleren Schenkel des Fächermodells), dass die Luftkonzentrationen der Gesamtbakterienzahl und von Staphylokokken bis 75 m im Lee am höchsten sind. Nach 200 m ist das Vorbelastungsniveau noch überschritten. Die Luftkonzentration an Endotoxinen und Pilzen wurde dagegen durch die Tierställe kaum beeinflusst. Nach GLOSTER et al. (1982; zit. SEEDORF & HARTUNG 2002) wurden anhand von Krankheitsausbrüchen Distanzen bis zu 100 km abgeleitet. Die Transmission ist hier von der ausgeschiedenen Keimmenge, geringer Dispersion in der Atmosphäre, hoher Überlebensrate und einer großen Anzahl empfänglicher Nutztierställe abhängig.

KOLK et al. (2009) fassten eine Reihe von Befunden zur Hintergrundkonzentration von Schimmelpilzen, Bakterien und Endotoxinen auf der Nordhalbkugel zusammen. Demnach sind Hintergrundkonzentrationen an Bakterien von 10¹ – 10³ KBE je m³ zu erwarten. Ein jahreszeitlicher Einfluss ist nicht abzuleiten. Schimmelpilze haben eine Konzentration von 10² – 10³ KBE je m³ im Winter und Frühling, im Sommer und Herbst ist die Konzentration um eine Zehnerpotenz erhöht. Die Endotoxinkonzentration liegt unterhalb 10² EE je m³ und wird von der Jahreszeit nicht beeinflusst.

Situationsbedingte, kurzzeitige Konzentrationserhöhungen beeinflussen das Ergebnis der Hintergrundkonzentration deutlich, wodurch ein Einfluss der Probenahmedauer ableitbar ist (CLAUß et al. 2012). Ausläufe für Hühner haben bei der Bewertung anlagenbezogener Emissionen an Luftkeimen eine untergeordnete Bedeutung (ANGERSBACH-HEGER 2002). Die Anwesenheit von Hühnern erhöht die Luftkeimzahlen über dem Auslauf um eine Zehnerpotenz. Hierbei haben Staphylokokken und Streptokokken einen geringen Anteil. Die nachgewiesenen Luftkeimzahlen lagen 2- bis 3-fach über sonst üblichen Vorbelastungskonzentrationen in ländlicher Umgebung. Die Transmission von Mikroorganismen ist eher von der Stallabluft als von der Auslauffläche abhängig.

3 Planung und Ablauf der Untersuchungen

3.1 Untersuchte Geflügelställe

Die Untersuchungen wurden an drei Standorten mit Geflügelställen im Verlauf von zwei Jahren durchgeführt. Je untersuchtem Geflügelstall wurden an 17 Tagen Proben aus der Abluft und der Außenluft im Umfeld der Ställe unter definierten meteorologischen Bedingungen und repräsentativ über die Haltungsperiode verteilt entnommen. Dabei wurden die jahreszeitlichen Außentemperaturklassen (Sommer: $T_{TM} > 16 \text{ °C}$, $T_{Max} > 25 \text{ °C}$; Winter: $T_{TM} < 6 \text{ °C}$ und Frühling/Herbst: $T_{TM} 6 - 16 \text{ °C}$) und Betriebszustände (Aktivitäts- und Ruhephasen) abgebildet. Durchgehend wurden die Lufttemperatur und -feuchte im Umfeld und Stall erfasst. An den untersuchten Ställen LH-1 und LH-2 wurden kontinuierlich, am Stall PM-1 diskontinuierlich, meteorologische Kenndaten (Lufttemperatur und -feuchte, Luftdruck, Windrichtung und -geschwindigkeit sowie die Globalstrahlung) erfasst. Die Abbildung der Betriebszustände im Stall erfolgte qualitativ mittels Zählung der luftgetragenen Partikel (insbesondere PM-10). Hieraus wurden belastbare Tagesprofile der Bioaerosolkonzentrationen und deren Verfrachtung ins Stallumfeld abgeleitet. Zur Ableitung des Volumenstromes im Abluftsystem der Ställe wurden kontinuierlich Daten der Betriebszustände aller Abluftventilatoren erfasst. Zur wirtschaftlichen und tiergesundheitlichen Einordnung wurden die Herdenleistungen und Tierverluste erfasst.

3.1.1 Legehennenstall LH-1

Der Untersuchungsstall LH-1 befindet sich in Dorfrandlage 148 m über Normalhöhennull. Von Südwest, Nord bis Ost grenzen ackerbaulich genutzte Flächen an. Die südlich angrenzende Fläche hat dörflich geprägte Bebauung (vgl. Abbildung 1). Im Umkreis von 1,5 km befinden sich keine weiteren Tierställe. Zum Betriebsgelände gehören drei baugleiche Ställe mit jeweils 15.000 Tierplätzen (51 GV). Es werden Eier in Bodenhaltung erzeugt. Die Tiere sind hier in vierreihig angeordneten Voliereblöcken (System Natura 60, Big Dutchman) untergebracht. Die gesamte Stallgrundfläche – mit Ausnahme von zwei ca. 0,8 m breiten Kontrollgängen – dient den Tieren als Scharrraum. Ein Außenklimabereich und Auslauf ist nicht vorhanden (Tabelle 13).

Der Stall hat eine Grundfläche von 81 m Länge und 12 m Breite. Hieraus ist eine Besatzdichte von 15 Hennen je m² Stallgrundfläche abzuleiten. Die Raumhöhe beträgt 2,90 m. Der Stallraum ist mehrfach durch Zwischenwände unterteilt.

Jeder Block ist mit Futterketten, Nippeltränken und Sitzstangen mehrreihig ausgerüstet. Die Funktionsebenen innerhalb der Voliereblöcke sind derart angeordnet, dass eine Art Treppenhaus entsteht und die vertikale Lokomotion der Hennen weitgehend ohne „Flattern“ erfolgt. Die Kotlagerung erfolgt auf Kotbändern ohne Kottrocknungssystem. Einmal wöchentlich wird der Kot aus dem Stall gebracht.

In jedem Block sind Gruppennester integriert. Die Nester sind mit Austriebsystemen ausgerüstet und besitzen einen Kunststoffboden. Die Absammlung der Eier erfolgt über Kunststofflochbänder in den Vorraum.

Das Klimamanagement erfolgt über ein Unterdrucklüftungssystem mit temperaturabhängiger Steuerung. Als Regelgröße wird für den Sommer- und Winterbetrieb die Stalllufttemperatur vorgegeben. Das Lüftungssystem ist bei 20 Pa Unterdruck für ca. 10 m³ je Hennenplatz und Stunde konzipiert. Minimal- und Maximalluftfrate werden individuell vorgegeben. In den Untersuchungen wird der Praxisbetrieb abgebildet. Drei Abluftkammine (820 mm Durchmesser) mit in drei Gruppen zuschaltbaren, unregulierten Ventilatoren befinden sich entlang

der Stalllängsachse äquidistant am First. Weitere drei Abluftkamine (820 mm Durchmesser) mit synchron geregelten Ventilatoren befinden sich im Dachbereich am hinteren Stallende. Zur Stabilisierung der Sommerluft-rate befindet sich ein unregelmäßiger Ventilator (1.300 mm Durchmesser) in der Giebelwand. Über diese Strömungsstrecken wird die Abluft aus dem Stall gefördert. Der dabei entstehende Unterdruck zieht frische Zuluft über gesteuerte Wandventile entlang der Seitenwände des Stalls und in der Giebelwand in den Stallraum. Das Lüftungsmanagement ist so konzipiert, dass die Lüftung einer Kombination aus Tunnel- und Strahl-lüftungsprinzip folgt. Der theoretisch mögliche Abluftvolumenstrom beträgt je Stall ca. 156.000 m³ je Stunde. Mit der Lüftungssteuerung wird eine Verlagerung des Emissionsschwerpunktes in Richtung Ost und eine Erweiterung der Distanz zur Wohnbebauung erreicht.

3.1.2 Legehennenstall LH-2

Der untersuchte Stall (LH-2) befindet sich in einem Gebiet mit landwirtschaftlich genutzter Ackerfläche und einem an die im Norden angrenzende Auslaufläche kleineren bewaldeten Areal. Südlich zum Betriebsgelände befinden sich zwei Wohnbebauungen (vgl. Abbildung 1). Der Stall liegt 118 m über Normalhöhen-null. Auf 20.000 Tierplätzen (68 GV) werden Eier in Bodenhaltung erzeugt. Die Tiere sind in doppelreihig angeordneten zweietagigen Reihenvoliereblöcken (System Natura Nova, Big Dutchman) untergebracht. Die gesamte Stallgrundfläche dient den Tieren als Scharraum. Ein befestigter und überdachter Außenklimabereich (Wintergarten) sowie ein Auslauf mit 4 m² je Henne sind an einer Stalllängsseite nachgeordnet.

Der Stall hat eine Grundfläche von 113 m Länge und 12 m Breite. Hieraus ist eine Besatzdichte von 15 Hennen je m² Stallgrundfläche abzuleiten. Die Raumhöhe beträgt 2,80 m. Der Stallraum ist mehrfach durch Zwischengitterwände unterteilt.

Jede Etage der Reihenvoliere ist mit Futterketten, Nippeltränken und Sitzstangen mehrreihig ausgerüstet. Die Kotlagerung erfolgt auf Kotbändern, die zweimal wöchentlich geleert werden. Eine Kottrocknung erfolgt nicht. In jedem Block folgen nach einem Nestgang doppelreihige, stufig angeordnete Gruppennester. Die Nester sind mit Austriebsystemen ausgerüstet und besitzen einen Kunststoffboden. Vor den Nestern befinden sich Anflugstangen. Die Absammlung der Eier erfolgt über Kunststofflochbänder in den Vorraum. Der Stallraum hat über die Auslauföffnungen Tageslichteinfall. Zur Minderung des Stallstaubes und Verbesserung der klimatischen Bedingungen ist eine Luftbefeuchtungsanlage mit Wasser integriert.

Das Stallklimamanagement erfolgt dem Prinzip nach wie in LH-1. Das Lüftungssystem ist bei 20 Pa Unterdruck für ca. 10 m³ Abluftvolumen je Hennenplatz und Stunde konzipiert. Fünf Abluftkamine (650 mm Durchmesser) mit synchron geregelten Ventilatoren befinden sich äquidistant entlang der Stalllängsachse am First. Sechs Abluftkamine (820 mm Durchmesser) befinden sich im Dachbereich am hinteren Stallende. Zwei sind mit synchron geregelten Ventilatoren ausgerüstet. Vier sind mit in vier Gruppen zuschaltbaren, unregelmäßigen Ventilatoren ausgestattet. Der dabei entstehende Unterdruck zieht frische Zuluft über gesteuerte Wandventile entlang der Seitenwände des Stalls, die Auslauföffnungen und vier manuell zu öffnende Zuluftkamine im Dach in den Stallraum. Das Lüftungsmanagement ist so konzipiert, dass die Lüftung einer Kombination aus Tunnel- und Strahl-lüftungsprinzip folgt. Der theoretisch mögliche Abluftvolumenstrom beträgt für den Stall ca. 197.000 m³ je Stunde.

3.1.3 Mastputenstall PM-1

Im untersuchten Stall PM-1 werden auf 1.700 Tierplätzen (70 GV, Mastendgewicht) Puten in Bodenhaltung gemästet. Das Betriebsgelände liegt 103 m über Normalhöhen-null. In unmittelbarer Nähe zum untersuchten Stall befinden sich sieben weitere Mastputenställe. Insgesamt werden hier 14.900 Tierplätze bewirtschaftet. Die Tiere sind in eingestreuter Bodenhaltung untergebracht. Die gesamte Stallgrundfläche dient den Tieren

als Aktionsraum. An das Betriebsgelände grenzen ackerbaulich genutzte Flächen an. In einer Entfernung von ca. 400 m befindet sich südwestlich des Stalls eine vom Betrieb mitbewirtschaftete Biogasanlage.

Der Stall hat eine Grundfläche von 54 m Länge und 12 m Breite. Hieraus ist eine Besatzdichte von max. 55 kg Lebendmasse je m² Stallgrundfläche abzuleiten. Die Raumhöhe beträgt 3 m. Die Stallfläche ist mit Futterautomaten und Rundtränkeautomaten ausgerüstet. Durch wöchentliches Einstreuen von Stroh während der Stallbelegung werden die Tiere auf einem Tiefstreustapel gehalten.

Das Stallklimamanagement erfolgt dem Prinzip nach wie in LH-1. Das Lüftungssystem ist bis ca. 59 m³ Abluftvolumen je Putenplatz und Stunde konzipiert. Bei hohen Außentemperaturen kann es bis 78 m³ je Putenplatz in einer Stunde erweitert werden. Die fünf Abluftkamine befinden sich im Dachbereich am hinteren Stallende. Zwei Abluftkamine (820 mm Durchmesser) sind mit synchron geregelten Ventilatoren und drei Abluftkamine (820 mm Durchmesser) sind mit in drei Gruppen, unregelmäßig zuschaltbaren Ventilatoren ausgerüstet. Ein Abluftventilator (1.300 mm Durchmesser) befindet sich in der Stallgiebelwand. Der dabei entstehende Unterdruck zieht frische Zuluft über gesteuerte Wandventile entlang der Seitenwände des Stalls in den Stallraum. Das Lüftungsmanagement ist so konzipiert, dass die Lüftung einer Kombination aus Tunnel- und Strahl Lüftungsprinzip folgt. Der theoretisch mögliche Abluftvolumenstrom beträgt für den Stall ca. 133.000 m³ je Stunde. Eine Stallluftheizung über Warmwassertauscher ist vorhanden.

3.2 Methodischer Ansatz

Die Probenahmen zur Bewertung der Emission und Immission wurden zwischen 10 und 16 Uhr durchgeführt. Am Mastputenstall wurden die Emissionen und die Vorbelastung im Luv des untersuchten Stalls gemessen. Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 geben einen Überblick zu den durchgeführten Messungen, den meteorologischen Bedingungen und dem Haltungsabschnitt der Tiere zum Zeitpunkt der Messungen. Abbildung 33 bis Abbildung 35 zeigen die Anordnungen der Messstellen in den untersuchten Ställen.

Tabelle 1: Messungen und Messbedingungen am Untersuchungsort LH-1

	Datum	Lufttemperatur (°C)				Luftfeuchte (%)		WR (°)	WG (m/s)	Luftdruck (hPa)	Globalstrahlg. (W/m ²)	Herde (Lw)	Abweichg. vom Messschenkel (°)
		Umfeld		Stall		Umfeld	Stall						
		T _{TM}		Messzeit									
Emission/Immission	12.02.14	3,5	6,4	17,7	66	59	248	4,1	993	258	65	9	
	< 6 °C	10.12.14	1,5	2,2	18,7	76	64	214	6,9	1000	55	52	6
		12.02.15	2,6	5,4	18,4	69	60	186	1,7	1005	430	61	14
	6 - 16 °C	07.10.14	13,4	16,0	21,0	74	69	149	2,7	993	140	43	17
		06.05.15	17,3	20,0	20,9	55	64	247	2,2	992	478	19	17
		03.07.14	20,5	24,8	24,3	40	50	256	2,8	1002	845	29	16
	> 16 °C	02.06.15	18,3	20,1	21,1	52	63	229	6,3	995	613	23	2
		26.08.15	20,7	24,3	24,7	46	58	225	3,2	998	669	35	15
EMI SSI ξ	< 6 °C	07.01.15	2,3	1,7	18,5	97	69	235	3,6	1007	30	56	

	Datum	Lufttemperatur (°C)		Luftfeuchte (%)		WR (°)	WG (m/s)	Luftdruck (hPa)	Globalstrahlg. (W/m ²)	Herde (Lw)	Abweichg. vom Messschenkel (°)
		Umfeld	Stall	Umfeld	Stall						
		T _{TM}									
	26.02.15	4,5	10,0	17,8	46	57	146	1,9	1003	496	63
	04.09.14	16,7	15,2	20,4	88	75	76	3,6	1005	239	38
	15.10.14	15,1	16,0	20,6	84	76	228	2,2	991	243	44
6 - 16 °C	04.11.14	10,7	14,2	19,2	60	60	145	1,1	981	182	47
	27.05.15	11,3	11,9	18,3	65	65	285	3,4	1001	177	22
	28.07.15	18,3	19,1	21,6	49	56	259	6,6	985	722	31
> 16 °C	17.09.14	18,6	19,7	22,4	72	73	103	2,7	999	504	40
	16.07.15	24,2	26,9	26,1	53	63	296	2,7	998	556	29

Tabelle 2: Messungen und Messbedingungen am Untersuchungsort LH-2

	Datum	Lufttemperatur (°C)		Luftfeuchte (%)		WR (°)	WG (m/s)	Luftdruck (hPa)	Globalstrahlg. (W/m ²)	Herde (Lw)	Abweichg. vom Messschenkel (°)		
		Umfeld	Stall	Umfeld	Stall								
		T _{TM}										Messzeit	
Emission/Immission	< 6 °C	06.02.14	5,9	9,5	14,5	69	63	238	5,6	992	61	17	
		03.02.15	1,2	3,0	11,1	79	65	249	4,3	987	59	6	
		14.03.14	8,5	13,0	16,5	57	55	260	2,3	1013	66	6	
		27.03.14	7,7	12,8	16,3	52	51	76	3,6	1004	68	5	
		12.08.14	18,8	21,4	23,0	54	55	232	5,4	1000	34	12	
	6 - 16 °C	09.09.14	16,8	18,2	20,7	70	61	273	1,4	1005	443	38	17
		24.06.15	13,6	15,5	16,4	66	71	271	2,3	1006	339	25	14
		02.09.15	16,9	19,3	21,8	61	63	262	1,9	1002	494	35	18
		24.09.15	14,2	17,7	20,3	63	66	231	3,0	1005	506	38	6
		28.07.14*	23,0	26,1	26,9	71	73	350	1,3	1000	602	31	100
> 16 °C	07.08.14	21,4	24,0	24,2	61	64	298	1,2	1002	344	33	48	
	06.07.15	23,2	22,6	23,5	61	63	247	2,9	1006	464	27	33	
Emission	< 6 °C	21.01.15	2,0	1,7	10,8	77	66	150	1,5	1002	160	57	
	6 - 16 °C	11.05.15	15,1	19,6	18,3	41	59	138	1,7	1013	716	19	
		07.09.15	13,2	13,7	16,9	88	81	302	1,3	1006	220	36	
	> 16 °C	23.07.15	22,2	24,1	25,1	53	58	312	1,9	1001	703	29	
		04.08.15	26,9	32,5	31,5	39	47	154	3,0	1000	741	31	

* Daten wurden aufgrund der hohen Abweichung vom Messschenkel nicht mit in die Auswertung einbezogen.

Tabelle 3: Messungen und Messbedingungen am Untersuchungsort PM-1

	Datum	Lufttemperatur (°C)		Luftfeuchte (%)		WR (°)	WG (m/s)	Luftdruck (hPa)	Globalstrahlg. (W/m ²)	Herde (Lebenswoche)		
		Umfeld	Stall	Umfeld	Stall							
		T _{TM}									Messzeit	
Emission	14.01.14	2,8	3,3	14,7	88	67	68	1,5	995	57	20	
	17.12.14	2,8	3,5	18,3	76	62	226	3,0	997	88	8	
	< 6 °C	27.01.15	3,0	3,6	14,0	80	64	301	2,6	1003	83	15
	23.02.15	2,0	5,1	13,6	61	59	204	3,4	988	120	19	
	15.12.15	5,5	6,7	13,5	77	72	230	1,4	1011	88	19	
	20.02.14	6,4	8,1	22,6	71	60	219	2,2	1002	253	6	
	09.04.14	8,7	10,2	16,6	57	65	255	2,9	1008	700	12	
	06.05.14	14,5	17,6	20,5	51	58	140	2,8	1001	596	16	
	27.08.14	14,4	16,8	20,7	66	68	321	1,6	1003	729	11	
	6 - 16 °C	23.09.14	10,7	12,0	17,6	73	67	292	1,5	1008	305	16
	28.04.15	7,6	6,0	18,8	87	62	342	1,1	1000	161	7	
	20.05.15	13,3	15,2	21,3	47	54	269	1,1	1000	374	10	
	22.09.15	13,5	17,3	22,1	55	56	211	2,5	994	392	7	
	27.10.15	8,7	13,5	17,4	67	72	113	1,1	1008	480	12	
	20.05.14	20,5	23,6	25,2	57	67	118	0,8	1002	913	18	
> 16 °C	21.07.14	23,9	26,4	27,5	55	63	15	1,9	997	695	6	
17.06.15	15,2	16,8	20,9	43	51	241	1,5	1012	913	14		
21.07.15	24,5	26,2	28,1	61	66	241	2,4	1001	690	19		

3.2.1 Emissionen

Für die Probenahme zur Ermittlung der Emissionskenndaten des Bioaerosols für die untersuchten Ställe wurde in jedem Stall eine Messstelle in einem Referenzkamin eingerichtet. Die Proben aus der Stallabluft wurden mittels Impingement gewonnen (VDI-Richtlinie 4257 [BL.1 2013; BL. 2 2011]). Hierzu wurden in Tabelle 4 und Tabelle 5 zusammengestellter Messplatzaufbau und Probebehandlungsprozedur benutzt.

Tabelle 4: Aufbau des Messplatzes am Emissionsmesspunkt

Messplatzcharakteristik	
Rückhaltesystem	Outstack Emissionsimpinger nach VDI 4257/2
Positionierung	Im Abluftkamin nach VDI 4257/2
Entnahmesonde/Absaugrohr	Hakensonde, Quarzglas, 8-6 mm Winkeldurchmesser, unbeheizt
Abscheidemedium	Physiologische Kochsalzlösung, pyrogenfrei
Absaugeinrichtung	Fa. Paul Gote, Trockenturm, gasdichte Pumpe, Durchflussmesser (0-6 m ³ /h), Balgengaszähler BK 4 (0-6 m ³ /h)

Tabelle 5: Prozedur der Probebehandlung

Probebehandlungsprozedur	
Transport und Lagerung	Sterile Impinger mit 30 ml Abscheidemedium und Hakensonde, mit Alufolie verschlossen, Spüllösung in sterilen Glaskolben, Umgebungstemperatur 8 °C
Gewinnung von Ablagerungen	Spülung von Hakensonde und Impingerkrümmung mittels Spülmedium
Spülmedium	Physiologische Kochsalzlösung, pyrogenfrei
Bestimmung Gesamtleerproben	Mitführung von Feldblindwerten und analytischen Blindwerten nach VDI 4257/2

Die Probenahmen erfolgten in Einfachbestimmung in drei Wiederholungen über jeweils 30 Minuten. Die Abgasrandbedingungen wurden nach DIN EN 14790 (2006), DIN ISO 14164 (2002) und den VDI-RICHTLINIEN 3786 (BL. 16 1996), 4200 (2000), 2066 (BL.1 2006) bestimmt. In Tabelle 6 sind die eingesetzten Geräte zusammengestellt.

Tabelle 6: Eingesetzte Geräte zur Abgasrandbestimmung

Messgröße	Messgerät	Messbereich	Bestimmungsgrenze
Strömungsgeschwindigkeit	Therm. Anemometer TA5, Fa. Airflow	0 – 15 m/s	0,06 m/s
Statischer Druck im Abluftkamin	Drucksensor FDA612SA, Fa. Ahlborn	300 – 1.100 mbar	
Luftdruck (Probenahmestelle)	Druckmesssteckermodul FDA612SA, Fa. Ahlborn		
Abgastemperatur	Therm. Anemometer TA5, Fa. Airflow	0 – 80 °C	
Wasserdampf im Abgas	Feuchte-/Temperaturfühler FHAD36RHK40, Fa. Ahlborn	-100 – 200 °C 0 – 100 % rH	0,2 °C 0,5 % rH
Abgasdichte	berechnet unter Berücksichtigung von Abgastemperatur und -wasserdampfanteilen sowie Druckverhältnissen im Kanal		

Die Probenahmen wurden über die Außentemperaturklassen und Haltungsabschnitte verteilt durchgeführt. Für den Mastputenstall wurden aufgrund der zunehmenden Körpermasse während des Mastverlaufes mindestens eine Probenahme ab einem Lebensalter der Puten von fünf Wochen zur Einstallung bis zur 10. Lebenswoche, bis zur 15. Lebenswoche und bis zur 20. Lebenswoche durchgeführt.

Die Lufttemperatur und -feuchte wurden in den untersuchten Ställen kontinuierlich gemessen (Messgerät: TinyTag Ultra; Messbereich/Genauigkeit: -30 bis 50 °C, 0 bis 95 %, +/- 0,2 °C, +/- 4 %; Datenerfassung: 15-Min.-Intervall). Der Abluftvolumenstrom wurde auf der Basis kontinuierlich aufgezeichneter Messwerte kalkuliert. Für unregelmäßige Ventilatoren mit konstanter Drehzahl wurde das Ein/Aus-Messsignal potenzialfreier Schaltkontakte aufgezeichnet. Unter Verwendung von Konventionenwerten (Abluftkamine mit 820 mm Durchmesser – 18.500 m³/h, mit 630 mm Durchmesser – 11.000 m³/h, mit 1.300 mm Durchmesser – 25.000 m³/h) wurde hieraus der Volumenstrom im jeweiligen Abluftkamin kalkuliert. Für geregelte Ventilatoren mit variabler Drehzahl wurde das Impulssignal von Messventilatoren aufgezeichnet (Messgerät: Messventilator Fa. Reventa; Messbereich/Genauigkeit: > 0,5 m/s, 4 Impulse/Umdrehung; Datenerfassung: Messwerterfassungssystem Almemo Fa. Ahlborn, 1-Min.-Intervall; kontinuierlich).

Über den Kaminquerschnitt und die Kalibrierfunktionen

■ für den Abluftkamin mit 820 mm Durchmesser – Abluftgeschwindigkeit (m/s) = (Impulse x 0,0040 + 0,0842),
 $R^2 = 1$,

■ für den Abluftkamin mit 650 mm Durchmesser – Abluftgeschwindigkeit (m/s) = (Impulse x 0,0037 + 0,0926),
 $R^2 = 1$

wurde hieraus der Volumenstrom kalkuliert. Die Betriebszustände im Stall wurden stichprobenartig abgebildet, qualitativ über die Anzahl der luftgetragenen Partikel (optisches Verfahren – Probennahme-/Messgerät: Staubmessgerät 1.108 Fa. Grimm; Messbereich/Genauigkeit: 1 bis 2 Mio. Partikel/Liter, +/- 3 %; Datenerfassung: Systemsoftware, 1-Min.-Intervalle, bis 48 Stunden). Hieraus wurden belastbare Tagesprofile der Bioaerosolkonzentrationen in der Stallluft abgeleitet. Die Tierleistungsdaten und Tierverluste wurden mittels Auswertung von Stalldokumentationen gewonnen.

Der Massenstrom luftgetragener mikrobieller Partikel wurde mit dem Produkt aus der Konzentration im Abluftstrom und dem Abluftvolumenstrom im jeweiligen Messzeitfenster bzw. aus den Mittelwerten für jede Außentemperaturklasse berechnet. Die klassenbezogene Berechnung erfolgte auf der Basis einer GV (500 kg Lebendmasse) je Sekunde aus den Halb- bzw. Stundenmittelwerten kontinuierlich erfasster Messgrößen und den zeitlich zugehörigen mikrobiologischen Befunden. Aufgrund der tageszeitlichen Lage der Messungen bilden die gemessenen Luftkonzentrationen jeweils ein Niveau bei maximaler Tieraktivität ab. Eine im Tagesverlauf kontinuierliche Messung der mikrobiologischen Kennwerte war nicht möglich. Die Tieraktivität in den Herden beeinflusst die Konzentration luftgetragener Partikel und somit auch die mikrobieller Herkunft erheblich. Um einen belastbaren Tagesmittelwert abzubilden, wurde die gemessene Konzentration luftgetragener mikrobieller Partikel korrigiert. Mittels der stichprobenartig und kontinuierlich über 48 Stunden durchgeführten qualitativen Staubmessung wurde das Konzentrationsniveau während der Herdenaktivität (ca. 16 Stunden) und der Herdenruhe (ca. 8 Stunden) abgebildet. Hieraus wurde der Korrekturfaktor für die Messwerte ermittelt. Tabelle 7 gibt einen Überblick zu den ermittelten Konzentrationen luftgetragener Partikel in Abhängigkeit von Ruhe- und Aktivitätsphasen gegenüber den Messzeiträumen.

Tabelle 7: Einfluss der Herdenaktivität auf die Konzentration luftgetragenen Staubs in Prozent

Messort	Tageszeit	<6°C	6-16°C	>16°C	bis 10.Lw.	11- 15.Lw.	16-20.Lw.	Mittel T _A K	Mittel Lw.	Korrekturwert Nacht (Konvention)
PM-1	Messzeit	100	100		100	100	100	100	100	
	Aktivität (Tag)	83	107		120	105	77	95	100	
	Ruhe (Nacht)	25	62		27	29	70	43	42	50
LH-1	Messzeit	100	100	100				100		
	Aktivität (Tag)	64	59	65				62		
	Ruhe (Nacht)	7	10	5				7		10
LH-2	Messzeit	100	100	100				100		
	Aktivität (Tag)	64	69	69				67		
	Ruhe (Nacht)	4	4	9				6		10

Die Ergebnisse zeigen, dass die Zeiträume der Probenahmen durch höchste Konzentration luftgetragener Partikel charakterisiert sind. Setzt man diese Luftkonzentration auf 100 %, ist die Konzentration luftgetragener Partikel in den verbleibenden Tagesabschnitten (Aktivität der Tiere) um ca. 30 % geringer. Im Putenstall ist diese Konzentration 20 % geringer bzw. höher. Im Kontext mit dem Mastabschnitt bei der Putenhaltung nimmt das Niveau mit zunehmendem Lebensalter ab und die Differenz zwischen den ausgewiesenen Gehaltswerten während der Ruhe- bzw. Aktivitätsphase reduziert sich deutlich. Hiermit bildet sich die abnehmende Aktivität der Puten mit der zunehmenden Körpermasse ab. Bei annähernd konstanter Körpermasse der Legehennen bleiben die auf die Jahreszeit bezogenen Niveaus relativ konstant. Aus den Messbefunden konnte ein Korrekturwert für die gemessene Konzentration luftgetragener Partikel im Abluftstrom zur Abbildung des Konzentrationsniveaus während der ca. achtstündigen Nachruhephase abgeleitet werden. In den Legehennenställen reduziert sich die Konzentration luftgetragener Partikel um 90 % während der Ruhephase gegenüber der Aktivitätsphase. In den Putenställen halbiert sich die Konzentration luftgetragener Partikel während der Ruhephase gegenüber der Aktivitätsphase.

Die Massenströme werden im Folgenden aus

1. den Messergebnissen der Konzentration mikrobiologischer Partikel im Abluftstrom und dem Volumenstrom während der Probenahmen sowie
2. einem Mittel der gemessenen Abluftkonzentrationen (korrigiert mittels der zuvor beschriebenen Faktoren) und des Volumenstroms der jeweiligen Außentemperaturklasse

abgeleitet.

3.2.2 Immissionen

Die Messungen der anlagenbezogenen Immissionen wurden in Anlehnung an die VDI RICHTLINIE 4251 [Bl. 1 2007] durchgeführt. Eine wesentliche Abweichung ist die Einrichtung von vier Messpunkten (MP 1 bis 4; 150, 250, 350 und 500 m) im Lee und einem Messpunkt (MP0; 500 m) im Luv des Emittenten entlang nur eines Messschenkels. Diese Herangehensweise wurde wegen limitierter personeller und apparativer Ressourcen erforderlich. Die Reduktion der Akteure im Messfeld trägt zur Stabilität der Messsituation bei. Die Distanzen der Messpunkte zum Emittenten wurden so gewählt, weil aus den Ergebnissen der Arbeiten von HILLIGER (1991); MÜLLER & WIEßNER (1987); SCHIEK (1998) sowie KÄMPFER & WEIßENFELS (1997) abgeleitet werden kann, dass die Konzentrationen an luftgetragenen Mikroorganismen in einer Distanz von 200 m im Lee des Emittenten das Vorbelastungsniveau im Luv erreichen kann, nach 450 m im Lee ein Nachweis nur noch bei großer Quellstärke möglich und nach 600 m kein Nachweis mehr zu erbringen ist. Der Messschenkel wurde entlang der für das Zeitfenster der Messung vorhergesagten Windrichtung ausgerichtet. Abbildung 1 gibt einen Überblick zu den Immissionsmessungen an den Legehennenställen.

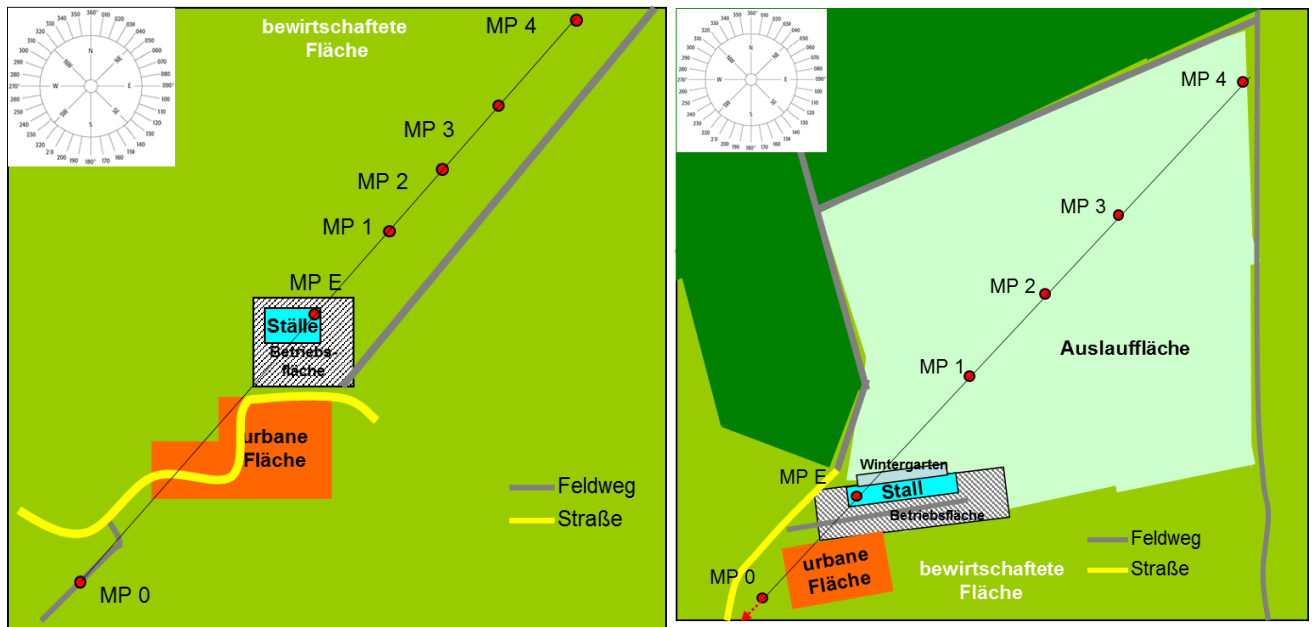


Abbildung 1: Übersichtsskizzen zu den Untersuchungsstellen mit Legehennenställen (links: LH-1; rechts: LH-2) für Immissionsmessungen

Die mikrobiologischen Parameter am Messpunkt 0 im Luv und an den Messpunkten 1 bis 4 im Lee wurden im Impaktionsverfahren mit dem modifizierten Andersonimpaktor MAS 100 zeitgleich zur Emissionsmessung erfasst. Am Messpunkt 4 (500 m) im Lee des Emittenten wurde zusätzlich das Impingement nach VDI Richtlinien 4252, Bl. 3 (2008) und 4254 zeitsynchron zur Emissionsmessung (Einfachbestimmung) in Doppelbestimmung eingesetzt. Luftgetragene Schimmelpilze (GPZ) wurden im Filterverfahren nach VDI Richtlinie 4252, Bl. 2 (2004) auf zwei parallel angeordnete Gelatinefilter mittels Kleinfiltergerät über den gesamten Untersuchungszeitraum (ca. 3 Stunden) abgeschieden.

Der Endotoxingehalt am Messpunkt 4 wurde mittels Impingement bestimmt. Das Verfahren hat sich bei der Beschreibung des Bioaerosols im ländlichen Hintergrund bewährt. Die Probenahme erfolgte über den gesamten Untersuchungszeitraum (ca. 3 Stunden).

Für die Auswahl der Tage zur Probenahme waren aufgrund eingesetzter Impaktionsverfahren Außentemperaturen oberhalb 5 °C und weitgehende Niederschlagsfreiheit während der Messungen notwendig. Die Windbedingungen mussten hinreichend stabil sein, um einen Strömungsverlauf entlang des eingerichteten Messschenkels zu sichern. Diese Bedingungen waren ab einer Windgeschwindigkeit oberhalb von 2 m/s gegeben. Entsprechend der VDI-Richtlinie 4251, Bl. 1, sollten Windgeschwindigkeiten über 4 m/s vermieden werden. Aufgrund der Befundlage wurden im Verlauf der Untersuchungen auch hiervon abweichende Windgeschwindigkeiten über 4 m/s toleriert. Aufgrund des Bewuchses, urbaner Strukturen und des Vegetationsstadiums (Aufwuchs der Nutzpflanzen) an den Untersuchungsstellen waren die Ausrichtungsmöglichkeiten des Messschenkels eingeschränkt. Voraussetzungen für die Einrichtung eines Messschenkels waren Windströmungen aus 190 ° bis 250 °. Hierdurch wurde im Rahmen der Planung der Messungen die Auswertung von Daten der Wetterstationen vor Ort und von vier ortsnahen Messstationen des Deutschen Wetterdienstes nötig. Mindestens zweimal wöchentlich wurden die Daten ausgewertet, um mögliche Termine für die Probenahmen zu bestimmen. Der hohe personelle (bis zu sieben Akteure) und messtechnische Aufwand sowie deren Verfügbarkeit stellte hohe Anforderung an Flexibilität und Organisation. Unter Beachtung der verfügbaren Arbeitszeit eigneten sich am Messort LH-1 nur 1,3 % der Arbeitszeit des gesamten Untersuchungszeitraumes für die Probenahmen. Für den Untersuchungsort LH-2 betrug der Anteil 3,3 %.

3.2.3 Meteorologische Bedingungen

An den Legehennenställen LH-1 und LH-2 wurden kontinuierlich meteorologische Kenndaten (Lufttemperatur und -feuchte, Luftdruck, Windrichtung und -geschwindigkeit sowie die Globalstrahlung) erfasst. Am Mastputenstall wurde kontinuierlich die Außenlufttemperatur und während der Probenahmen die meteorologischen Kenndaten erfasst. Hierfür kamen an den Legehennenställen die in Tabelle 8 zusammengestellten Messgeräte zum Einsatz.

Tabelle 8: Meteorologie im Umfeld des Emittenten

Messgröße	Messgerät	Messbereich	Genauigkeit
Lufttemperatur	Elektr. Ausgang Pt 100n. IEC 751	-30 – 70 °C	+/- 0,1 K
Luftfeuchte/-temperatur	Hygro-Thermogeber Thies	0 – 100 %rH -30 – 70 °C	+/- 2 %rH +/- 0,1 K
Luftdruck	Barometer Thies	946 – 1.053 hPa	+/- 1,5 %
Windrichtung/-geschwindigkeit	Komb. Windsensor Classic Thies	0 – 360 ° 0,3 – 50 m/s	+/- 0,3 m/s +/- 2 %
Globalstrahlung	Pyranometer CMP 11	0 – 2.000 W/m ² 0,31-2,8 µm	+/-0,5 % 7-14 µV/W/m ²
Messwerterfassung	Kontinuierlich über Stationsrechner, 1-Minuten-Intervall in Messnetzzentrale		

Die Quantile der gemessenen Wetterkenndaten sind in Tabelle 17 bis Tabelle 19 zusammengestellt. Die gemessenen mittleren Außentemperaturen für die Außentemperaturbereiche sind innerhalb der definierten Klassengrenzen. Die mittleren Windgeschwindigkeiten liegen zwischen 1,3 und 2,9 m/s. Der Messort LH-1 hat hier tendenziell höhere Windgeschwindigkeiten gegenüber LH-2. Eine Ursache hierfür ist die freie Lage des Messorts LH-1 ohne Strömungswiderstände durch z. B. Vegetation. Die Windklassenverteilungen innerhalb des Untersuchungszeitraumes zeigen Abbildung 2 und Abbildung 3 (Tabelle 20 und Tabelle 21).

Während am Untersuchungsort LH-2 eine Hauptwindrichtung aus Südwest erkennbar ist, verteilen sich die registrierten Windrichtungen am Untersuchungsort LH-1 gleichförmiger mit einer Tendenz aus West. Die Standorte wurden für die Untersuchungen ausgewählt, weil hier im Verlauf der Hauptwindrichtung aus Südwest Raum im Stallumfeld zur Einrichtung eines Messschenkels gegeben ist. Die hiervon abweichende Verteilung der Windrichtung am Stall LH-1 im Zeitraum der Untersuchungen schränkte die möglichen Probenahmetage ein.

Die Klassenverteilung der Windrichtung innerhalb des Untersuchungszeitraumes zeigt für den Untersuchungsort LH-1 primär eine Windströmung aus Südwest bis West. Einen vergleichbar hohen Anteil hat die Windströmung aus West. Diese Richtung ist am Messort unabhängig der Jahreszeit für die Einrichtung einer Immissionsmessstrecke ungeeignet. Die Windströmungen aus nordwestlicher bis östlicher Richtung sind aufgrund der an den Untersuchungsstall angrenzenden Wohnbebauung in südlicher Lage für Immissionsmessungen ebenfalls ungeeignet. Hiermit engt sich die mögliche Probenahmezeit unabhängig der Jahreszeit auf ca. 20 % ein. Am Untersuchungsort LH-2 tritt mit Ausnahme der Außentemperaturklasse Frühling eine Windströmung aus südwestlicher Richtung zu ca. 30 % auf.

Nr	Zeitraeume - MEZ
1	01.01.14-01:00 - 31.12.15-01:00

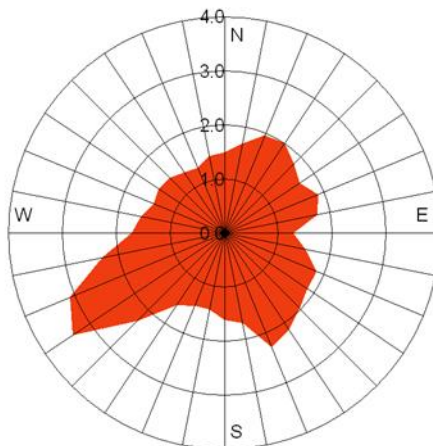


Abbildung 2: Windrose aus den Messwerten der Wetterstation am Legehennenstall LH-2

Nr	Zeitraeume - MEZ
1	01.01.14-01:00 - 31.12.15-01:00

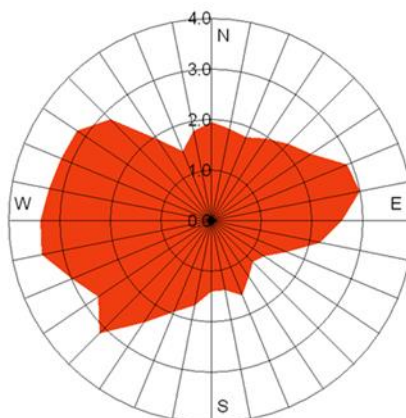


Abbildung 3: Windrose aus den Messwerten der Wetterstation am Legehennenstall LH-1

Zur Einrichtung einer Immissionsmessstrecke sind wegen der räumlichen Gegebenheiten alle Windströmungen aus südlich bis östlicher Richtung ungeeignet. Damit waren an diesem Untersuchungsort nur 30 % der verfügbaren Untersuchungszeit nutzbar. Im Kontext mit der an den Standorten im Mittel geringen Windgeschwindigkeit ist eine weitere Einengung der möglichen Probenahmezeit abzuleiten. Die Probenahmen am Putenstall PM-1 waren wegen der Beschränkung auf die Bewertung der Emission von den Wetterbedingungen unabhängig. Deshalb erfolgte hier keine Aufzeichnung der Wetterdaten.

3.2.4 Mikrobiologische Untersuchungen

3.2.4.1 Emission

Für die Beurteilung der Emission wurden in den im Abluftstrom des Stalls gesammelten Proben die Konzentration an Gesamtbakterien bei 37 °C, Schimmelpilzen, Staphylokokken, *Staphylococcus aureus*, Enterokokken, Enterobakterien und Endotoxinen bestimmt. Die mittels Impingement gewonnenen Proben wurden nach VDI-RICHTLINIEN 4253 [BL. 2 2004; BL. 3 2008] und 4254 analysiert. Es wurden die in der Tabelle 9 zusammengestellten Verfahrensweisen angewendet. Als Impingerlösung wurde physiologische Kochsalzlösung ad injectionem verwendet, die neben der Sterilität auch die Pyrogenfreiheit der Lösung garantiert. Sämtliche Glasprobenahmegeräte (Impinger mit Sammelflasche und Hakensonden) wurden bei 250 °C über sechs Stunden entpyrogenisiert.

Die Endotoxinbestimmungen erfolgten in Fremdleistung am Laboratorium Dr. Freitag GmbH Radeberg mittels LAL-Test (turbidimetrisch kinetische Methode) nach Ph. Eur. 2.6.14, Methode C.

Ein Aliquot von 5 ml wurde kurz nach Eintreffen der Proben im Labor nach Homogenisierung in endotoxin-freien Glasröhrchen bei -18 °C eingefroren und tiefgefroren in das Untersuchungslabor transportiert.

Keimgehalte unterhalb der Nachweisgrenze traten in der Emission nur bei den Parametern Enterobakterien und *Staphylococcus aureus* auf. Die Nachweisgrenze des MPN-Verfahrens mit dreifacher Wiederholung liegt bei 0,3 Keimen/ml, d. h. bei einem durchschnittlich gezogenen Luftvolumen von 500 l liegt die **Nachweisgrenze** bei ca. 2×10^1 Keimen/m³ Luft. Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze gingen mit der halbierten Nachweisgrenze (0,15) (**Ersatzwert**) in die Berechnungen ein.

Tabelle 9: Nährböden und Kultivierungsverfahren zur Bestimmung mikrobieller Parameter

Parameter	Nährboden	Kultivierung
Gesamtbakterien	Casein-Sojamehlpepton-Agar mit Natamycin	37 °C über 48 Stunden
Schimmelpilze	Dichloran-Glyzerin (DG 18) Agar	25 °C über 7 Tage
Staphylokokken	Mannit Kochsalz Agar	37 °C über 48 Stunden
<i>Staphylococcus aureus</i> *	Anreicherung in Mueller-Hinton-Bouillon mit 6,5% NaCl im MPN-Verfahren	37 °C über 24 Stunden
	Subkultur auf chromID Staph aureus	37 °C über 24 Stunden
	Subkultur auf Baird-Parker-Agar mit RPF	37 °C über 24 Stunden
Enterokokken	Slanez Bartley Agar	37 °C über 48 Stunden
Enterobakterien*	Anreicherung in Peptonwasser im MPN-Verfahren	37 °C über 24 Stunden
	Subkultur auf Mac Conkey Agar Nr.3	37 °C über 48 Stunden

* Die Gehalte an Enterobakterien und *Staphylococcus aureus* lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze für das Koch'sche Plattenverfahren. Um eine Quantifizierung dieser Parameter in der Emission darzustellen, wurde das MPN-Verfahren genutzt, das die quantitative Erfassung von Keimgehalten < 1 Kolonie/ml hinlänglich genau ermöglicht.

Tabelle 10: Untersuchungsschema für die Immissionsmessungen mittels Impaktion

Messpunkt	Nährboden	Parameter	Volumen in l	Messpunkt	Nährboden	Parameter	Volumen in l
0 (Luv)	TSA	GBZ 37°C	1000	3 (Lee-350m)	TSA	GBZ 37°C	100
	Mannit-K.	Staphylokokken.	1000		Mannit-K.	Staphylokokken	100
	DG 18 *	GPZ	50/100		TSA	GBZ 37°C	200
1 (Lee-150m)	TSA	GBZ 37°C	50	4 (Lee-500m)	Mannit-K.	Staphylokokken	200
	Mannit-K.	Staphylokokken	50		DG 18 *	GPZ	50/100
	TSA	GBZ 37°C	50		TSA	GBZ 37°C	100
	Mannit-K.	Staphylokokken	50		Mannit-K.	Staphylokokken	100
	DG 18 *	GPZ	50/100		TSA	GBZ 37°C	200
	McConkey	Enterobakterien	1000		Mannit-K.	Staphylokokken	200
	SB	Enterokokken	1000		TSA	GBZ 37°C	200

Messpunkt	Nährboden	Parameter	Volumen in l	Messpunkt	Nährboden	Parameter	Volumen in l
2 (Lee-250m)	TSA	GBZ 37°C	100		Mannit-K.	Staphylokokken	200
	Mannit-K.	Staphylokokken	100		DG 18 *	GPZ	50/100
	TSA	GBZ 37°C	100		TSA	GBZ 37°C	100
	Mannit-K.	Staphylokokken	100		Mannit-K.	Staphylokokken	100
	DG 18*	GPZ	50/100		BP+RPF	<i>S.aureus</i>	500
	BP+RPF	<i>S. aureus</i>	200				
	SB	Enterokokken	1000				

* Volumen variiert zwischen 50 und 100 l je nach Jahreszeit (100 l Oktober bis März, 50 l April bis September)

3.2.4.2 Immission

Zur Beurteilung der Immission wurden an allen Messpunkten die Gehalte an Gesamtbakterien bei 37 °C, Staphylokokken und Schimmelpilzen mittels Impaktion bestimmt, an ausgewählten Messpunkten zusätzlich die Parameter Enterokokken, Enterobakterien und *Staphylococcus aureus*.

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die jeweils untersuchten Parameter und die genutzten Volumina. Während der ersten Messreihen an den beiden Legehennenställen wurden die Volumina so ausgewählt, dass bei optimaler Luftströmung die Koloniezahlen auf den Platten zwischen 10 und 400 liegen.

Die Impingerlösungen wurden auf die Parameter Gesamtbakterienzahl bei 37 °C und Staphylokokken untersucht. 1 x 10 ml für die GBZ und 2 x 10 ml für Staphylokokken wurden über das Filtersystem Microchek II Beverage Monitor with GN 6-Membrane, 0,45 µm filtriert und die Filter auf den entsprechenden Nährböden bei 37 °C über 72 h inkubiert. Eine Auswertung nach 48 h war auf Grund der Koloniegröße noch nicht möglich. Die Endotoxinuntersuchung erfolgte analog zur Emissionsuntersuchung.

Keimgehalte unterhalb der **Nachweisgrenze** traten in der Immission – mit Ausnahme der Gesamtpilzzahl – bei allen Parametern auf.

Bei der Impaktion entspricht die Nachweisgrenze dem Wachstum einer Kolonie pro Platte. Bei der Membranfiltration (Impingement) liegt die Nachweisgrenze bei einem Organismus im jeweils filtrierten Probenvolumen (in Anlehnung an ISO 8199, Wasserbeschaffenheit – allgemeine Anleitung zur Zählung von Mikroorganismen durch Kulturverfahren, 01/2008). Wird der Organismus nicht nachgewiesen, erfolgt die weitere Berechnung mit einem Ersatzwert von 0,5. Für die GBZ bei 37 °C und den Staphylokokkengehalt ergeben sich im Impingement folgende Werte:

Nachweisgrenze: 1 Kolonie/10 ml \cong **6 Keime/m³** (bei 500 l Luftvolumen), **Ersatzwert:** **3 Keime/m³** (bei 500 l Luftvolumen). Die Grenzen und Ersatzwerte der jeweiligen Untersuchung ergeben sich aus dem tatsächlich gewonnenen Luftvolumen.

Die Nachweisgrenze der Endotoxinbestimmung mittels LAL-Test in einer physiologischen Kochsalzlösung beträgt 0,01 EE/ml, als Ersatzwert gingen somit 0,005 EE/ml in die Berechnungen ein.

Platten der Impaktion wiesen zum Teil mehr als 400 Kolonien auf. Das MAS 100 verfügt über einen Lochdeckel mit 400 Löchern, durch die die Mikroorganismen angesaugt werden. Mit zunehmender Anzahl Mikroorga-

nismen pro Probenahme steigt die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere Mikroorganismen in das gleiche Loch eintreten. Der dabei entstehende Zählfehler wird durch das Verfahren der „positive hole correction“ minimiert, bei dem die gezählten Keimgehalte auf den statistisch wahrscheinlichen Keimgehalt umgerechnet werden (MACHER 1989). Die Tabelle endet bei 400 zählbaren Kolonien, der dazugehörige wahrscheinliche Keimgehalt liegt bei 2.628. Dies stellt die Obergrenze des Verfahrens dar. Zählergebnisse oberhalb 400 Kolonien gingen mit 2.628 in die Berechnung ein.

3.2.5 Ermittlung statistischer Kennwerte

Diskontinuierlich gewonnene Messwerte wie mikrobiologische Parameter wurden dem jeweiligen Messzeitfenster zugeordnet. Hierzu erhobene Randbedingungen wie Klimadaten wurden synchron zugeordnet. Kontinuierlich erhobene Messwerte wie der Abluftvolumenstrom wurden zur weiteren Bewertung auf die Basis des Halb- bzw. Stundenmittels überführt bzw. parallel erhobenen Messwerten als Mittelwert der jeweiligen Messzeitfenster zugeordnet. Doppelbestimmungen wie am Messpunkt 4 wurden nach statistischer Prüfung als Einzelwerte dem Datenpool zugeordnet. Aufgrund der zu erwartenden Heterogenität und des Umfangs der Daten wurde primär eine deskriptive Statistik verwendet. Die Messdaten wurden für die Außentemperaturklassen (Jahreszeit) zusammengeführt. Hierzu wurden die Quantile ausgewiesen. Um die Charakteristik der Messparameter hinreichend abzubilden, wurde nach statistischer Prüfung auf eine Ausreißerbereinigung verzichtet und keine Messdaten aus der Stichprobe genommen. Diese Daten beschreiben mögliche Auslenkungen und sind deshalb unverzichtbar zur Ergebnisbeurteilung. Ein statistischer Mittelwertvergleich (z. B. t-Test) auf der Basis der dekadischen Logarithmen der Messwerte erfolgte nicht. Mittels des dekadischen Logarithmus der Messdaten wurden das geometrische Mittel und die dazugehörige Standardabweichung ausgewiesen. Bei der statistischen Auswertung wurden nur Befunde gleicher Probenahmeverfahren zusammengeführt und verglichen.

3.2.6 Qualitätssicherung der Probenahmen

3.2.6.1 Vergleichsmessungen am Messpunkt 4

Zur Beschreibung der Übereinstimmung von Impaktions- und Impingementverfahren in Abhängigkeit von den meteorologischen Gegebenheiten, Windgeschwindigkeit und Windrichtung wurde der Gesamtstaphylokokkengehalt am MP4 in einer weiteren halbstündlichen Messung erfasst:

- sechsfache zeitgleiche Messung mit 4 MAS-Geräten über 200 l (2 min.) mit 2-minütigem Delay über insgesamt 30 Minuten (= 24 Einzelmessergebnisse)
- parallele Messung mit AGI 30 in Doppelbestimmung über 30 Minuten
- zusätzliche Erfassung der Staphylokokken aus den Einleitrohren der Impinger durch sofortiges Spülen
- Erfassung der meteorologische Daten im 1-Minuten-Intervall am Stall und am MP4

Die Abbildung 4 zeigt die Positionierung der Probenahmegeräte am Messpunkt 4.

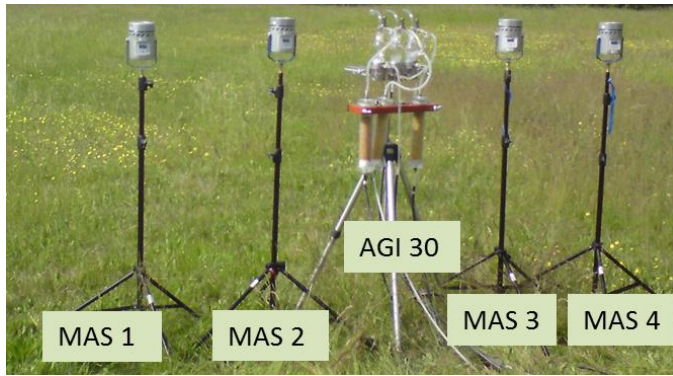


Abbildung 4: Positionierung der Probenahmegeräte zur QS-Messung am MP4

In die Auswertung gehen 17 Einzelmessungen an beiden Standorten (7x LH-1, 10x LH-2) ein. Auf Grund der geringen Datenbasis und der Tatsache, dass die Untersuchungen dem relativen Vergleich der Messmethoden und nicht der Erfassung absoluter Keimgehalte diente, erfolgte die Gesamtauswertung für beide Messstandorte gemeinsam. Folgende Kenngrößen der Messmethoden konnten ermittelt werden:

Doppelbestimmung der beiden AGI 30

Die mittlere relative Standardabweichung ermittelt aus den Datenpaaren der Doppelbestimmung als arithmetischer Mittelwert der natürlichen Zahlen betrug 33,3 %, der dazugehörige Korrelationskoeffizient lag bei 0,87.

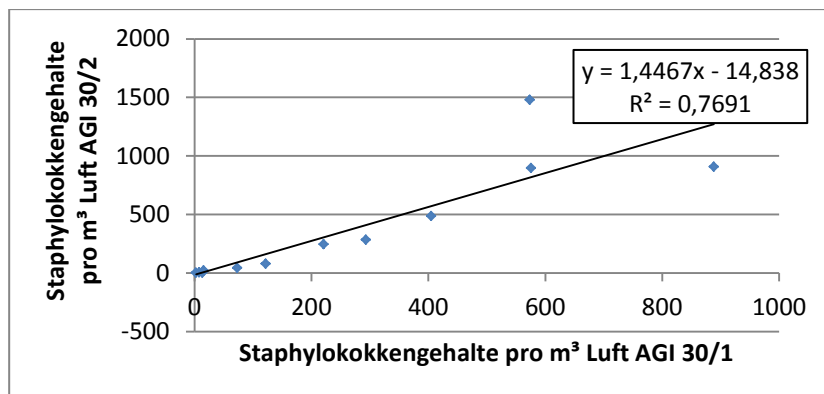


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen den Doppelbestimmungen der beiden AGI 30-Impinger

Die Korrelationskoeffizienten zwischen den Keimgehalten der beiden Impinger und der dazugehörigen Spüllösungen der Einleitrohre lagen bei 0,52 und 0,63 bezogen auf natürliche Zahlen. Eine Addition dieser Keime zum Staphylokokkengehalt der Impingerlösung führte nicht zu einer größeren Übereinstimmung der Keimbelastung der beiden Sammelgefäße. Die Einleitrohre simulieren die menschliche Nase, deren Schleimhaut mehr oder weniger große Luftpartikel und Zellaggregate bindet, die somit nicht in den Bronchialtrakt der Lunge gelangen können. Eine Gesetzmäßigkeit zwischen den Keimgehalten der Einleitrohre und bestimmten Einflussgrößen war in dieser geringen Stichprobenanzahl nicht ableitbar.

Zeitgleiche Vierfachmessungen mittels MAS 100

Die mittlere relative Standardabweichung ermittelt aus den Daten der zeitgleichen Vierfachbestimmung als arithmetischer Mittelwert der natürlichen Zahlen betrug 26,5 %.

Abbildung 6 zeigt die Beziehung des MAS1 zu den anderen drei Messgeräten (n jeweils 102 Wertepaare) bezogen auf natürliche Zahlen. Beim Vergleich aller MAS-Geräte untereinander variierten die Korrelationskoeffizienten zwischen 0,97 und 0,99

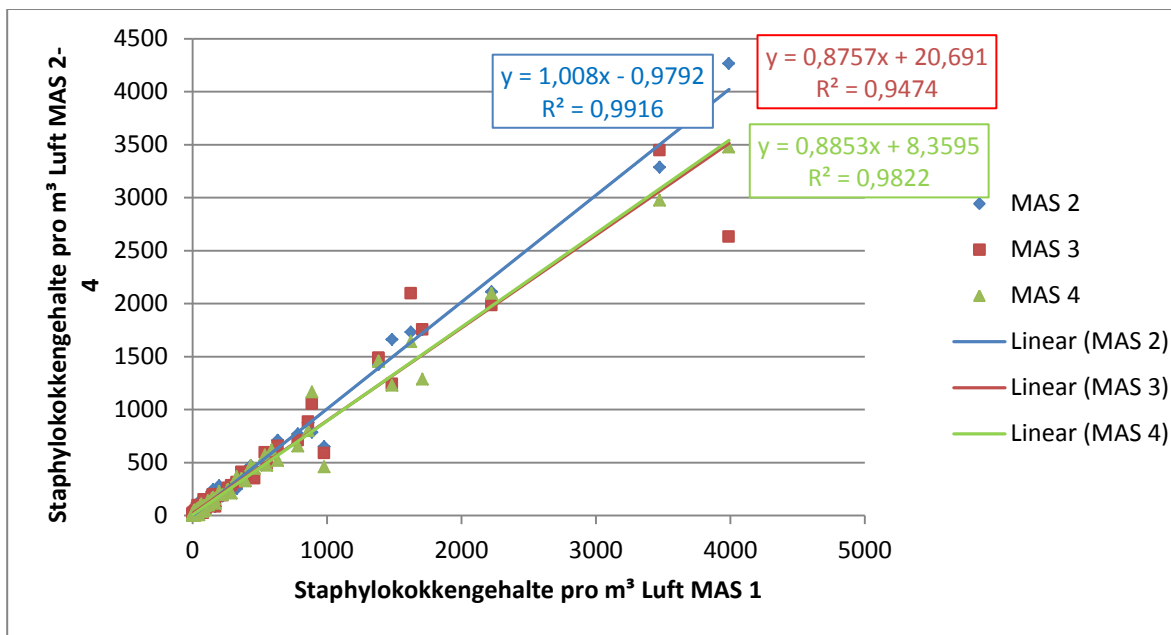


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen dem MAS 1 und den anderen zeitgleich messenden Impaktoren

Sechsfache Messung mittels MAS 100 innerhalb von 30 Minuten

Die relative Standardabweichung bei allen vier Messgeräten über sämtliche Messungen (n = 102) lag bei 102 % und verdeutlicht damit die Diskontinuität des Bioaerosolangebotes innerhalb einer halben Stunde. Abbildung 7 vermittelt einen Gesamteindruck der kompletten QS-Messung mittels MAS am 06.07.15 am LH 2, Tabelle 11, mit den dazugehörigen statistischen Kenngrößen und Windgeschwindigkeiten soll dieses Phänomen erklären.



Abbildung 7: Mannit-Kochsalz-Platten einer typischen QS-Messung mittels MAS 100 (06.07.2015; LH 2)

Tabelle 11: Ermittelte Staphylokokkengehalte pro m³ Luft, statistische Kenngrößen und meteorologische Gegebenheiten zum Zeitpunkt der Probenahme am 06.07.15

Messwiederholung	MAS 1	MAS 2	MAS 3	MAS 4	Mw.	Std.-Abw.	RSD	Zeit	WG Stall	Winkeldiff. Stall	WG MP4	Winkeldiff. MP4
	KBE/m ³						%		m/s	°	m/s	°
1	260	225	235	240	248	12	5	13:30	2,4	28	2,7	24
2	10	30	5	45	23	19	82	13:35	5,3	34	1,6	33
3	1385	1425	1485	1455	1438	43	3	13:41	3,1	29	2,5	1
4	2225	2110	1985	2095	2104	98	5	13:46	4,5	33	2,9	29
5	1385	1425	1485	1455	1438	43	3	13:52	3,2	19	2,3	20
6	100	95	65	95	89	16	18	13:57	1,8	54	4,3	5
Mw.	894	890	877	898			19					
Std.-Abw.	902	876	872	879								
RSD	%	101	98	99	98	99						

Abbildung 7 und Tabelle 11 verdeutlichen das Phänomen der sehr homogenen gleichzeitigen Vierfachmessung bei großer Diskontinuität des Staphylokokkengehaltes innerhalb von 30 Minuten. Die Schwankungen innerhalb der Halbstundenmessung betragen mehr als zwei Zehnerpotenzen. Windgeschwindigkeiten und Windrichtung variieren stark an beiden Messpunkten, eine direkte Korrelation zwischen den ermittelten Keimgehalten und den zeitgleich erhobenen meteorologischen Daten ist nicht zu erkennen. Die Auswirkung der meteorologischen Schwankungen auf das mikrobiologische Messergebnis ist zeitversetzt und somit nur in einer gröberen Auflösung erfassbar. Außerdem ist die Strömung des Windes zumeist als turbulent anzusehen, die damit verbundene Verwirbelung kann dieses Phänomen wahrscheinlich am ehesten erklären.

Vergleich der beiden Messmethoden

Zur Gegenüberstellung der beiden Messmethoden je Halbstundenmessung wurde das geometrische Mittel der 24 MAS-Einzelmessungen den beiden Einzelergebnissen aus dem Impingement gegenübergestellt. Die Berechnungen erfolgten nach dekadischer Logarithmierung.

Abbildung 8 zeigt die Zusammenhänge zwischen dem geometrischen Mittel aller MAS-Platten mit den Ergebnissen der beiden Impinger über alle Messungen unabhängig von meteorologischen Gegebenheiten. Die Korrelationskoeffizienten lagen bei 0,70 und 0,71.

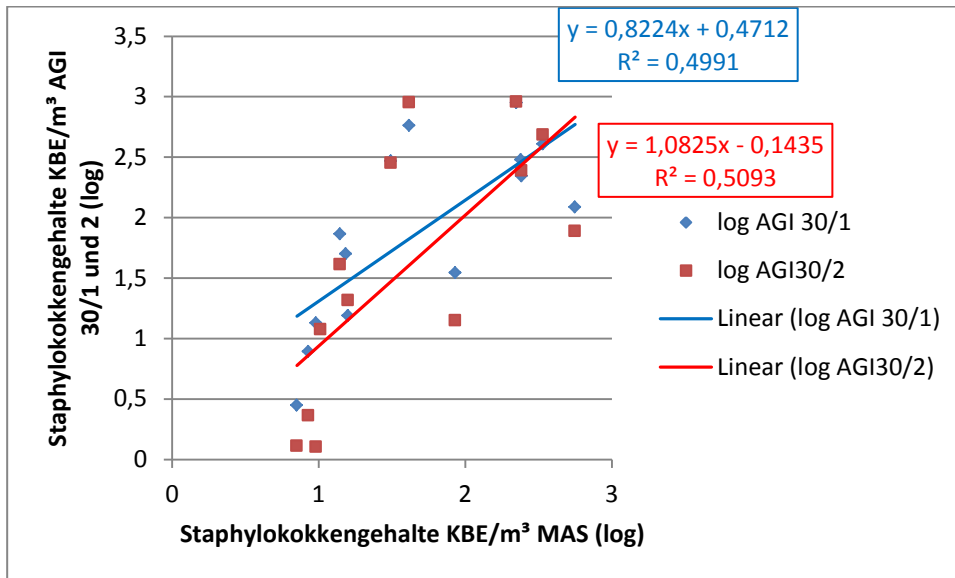


Abbildung 8: Vergleich der Messergebnisse zwischen Impaktion und den beiden AGI 30-Impingern

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Vergleichbarkeit der vier parallelen MAS-Messungen über zwei Minuten sehr hoch ist. Dies bedeutet, dass die Anströmung des Bioaerosols über kurze Zeiten recht stabil ist und die MAS-Geräte diese Bioaerosolangebote sehr gut abbilden können. Hauptkritikpunkt am Einsatz der Impaktion für Immissionsmessungen im Outdoor-Bereich ist die Tatsache, dass jedes Partikel unabhängig von der Anzahl aggregierter lebensfähiger Zellen nur eine Kolonie auf der Platte hervorbringt. Somit kann mit dieser Methode nur die Anzahl mikroorganismen tragender Partikel in der Luft bestimmt werden (CLAUB & HINZ 2014). Der Vorteil des Verfahrens liegt allerdings darin, dass die impaktierten Mikroorganismen direkt auf Nährmedien treffen und bebrütet werden, sie unterliegen einem wesentlich geringeren Sammelstress. Mit dem AGI 30 werden nur Mikroorganismen in kleineren Partikelgrößenfraktionen gesammelt, 20 µm große Partikel werden nahezu komplett im Einlassrohr zurückgehalten (CLAUB & HINZ 2014). Die heterogene Datenlage beim Vergleich der Keimzahlen in der Impingerlösung und im Einlassrohr deutet darauf hin, dass wenige große Partikel in 500 m Entfernung vom Emittenten auftreffen, die zufällig angesaugt werden und im Einlassrohr verbleiben. Der Krümmer fungiert in diesem Zusammenhang als „Glätter“ der Ergebnisse.

Aus der guten Übereinstimmung der Messergebnisse zwischen den beiden Impingern und der sechsfachen Messung über 30 Minuten mittels MAS bei optimaler Windgeschwindigkeit kann geschlossen werden, dass die Anströmung des Bioaerosols in Schüben mit einem homogenen Anteil kleiner Partikel erfolgt, was dem Wesen einer turbulenten Strömung entspricht. Der Nachteil der Impaktion ist durch die kleine Partikelgröße gering und wird durch die bessere Kultivierbarkeit der lebensfähigen Mikroorganismen kompensiert. Auf eine zeitgleiche Mehrfachbestimmung kann bei der MAS-Messung verzichtet werden. Die Vergleichbarkeit der beiden AGI 30-Impinger ist innerhalb der QS-Messungen für ein mikrobiologisches Verfahren relativ gut. Trotzdem kann auf eine Doppelbestimmung bei der Immissionsmessung nicht verzichtet werden, weil es durch schwärmende Mikroorganismen oder schnell wachsende Schimmelpilze, die den gesamten Filter überwuchern können, häufig zu Totalausfällen des Messergebnisses kommen kann. Für eine Darstellung eines Halbstundenmittelwertes mittels MAS sind mehrere Messungen in Folge erforderlich, um die Schwankungen des Bioaerosols auszugleichen. Je mehr Messungen, desto genauer widerspiegeln die Einzelmessungen das Bioaerosolangebot. Das aus den Einzelmessungen berechnete geometrische Mittel stimmt bei optimaler Windgeschwindigkeit gut mit den Ergebnissen der Impinger überein. Ein mittels Impaktion ermittelter Einzelwert kann das Bioaerosol in der Immission nur für die gemessene Zeit beschreiben, aber nicht für eine Halbstundenaussage herangezogen werden.

3.2.6.2 Gesamtzellzahlbestimmungen aus der Emission

Die Gesamtzellzahl ist ein kultivierungsunabhängiger Parameter für Emissionsmessungen, bei der die Gesamtzahl DAPI-gefärbter lebender und toter Bakterien und bakterieller Sporen erfasst wird. Das Verfahren basiert auf der VDI-Richtlinie 4253 Blatt 4 und ist für einen Konzentrationsbereich ab 10^5 Zellen/m³ für eine Probenahme mit Impingern bei einem Luftprobenvolumen von 0,5 m³ ausgelegt. Die Untersuchungen erfolgten in der BfUL.

Die Gesamtbakterienzahl als kultivierungsabhängige Größe ist somit immer ein Teil der Gesamtzellzahl. Das Verhältnis der beiden Größen wird wesentlich durch die biologische Sammeleffizienz bestimmt. Der im Impingementverfahren auftretende Sammelstress kann zum Absterben der Mikroorganismen oder zu einem Stadium führen, in dem die Zellen zwar noch leben, aber nicht mehr kultivierbar sind („viable but notculturable“). Des Weiteren müssen die Kultivierungsbedingungen des Casein-Sojamehlpepton-Agar mit Natamycin bei 37 °C über 48 Stunden das Wachstum der lebenden Zellen ermöglichen (JÄCKEL et al. 2014).

Bei Untersuchungen in Hähnchenmastanlagen lag die Konzentration der auf Casein-Sojamehlpepton-Agar bei 36 °C kultivierbaren Bakterien etwa 100-fach unterhalb der Gesamtzellzahl (GÄRTNER et al. 2011). Die Konzentration an Bakterien, die mit kultivierungsabhängigen Verfahren erfassbar ist, beträgt häufig 1 bis 2 %, kann aber in Abhängigkeit vom Bioaerosol bis zu 80 % betragen (SCHNEIDER et al. 2015).

In die Auswertung gingen neun Untersuchungen des PM-1, elf Zählungen des LH-1 und zwölf Ergebnisse des LH-2 ein (siehe auch Tabelle 66). Der relativ kleine Stichprobenumfang lässt keine abschließenden Schlussfolgerungen zu.

In dem Putenmaststall lag der berechnete Median der neun Einzelmessungen bei $5,0 \cdot 10^7$ Zellen und damit um das 27-Fache über der gewonnenen Gesamtbakterienzahl (kultivierbarer Anteil 3,7 %). In den Legehennenställen war das Verhältnis noch weiter. Im LH-1 wurde eine Gesamtzellzahl von $8,9 \cdot 10^7$ Zellen, im LH-2 ein erwartungsgemäß höherer Wert von $2,6 \cdot 10^8$ Zellen bestimmt. Mit einem kultivierbaren Anteil von durchschnittlich 2,8% und einem Verhältnis von 1:36 zwischen GBZ und GZZ entspricht das Ergebnis im LH-2 den bekannten Literaturangaben für Geflügel. Die Ergebnisse des ausgewählten Datenkollektives aus dem LH-1 erbrachten allerdings nur einen durchschnittlichen kultivierbaren Anteil von 0,9 %, die GZZ übersteigt die GBZ um das 239-Fache.

Weil die Probenahmebedingungen und die anschließende Aufarbeitung im Labor für alle Emissionsmessungen gleich waren, muss dieses Ergebnis ein stallspezifisches Phänomen sein. Ein Zusammenhang zur Spezieszusammensetzung der jeweiligen Legehennenbioaerosole ist nicht erkennbar. Der kultivierbare Anteil ist auch Ausdruck der „Frische“ des Bioaerosols. Je jünger die emittierenden Zellen sind, desto größer ist die Chance der Kultivierbarkeit. Möglicherweise führt die bewegungsärmere Haltung bei insgesamt niedrigeren Luftwechselraten im LH-1 zu einem geringeren Freiwerden von frischen hautgebundenen Mikroorganismen.

In beiden Legehennenställen konnte aber ein deutlicher Zusammenhang zwischen kultivierbarem Anteil und Lebensalter der Tiere festgestellt werden. Die Korrelationskoeffizienten lagen bei 0,71 im LH-1 und bei 0,82 im LH-2 (Abbildung 9). Ursache hierfür könnte die sich im Laufe des Lebensalters verändernde Florazusammensetzung der Haut sein.

Eine derartige Tendenz lässt sich aus dem derzeitig untersuchten Probenmaterial im Putenstall nicht ableiten. Weiterführende Arbeiten zu den Bioaerosolproben aus der Putenmastanlage werden an der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin vorgenommen.

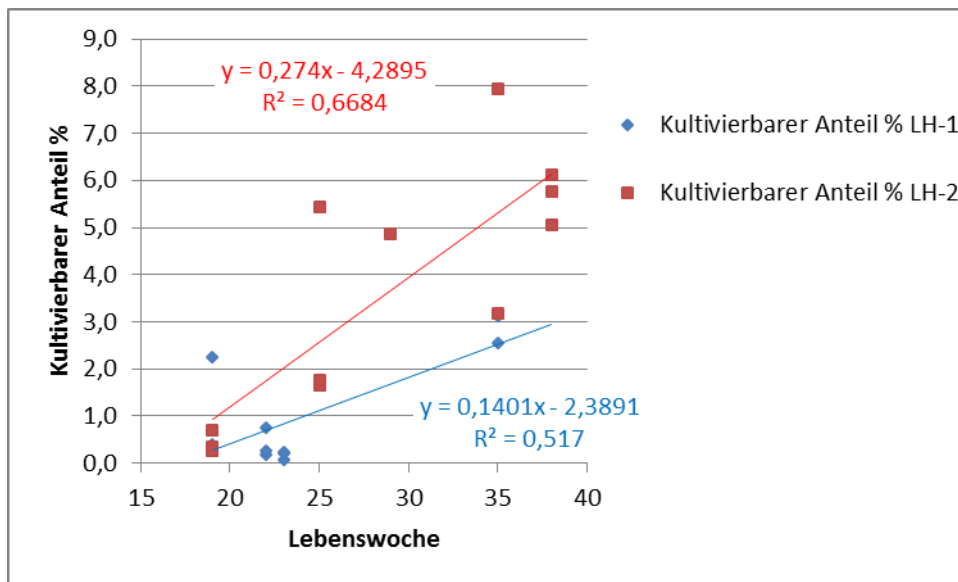


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Lebensalter der Tiere und dem Anteil der auf TSA kultivierbaren Bakterien an der DAPI-Gesamtzellzahl der beiden Legehennenställe

3.2.6.3 Blindwertproben

In Anlehnung an die Forderungen der VDI 4257 Blatt 2 (7.3.4) wurde für jeden Messtag in der Emission ein Feldblindwert in Form der mikrobiologischen Untersuchung eines Emissionsimpingers sowie der mikrobiologischen Untersuchung und Endotoxinbestimmung einer unter Feldbedingungen gespülten Hakensonde durchgeführt. Die gesamte Impingerlösung wurde filtriert und anschließend bei 37 °C bebrütet. Aus der Spüllösung der Hakensonde (20 ml) wurde ein Aliquot von 5 ml zur Endotoxinbestimmung entnommen, der Rest wurde ebenfalls filtriert und anschließend kultiviert. Folgende Ergebnisse an den drei Emissionsstandorten konnten erhoben werden:

Tabelle 12: Feldblindwerte der Emissionsmessungen an den drei Standorten

Standort	Anzahl	0-Impinger		Hakensonde			Endotoxin			
		0-5	6-10	0-10	11-50	51-100	< 0,01	0,01-0,05	0,05-0,2	
		KBE						EE/ml		
PM-1	17	16	1	14	2	1	14	3	0	
LH-1	17	16	1	11	5	1	16	1	0	
LH-2	17	13	4	11	3	3	16	0	1	

Die Keimzahlen beziehen sich auf die Gesamtflüssigkeitsmenge – im Impinger auf 30 ml, d. h., ein Nachweis von zehn Kolonien auf dem Filter entspricht einer Keimdichte von 0,3 KBE/ml und ist somit weit unter der Bestimmungsgrenze für eine Emissionsmessung. Bei einer Verunreinigung der Hakensonde von 100 Keimen/15 ml entspricht dies einer Keimdichte von 6,7 Bakterien/ml, ist damit im Koch'schen Plattenverfahren ebenfalls nicht nachweisbar und liegt mindestens zwei Zehnerpotenzen unterhalb der Keimdichte der Impingerlösung eines Emissionsimpingers. Gemäß VDI-Richtlinie darf der Feldblindwert 1 % des Mittelwertes aus den arbeitstäglichen Einzelmessungen nicht überschreiten. Die Ergebnisse zeigen, dass diese Forderung aus mikrobiologischer Sicht immer erfüllt wurde. Die Endotoxingehalte in der Emission lagen immer im ein- bis zweistelligen Bereich. Der hohe Wert von 0,187 IE/ml am LH-2 betrug 0,9 % der durchschnittlichen Endotoxinbelastung der drei gemessenen Impinger an diesem Messtag und kann ebenfalls vernachlässigt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, unter Feldbedingungen sowohl nahezu steril als auch endotoxinfrei zu arbeiten.

Pro Probenahmetag wurde ein analytischer Blindwert im Labor mitgeführt, wobei die unverdünnte endotoxinfreie physiologische Kochsalzlösung (ad injectionem) ausplattiert wurde. Die Platten erwiesen sich stets als steril.

4 Ergebnisse und Beurteilungen

4.1 Tierleistungen und -gesundheit

Bei den rhythmisch durchgeführten Bestandsbeurteilungen wurden Auffälligkeiten im Erscheinungsbild der Tiere und des Haltungssystems bewertet. Die in die Untersuchungen eingebundenen Hennenherden im Stall LH-1 wurden im März 2013, im April 2014 und im April 2015 eingestallt. Die im März 2013 eingestellten Tiere zeigten ab Dezember 2013 deutliche Gefiederverluste im Bauchbereich. Insgesamt war das Federkleid beschädigt. Es herrschte eine deutliche Unruhe in der Herde. Der Federanteil in der Einstreu war gering. Hiernach ist ein Federfressen der Tiere nicht auszuschließen. Deutliche Verletzungen wurden nicht beobachtet. Die im April 2014 und 2015 eingestellten Tiere zeigten einen besseren Zustand. In den untersuchten Aufstallungszeiträumen war die Legeleistung mit über 80 % im Mittel (über 90 % im Maximum) für eine Bodenhaltung gut. In der ersten Hennenherde waren die Tierverluste (12,8 %) recht hoch. Die Tierverluste in der zweiten Herde waren mit 13,9 % auf vergleichbar hohem Niveau. Die Verluste in der dritten Herde weisen auf ein niedrigeres Niveau hin. In den ersten sechs Monaten lagen die Verluste bei 2,8 %. Hier wurde ab Beginn des Legens eine hohe Anzahl an Eiern verlegt.

Die Hennenherden im Stall LH-2 wurden jeweils im April 2013, 2014 und 2015 mit der 17. Lebenswoche eingestallt. In der ersten Herde wurden ab der 45. Lebenswoche deutliche Gefiederschäden am Bauch und Rücken, aber teilweise auch im Halsbereich festgestellt. Die zweite und dritte Herde zeigte ein verbessertes Bild. Die Tiere waren lebhaft, aber nicht nervös. Bei den Herden wurde eine recht deutliche Abnahme der Legeleistung ab der 50. Lebenswoche festgestellt. Die Verluste an Hennen waren ab der 60. Lebenswoche hoch. Insgesamt hatten die Tiere einen instabilen Gesundheitsstatus und der Schmutzeieranteil stieg zum Teil über den erwarteten Anteil an. Die Gesamtlegeleistung (im Mittel der Herden 75 % je DH) blieb unter dem erwarteten Niveau. Die mittleren Tierverluste (18 %, ohne 3 % erdrückte Tiere) lagen auf erhöhtem Niveau. Die 2015 eingestellte Herde hatte nach dem fünften Monatsmonat bereits 7 % Verluste. Die Legeleistung war bereits auf unter 80 % je Henne des Durchschnittbestandes gesunken. Der hohe Anteil an verlegten Eiern deutete auf keinen optimalen Durchgang hin. Demgegenüber zeigten die Tiere einen guten Gefiederzustand.

Am Standort PM-1 wurden sechs Belegungen während des vergangenen Untersuchungszeitraums eingestallt. Die Tiere zeigten über den gesamten Mastabschnitt keine gesundheitlichen Auffälligkeiten. Geschwächte Tiere wurden separiert. Die Tierverluste lagen im Mittel von fünf ausgestallten Herden bei 10 %. Die Gewichtsentwicklung bis zur 21. Lebenswoche lag auf erwartetem Niveau. Bei den Stalldurchgängen sind die Tiere aktiv und erkundungsorientiert. Einmal wöchentlich wird Stroh nachgestreut. Den Vereinbarungen der Putenhalter gemäß werden bis maximal 55 kg Lebendmasse je m² Stallfläche gehalten.

4.2 Legehennenstall LH-1

4.2.1 Einfluss von Windrichtung und Windgeschwindigkeit auf die Immissionsdaten

Die meteorologischen Bedingungen am Tag der Probenahme haben einen Einfluss auf die Ergebnisse. Es ist aus dem zuvor Beschriebenen zu erwarten, dass insbesondere die variierende Windrichtung und -geschwindigkeit während der Probenahme Einfluss auf die Ergebnisse nehmen. Abweichungen während der Probenahmen sind ungeplant und zufällig auftretende Änderungen der Windbedingungen. Die Probenahmetage wurden mit Schwerpunkt auf vorhergesagte Windrichtung und -geschwindigkeit ausgewählt. Bei Probenahmen entlang eines Messschenkels könnte die Abweichung der tatsächlichen Windrichtung von der Ausrichtung des Messschenkels eine exponierte Wirkung haben. Um die Proben vor diesem Hintergrund besser bewerten zu können, wurde jeder im Umfeld des Stalls entnommenen Luftprobe die Windrichtung während der Probenahme (kleinräumig, z. T. für eine Minute) zugeordnet. Die Windbedingungen wurden dabei in der Nähe des Emittenten bestimmt. In Abbildung 10 soll zuerst die Beziehung zwischen Windgeschwindigkeit und Windrichtung betrachtet werden. Hierzu wurden die während der Messungen aufgetretenen Windrichtungen drei Klassen von Windgeschwindigkeiten gegenübergestellt.

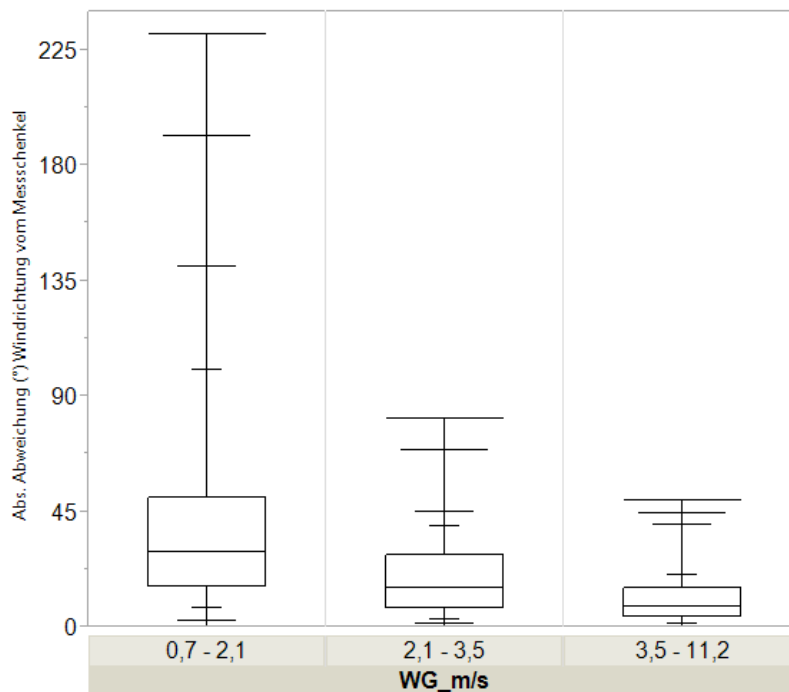


Abbildung 10: Abweichung der Windrichtung vom Messschenkel nach Windgeschwindigkeitsklassen

Insbesondere bei Windgeschwindigkeiten unter 2 m/s treten erhebliche Schwankungen bei der gemessenen Windrichtung auf (Kapitel 3.2.6). Die Streuung nimmt mit steigender Windgeschwindigkeit ab. Eine Ursache hierfür kann bei der mechanischen Trägheit der Messeinrichtung (Wetterfahne mit Schalenanemometer) vermutet werden. Weiterhin ist zu erwarten, dass bei geringen Windgeschwindigkeiten im Kontext mit Geländeprofilen und -hindernissen keine gerichtete Strömung stattfindet und die Windströmung „mäandert“. Das führt zwar zu einer gleichräumigen Verteilung der luftgetragenen Frachten, ein messtechnischer Nachweis kann nicht erbracht werden. Hiermit scheinen Windgeschwindigkeiten auch über 4 m/s (VDI 4251) für derartige Messungen vorzüglicher gegenüber Windgeschwindigkeiten unter 2 m/s. Das gilt, solange die benutzte Sammeltechnik entsprechende Ansauggeschwindigkeiten hat. Das ist beim Impinger AGI 30 (4 m/s) und auch beim Impaktor MAS 100 (11 m/s) gegeben. Im zweiten Schritt sollen nun auch die erzielten Sammelergebnisse der Windgeschwindigkeit und -richtung gegenübergestellt werden. Hierzu wurde in Abbildung 11 und Ab-

Abbildung 12 zeigt die Luftkonzentration an Staphylokokken am Messpunkt 4, 500 m im Lee der Emittenten für die untersuchten Hennenställe der Windgeschwindigkeit und -richtung gegenübergestellt.

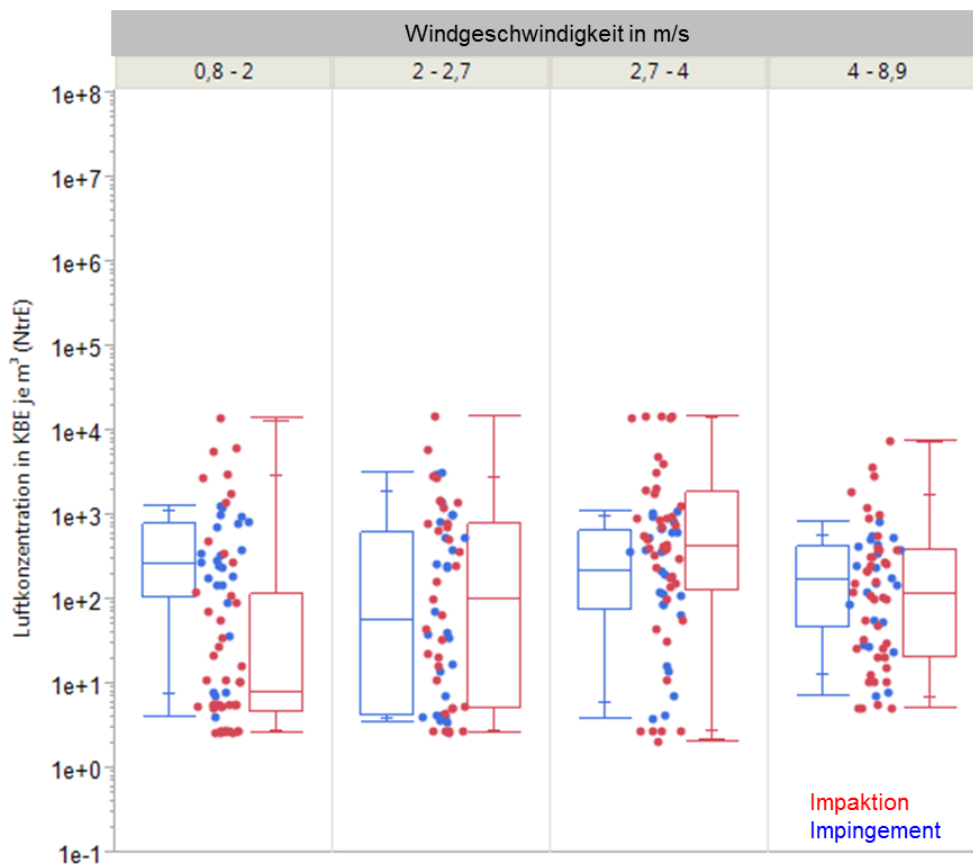


Abbildung 11: Einfluss von Windgeschwindigkeit auf die Konzentration an Staphylokokken am Messpunkt 4 (zusammengefasst für LH-1 und LH-2)

Die Windgeschwindigkeit zeigt keinen Einfluss auf die gemessenen Konzentrationen an Staphylokokken in der Außenluft am Messpunkt 4. Die Messergebnisse zeigen auch unterhalb von 2 m je Sekunde und oberhalb von 4 m je Sekunde keine Unterschiede beim gemessenen Konzentrationsniveau. Zwischen den Sammelergebnissen und der Windgeschwindigkeit besteht kein Zusammenhang. Auch statistische Berechnungen konnten keinen Zusammenhang abbilden. Einen vergleichbaren Einfluss nimmt die Abweichung der Windrichtung vom eingerichteten Messschenkel auf die Konzentration luftgetragener Staphylokokken am Messpunkt 4. Durch die prognosebasierten Probenahmeplanungen tritt eine Abweichung der Windrichtung vom eingerichteten Messschenkel nur ein, wenn eine geringe Windgeschwindigkeit die Anströmung am Messort instabil werden lässt. Damit können Sammelergebnisse aus Probenahmen mit Abweichungen vom Messschenkel bei insbesondere Windgeschwindigkeiten unter 2 m/s im Datenpool verbleiben. Die getrennte Betrachtung der Messverfahren mit Impaktor und Impinger zeigt vergleichbare Ergebnisse. Damit sind die Bewertungen für beide Messverfahren gültig. Zur Verbesserung der Ergebnissicherheit wurde ein Messtag, an dem die Abweichung im Mittel 100 ° vom Messschenkel betrug, ausgeschlossen.

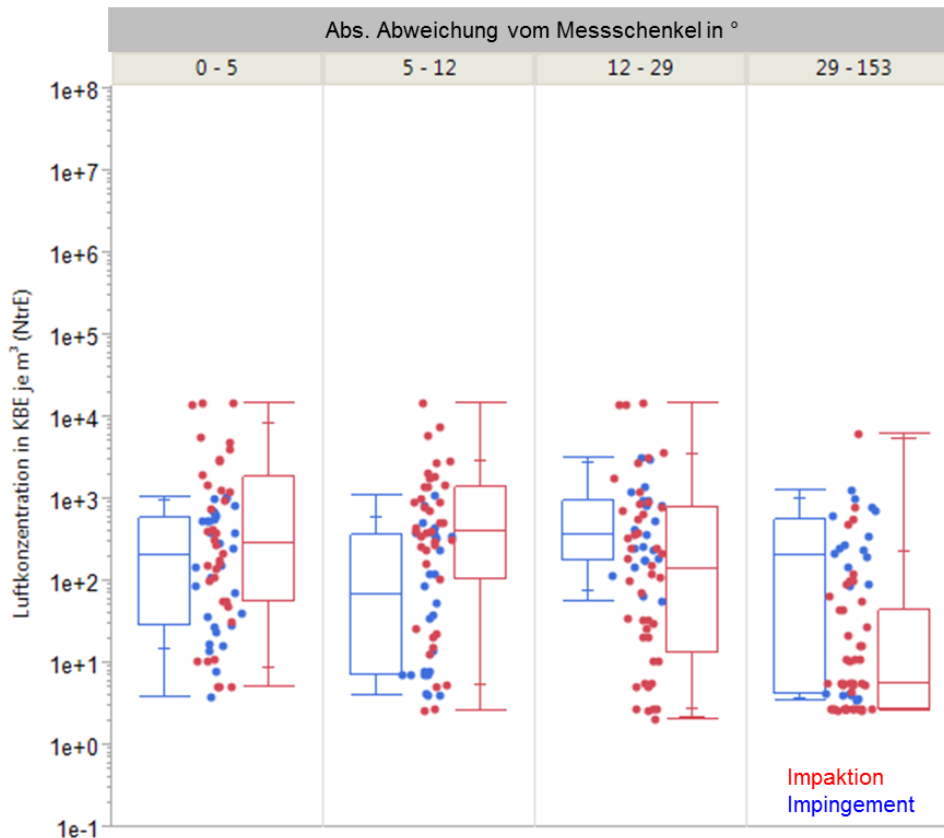


Abbildung 12: Einfluss von der absoluten Abweichung der Windrichtung vom Messschenkel auf die Konzentration an Staphylokokken am Messpunkt 4 (zusammengefasst für LH-1 und LH-2)

4.2.2 Vorbelastung

Für die Einschätzung der Lastenverfrachtung eines Emittenten ist die Kenntnis zur Vorbelastung am Untersuchungsort wichtig. Aus diesem Grund wurden an allen Untersuchungsorten parallel zur Probenahme im Abluftstrom Proben in einer Distanz von 500 m im Luv der Ställe genommen. In Abbildung 13 sind die hierbei unabhängig von der Jahreszeit analysierten mikrobiellen Partikel der Luft im Umfeld des Stalles (Quantile) zusammengestellt.

Die Bakterien (GBZ) werden im vom Emittenten unbelasteten Umfeld in einer Konzentration von $1,0 \cdot 10^1$ KBE je m^3 nachgewiesen (vgl. Tabelle 22). Im Frühling und Sommer sind die Luftkonzentrationen deutlich höher ($2,0 \cdot 10^1$ KBE je m^3), während diese im Herbst und Winter auf niedrigem Niveau liegen.

Die Vorbelastung der Außenluft mit Staphylokokken ist im Jahresmittel bei $1,8 \cdot 10^0$ KBE je m^3 . Ein jahreszeitlicher Einfluss konnte nicht festgehalten werden. Im Unterschied zur Gesamtbakterienzahl und den Schimmelpilzen war bei 20 % der Proben kein Nachweis möglich und das Messergebnis wurde durch einen unteren Ersatzwert ersetzt. Das Ergebnis wurde so erwartet, weil die Quelle von Staphylokokken primär Lebewesen (Tiere, Menschen) sind.

Die Vorbelastung der Außenluft mit Schimmelpilzen liegt im Jahresmittel bei $1,3 \cdot 10^3$ KBE je m^3 . Insbesondere bei Lufttemperaturen über 16 °C werden 5-fach höhere Befunde ermittelt.

Zusammenfassend kann abgeleitet werden, dass mesophile Bakterien (GBZ) in geringer Konzentration in der Außenluft 500 m im Luv des Stalls nachweisbar sind. Die Luftkonzentration an Staphylokokken liegt deutlich unter der Bakterienkonzentration. Schimmelpilze werden in beachtlichem Umfang nachgewiesen. Der Ursprung kann hierfür in der Standortvegetation gesucht werden.

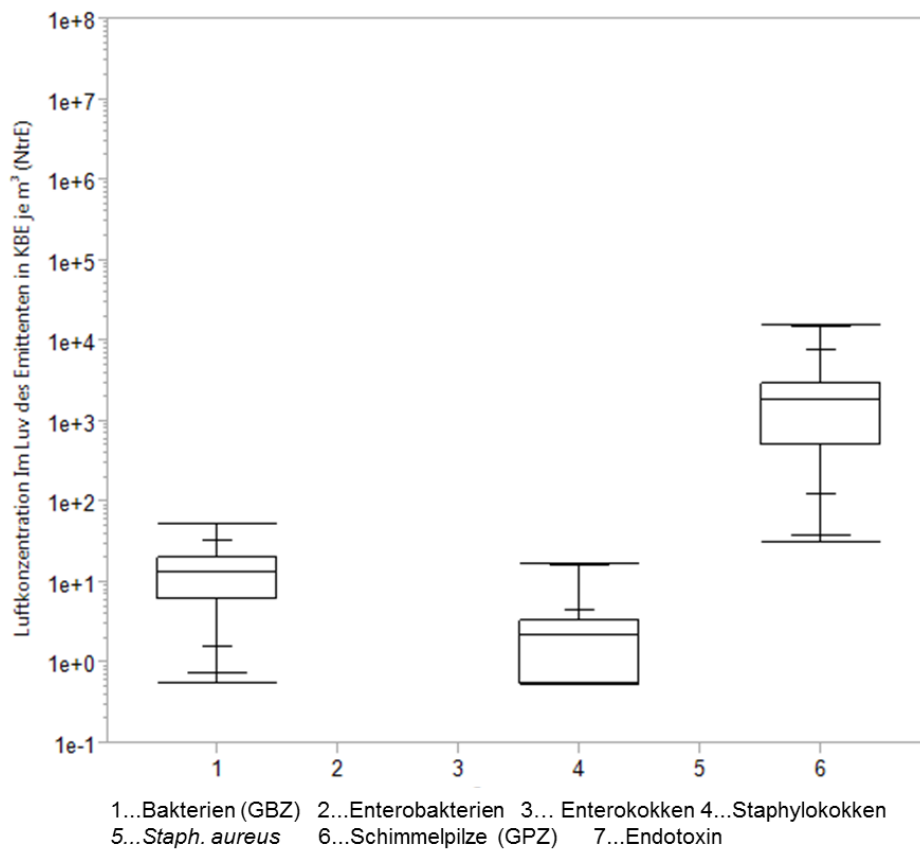


Abbildung 13: Vorbelastung (GBZ, Staphylokokken, Schimmelpilze) im Umfeld des Legehennenstalls LH-1

4.2.3 Emission

Die Quantile der Abluftkonzentration der mikrobiologischen Leit- und Summenparameter aus dem Legehennenstall LH-1 ist im Jahresmittel in der Abbildung 14 zusammengestellt (Tabelle 23).

Im Abluftstrom wurden mittlere Luftkonzentrationen an Bakterien (GBZ) von $1,5 \cdot 10^6$ KBE je m^3 nachgewiesen. Es wurden Maximalwerte bis $3,5 \cdot 10^7$ KBE je m^3 gefunden. In die Ergebnisse flossen keine Ersatzwerte ein (Tabelle 24). Aus den Ergebnissen ist kein jahreszeitlicher Einfluss abzuleiten (Tabelle 25 bis Tabelle 28).

Die ausgewiesenen statistischen Kennzahlen der Abluftkonzentration an Staphylokokken korrespondieren eng mit der Gesamtbakterienzahl. Daraus kann abgeleitet werden, dass Staphylokokken primär das Ergebnis der Gesamtbakterienzahl bestimmen. Hiermit ist für künftige Untersuchungen im Kontext mit Tierställen in Erwägung zu ziehen, nur die Staphylokokkenkonzentration zu bestimmen.

Enterobakterien wurden mit einer mittleren Abluftkonzentration von $4,5 \cdot 10^1$ KBE je m^3 nachgewiesen. Maximalkonzentrationen lagen um zwei Zehnerpotenzen höher. Bei 50 % der Proben konnte kein Nachweis ge-

führt werden (Tabelle 24). Hier wurde ein unterer Ersatzwert verwendet. Ein jahreszeitlicher Einfluss konnte aus den Befunden nicht abgeleitet werden.

Die mittlere Abluftkonzentration an Enterokokken wurde mit $1,0 \cdot 10^4$ KBE je m^3 nachgewiesen. Hier werden die höchsten mittleren Abluftkonzentrationen im Frühling (zwei Tagesmessungen, sechs Proben) mit $4,7 \cdot 10^4$ KBE je m^3 nachgewiesen.

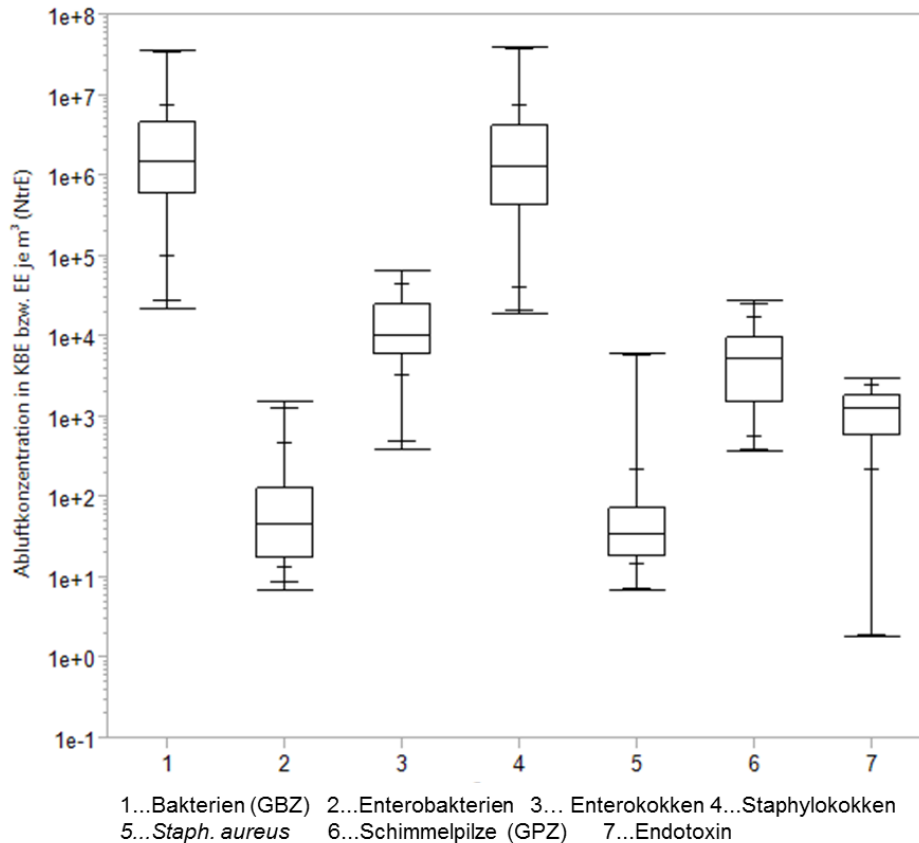


Abbildung 14: Konzentration untersuchter mikrobieller Bestandteile im Abluftstrom des Stalls LH-1

Die Konzentration an *Staphylococcus aureus* im Abluftstrom beträgt $3,5 \cdot 10^1$ KBE je m^3 . Ein jahreszeitlicher Einfluss ist auch hier nicht erkennbar. Bei 30 % der Proben war kein Nachweis möglich, diese wurden mit unteren Ersatzwerten ergänzt.

Die Konzentration an Schimmelpilzen im Abluftstrom des Legehennenstalls LH-1 wurde mit einem mittleren Niveau von $5,1 \cdot 10^3$ KBE je m^3 nachgewiesen. Hier werden doppelt so hohe mittlere Abluftkonzentrationen im Sommer nachgewiesen. Damit folgt auch die Abluftkonzentration an Schimmelpilzen in der Tendenz den Befunden der Luftkonzentration im Luv des Hennenstalls.

Die Konzentration an Endotoxinen im Abluftstrom wurde im Mittel mit $1,2 \cdot 10^3$ EE je m^3 nachgewiesen. Ein jahreszeitlicher Einfluss ist auch hier nicht zu erkennen. Hierfür kann es zwei Ursachen geben. Erstens ist es Ziel des Stallklimamanagements, die Stalllufttemperatur auf einer definierten Zielgröße zu halten. In Abhängigkeit von der Jahreszeit variiert diese im Mittel von 17,2 bis 24,5 °C (vgl. Tabelle 14) nur geringfügig im Legehennenstall LH-1. Hiermit werden die thermischen Bedingungen für die Mikroorganismen nur marginal verändert. Zweitens ist trotz des hohen Aufwandes für die Befunderarbeitung der Stichprobenumfang auf die vier

Außenklimaklassen verteilt zu gering für eine belastbare Aussage. Das trifft wegen der hohen Variabilität der bestimmten mikrobiologischen Partikelkonzentrationen umso mehr zu.

Im Folgenden werden nun unter Hinzunahme der Luftwechselraten (Volumenströme im Kamin) die Massenströme des Legehennenstalls herausgearbeitet. Der mittlere Volumenstrom (i. N. tr.) im Untersuchungsstall LH-1 beträgt für die Außentemperaturbereiche

- < 6 °C (Winter) 15.068 m³ je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 1,0 m³ je Tierplatz,
- 6-16 °C (Frühling) 46.348 m³ je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 3,1 m³ je Tierplatz,
- > 16 °C (Sommer) 92.817 m³ je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 6,2 m³ je Tierplatz,
- 6-16 °C (Herbst) 52.534 m³ je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 3,5 m³ je Tierplatz (Tabelle 14).

Die Luftwechselraten liegen innerhalb der erwarteten Bereiche. Es werden, wie Kap. 3.2.1 beschrieben, zwei Berechnungsvarianten zur Herleitung des jährlichen Massenstromes (Emissionsfaktor) gegenübergestellt. In Abbildung 15 werden die abgeleiteten Emissionsfaktoren für die untersuchten mikrobiellen Partikel zusammengestellt (vgl. Tabelle 29).

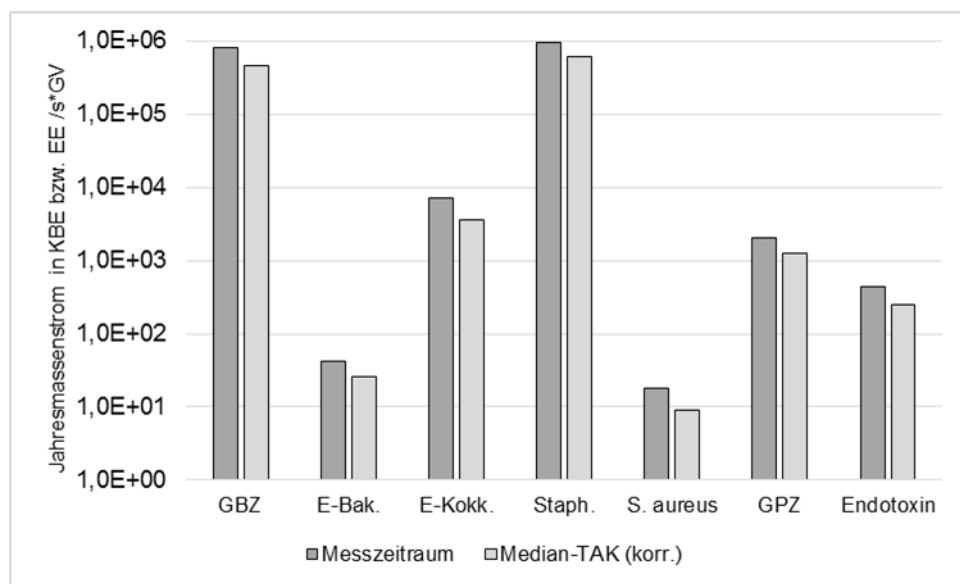


Abbildung 15: Emissionsfaktoren für den Legehennenstall LH-1¹

Am Massenstrom der Staphylokokken sollen die Unterschiede bei der Herleitung mittels der zwei Varianten zahlenmäßig veranschaulicht werden. Der aus den einzelnen Probenahmen direkt berechnete Emissionsfaktor beträgt $9,7 \cdot 10^5$ KBE je Sekunde und GV (Abbildung 15, „Messzeitraum“). Mit der kontinuierlichen Messung des Volumenstromes wird es möglich, die tatsächliche Luftwechselrate innerhalb der Außentemperaturklasse besser abzubilden. Weil die Probenahmen stets in Zeiträumen mit der im Tagesverlauf höchsten Luftwechsel-

¹ Bei einigen Probenahmen überschritt die Staphylokokkenzahl die Gesamtbakterienzahl, sodass bei der Bildung des Emissionsfaktors dieser für die Staphylokokken höher ausfällt als für die Gesamtbakterienzahl. Damit erscheint es bei der Verwendung der Faktoren gerechtfertigt, für die Gesamtbakterienzahl den Faktor für die Staphylokokken anzuwenden.

rate und hoher Tieraktivität stattfanden und das erheblichen Einfluss auf die Konzentration luftgetragener Partikel nimmt, erscheint es sinnvoll, diesen Messwert ebenfalls zu korrigieren. Wie im Kap. 3.2.1 beschrieben, basiert die Korrektur auf der ermittelten Differenz der Konzentration mikrobieller Partikel in der Stallluft im Tagesgang in Abhängigkeit von der Herdenaktivität. Hieraus resultierend beträgt der Massenstrom an Staphylokokken $6,0 \cdot 10^5$ KBE je Sekunde und GV (Abbildung 15, „Median T_{AK} -korr.“).

Setzt man den aus den aktuellen Messwerten berechneten Massenstrom an Staphylokokken gleich 100 %, so wird dieser unter Verwendung der Mittel von korrigierter Abluftkonzentration und Luftwechselrate je Außentemperaturklasse um 37 % gegenüber der Berechnungsvariante mit den Messwerten zur Probenahme gesenkt. Die berechneten Massenströme für mesophile Bakterien, Enterobakterien, Enterokokken, *Staphylococcus aureus*, Schimmelpilze und Endotoxine werden um ca. 43 % verringert. Mit diesen Korrekturen wird der für das Probeentnahmefenster ermittelte Massenstrom deutlich reduziert und den Gegebenheiten im Tagesgang angepasst. Für den untersuchten Legehennenstall LH-1 sind nachfolgende Jahresemissionsfaktoren in KBE bzw. EE je Sekunde und GV sowie in KBE bzw. EE je Tierplatz und Sekunde (1 GV = 294 Tiere) festzuhalten:

Berechnungsvariante mit unkorrigierten Messwerten aus dem Probenahmezeitfenster:

■ Gesamtbakterienzahl	$8,0 \cdot 10^5$ KBE/s*GV bzw. $2,7 \cdot 10^3$ KBE/Tpl.*s
■ Staphylokokken ²	$9,7 \cdot 10^5$ KBE/s*GV bzw. $3,3 \cdot 10^3$ KBE/Tpl.*s
■ Schimmelpilze	$2,1 \cdot 10^3$ KBE/s*GV bzw. $7,1 \cdot 10^0$ KBE/Tpl.*s
■ Endotoxine	$4,3 \cdot 10^2$ EE/s*GV bzw. $1,5 \cdot 10^0$ EE/Tpl.*s

Berechnungsvariante mit mittleren, korrigierten Abluftkonzentrationen und Luftwechselraten der Außentemperaturklassen:

■ Gesamtbakterienzahl	$4,6 \cdot 10^5$ KBE/s*GV bzw. $1,6 \cdot 10^3$ KBE/Tpl.*s
■ Staphylokokken	$6,0 \cdot 10^5$ KBE/s*GV bzw. $2,0 \cdot 10^3$ KBE/Tpl.*s
■ Schimmelpilze	$1,2 \cdot 10^3$ KBE/s*GV bzw. $4,1 \cdot 10^0$ KBE/Tpl.*s
■ Endotoxine	$2,5 \cdot 10^2$ EE/s*GV bzw. $8,5 \cdot 10^{-1}$ EE/Tpl.*s

Weitere Emissionsfaktoren mit Jahres- und Außentemperaturklassenbezug sind in Tabelle 29 zusammengestellt. Bei der Verwendung der entsprechenden Emissionsfaktoren ist zu berücksichtigen, dass der Stall als „technisches System“ hoch variable biologische Lebewesen beherbergt und keine konstanten Abluftströme im tageszeitlichen und jahreszeitlichen Verlauf hat. Um hier eine höhere Belastbarkeit der Ergebnisse zu erreichen, sind weitere Untersuchungen mit Probenahmen innerhalb der jeweiligen „Betriebszustände“ notwendig.

² Aus methodischen Gründen überschreitet die Staphylokokkenzahl bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl wesentlich, sodass bei der Bildung des Emissionsfaktors dieser für die Staphylokokken höher ausfällt als für die Gesamtbakterienzahl. Damit erscheint es bei der Verwendung der Faktoren gerechtfertigt, für die Gesamtbakterienzahl den Faktor für die Staphylokokken anzuwenden.

4.2.4 Immissionen

Die Probenahmen an den Messpunkten 0 bis 4 wurden mittels Impaktor durchgeführt. Die Probenahmen im Abluftstrom am Stall und zusätzlich am Messpunkt 4 wurden mittels Impinger durchgeführt.

Deshalb werden im Folgenden die Konzentrationen untersuchter mikrobieller Partikel in der Außenluft im Luv und Lee des Hennenstalls LH-1 betrachtet, ohne einen direkten Bezug zum Emittenten herzustellen. Im nachfolgenden Abschnitt werden dann die Beziehungen zwischen Emission (Stallmesspunkt) und der Immission in einer Distanz von 500 m am Messpunkt 4 gesondert beurteilt.

In Abbildung 16 sind die mittleren Immissionen an mesophilen Bakterien (GBZ) und deren Streuungskennwerte an den Messpunkten im Luv und Lee des Emittenten zusammengestellt (Tabelle 30).

In einer Distanz von 500 m im Luv des Stalls wurden im Jahresmittel eine Luftkonzentration an Bakterien von $1,1 \cdot 10^1$ KBE je m^3 nachgewiesen. Am Messpunkt 1 (150 m im Lee) werden gegenüber Luv 80-fach erhöhte Luftkonzentrationen an Bakterien nachgewiesen. Dabei streut die Bakterienkonzentration zwischen 10^1 und 10^4 KBE je m^3 .

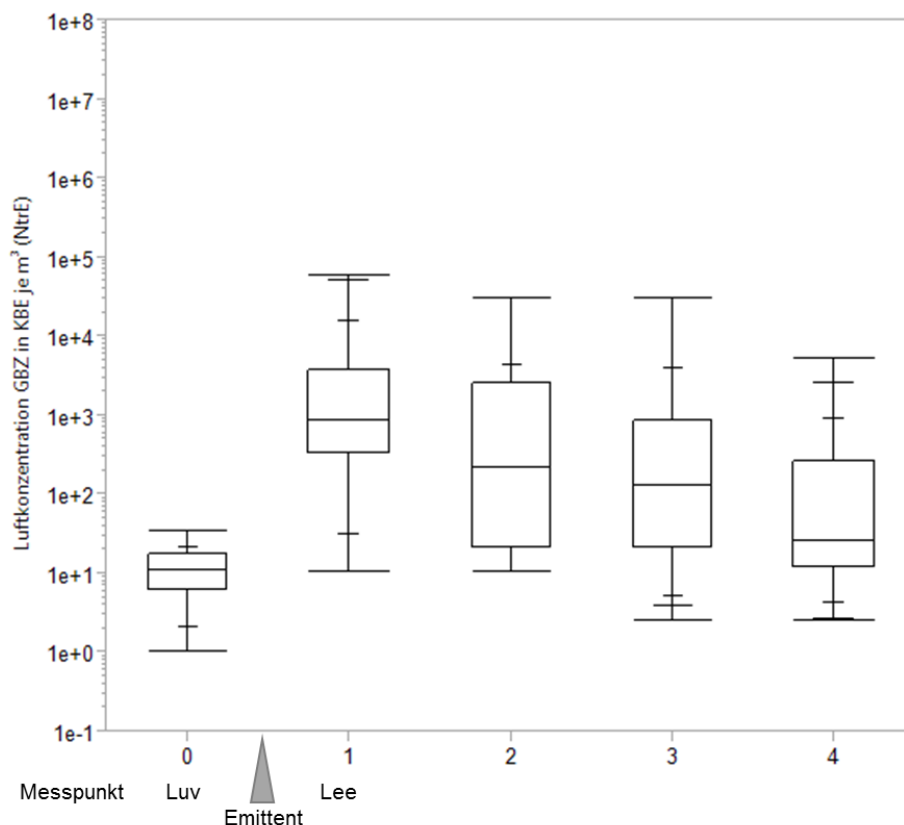


Abbildung 16: Gesamtbakterienzahl des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-1 (MAS)

Es wird der Einfluss des Hennenstalls an den Immissionskennwerten deutlich. Mit zunehmender Distanz zum Stall nimmt die Konzentration an luftgetragenen Bakterien ab. Nach 500 m (Messpunkt 4) werden noch $2,5 \cdot 10^1$ KBE je m^3 nachgewiesen. Gegenüber der Luftkonzentration im Luv ist diese hier noch doppelt so hoch. Im Sommer und Herbst werden dabei tendenziell die höchsten mittleren Konzentrationen nachgewiesen (Tabelle 31).

Die Luftkonzentration an Enterobakterien wurde im Lee des Stalls am Messpunkt 1 untersucht. Bei 80 % der Proben konnte kein Nachweis geführt werden und es wurden untere Ersatzwerte benutzt (Tabelle 30 und Tabelle 32). Eine quantitative Auswertung der restlichen Proben war nicht möglich. Einzelne differenzierte Kolonien erwiesen sich ausschließlich als *Pantthoea* spp., die typisch für die epiphytäre Pflanzenflora sind. Ein Zusammenhang zur Stallimmission ist unwahrscheinlich. Somit kann davon ausgegangen werden, dass Enterobakterien aus der Abluftfahne des Stalls nicht vorkommen.

Die Luftkonzentration an Enterokokken wurde an den Messpunkten 1 (150 m im Lee) und 2 (250 m im Lee) untersucht. In einer Distanz von 150 m zum Stall wurde eine Luftkonzentration von $1,7 \cdot 10^1$ KBE je m^3 nachgewiesen (Tabelle 30 und Tabelle 33). Bereits nach weiteren 100 m konnte nur noch die Hälfte dieser geringen Konzentration nachgewiesen werden. Damit sind Enterokokken nur im unmittelbaren Umfeld des Stalls auffindbar.

Die Luftkonzentration an Staphylokokken und deren Streuungskennwerte werden in Abbildung 17 für die Immissionsmesspunkte 0 bis 4 abgebildet (Tabelle 30 und Tabelle 34).

Staphylokokken wurden am Messpunkt 0 im Luv des Stalles mit einer Luftkonzentration von $2,2 \cdot 10^0$ KBE je m^3 nachgewiesen. In einer Distanz von 150 m im Lee des Stalls ist die Luftkonzentration 1.000-fach ($1,9 \cdot 10^3$ KBE je m^3) erhöht. Die Befunde streuen zwischen 10^1 und 10^4 KBE je m^3 . Mit zunehmender Distanz nehmen die mittleren Luftkonzentrationen ab. Es werden jedoch an allen Messpunkten im Lee des Stalls Maximalkonzentrationen vergleichbar mit Messpunkt 1 nachgewiesen. Im Mittel ist die Konzentration an Staphylokokken in einer Distanz von 500 m auf $3,2 \cdot 10^1$ KBE je m^3 gesunken. Gegenüber der Luftkonzentration im Luv des Stalls noch um das 15-Fache erhöht. Auch hier streuen die Konzentrationen bis 10^4 KBE je m^3 . Damit hat der Stall nach 500 m noch einen nachweislichen Einfluss auf die Luftqualität.

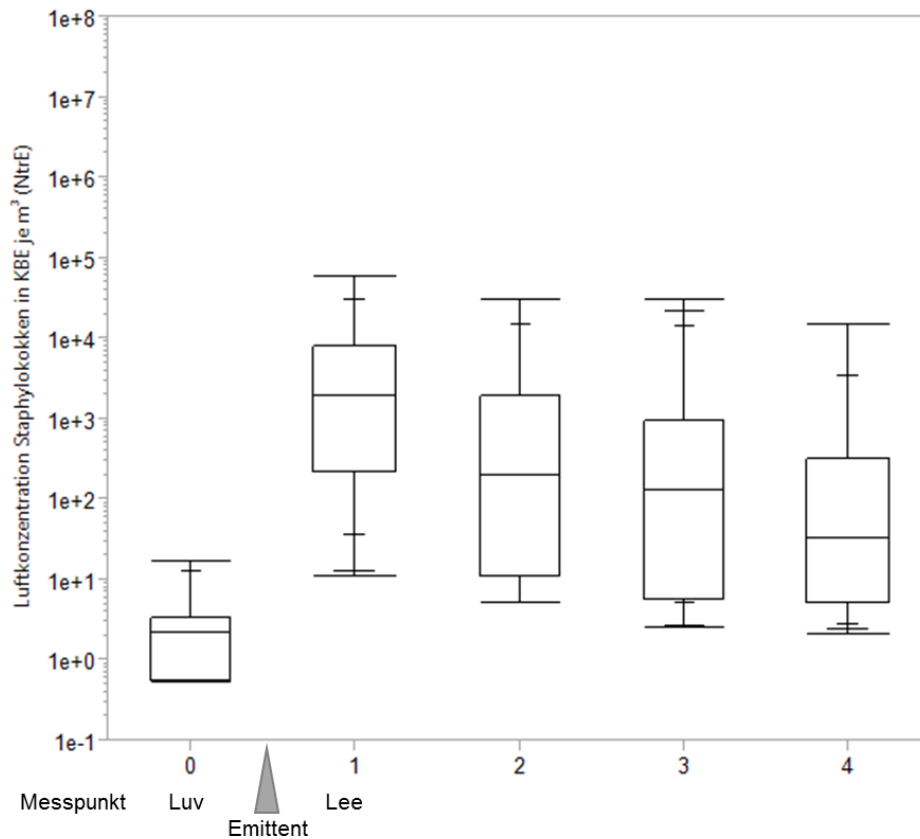


Abbildung 17: Staphylokokkengehalte des Bioaerosols im Luv und Lee des Legehennenstalls LH-1 (MAS)

Die Luftkonzentration von *Staphylococcus aureus* wurde an den Messpunkten 2 (250 m im Lee) und 4 (500 m im Lee) untersucht. Annähernd alle Befunde lagen unterhalb der Nachweisgrenze und wurden mit Ersatzwerten ergänzt (Tabelle 30 und Tabelle 35). Damit kann *Staphylococcus aureus* im Umfeld des Hennenstalles nicht nachgewiesen werden.

Die Luftkonzentration an Schimmelpilzen und deren Streuungskennwerte werden in Abbildung 18 für die Immissionsmesspunkte 0 bis 4 abgebildet (Tabelle 30 und Tabelle 36).

Schimmelpilze wurden am Messpunkt 0 im Luv des Stalles mit einer Luftkonzentration von $1,9 \cdot 10^3$ KBE je m^3 nachgewiesen. In einer Distanz von 150 m im Lee des Stalls ist die Luftkonzentration auf vergleichbarem Niveau. Die Befunde streuen zwischen 10^1 und 10^4 KBE je m^3 . Auch mit zunehmender Distanz bleiben die mittleren Luftkonzentrationen vergleichbar. Damit hat der Stall auf die nachgewiesene Luftkonzentration an Schimmelpilzen einen untergeordneten Einfluss auf die Luftqualität. Eine Differenzierung der Proben wurde nicht durchgeführt. Es ist jedoch zu erwarten, dass hier primär Spezies nachgewiesen werden, die ihren Ursprung im Umfeld des Stalls haben. Das kulturmorphologische Bild mit > 90 % Anteil an *Cladosporium spp.* entsprach der normalen Hintergrundflora.

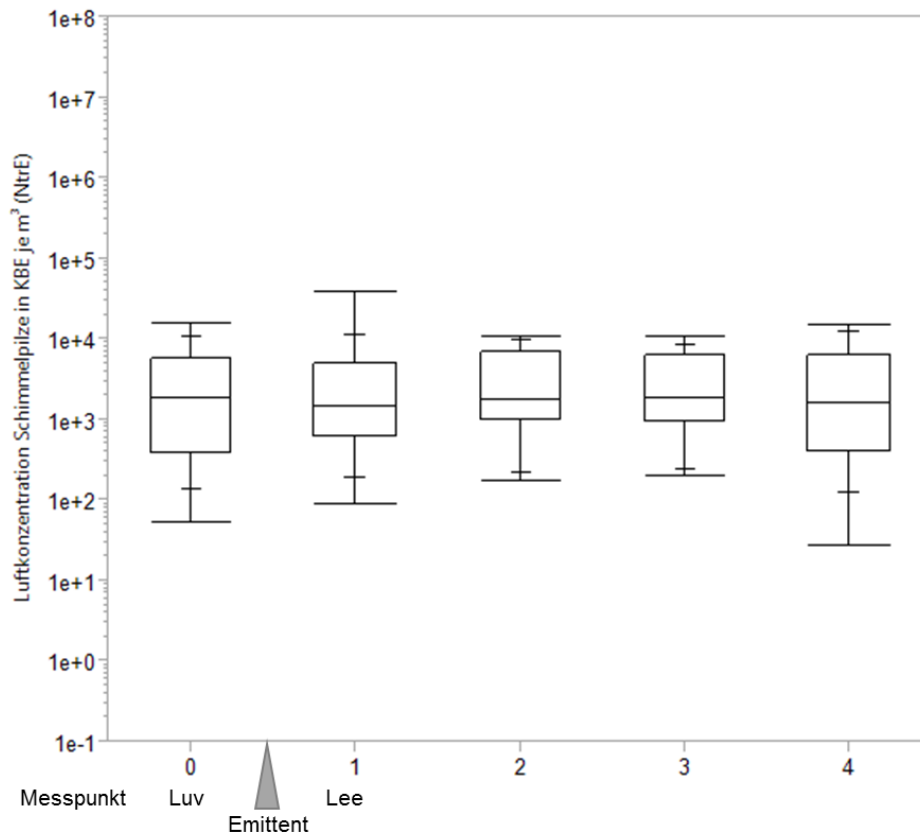


Abbildung 18: Schimmelpilzgehalte des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-1 (MAS)

4.2.5 Zusammenhänge zwischen Emission und Immission

Für die Ableitung von Beziehungen zwischen den Emissionen aus dem Legehennenstall LH-1 und der Luftqualität 500 m im Lee des Stalls wurden am Messpunkt 4 die Luftkonzentrationen von mesophilen Bakterien (GBZ), Staphylokokken, Schimmelpilze und Endotoxinen mit vergleichbaren Probenahmeverfahren bestimmt.

Die Luftkonzentration dieser Leit- und Summenparameter sowie deren Streuungskennwerte werden in der Abbildung 19 für den Immissionsmesspunkt 4 gegenüber dem Emissionsmesspunkt abgebildet (Tabelle 23, Tabelle 37 und Tabelle 38).

Im Abluftstrom des Legehennenstalls LH-1 wurde eine mittlere Konzentration an mesophilen Bakterien von $1,5 \cdot 10^6$ KBE je m^3 aus den Probenahmen aller Außentemperaturklassen bestimmt. Demgegenüber wurde 500 m im Lee des Stalls am Messpunkt 4 eine mittlere Luftkonzentration an mesophilen Bakterien von $3,8 \cdot 10^1$ KBE je m^3 bestimmt. Damit reduziert sich die Bakterienkonzentration über die 500 m lange Transmissionsstrecke um bis zu fünf Zehnerpotenzen. Die Luftkonzentrationen an Bakterien streuen am Messpunkt 4 auch bei diesem Probenahmeverfahren zwischen 10^0 KBE je m^3 und nahezu 10^3 KBE je m^3 . Für die Verfrachtung von Bakterien kann hieraus abgeleitet werden, dass der überwiegende Anteil der Stallfracht nach einer Distanz von 500 m nicht mehr nachgewiesen werden kann. Ein gradueller Rückgang wurde an den Messpunkten 1 bis 4 nachgewiesen. Die Luftqualität 500 m im Lee des Stalls kann durch Bakterien in einer Konzentration bis 10^3 KBE je m^3 beeinflusst sein. Weil die Luftkonzentration an Staphylokokken eng mit der Konzentration von Bakterien (GBZ) korrespondiert, haben diese Bakterienkonzentrationen in einer Distanz von 500 m zum Stall ihren Ursprung in der Legehennenherde.

Die Luftkonzentration an Schimmelpilzen hat ein vergleichbares Niveau im Abluftstrom und am Messpunkt 4. Zuvor wurde bereits gezeigt, dass der Stall die Immissionskennwerte an Schimmelpilzen nicht beeinflusst.

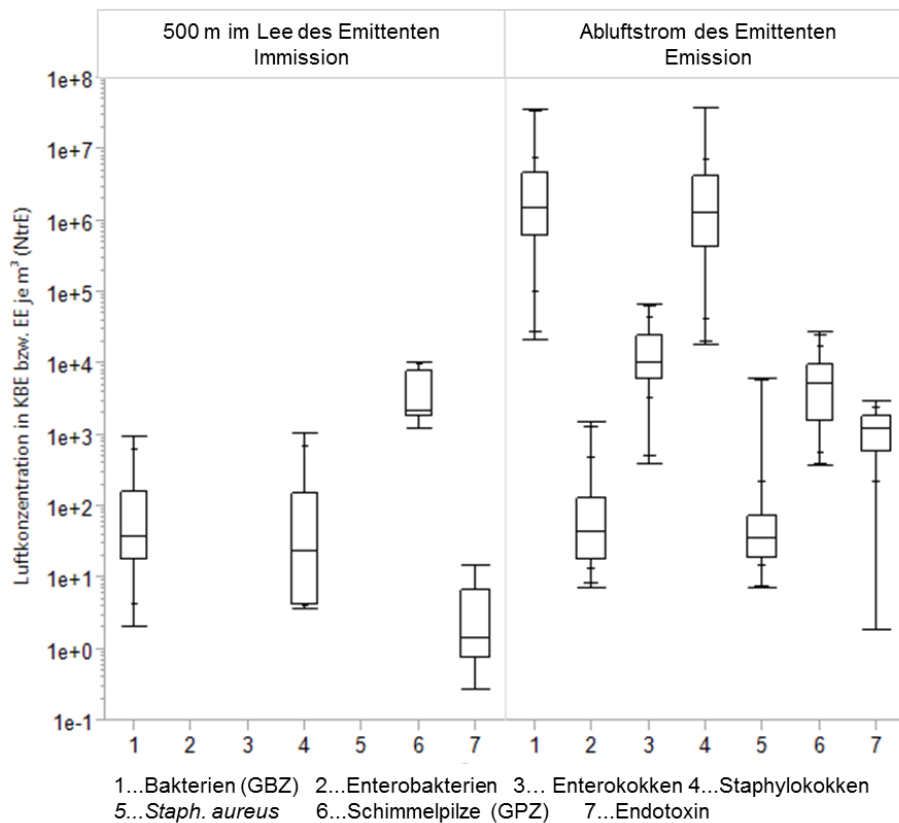


Abbildung 19: Luftkonzentrationen von mikrobiellen Partikeln im Abluftstrom und 500 m im Lee des Legehennenstalls LH-1

Endotoxine wurden im Abluftstrom des Stalls in einer mittleren Konzentration von $1,2 \cdot 10^3$ KBE je m³ nachgewiesen. 500 m im Lee des Stalls wurde im Mittel eine Konzentration von $1,5 \cdot 10^0$ KBE je m³ nachgewiesen. Auch hier ist über die Transmissionsstrecke eine deutliche Reduzierung der Konzentration festzustellen. Ein jahreszeitlicher Einfluss kann aus den vorliegenden Befunden nicht abgeleitet werden.

4.3 Legehennenstall LH-2

4.3.1 Vorbelastung

Die Vorbelastung der Luft mit mesophilen Bakterien, Staphylokokken und Schimmelpilzen (Quantile) im unbelasteten Umfeld des Legehennenstalls LH-2 wird in der Abbildung 20 unabhängig von der Jahreszeit zusammengestellt (Tabelle 40).

Die Bakterien (GBZ) werden im vom Emittenten unbelasteten Umfeld in einer Konzentration von $1,4 \cdot 10^1$ KBE je m³ nachgewiesen. Ein jahreszeitlicher Einfluss ist nicht abzuleiten. Die Vorbelastung der Außenluft mit Staphylokokken liegt im Jahresmittel bei $1,6 \cdot 10^0$ KBE je m³. Ein jahreszeitlicher Einfluss konnte nicht festgehalten werden. Im Unterschied zur Gesamtbakterienzahl und den Schimmelpilzen war bei 23 % der Proben kein Nachweis möglich und das Messergebnis wurde durch einen unteren Ersatzwert ersetzt. Die Vorbelastung der

Außenluft mit Schimmelpilzen liegt im Jahresmittel bei $2,5 \cdot 10^3$ KBE je m^3 . Insbesondere bei Lufttemperaturen über 16 °C werden 8-fach höhere Befunde ermittelt.

Zusammenfassend kann abgeleitet werden, dass mesophile Bakterien (GBZ) in geringer Konzentration in der Außenluft 500 m im Luv des Stalls nachweisbar sind. Die Luftkonzentration an Staphylokokken liegt deutlich unter der Bakterienkonzentration. Schimmelpilze werden auch hier in beachtlichem Umfang nachgewiesen. Gegenüber dem Umfeld von Legehennenstall LH-1 sind die Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft im Luv des Stalls hier doppelt so hoch.

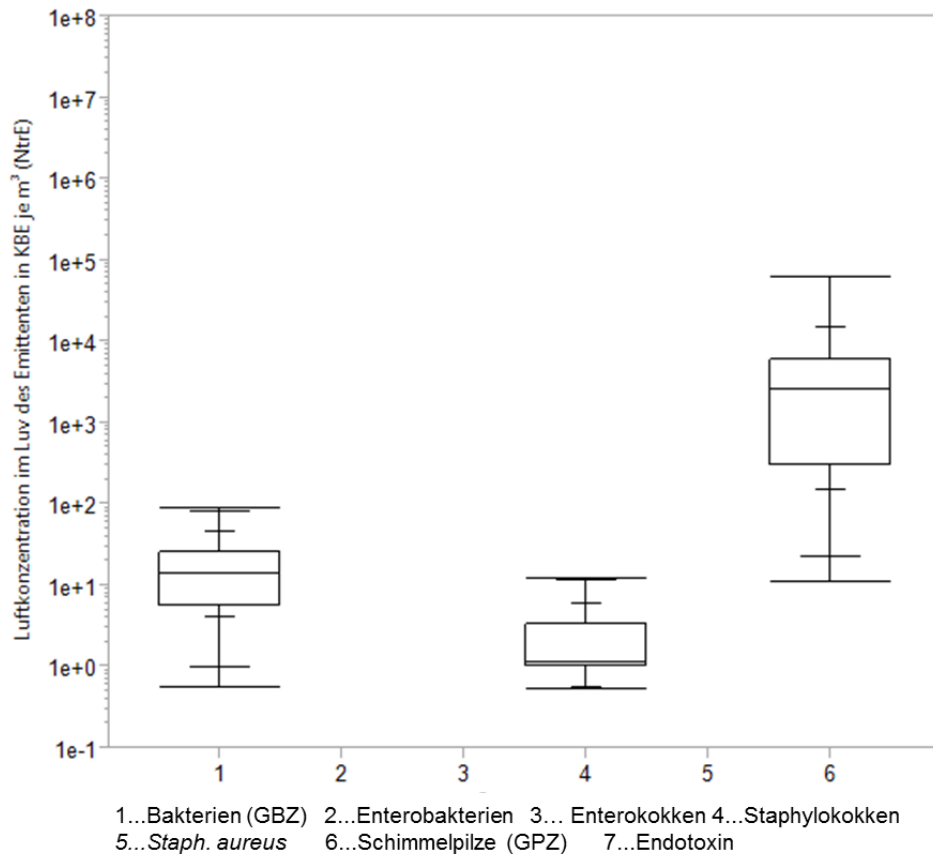


Abbildung 20: Vorbelastung (GBZ, Staphylokokken, Schimmelpilze) im Umfeld des Legehennenstalls LH-2

4.3.2 Emission

Die Quantile der Abluftkonzentration der mikrobiologischen Leit- und Summenparameter aus dem Legehennenstall LH-2 sind im Jahresmittel in der Abbildung 21 zusammengestellt (Tabelle 41).

Im Abluftstrom wurden mittlere Luftkonzentrationen an Bakterien (GBZ) von $7,4 \cdot 10^6$ KBE je m^3 nachgewiesen. Es wurden Maximalwerte bis $6,6 \cdot 10^7$ KBE je m^3 gefunden. In die Ergebnisse fließen keine Ersatzwerte ein (Tabelle 42). Aus den Ergebnissen ist ein jahreszeitlicher Einfluss abzuleiten (Tabelle 43 bis Tabelle 46). Im Frühjahr und Winter sind die nachgewiesenen Abluftkonzentrationen annähernd eine Zehnerpotenz niedriger.

Die ausgewiesenen statistischen Kennzahlen der Abluftkonzentration an Staphylokokken korrespondieren auch hier eng mit der Gesamtbakterienzahl.

Enterobakterien wurden mit einer mittleren Abluftkonzentration von $1,7 \cdot 10^2$ KBE je m^3 nachgewiesen. Gegenüber dem Hennenstall LH-1 sind die Abluftkonzentrationen im Mittel um eine Zehnerpotenz höher. Ein jahreszeitlicher Einfluss ist festzuhalten. Mit niedrigeren Außenlufttemperaturen sind die Konzentrationswerte im Abluftstrom geringer.

Die mittlere Abluftkonzentration an Enterokokken wurde mit $1,8 \cdot 10^4$ KBE je m^3 nachgewiesen. Ein jahreszeitlicher Einfluss ist nicht abzuleiten. Die Konzentration an *Staphylococcus aureus* im Abluftstrom beträgt $1,6 \cdot 10^2$ KBE je m^3 . Ein jahreszeitlicher Einfluss ist auch hier nicht erkennbar. Bei 40 % der Proben war kein Nachweis möglich, diese wurden mit unteren Ersatzwerten ergänzt.

Die Konzentration an Schimmelpilzen im Abluftstrom des Legehennenstalls LH-2 wurde im Jahresmittel mit $3,5 \cdot 10^3$ KBE je m^3 nachgewiesen. Hier werden im Sommer und Herbst um fast eine Zehnerpotenz höhere mittlere Abluftkonzentrationen nachgewiesen.

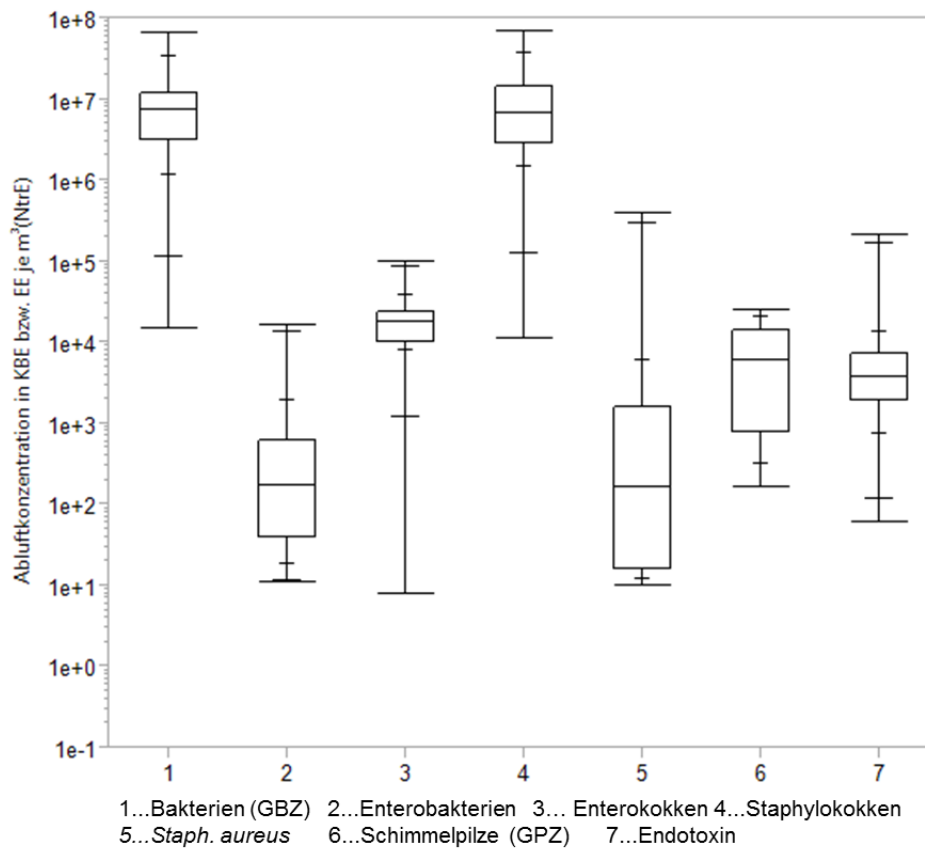


Abbildung 21: Konzentration untersuchter mikrobieller Bestandteile im Abluftstrom des Stalls LH-2

Die Konzentration an Endotoxinen im Abluftstrom wurde im Mittel mit $3,7 \cdot 10^3$ EE je m^3 nachgewiesen. Ein jahreszeitlicher Einfluss ist auch hier nicht zu erkennen. Im Gegensatz zu LH-1 variiert die Stalllufttemperatur in LH-2 in Abhängigkeit von der Jahreszeit im Mittel zwischen $11,9 \text{ °C}$ bis $21,6 \text{ °C}$ (vgl. Tabelle 15) deutlicher. Ursache hierfür ist ein abweichendes Management der Stalllufttemperatur im Kontext mit der engeren Anbindung an die Außentemperatur über den Auslauf der Hennen.

Im Folgenden werden auch hier unter Hinzunahme der Luftwechselraten (Volumenströme im Kamin) die Massenströme des Legehennenstalls herausgearbeitet. Der mittlere Volumenstrom (i. N. tr.) im Untersuchungsstall LH-2 beträgt für die Außentemperaturbereiche

- < 6 °C (Winter) 53.486 m³ je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 2,6 m³ je Tierplatz,
- 6-16 °C (Frühling) 130.732 m³ je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 6,5 m³ je Tierplatz,
- > 16 °C (Sommer) 132.482 m³ je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 6,6 m³ je Tierplatz,
- 6-16 °C (Herbst) 128.972 m³ je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 6,5 m³ je Tierplatz (Tabelle 15).

Die Luftwechselraten sind gegenüber den Luftwechselraten des Stalls LH-1 deutlich höher und liegen über den Erwartungswerten. Auch hier werden zwei Berechnungsvarianten zur Herleitung des jährlichen Massenstroms (Emissionsfaktor) gegenübergestellt. In Abbildung 22 werden die abgeleiteten Emissionsfaktoren für die untersuchten mikrobiellen Partikel zusammengestellt (vgl. Tabelle 47).

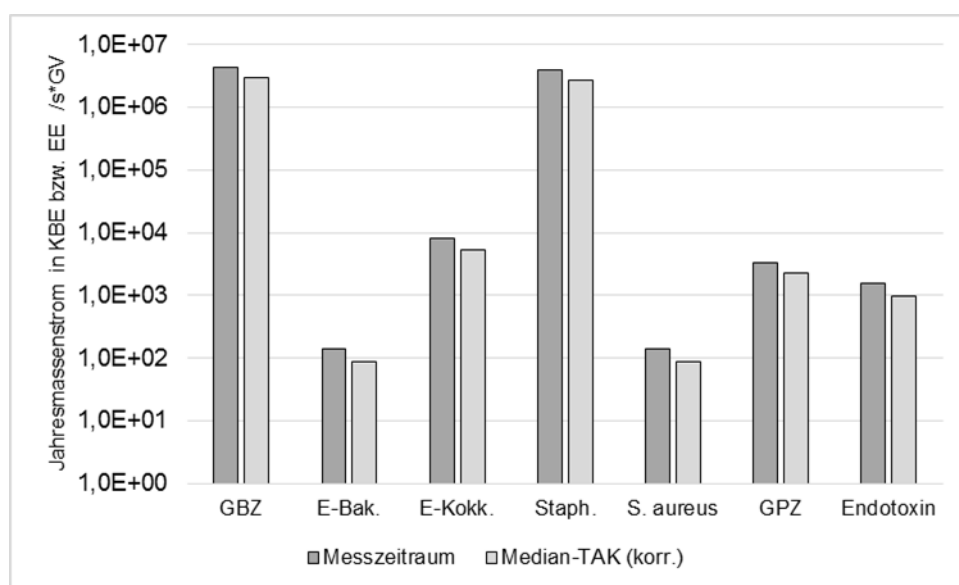


Abbildung 22: Emissionsfaktoren für den Legehennenstall LH-2

Die Herleitung über die zwei Berechnungsvarianten wurde an gleicher Stelle zum Legehennenstall LH-1 beschrieben.

Bei Verwendung eines mittleren Volumenstromes und eines mittleren korrigierten Konzentrationswertes für die Außentemperaturklassen zur Berechnung der Massenströme (Variante „Median-T_AK [korr.]“) für mesophile Bakterien, Enterobakterien, Enterokokken, Staphylokokken, *Staphylococcus aureus*, Schimmelpilze und Endotoxine werden diese gegenüber der Berechnungsvariante „Messzeiträume“ um rund 34 % für den Hennenstall LH-2 verringert. Aus dem Korrekturfaktor ergibt sich, dass der Massenstrom gegenüber dem Hennenstall LH-1 höher ausfällt.

Dies begründet sich aus den unterschiedlichen Aktivitätsverhalten der Volierensysteme. Für den untersuchten Legehennenstall LH-2 sind nachfolgende Jahresemissionsfaktoren in KBE bzw. EE je Sekunde und GV sowie in KBE bzw. EE je Tierplatz und Sekunde (1 GV = 294 Tiere) festzuhalten:

Berechnungsvariante mit unkorrigierten Messwerten aus dem Probenahmezeitfenster

■ Gesamtbakterienzahl	4,3*10 ⁶ KBE/s*GV bzw. 1,5*10 ⁴ KBE/Tpl.*s
■ Staphylokokken	3,9*10 ⁶ KBE/s*GV bzw. 1,3*10 ⁴ KBE/Tpl.*s
■ Schimmelpilze	3,2*10 ³ KBE/s*GV bzw. 1,1*10 ¹ KBE/Tpl.*s
■ Endotoxine	1,6*10 ³ EE/s*GV bzw. 5,4*10 ⁰ EE/Tpl.*s

Berechnungsvariante mit mittleren korrigierten Abluftkonzentrationen und Luftwechselraten der Außentemperaturklassen

■ Gesamtbakterienzahl	2,9*10 ⁶ KBE/s*GV bzw. 9,9*10 ³ KBE/Tpl.*s
■ Staphylokokken	2,7*10 ⁶ KBE/s*GV bzw. 9,2*10 ³ KBE/Tpl.*s
■ Schimmelpilze	2,2*10 ³ KBE/s*GV bzw. 7,5*10 ⁰ KBE/Tpl.*s
■ Endotoxine	9,6*10 ² EE/s*GV bzw. 3,3*10 ⁰ EE/Tpl.*s

Weitere Emissionsfaktoren mit Jahres- und Außentemperaturklassenbezug sind in der Tabelle 47 zusammengestellt.

4.3.3 Immissionen

Die Beschreibung des Immissionsgeschehens am Legehennenstall LH-2 erfolgt vergleichbar mit LH-1. In der Abbildung 23 sind die mittleren Immissionen an mesophilen Bakterien (GBZ) und deren Streuungskennwerte an den Messpunkten im Luv und Lee des Emittenten zusammengestellt (Tabelle 48).

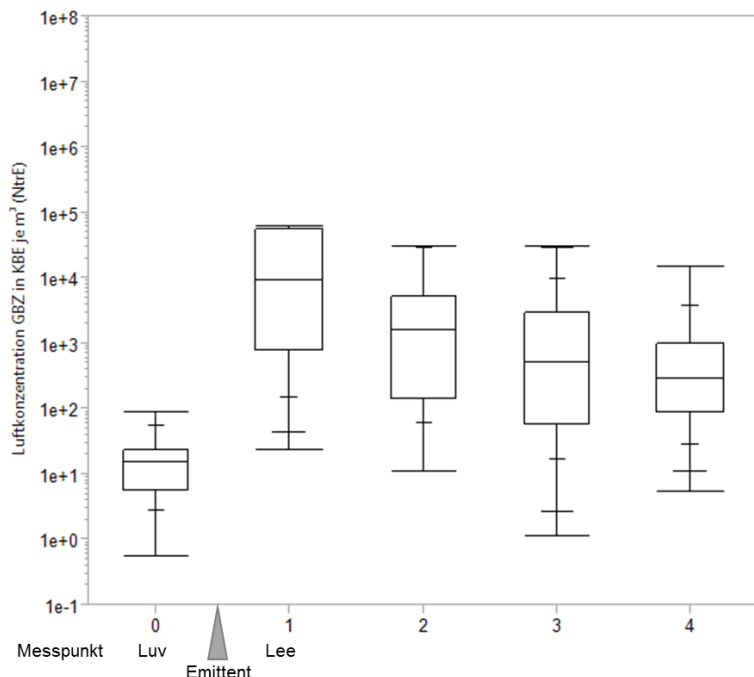


Abbildung 23: Gesamtbakterienzahl des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-2 (MAS)

In einer Distanz von 500 m im Luv des Stalls wurde im Jahresmittel eine Luftkonzentration an Bakterien von $1,5 \cdot 10^1$ KBE je m^3 nachgewiesen. Am Messpunkt 1 (150 m im Lee) werden gegenüber den Konzentrationen im Luv 600-fach erhöhte Luftkonzentrationen an Bakterien nachgewiesen. Dabei streut die Bakterienkonzentration zwischen 10^1 und 10^4 KBE je m^3 .

Hiermit ist der Einfluss dieses Hennenstalls gegenüber dem Stall LH-1 in 150 m Entfernung deutlich höher. Ursache hierfür ist die enge Kopplung zwischen Stallinnenraum und Auslaufbereich über die Auslauföffnungen. Mit zunehmender Distanz zum Stall nimmt die Konzentration an luftgetragenen Bakterien ab. Nach 500 m (Messpunkt 4) werden noch $2,9 \cdot 10^2$ KBE je m^3 nachgewiesen. Gegenüber der Luftkonzentration im Luv ist diese hier um annähernd eine Zehnerpotenz höher. Ein jahreszeitlicher Einfluss kann nicht abgeleitet werden (Tabelle 49).

Die Luftkonzentration an Enterobakterien wurde im Lee des Stalls am Messpunkt 1 untersucht. Bei 90 % der Proben konnte kein Nachweis geführt werden und es wurden untere Ersatzwerte benutzt (Tabelle 48 und Tabelle 50). Differenzierungen einzelner Kolonien erbrachten das gleiche Resultat wie am Legehennenstall LH-1. Damit bestätigen die Befunde, dass Enterobakterien aus der Abluffahne des Stalls bereits im näheren Umfeld des Stalls nicht nachgewiesen werden können.

Die Luftkonzentration an Enterokokken wurde an den Messpunkten 1 (150 m in Lee) und 2 (250 m im Lee) untersucht. In einer Distanz von 150 m zum Stall wurde eine Luftkonzentration von $1,4 \cdot 10^1$ KBE je m^3 nachgewiesen (Tabelle 48 und Tabelle 51). Bereits nach weiteren 100 m konnte nur noch ein Drittel dieser geringen Konzentration nachgewiesen werden. Die Befunde bestätigen, dass Enterokokken nur im unmittelbaren Umfeld des Stalls in geringer Luftkonzentration nachweisbar sind. Die Luftkonzentration an Staphylokokken und deren Streuungskennwerte werden in Abbildung 24 für die Immissionsmesspunkte 0 bis 4 abgebildet (Tabelle 48 und Tabelle 52).

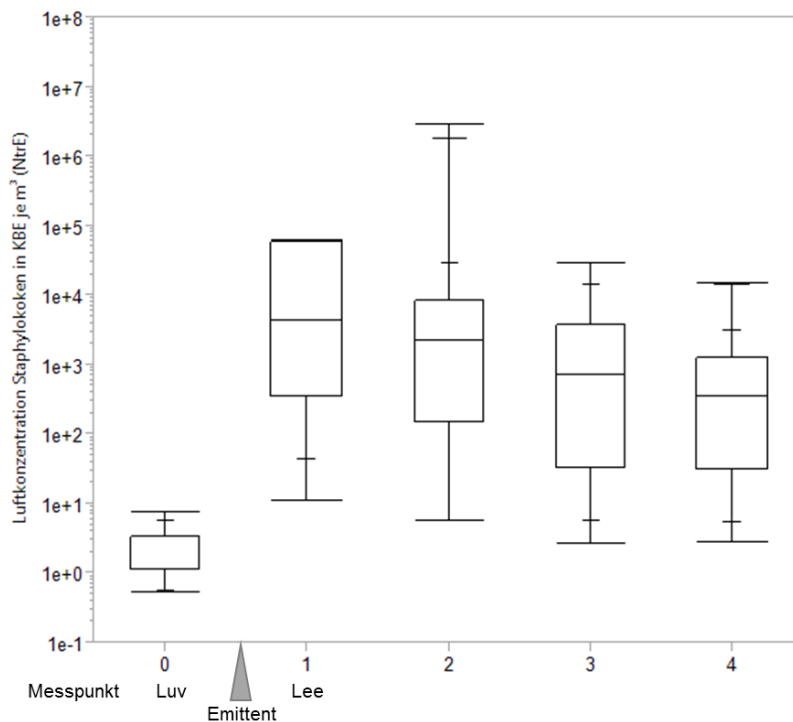


Abbildung 24: Staphylokokkengehalte des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-2 (MAS)

Staphylokokken wurden am Messpunkt 0 im Luv des Stalles mit einer Luftkonzentration von $1,1 \cdot 10^0$ KBE je m^3 nachgewiesen. In einer Distanz von 150 m im Lee des Stalls ist die Luftkonzentration 4.000-fach ($4,3 \cdot 10^3$ KBE je m^3) erhöht. Die Befunde streuen zwischen 10^1 und 10^4 KBE je m^3 . Mit zunehmender Distanz nehmen die mittleren Luftkonzentrationen ab. Es werden jedoch an allen Messpunkten im Lee des Stalls Maximalkonzentrationen vergleichbar mit Messpunkt 1 nachgewiesen. Im Mittel ist die Konzentration an Staphylokokken in einer Distanz von 500 m auf $3,6 \cdot 10^2$ KBE je m^3 gesunken. Gegenüber der Luftkonzentration im Luv des Stalls ist sie noch um das 350-Fache erhöht. Auch hier streuen die Konzentrationen bis 10^4 KBE je m^3 . Die Befunde bestätigen, dass der Stall nach 500 m noch einen nachweislichen Einfluss auf die Luftqualität hat. Hier ist dieser Einfluss sogar erheblich. Damit scheint in Frage gestellt, dass die Verfrachtung von Staphylokokken nur ins nähere Umfeld von Legehennenställen bis 500 m reicht. In diesem Kontext muss angemerkt werden, dass der untersuchte Standort ein angrenzendes Baumareal hat. Inwieweit dieses Hindernis Einfluss auf die Luftkonzentration nimmt (Strömungsbarriere), kann nicht abgeschätzt werden.

Die Luftkonzentration von *Staphylococcus aureus* wurde an den Messpunkten 2 (250 m im Lee) und 4 (500 m im Lee) untersucht. Annähernd alle Befunde lagen auch hier unterhalb der Nachweisgrenze und wurden mit Ersatzwerten ergänzt (Tabelle 48 und Tabelle 53). Damit bestätigen die Befunde, dass *Staphylococcus aureus* im Umfeld des Hennenstalles nicht nachweisbar sind.

Die Luftkonzentration an Schimmelpilzen und deren Streuungskennwerte werden in Abbildung 25 für die Immissionsmesspunkte 0 bis 4 abgebildet (Tabelle 48 und Tabelle 54).

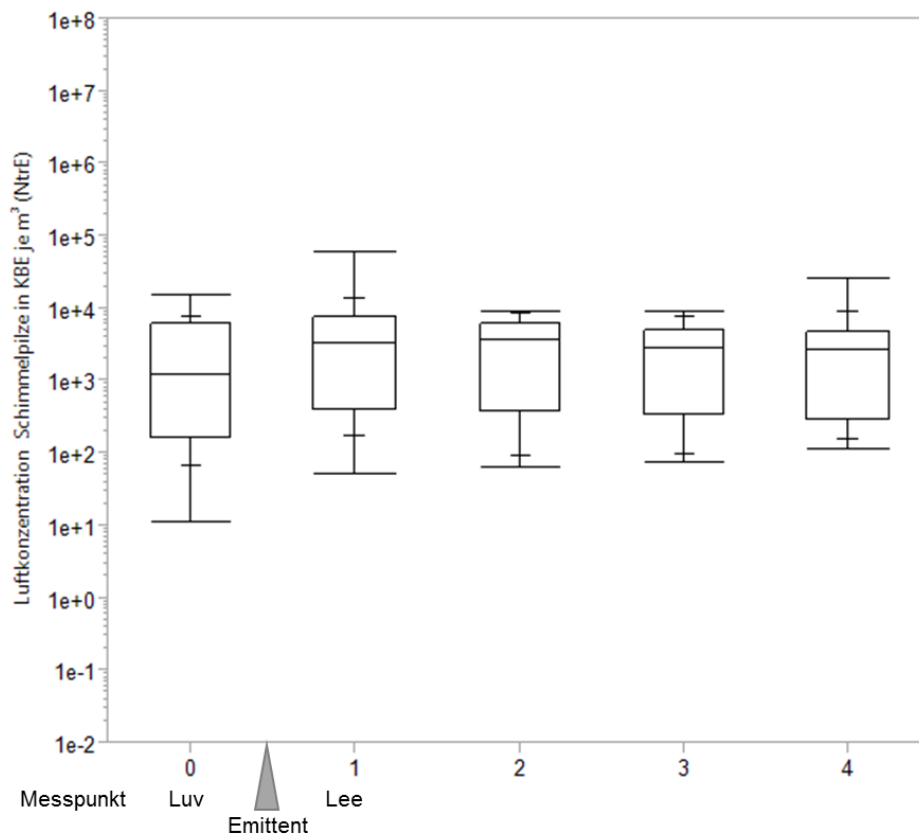


Abbildung 25: Schimmelpilzgehalte des Bioaerosols in Luv und Lee des Legehennenstalls LH-2 (MAS)

Schimmelpilze wurden am Messpunkt 0 im Luv des Stalls mit einer Luftkonzentration von $1,2 \cdot 10^3$ KBE je m^3 nachgewiesen. Unabhängig von den Messpunkten im Lee des Stalls ist die Luftkonzentration doppelt so hoch. Die Befunde streuen zwischen 10^1 und 10^4 KBE je m^3 . Die Erhöhung im Lee des Stalls ist primär dem angrenzenden Baumareal zuzurechnen. Weil keine Differenzierung durchgeführt wurde, ist das abschließend nicht zu beantworten. Mit dieser Annahme bestätigen auch hier die Befunde, dass der Stall auf die nachgewiesene Luftkonzentration an Schimmelpilzen einen untergeordneten Einfluss nimmt.

4.3.4 Zusammenhänge zwischen Emission und Immission

Analog zum Kap.4.2.5 sollen auch hier die Zusammenhänge zwischen Emission und Immission beurteilt werden. Die Luftkonzentration an mesophilen Bakterien (GBZ), Staphylokokken, Schimmelpilzen und Endotoxinen sowie deren Streuungskennwerte werden in Abbildung 26 für den Immissionsmesspunkte 4 gegenüber dem Emissionsmesspunkt abgebildet (Tabelle 41, Tabelle 55 bis Tabelle 57).

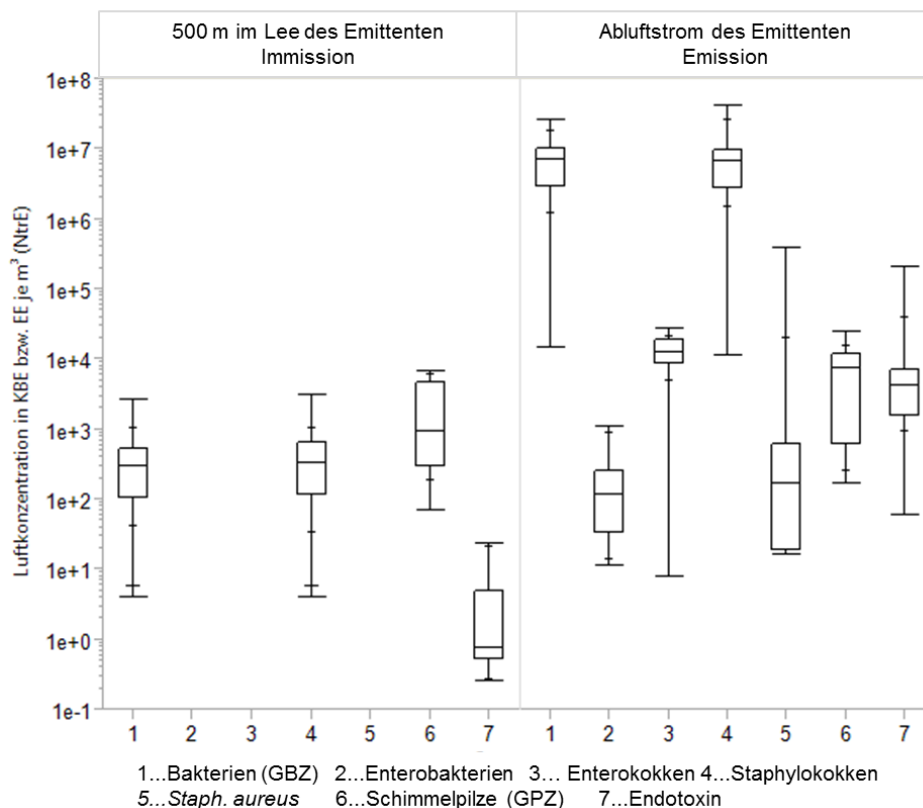


Abbildung 26: Luftkonzentrationen von mikrobiellen Partikeln im Abluftstrom und 500 m im Lee des Legehennenstalls LH-2

Im Abluftstrom des Legehennenstalls LH-2 wurde eine mittlere Konzentration an mesophilen Bakterien von $7,4 \cdot 10^6$ KBE je m^3 aus den Probenahmen aller Außentemperaturklassen bestimmt. Demgegenüber wurde 500 m im Lee des Stalls am Messpunkt 4 eine mittlere Luftkonzentration an mesophilen Bakterien von $3,0 \cdot 10^2$ KBE je m^3 bestimmt. Die Luftkonzentrationen an Bakterien streuen am Messpunkt 4 auch bei diesem Probenahmeverfahren zwischen 10^0 KBE je m^3 und 10^3 KBE je m^3 . Die Befunde bestätigen, dass ein hoher Anteil der Stallfracht nach einer Distanz von 500 m nicht mehr nachgewiesen werden kann. Die Luftqualität 500 m im Lee des Stalls kann durch Bakterien in einer Konzentration bis 10^3 KBE je m^3 beeinflusst sein. Weil die Luftkonzentration an Staphylokokken eng mit der Konzentration von Bakterien (GBZ) korrespondiert, haben diese Bakterienkonzentrationen in einer Distanz von 500 m zum Stall ihren Ursprung in der Legehennenherde.

Die Luftkonzentration an Schimmelpilzen im Abluftstrom ist hier gegenüber Messpunkt 4 im Mittel 3-fach höher. Dennoch bestätigen die Befunde, dass die Emissionen an Schimmelpilzen aus dem Legehennenstall die Luftkonzentrationen im Lee des Stalls nicht primär beeinflussen.

Endotoxine wurden im Abluftstrom des Stalls in einer mittleren Konzentration von $3,7 \cdot 10^3$ KBE je m^3 nachgewiesen. 500 m im Lee des Stalls wurde im Mittel eine Konzentration von $7,7 \cdot 10^{-1}$ KBE je m^3 nachgewiesen. Die Befunde bestätigen, dass über die Transmissionsstrecke eine deutliche Reduzierung der Konzentration stattfindet. Am Messpunkt 4 werden Maximalkonzentrationen bis 10^1 KBE je m^3 nachgewiesen. Ein jahreszeitlicher Einfluss kann aus den vorliegenden Befunden nicht abgeleitet werden.

4.4 Mastputenstall PM-1

Emissionen

Am Putenstall wurde der Messumfang auf die Bestimmung der Emissionskennwerte und der Vorbelastung des Untersuchungsortes mit Bakterien (GBZ), Staphylokokken und Schimmelpilzen festgelegt. In der Abbildung 27 sind die hierbei unabhängig von der Jahreszeit analysierten mikrobiellen Partikel der Luft im Umfeld des Stalls (Quantile) zusammengestellt.

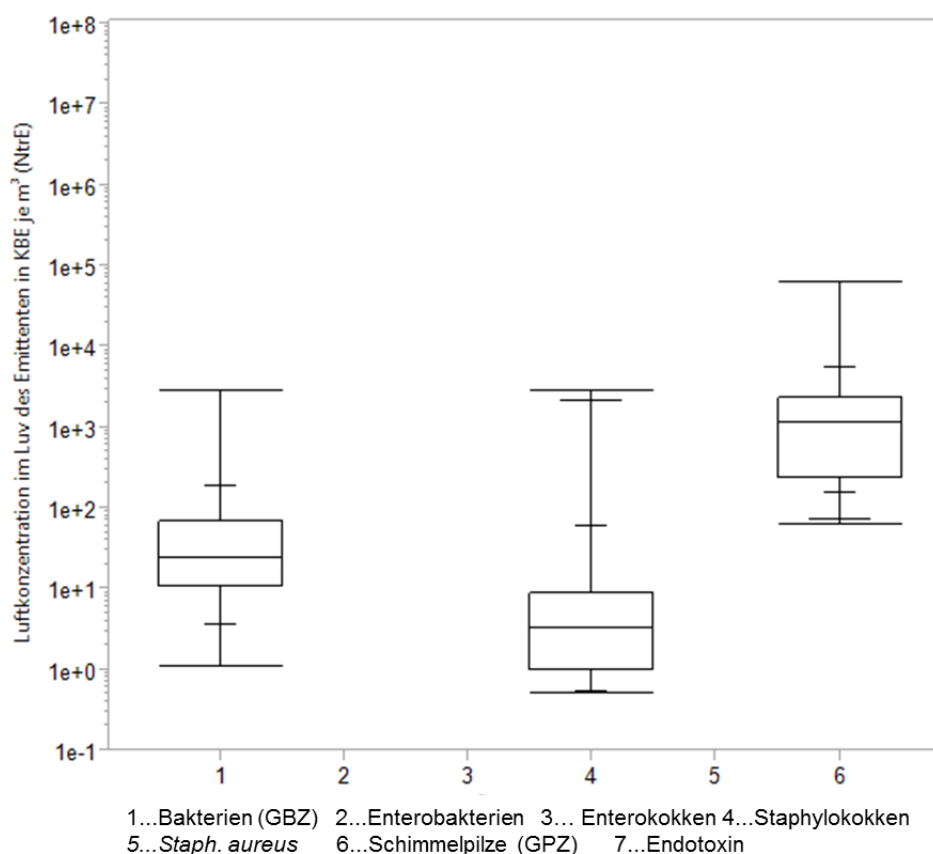


Abbildung 27: Vorbelastung (GBZ, Staphylokokken, Schimmelpilze) im Umfeld des Putenstalls PM-1

Die Bakterien (GBZ) werden im vom Emittenten unbelasteten Umfeld in einer Luftkonzentration von $2,4 \cdot 10^1$ KBE je m^3 (Tabelle 58) nachgewiesen. Im Frühling sind die Luftkonzentrationen gegenüber den anderen Außentemperaturklassen doppelt so hoch ($4,8 \cdot 10^1$ KBE je m^3). Ein jahreszeitlicher Einfluss kann aber nicht abgeleitet werden.

Die Vorbelastung der Außenluft mit Staphylokokken liegt im Jahresmittel bei $3,2 \cdot 10^0$ KBE je m^3 . Auch hier sind die im Frühling nachgewiesenen Luftkonzentrationen fast 3-mal so hoch, wogegen im Winter und Herbst eine Luftkonzentration bei ca. 1/3 des Jahreswertes nachgewiesen wurde. Im Unterschied zur Gesamtbakterienzahl und den Schimmelpilzen war bei 30 % der Proben kein Nachweis möglich und das Messergebnis wurde durch einen unteren Ersatzwert ersetzt.

Die Vorbelastung der Außenluft mit Schimmelpilzen liegt im Jahresmittel bei $1,2 \cdot 10^3$ KBE je m^3 . Insbesondere bei Lufttemperaturen über 16 °C werden 4-fach höhere Befunde ermittelt.

Zusammenfassend bestätigen die Befunde, dass mesophile Bakterien (GBZ) in geringer Konzentration in der Außenluft 500 m im Luv des Stalls nachweisbar sind. Die Kennwerte für das unbelastete Umfeld des Putenstalls PM-1 sind gegenüber den Standorten mit Legehennenställen erhöht. Die Luftkonzentration an Staphylokokken liegt deutlich unter der Bakterienkonzentration und wird in bis zu einem Drittel der Proben nicht nachgewiesen.

Die Quantile der Abluftkonzentration der untersuchten mikrobiologischen Leit- und Summenparameter aus dem Putenstall PM-1 sind im Jahresmittel in der Abbildung 28 zusammengestellt (Tabelle 59).

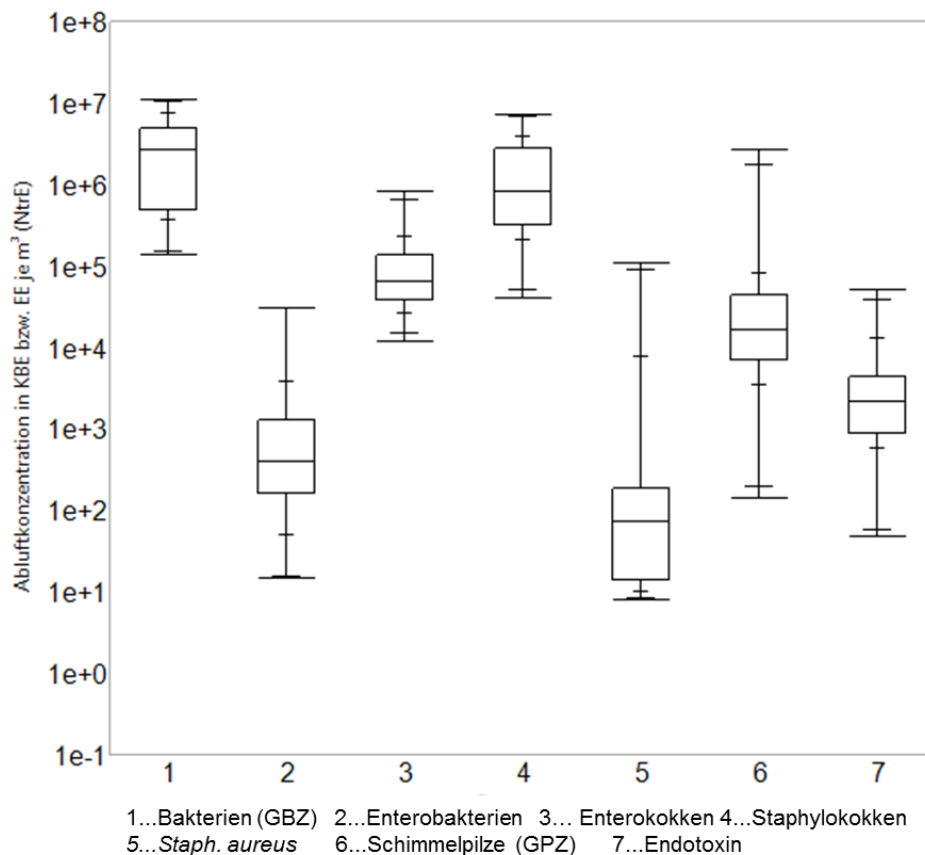


Abbildung 28: Konzentration untersuchter mikrobieller Bestandteile im Abluftstrom des Stalls PM-1

Im Abluftstrom wurden mittlere Luftkonzentrationen an Bakterien (GBZ) von $2,7 \cdot 10^6$ KBE je m^3 nachgewiesen. Es wurden Maximalwerte bis $1,1 \cdot 10^7$ KBE je m^3 gefunden. In die Ergebnisse flossen keine Ersatzwerte ein (Tabelle 60). Aus den Befunden ist kein jahreszeitlicher Einfluss abzuleiten (Tabelle 61 bis Tabelle 64).

Die ausgewiesenen statistischen Kennzahlen der Abluftkonzentration an Staphylokokken korrespondieren eng mit der Gesamtbakterienzahl. Damit bestätigen auch diese Befunde, dass Staphylokokken primär das Ergebnis der Gesamtbakterienzahl bestimmen.

Enterobakterien wurden mit einer mittleren Abluftkonzentration von $4,0 \cdot 10^2$ KBE je m^3 nachgewiesen. Maximalkonzentrationen waren um zwei Zehnerpotenzen höher. Ein jahreszeitlicher Einfluss konnte aus den Befunden nicht abgeleitet werden.

Die mittlere Abluftkonzentration an Enterokokken wurde mit $6,4 \cdot 10^4$ KBE je m^3 nachgewiesen. Ein jahreszeitlicher Einfluss besteht ebenfalls nicht.

Die Konzentration an *Staphylococcus aureus* im Abluftstrom beträgt $7,4 \cdot 10^1$ KBE je m^3 . Ein jahreszeitlicher Einfluss ist auch hier nicht erkennbar. Die Konzentrationen an Enterobakterien, Enterokokken und *Staphylococcus aureus* sind im Abluftstrom des Putenstalls gegenüber der Legehennenställe fast doppelt so hoch.

Die Konzentration an Schimmelpilzen im Abluftstrom des Putenstalls PM-1 wurde mit einem mittleren Niveau von $1,7 \cdot 10^4$ KBE je m^3 nachgewiesen. Im Gegensatz zu den Hennenställen ist hier kein jahreszeitlicher Einfluss erkennbar und die Abluftkonzentrationen sind um eine Zehnerpotenz erhöht. Die primäre Ursache hierfür ist im Einstreusystem zu suchen. Einmal wöchentlich wird auf den Strohstapel im Stall neu eingestreut. Die nachgewiesenen Luftkonzentrationen variieren unabhängig von der Jahreszeit deutlich. Im Gegensatz zu den Legehennenställen bestand die Schimmelpilzflora zu einem großen Teil aus Lagerpilzen (Aspergillen, Penicillien, Wallemia), die typisch für die Mykoflora von Stroh ist. Dies belegen auch die mikrobiologischen Untersuchungen des Strohes (Tabelle 69). Es ist zu erwarten, dass die Schimmelpilzkonzentration auch die Luftqualität im Umfeld des Stalls beeinflusst. Das kann aus vorliegenden Befunden nicht abschließend beantwortet werden.

Die Konzentration an Endotoxinen im Abluftstrom wurde im Mittel mit $2,2 \cdot 10^3$ EE je m^3 nachgewiesen. Eine Verdopplung der Konzentrationswerte ist hier für die Temperaturklasse Winter festzustellen.

Wie für die Legehennenställe sollen im Folgenden unter Hinzunahme der Luftwechselraten (Volumenströme im Kamin) die Massenströme des Putenstalls herausgearbeitet werden. Der mittlere Volumenstrom (i. N. tr.) im Untersuchungsstall PM-1 beträgt für die Außentemperaturbereiche

- $< 6 \text{ }^\circ\text{C}$ (Winter) 25.466 m^3 je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 15,0 m^3 je Tierplatz,
- $6\text{-}16 \text{ }^\circ\text{C}$ (Frühling) 42.661 m^3 je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 25,1 m^3 je Tierplatz,
- $> 16 \text{ }^\circ\text{C}$ (Sommer) 66.048 m^3 je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 38,9 m^3 je Tierplatz,
- $6\text{-}16 \text{ }^\circ\text{C}$ (Herbst) 46.227 m^3 je Stunde, entspricht der stündlichen Luftwechselrate von 27,2 m^3 je Tierplatz (Tabelle 16).

Verteilt man die mittleren Luftwechselraten auf Außentemperaturklassen und die definierten Mastabschnitte, kann auf der Basis der Kennwerte aus der DIN 18910-1 eine Einschätzung der Luftwechselrate des Putenstalls innerhalb der Temperaturklassen erfolgen. Demzufolge liegt der maximale Luftwechsel im Sommer gegenüber den Kennwerten der DIN 18910-1 hoch. Im Winter und Frühjahr unterhalb der Kennwerte.

Im Folgenden werden analog zu den Legehennenställen zwei Berechnungsvarianten zur Herleitung des jährlichen Massenstromes (Emissionsfaktor) gegenübergestellt. In der Abbildung 29 werden die abgeleiteten Emissionsfaktoren für die untersuchten mikrobiellen Partikel zusammengestellt (Tabelle 65).

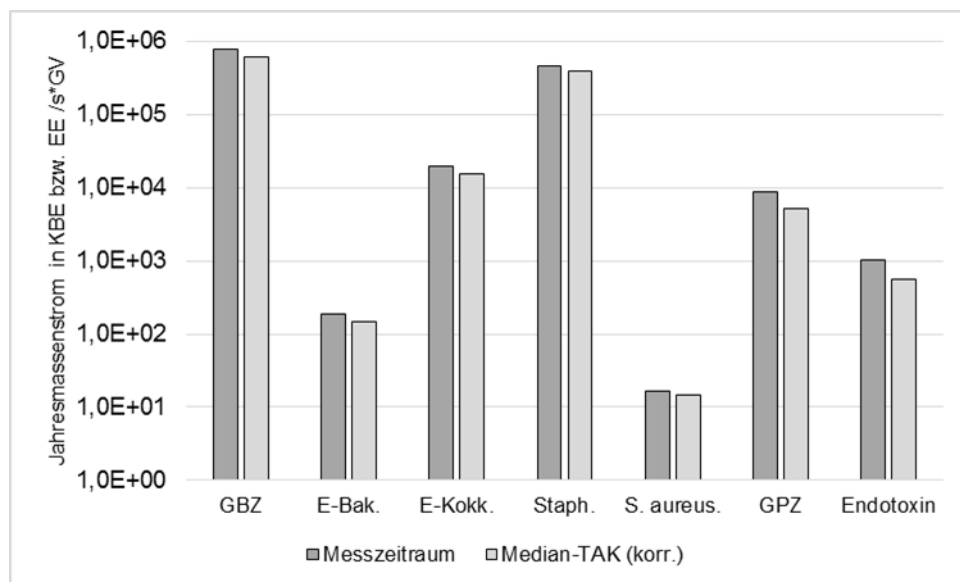


Abbildung 29: Emissionsfaktoren für den Putenmaststall PM-1

Die berechneten Massenströme für mesophile Bakterien, Schimmelpilze und Endotoxine werden gegenüber der Berechnungsvariante „Messzeiträume“ bei der Variante „Median-T_AK (korr.)“ um rund 14 % reduziert. Für den untersuchten Putenstall PM-1 sind nachfolgende Jahresemissionsfaktoren in KBE bzw. EE je Sekunde und GV sowie in KBE bzw. EE je Tierplatz und Sekunde (1 GV = 39 Tiere [mittlere Lebendmasse]) festzuhalten:

Berechnungsvariante mit unkorrigierten Messwerten aus dem Probenahmezeitfenster

- Gesamtbakterienzahl $7,8 \cdot 10^5$ KBE/s*GV bzw. $1,8 \cdot 10^4$ KBE/Tpl.*s
- Staphylokokken $4,7 \cdot 10^5$ KBE/s*GV bzw. $1,1 \cdot 10^4$ KBE/Tpl.*s
- Schimmelpilze $8,7 \cdot 10^3$ KBE/s*GV bzw. $2,0 \cdot 10^2$ KBE/Tpl.*s
- Endotoxine $1,0 \cdot 10^3$ EE/s*GV bzw. $2,3 \cdot 10^1$ EE/Tpl.*s

Berechnungsvariante mit mittleren korrigierten Abluftkonzentrationen und Luftwechselraten der Außentemperaturklassen

- Gesamtbakterienzahl $6,2 \cdot 10^5$ KBE/s*GV bzw. $1,4 \cdot 10^4$ KBE/Tpl.*s
- Staphylokokken $4,0 \cdot 10^5$ KBE/s*GV bzw. $9,2 \cdot 10^3$ KBE/Tpl.*s
- Schimmelpilze $5,2 \cdot 10^3$ KBE/s*GV bzw. $1,2 \cdot 10^2$ KBE/Tpl.*s
- Endotoxine $5,7 \cdot 10^2$ EE/s*GV bzw. $1,3 \cdot 10^1$ EE/Tpl.*s

Weitere Emissionsfaktoren mit Jahres- und Außentemperaturklassenbezug sind in der Tabelle 65 zusammengestellt. An dieser Stelle soll nochmals wie bereits bei der Beurteilung der Emissionsfaktoren der Legehennenställe darauf hingewiesen werden, dass bei der Anwendung der entsprechenden Emissionsfaktoren berücksichtigt werden sollte, dass der Stall als „technisches System“ hoch variable biologische Lebewesen beherbergt und keine konstanten Abluftströme im tageszeitlichen und jahreszeitlichen Verlauf hat. Damit ist eine statische Herangehensweise (Berechnungsvariante „Messzeiträume“) ebenso fehlerhaft wie die Korrektur von Messdaten. Abhilfe schafft hier nur, Befunde für die Ställe unter den auftretenden „Betriebszuständen“ zu erstellen. In praxi ist das mit einem erheblichen Aufwand verbunden und erscheint deshalb derzeit eher unrealistisch. Um hier eine höhere Belastbarkeit der Ergebnisse zu erreichen, sind weitere Untersuchungen mit Probenahmen innerhalb der jeweiligen „Betriebszustände“ notwendig.

4.5 Differenzierung der kultivierbaren Staphylokokkenflora

In diesem Forschungsprojekt wurde zunächst im Rahmen einer Bachelorarbeit von STENGEL (2015) die auf Mannit-Kochsalz-Agar kultivierbare Flora, die mikroskopisch und kulturmorphologisch als „Staphylokokken“ bezeichnet werden kann, differenziert. Kolonien aus der Immission in 500 m Entfernung aus beiden Legehennenställen und aus der Emission des Putenstalls wurden klassisch biochemisch mittels FT-IR-Spektroskopie sowie nach Sequenzierung und MALDI-TOF-Untersuchung identifiziert. STENGEL fand in beiden Legehennenställen den Leitkeim *Staphylococcus equorum* (65,2–100 %) und durchschnittlich 2,8 % aller Staphylokokken in der Risikogruppe 2. In der Putenmast dominierte *Staphylococcus lentus*.

Die Arbeiten wurden fortgeführt mit dem Ziel, den Leitparameter „Staphylokokken“ in seiner Diversität und seinem Grad der Richtigkeit der Zuordnung zu beschreiben. Entsprechend des LAI-Leitfadens „Bioaerosole“ wird im Falle einer Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft neben Immissionsmessungen auch die Untersuchung des Keimspektrums gefordert, um daraus eine Risikoabschätzung ableiten zu können. Diese Untersuchung im Immissionsbereich muss kultivierungsabhängig erfolgen, weil bei VDI-gerechter Probenahme im Impingement die DNA-Konzentration für eine molekularbiologische Untersuchung zu gering ist und vor allem die Bestimmung von lebensfähigen Mikroorganismen entscheidend ist. Im Gegensatz zu anderen taxonomischen Arbeiten (FALLSCHISSEL et al. 2010; SCHNEIDER et al. 2015) beruhte die Auswertung auf der Zusammensetzung der auf Mannit-Kochsalz-Agar kultivierungsfähigen Staphylokokken. Der Nährboden ist auf Grund seines hohen Kochsalzgehaltes von 7,5 % selektiv für alle halophilen bzw. halotoleranten Bakterien, was dem Milieu der Hautoberfläche ähnelt, ist aber kein Differenzialnährboden für Staphylokokken. Der Einsatz dieses Nährmediums zur Erfassung der mikrobiellen Vorbelastung im Luv der Anlagen hat gezeigt, dass außer Streptomyceten und Bazillen, die kulturmorphologisch gut zu erkennen sind, nur sehr vereinzelt Coryneforme sowie Staphylokokken und Mikrokokken kultivierbar sind. Somit kann davon ausgegangen werden, dass auf Mannit-Kochsalz-Agar gewachsene Kolonien der Bioaerosolproben, die kulturmorphologisch Staphylokokken ähneln, ihren Ursprung fast ausschließlich auf der Haut des Geflügels haben.

Zur Isolierung in der Immission wurden ausschließlich Impaktionsplatten der MAS-Geräte verwendet, die bei einem gezogenen Luftvolumen von 200 l ca. 20–100 Kolonien aufwiesen. Somit liegt die Grenze für den Nachweis einer kultivierbaren Staphylokokkenspezies mit dieser Methodik bei fünf Kolonien je m³ Luft. Spezies mit einer geringeren Häufigkeit (z. B. *S. aureus*) konnten nicht nachgewiesen werden. In der Emission wurden beimpfte Mannit-Kochsalzplatten der Verdünnungsstufe 10⁻² mit ca. 20–100 Kolonien verwendet. Die Nachweisgrenze lag also bei 1,4 x 10⁴ Keimen je m³ Luft bei einem Luftvolumen von 500 l. Somit konnte die Spezies *Staphylococcus aureus* mit dieser Methodik auch nicht identifiziert werden. Platten der 10⁻¹-Verdünnung waren zumeist überladen, sodass die Gewinnung von Reinkulturen schwer gelungen wäre.

Lediglich 3 % aller von Impaktionsplatten gewonnenen Subkulturen erwiesen sich als Mischkultur zweier verschiedener Bakterienspezies. Das verdeutlicht, dass die kultivierten Partikel zumeist aus einem Klon entstanden sind. Alle kulturmorphologisch typischen Kolonien wurden auf Schafblutagar zweifach subkultiviert und auf Reinheit überprüft. Die Identifizierung mittels MALDI-TOF erfolgte am Institut für Lebensmittelhygiene der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig und in der RIPAC-LABOR GmbH Potsdam. Häufig detektierte Kolonien, die nicht in der Datenbank der MALDI-TOF-Software vorhanden waren, gelangten zur 16S-RNA-Sequenzierung.

Als „Staphylokokken“ im weiteren Sinne wurden alle isolierten Vertreter der Familie Staphylococcaceae angesehen, d. h. alle Spezies der Gattungen *Staphylococcus*, *Jeotgalicoccus* und *Macrococcus*.

Die Auswertung für jeden Standort erfolgt über Kreisdiagramme. Alle Anteile von isolierten Mikroorganismen, die nicht zur Familie der Staphylococcaceae gehören, werden in den Grafiken vom Kreis abgehoben und gelten als eigentlicher Fehler bei der kulturmorphologischen Differenzierung. In Tabelle 67 und Tabelle 68 werden sämtliche identifizierte Mikroorganismen jedes Messtages prozentual dargestellt und eine Zuordnung zu den Risikogruppen der TRBA 466 (2015) vorgenommen.

4.5.1 Legehennenhaltung

Am Legehennenstall LH-2 wurden Differenzierungen von drei Immissions- und zwei Emissionsmessungen vorgenommen. Insgesamt gingen 285 Isolate der Immission und 94 der Emission in die Auswertung ein. Abbildung 30 zeigt die jeweils prozentuale Zusammensetzung der Staphylokokkenflora. Die Gruppe „Sonstige“ mit 1 bis 6 % entspricht dem Fehler der Staphylokokkenzählung an diesem Untersuchungsort und ist sehr gering.

Identifiziert wurden aus dieser Gruppe die grampositiven Bakterienspezies *Brevibacterium epidermidis*, *Corynebacterium glutamicum* sowie *Brachybacterium spp.* *Macrococcus caseolyticus* gehört wie *Staphylococcus* und *Jeotgalicoccus* in die Familie Staphylococcaceae und wird in die Risikogruppe 2 eingruppiert. Als Leitpezies konnte *S. equorum* bestätigt werden. Die Zusammensetzung der Staphylokokken scheint einer Dynamik zu unterliegen. Während die Florazusammensetzung nach der Einnistung relativ vielfältig war, dominierte nach kurzer Zeit mit 97 % *S. equorum*. Drei Monate nach der ersten Untersuchung änderte sich alters- oder temperaturbedingt die Flora, was besonders in der Immission deutlich wurde. Neben *S. equorum* und *S. lentus* trat plötzlich *S. xylosus* in größerer Anzahl in Erscheinung. *S. saprophyticus* und *S. nepalensis* gehören aufgrund ihres Infektionspotenzials zur Risikogruppe 2 der TRBA 466.

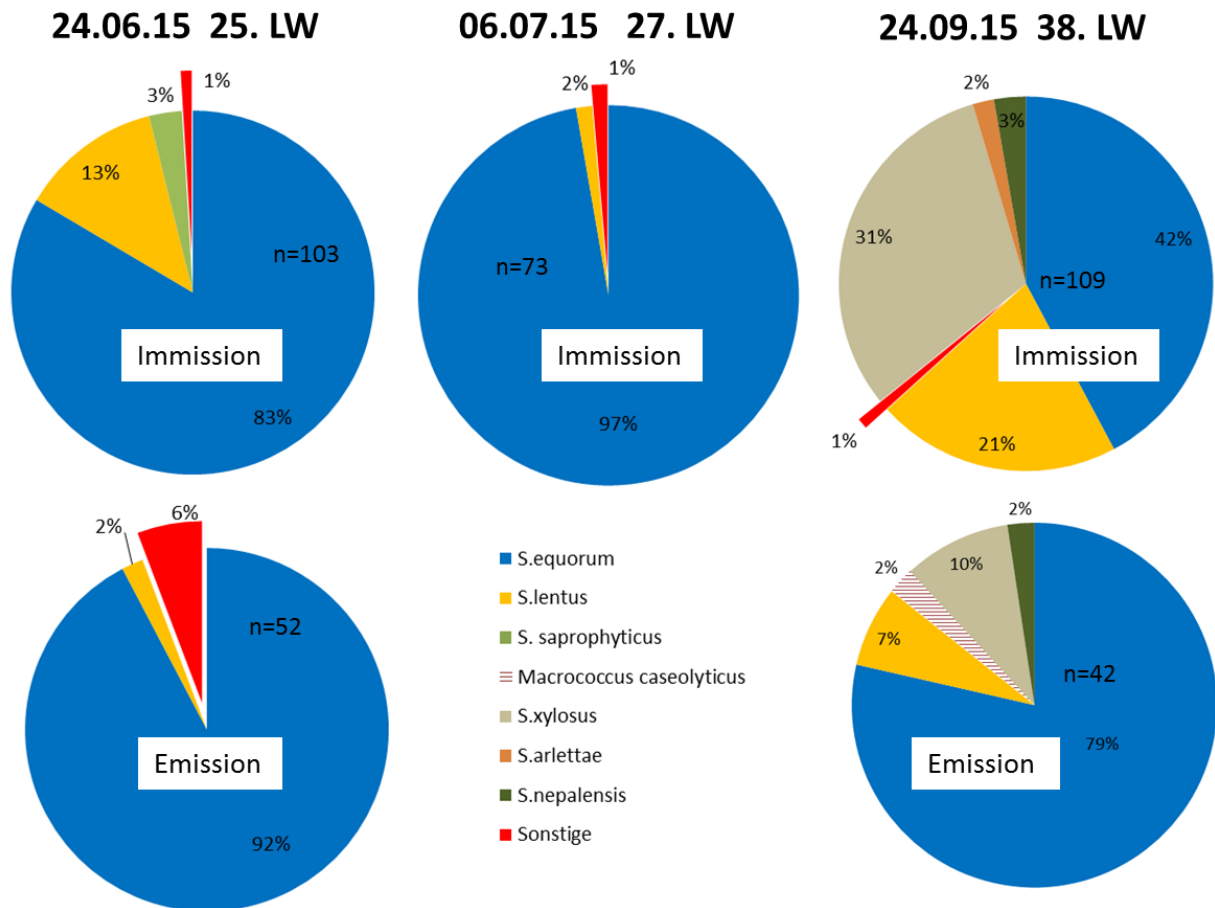


Abbildung 30: Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch aus Staphylokokken von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Bioaerosolen des LH-2

Am Legehennenstall LH-1 wurden Differenzierungen aus zwei Immissionsmessungen (Abbildung 31) vorgenommen. Insgesamt gingen 200 Isolate in die Untersuchung ein. Das Bild der ersten Immissionsmessung am 06.05.2015, kurz nach der Einnistung, erwies sich als sehr heterogen. Wiederum dominierte *S. equorum*, zu den sonstigen Staphylokokken gehörten neben *S. succinus*, *S. xylosus* und *S. gallinarum* auch *S. epidermidis* und *S. chromogenes* der Risikogruppe 2. Die zur Familie der Staphylococcaceae gehörenden *Jeotgalicoccus spp.* waren zu 22 % vertreten. Diese Kokken gehören zum festen Bestandteil vieler Bioaerosoluntersuchungen beim Geflügel und haben gegenüber den Staphylokokken eine nahezu ebenbürtige Bedeutung (FALLSCHISSEL et al. 2010; MARTIN et al. 2010). Differenziert wurden *J. aerolatus*, der erstmals von MARTIN et al. (2011) im Bioaerosol von Geflügel beschrieben wurde, sowie *J. psychrophilus* und *J. nanhaiensis*.

Aerococcus viridans ist eine grampositive katalasenegative, fakultativ anaerob wachsende Kokke, die zur Familie der Aerococcaceae und somit nicht zur „Staphylokokkenleitflora“ gehört. Der Erreger wurde häufig im Bioaerosol von Geflügel und in Staub nachgewiesen (FALLSCHISSEL et al. 2010). Eine Trennung dieser Kokken von *Staphylococcus* und *Jeotgalicoccus* ist nur durch konsequente Katalaseprüfung aller verdächtigen Kulturen im Routinelabor möglich. *A. viridans* gehört wegen seiner klinischen Bedeutung beim Menschen zu Erregern der Risikogruppe 2. *Corynebacterium stationis* wird ebenfalls im Bioaerosol beschrieben. Zusammen mit den „Sonstigen“ (*Corynebacterium glutamicum*, *C. falsenii*, *Arthrobacter creatinolyticus*, *Kuccuria rosea*, *Paenibacillus spp.* und *B. pumilus*) sowie den Aerokokken bilden diese Isolate den Identifizierungsfehler mit insgesamt 35 %. *Corynebacterium falsenii* wird in den TRBA 466 (2015) in die Risikogruppe 2 eingestuft. Vier Monate später (Messung am 26.08.2015) war die Florenvielfalt wesentlich eingeschränkt. Mikroorganismen

der Risikogruppe 2 konnten nicht nachgewiesen werden. Zu den „Sonstigen“ mit lediglich 4 % gehörten *Brevibacterium epidermidis*, *B. pumilus* und *Brachybacterium* spp.

S. equorum dominierte im Bioaerosol beider Legehennenställe, was die Arbeiten von STENDEL (2015) bestätigt. Diese Spezies wird von anderen Autoren allerdings nie im Zusammenhang mit Bioaerosolen der Geflügelhaltung hervorgehoben. Ob dieser Befund ein Spezifikum der Legehennenhaltung ist oder eine bestandspezifische Besonderheit darstellt, lässt sich anhand der beiden untersuchten Legehennenställe nicht belegen. Der Anteil isolierter Mikroorganismen in der Risikogruppe 2 lag zwischen 0 und 11,6 %, der „Leitparameter“ *Staphylococcus aureus* konnte mit dieser Methodik nicht bestätigt werden.

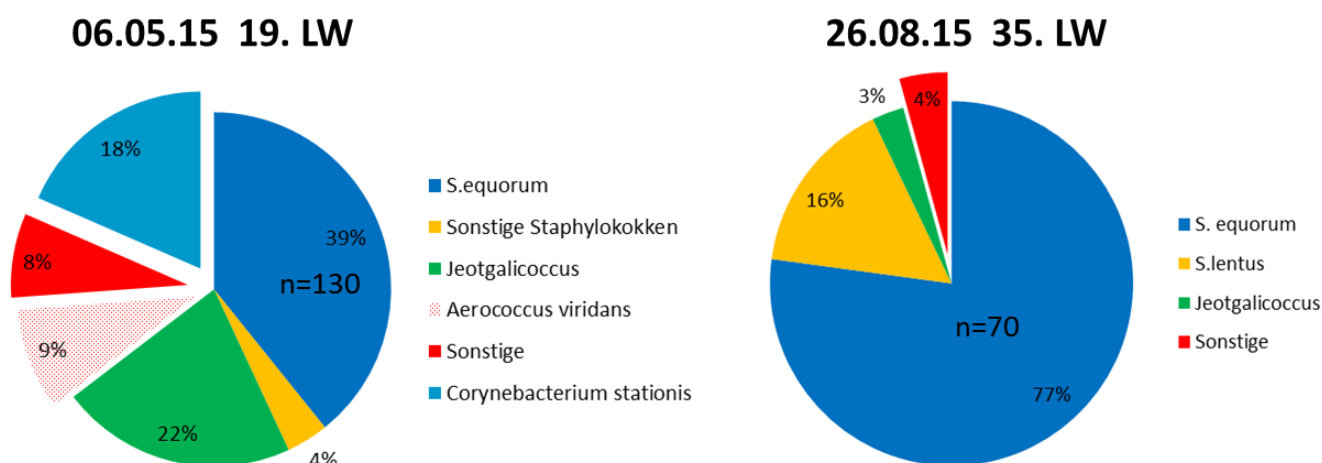


Abbildung 31: Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch als Staphylokokken von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Bioaerosolen des LH-1

4.5.2 Putenmast

In die Auswertung gingen vier Messtage mit insgesamt 410 Isolaten ein. Die Abbildung 32 zeigt einen deutlichen Trend. Das Bioaerosol der Jungtiere (7. Woche) wird vorrangig von unterschiedlichen Staphylokokken dominiert, *Corynebacterium stationis* spielt eine untergeordnete Rolle. Auch *S. lentus* ist prozentual gering vertreten. Mit insgesamt 5 % Identifizierungsfehler ist das Ergebnis sehr gut und mit der Legehennenhaltung vergleichbar. Einen hohen Anteil mit 40 % der Isolate nahm *S. xylosus* ein. Diese Spezies konnte neben *S. vitulinus* im Stroh der Anlage diagnostiziert werden. Weil die Jungtiere sehr aktiv und scharffreudig sind, werden viele Mikroorganismen aus dem Stroh aufgewirbelt (vorrangig xerophile Schimmelpilze, Streptomyzeten und Bazillen), die das Ergebnis der Bioaerosoluntersuchung maßgeblich beeinflussen. *S. xylosus* könnte somit teilweise auch aus der Einstreu stammen.

Das Bioaerosol der Tiere im letzten Mastabschnitt wird von *Corynebacterium stationis* und *S. lentus* dominiert. *Jeotgalicoccus* spp. spielen ebenfalls eine größere Rolle. Neben *J. aerolatus/halophilus* konnte eine bisher unbekannte *Jeotgalicoccus*-Spezies isoliert werden. Bei den „Sonstigen“ Mikroorganismen dominierten neben *Brevibacterium epidermidis* auch Brachybakterien. Auch bei dieser Gattung konnte eine unbekannte Spezies nach 16S RNA Sequenzierung gefunden werden. Mit insgesamt 60 % (21.07.2015) und 40 % (15.12.2015) in der 19. Lebenswoche liegt der Identifizierungsfehler sehr hoch. Dieses Ergebnis deckt sich mit Beobachtungen von SCHULZ (2014), der Fehler bei Außenluftmessungen von 100 % im Extremfall beschreibt. *Brevibacterium epidermidis* und *Corynebacterium stationis* sind grampositive, katalasepositive, halophile kokkoide Stäbchen, die nach drei bis sieben Tagen eine Kokkenform annehmen und somit ohne biochemische Differenzierung nicht mehr von Staphylokokken zu trennen sind. Diese Ergebnisse verdeutlichen den dringenden Bedarf

einer eindeutigen detaillierten Festlegung der Vorgehensweise bei der Differenzierung der Bioaerosolleitkeime im Rahmen der Neufassung der VDI-Richtlinie 4253 Blatt 3 „Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis von Bakterien in der Luft – Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten“.

In der 12. Lebenswoche trat *S. hominis*, ein Vertreter der Risikogruppe 2, sehr stark in den Vordergrund. Diese Spezies wird vorwiegend auf der Haut des Menschen gefunden, ist aber auch bei Tieren anzutreffen. Die Möglichkeit einer Kontamination des Bioaerosols kann ausgeschlossen werden, weil der Erreger in allen drei Impingern des 27.10.2015 isoliert wurde. Der Anteil Mikroorganismen in der Risikogruppe 2 bewegte sich zwischen 0 und 33 % – der eigentliche pathogene Leitparameter *Staphylococcus aureus* spielte allerdings keine Rolle.

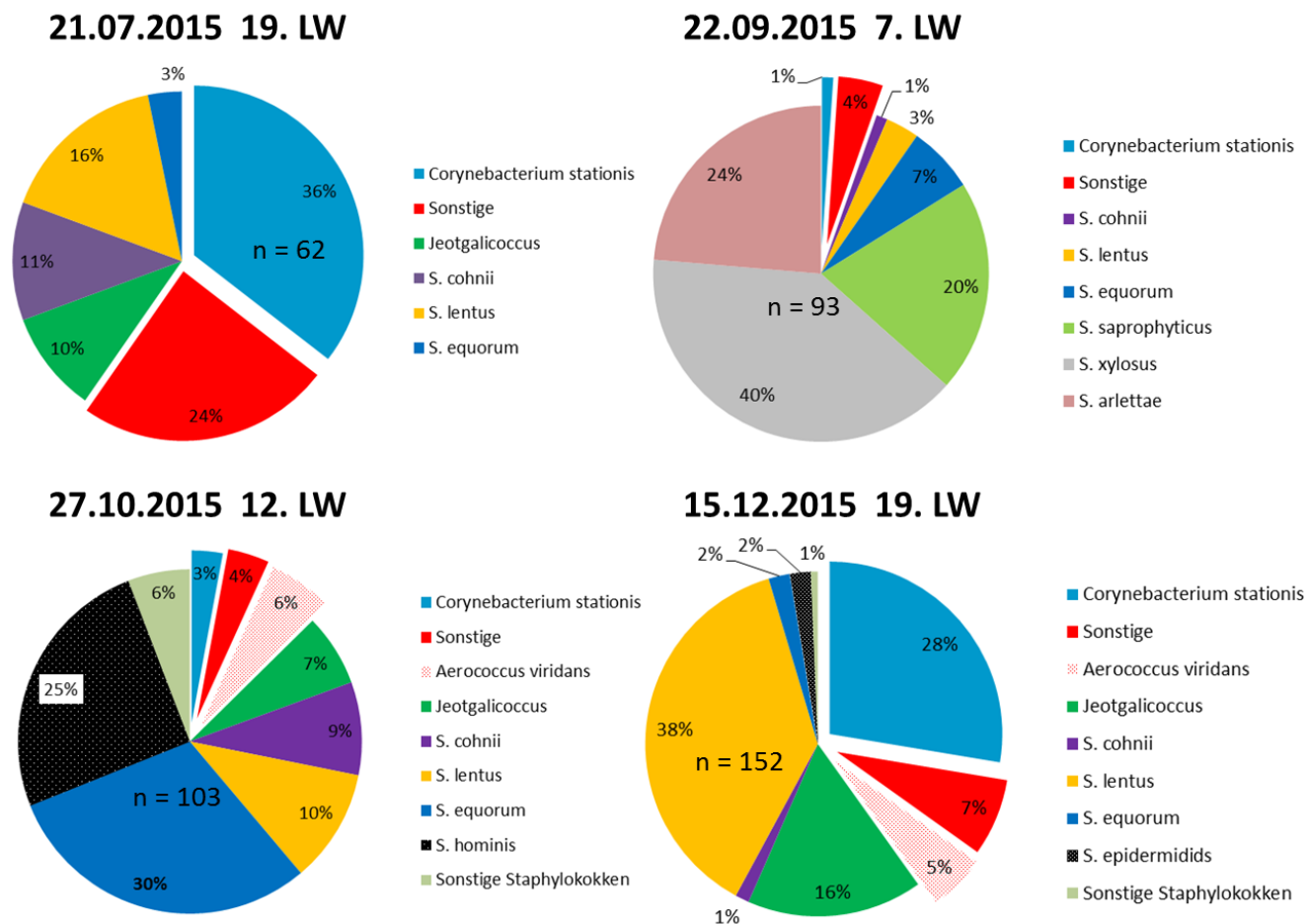


Abbildung 32: Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch als Staphylokokken von Man- nit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Bioaerosolen der Putenmastanlage

Mikrobiologische Untersuchungen der Einstreu im Putenmaststall

Das Stroh als eine Eintragsquelle von Mikroorganismen in die Bioaerosolproben wurde zweimal nach Methodik 28.1.2-28.1.4 VdLUFA Methodenbuch III Futtermitteluntersuchung analysiert.

Die Tabelle 69 zusammengestellten Keimgruppen konnten gefunden und beurteilt werden. Das Stroh der 1. Untersuchung (Frühjahr 2014) erreichte insgesamt die Qualitätsstufe II, bei der 2. Untersuchung im Herbst 2015 musste das Stroh in die Qualitätsstufe IV auf Grund des überhöhten Gehaltes an Hefen und produkttypi-

schen Schimmel- und Schwärzepilzen eingestuft werden. Bei einer Kultivierung der Einstreu auf Mannit-Kochsalz-Agar bei 37 °C über 48 Stunden im 2. Untersuchungsgang konnten neben Streptomycceten, Aspergillen und Penicillien auch die Bakterienspezies *Bacillus pumilus* und *S. xylosus* sowie *S. vitulinus* mittels MALDI-TOF differenziert werden. Während *S. vitulinus* im Bioaerosol nie detektiert wurde, spielte *S. xylosus* besonders bei jungen Puten, aber z. T. auch bei den Legehennen eine Rolle. In Abhängigkeit von der Tenazität des Erregers könnte *S. xylosus* aus der Einstreu das Bioaerosol bzw. auch die Besiedlung der Haut der Tiere beeinflussen.

4.6 Beurteilung der Endotoxinkonzentration

Endotoxine sind potenziell entzündungsfördernde Substanzen aus der Zellwand gramnegativer Bakterien. Hohe Konzentrationen an Endotoxinen (10^{10} EE) können schwere gesundheitliche Störungen wie ODTS (toxische Alveolitis, sog. Drescherfieber) verursachen. Andererseits können niedrige Dosen über lange Zeiträume einen protektiven Effekt aufweisen. In der Studie von SCHUIJS et al. (2015) konnte die Entstehung von Asthma bei Mäusen durch eine 14-tägige Exposition von 100 ng Endotoxin verhindert werden. Auch bei menschlichen Lungenzellen konnten die Asthmasymptome so vermindert werden. Dies verdeutlicht die vielfältigen Wirkmechanismen von Endotoxinen. Aufgrund ihrer komplexen Wirkung und uneinheitlicher Messmethoden gibt es bis heute keine international anerkannten Richt- oder Grenzwerte für Endotoxine.

Die in diesem Projekt erfassten Endotoxinkonzentrationen am Messpunkt 4 liegen im Median am LH-1 bei 1,5 und bei 0,77 EE/m³ am LH-2. Vergleicht man diese Werte mit der in Sachsen erhobenen Hintergrundbelastung von 0,2 EE/m³ (LOHBERGER 2016), zeigt sich, dass die Endotoxinkonzentration im Abstand von 500 m zu Legehennenanlagen (in Windrichtung) erhöht ist. Diese Erhöhung stellt jedoch kein gesundheitlich relevantes Problem dar. FROMME et al. (2013) wiesen in Klassenräumen 15,3 EE/m³ nach. Es wird angenommen, dass die Wirkungsschwelle bei Langzeitexposition etwa zwischen 100 und 150 EE/m³ liegt (CASTELLAN et al. 1987; SMID et al. 1992). Selbst der deutlich niedrigere vorgeschlagene Richtwert von GÓRNY & DUTKIEWICZ (2002) von 50 EE/m³ (für Wohngebäude) wird im Immissionsbereich der Anlage nicht überschritten.

Die Endotoxinkonzentrationen im Abluftkamin der Legehennenanlagen lagen bei 1.200 EE/m³ (LH-1) bzw. 3.700 EE/m³ (LH-2). Diese Werte korrespondieren gut mit denen von CLARK et al. (1983) von 3.100 EE/m³, die ebenfalls in der Legehennenhaltung erfasst worden sind. In einer Hähnchenmastanlage mit 36.000 Tierplätzen wurden mittlere Endotoxingehalte von 3.200 bis 3.300 EE/m³ gemessen (GÄRTNER 2016, persönliche Mitteilung). Für die Putenmast existieren derzeit noch keine vergleichbaren Werte. Mit 2.200 EE/m³ im Jahresmittel liegt der Wert in der gleichen Dimension wie für Legehennen und Masthähnchen. Für den Arbeitsbereich schlagen GÓRNY & DUTKIEWICZ (2002) einen Richtwert von 2.000 EE/m³ vor. Die im Rahmen dieses Projektes erfasste Konzentration und der Wert von CLARK et al. (1983) zeigen, dass dieser Richtwert in der Legehennenhaltung häufig überschritten wird. Auch in anderen Wirtschaftsbereichen sind hohe Endotoxinkonzentrationen zu finden. So wurden z. B. in einer Molkerei 25,4–34.800 EE/m³, bei der Tierfutterherstellung 2–4.700 EE/m³ und bei der Holzverarbeitung 124–17.000 EE/m³ nachgewiesen (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2005). Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin fordert für Arbeitsplätze mit erhöhter Endotoxinbelastung eine Gefährdungsbeurteilung und branchenspezifische Schutzmaßnahmen. Diese Maßnahmen sind für den Bereich Nutztierhaltung in der TRBA 230 (Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe 2007) beschrieben und beinhalten z. B. das Tragen von Atemschutz (mindestens FFP 2) beim Ein- und Ausställen sowie bei Reinigungsarbeiten im Stall.

5 Schlussfolgerungen

Emission

- Die Befunde zeigen, dass Enterokokken im Abluftstrom von Geflügelställen und nur im unmittelbaren Umfeld des Stalls nachweisbar sind.
- Weder in der Putenmast noch in den Legehennenanlagen hat die Jahreszeit einen gerichteten Einfluss auf die Emissionsraten.
- Die Leitparameter Enterobakterien und *Staphylococcus aureus* können im Bioaerosol der Emission aller Geflügelanlagen nur mittels Anreicherungsverfahren (MPN) hinreichend genau quantifiziert werden.
- Der prozentuale Anteil *Staphylococcus aureus* an Gesamtstaphylokokken liegt bei Legehennen und Mastputen nahezu immer unter 0,1 %, weshalb ein direkter kultureller Nachweis im Oberflächenverfahren unmöglich ist.
- Die Berechnung des Massenstroms aus den Abluftkonzentrationen und den Volumenströmen während der einzelnen Probenahmen (3*30 min je Messtag) bildet die Variabilität im Tages- und Jahresverlauf nicht hinreichend ab. Ursache hierfür ist, dass der Stall nicht mit Abluffrachten einer Industrieanlage vergleichbar ist, sondern einer hohen tages- und jahreszeitlichen sowie biologischen Dynamik unterliegt.
- Trotz gleicher Haltungsform der Volierenhaltung ist die Emissionsbelastung beider Legehennenanlagen wahrscheinlich auf Grund der unterschiedlichen Bewegungsmöglichkeiten der Tiere sehr verschieden.
- Den relativ hohen Endotoxinwerten stehen niedrige Gehalte an Enterobakterien gegenüber. Gramnegative Mikroorganismen sterben relativ schnell in der Luft ab oder sind nicht mehr kultivierbar. Als Bioaerosolleitparameter sind Enterobakterien deshalb ungeeignet.

Immission

- Das in der VDI-Richtlinie 4251 beschriebene Fächermodell zur Einrichtung von Immissionsmesspunkten lässt sich in praxi aus personellen, messtechnischen und geografischen Gegebenheiten sowie wegen der landwirtschaftlichen Nutzung der stallumgebenden Agrarflächen nicht umsetzen.
- Die alternativ angewendete Probenahme entlang eines Messschenkels mit mehreren Messpunkten zur Beurteilung der Immission erhöht insbesondere im Kontext mit Windrichtung und -geschwindigkeit den Planungs- und Koordinierungsaufwand erheblich und schränkt die Verfügbarkeit möglicher Messtage wesentlich ein.
- Vergleichsmessungen zwischen Impaktions- und Impingementverfahren zeigen, dass bei optimaler Windgeschwindigkeit der Halbstundenmittelwert aus mehreren Impaktionsmessungen in Folge gut mit den Ergebnissen des Impingements korreliert.
- Die mittels Impaktionsmessungen generierten Abklingkurven der Immissionsbelastung im Lee der Legehennenanlagen bis zu 500 m Entfernung belegen, dass das gewählte Verfahren für diese Fragestellung hinreichend genau ist.
- Die Auswertung der Windströmungen während der Messungen hat gezeigt, dass mit zurückgehender Windgeschwindigkeit die Strömungsrichtung instabil wird. Windgeschwindigkeiten ab 2 m je Sekunde bieten gute Voraussetzungen für Immissionsmessungen.
- Die Messdaten haben gezeigt, dass insbesondere bei geringeren Windgeschwindigkeiten eine Abweichung der Windrichtung vom Messschenkel die Befunde nicht nachweisbar beeinflusst.

- Das Bioaerosol der Immission von Legehennenställen ist von Spezies der Gattung *Staphylococcus* dominiert. Mit Maximalwerten von $1,0 \times 10^3$ (LH-1) und $3,1 \times 10^3$ (LH-2) Staphylokokken/m³ Luft in 500 m Entfernung wird der worst case bei optimalen Windbedingungen zur Zeit der höchsten Tieraktivität abgebildet. Sie liegen weit über dem im LAI-Leitfaden vorgegebenen Orientierungswert von 240 KbE/m³. Im Jahresdurchschnitt spielt die Immissionsbelastung beider Anlagen in 500 m Entfernung vom Stall allerdings keine Rolle.
- Die nachgewiesenen Luftkonzentrationen an Staphylokokken korrespondiert eng mit der Konzentration an mesophilen Bakterien (GBZ). Es kann angenommen werden, dass die GBZ die Staphylokokkenkonzentration abbildet. Das gilt für Proben der Abluft und dem Umfeld von Geflügelställen.
- Die Befunde zeigen auch, dass Enterobakterien und *Staphylococcus aureus* im Umfeld der Hennenställe nicht nachweisbar waren.
- Die Befunde zeigen weiter, dass der Stall nach 500 m im Lee noch einen nachweisbaren mikrobiellen Einfluss auf die Luftqualität hat.
- Die Angabe gleicher Orientierungswerte im LAI Leitfaden für Staphylokokken, *Staphylococcus aureus*, Enterobakterien und Enterokokken zur Beurteilung eines gesundheitlichen Risikos beruhte auf theoretisch festgelegten Bestimmungsgrenzen der Methode, entspricht aber nicht den tatsächlichen mikrobiologischen Gegebenheiten.

Mikrobiologische Analytik

- Das Bioaerosol der Geflügelanlagen wird von grampositiven halophilen Mikroorganismen bestimmt. Der größte Anteil dabei entfällt auf Spezies der Gattung *Staphylococcus*. In den Legehennenanlagen dominierte *S. equorum*, in der Putenmast setzte sich gegen Ende der Mastperiode *S. lentus* durch.
- Der Anteil von *Staphylococcus spp.* in der Risikogruppe 2 lag in der Legehennenhaltung zwischen 0 und 4 %, in der Putenmast punktuell wesentlich höher bei bis zu 27 %. Der eigentliche Leitparameter *Staphylococcus aureus* spielte dabei allerdings keine Rolle. Zur Beurteilung des tatsächlichen gesundheitlichen Risikos von Staphylokokken aus Bioaerosolen muss zukünftig die Staphylokokkenflora differenziert werden.
- *Aerococcus viridans* wird häufig zu größeren Anteilen im Bioaerosol des Geflügels nachgewiesen. Weil die Spezies in die Risikogruppe 2 eingruppiert ist, sollte dieser Erreger bei zukünftigen Bioaerosoluntersuchungen mit erfasst werden.
- *Jeotgalicoccus spp.* können zu größeren Anteilen im Bioaerosol beim Geflügel nachgewiesen werden. Die Gattung gehört zur Familie der Staphylococcaceae und lässt sich klassisch mikrobiologisch nur schwer von der Gattung *Staphylococcus* trennen. Eine Erweiterung des Leitparameterbegriffes auf die Familie Staphylococcaceae widerspiegelt das Bioaerosol besser.

6 Zusammenfassung

Über einen Zeitraum von 20 Monaten wurden an zwei Legehennenställen und einem Mastputenstall Emissions- und Immissionsmessungen durchgeführt. Die Probenahmen wurden über die Außentemperaturklassen $< 6\text{ °C}$ (Winter), $6\text{--}16\text{ °C}$ (Frühling, Herbst) und $> 16\text{ °C}$ (Sommer) im Tagesmittel verteilt. Die Probenahmetage für Sommer mussten zusätzlich mindestens einen Stundenmittelwert ab 25 °C Außenlufttemperatur haben. Je Stall wurden 17 Probenahmen zur Bestimmung mikrobiologischer Bestandteile des Abluftstromes und der Außenluft im Umfeld der Ställe durchgeführt. Bestimmt wurden die Gesamtbakterienzahl und Schimmelpilze (GPZ) sowie die Luftkonzentration von Enterobakterien, Enterokokken, Staphylokokken, *Staphylococcus aureus* und Endotoxinen. Weiterhin wurden meteorologische Kenndaten wie Außenlufttemperatur, Außenluftfeuchte, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie die Globalstrahlung kontinuierlich erfasst. In den Ställen wurden Lufttemperatur und -feuchte sowie der Abluftvolumenstrom erfasst. Tierleistungen und -verluste ergänzen den Datenpool. Ziel war es, belastbare Kenndaten zur Emission und Immission abzuleiten. Es können folgende Befunde und Ergebnisse abgeleitet werden:

- Die Legeleistung in den Hennenherden war für Volieren mit 75 bis 80 % je Henne des Durchschnittsbestandes auf mittlerem bis gutem Niveau. Die Tierverluste in den Hennenställen lagen zwischen 12 und 18 % auf hohem Niveau. Die Puten hatten gute Körpermassezunahmen und die Verluste lagen bei 10 %.
- Die mittleren Stalllufttemperaturen variieren in Abhängigkeit von der Jahreszeit in den Hennenställen zwischen $11,9$ und $21,6\text{ °C}$, im Putenstall zwischen $15,3$ und $22,5\text{ °C}$. Die Luftfeuchte lag zwischen 64 und 80 %.
- Für die Außentemperaturklassen wurde ein mittlerer Volumenstrom im Hennenstall LH-1 zwischen 15.100 und $92.800\text{ m}^3/\text{h}$, für LH-2 zwischen 53.500 und $132.500\text{ m}^3/\text{h}$ und für den Putenstall zwischen 25.500 und $66.000\text{ m}^3/\text{h}$ berechnet.
- Im Abluftstrom der Hennenställe wurden alle untersuchten Spezies und -gruppen nachgewiesen. Im Jahresmittel wurden in den beiden Ställen Bakterien und Staphylokokken jeweils in einer mittleren Konzentration von $1,5$ und $7,4 \cdot 10^6\text{ KBE}/\text{m}^3$ bzw. $1,3$ und $6,8 \cdot 10^6\text{ KBE}/\text{m}^3$, Schimmelpilze von $5,1 \cdot 10^3\text{ KBE}/\text{m}^3$ und $6,1 \cdot 10^3\text{ KBE}/\text{m}^3$ sowie Endotoxine von $1,2 \cdot 10^3\text{ EE}/\text{m}^3$ und $3,7 \cdot 10^3\text{ EE}/\text{m}^3$ nachgewiesen. Schimmelpilze und Endotoxine waren im Stall LH-2 im Mittel 10-fach höher. Enterobakterien und *Staph. aureus* wurde im Mittel mit $1,0 \cdot 10^1\text{ KBE}/\text{m}^3$ bzw. nicht nachgewiesen. Enterokokken hatten eine mittlere Konzentration von $1,0 \cdot 10^4\text{ KBE}/\text{m}^3$.
- Im Abluftstrom des Putenstalls wurden alle untersuchten Spezies und -gruppen nachgewiesen. Im Jahresmittel wurden Bakterien und Staphylokokken jeweils in einer mittleren Konzentration von $2,7 \cdot 10^6\text{ KBE}/\text{m}^3$ und $8,3 \cdot 10^5\text{ KBE}/\text{m}^3$, Schimmelpilze von $1,7 \cdot 10^4\text{ KBE}/\text{m}^3$ und Endotoxine von $2,2 \cdot 10^3\text{ EE}/\text{m}^3$ nachgewiesen. Enterobakterien und *Staph. aureus* wurde im Mittel mit $4,0 \cdot 10^2\text{ KBE}/\text{m}^3$ und mit $7,4 \cdot 10^1\text{ KBE}/\text{m}^3$ nachgewiesen. Enterokokken hatten eine mittlere Konzentration von $6,4 \cdot 10^4\text{ KBE}/\text{m}^3$.
- Während der Ruhephasen in den Herden ist die Konzentration an luftgetragenen Partikeln in den Legehennenställen 90 % niedriger gegenüber den Aktivitätsphasen, im untersuchten Putenstall beträgt diese Reduktion 50 %.
- Unter Hinzunahme des mittleren Volumenstromes der Außentemperaturklasse und den auf der Basis des Niveauunterschiedes zwischen Ruhe- und Aktivitätsphase in den Herden korrigierten mikrobiologischen Messwerten, ergeben sich nachfolgende jährlichen Emissionsfaktoren (KBE bzw. EE/Tierplatz*Sekunde):

	Legehennenstall LH-1	Legehennenstall LH-2	Putenstall PM-1
Bakterien (GBZ)	$1,6 \cdot 10^3$	$9,9 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^4$
Staphylokokken ³	$2,0 \cdot 10^3$	$9,2 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^3$
Schimmelpilze (GPZ)	$4,1 \cdot 10^0$	$7,5 \cdot 10^0$	$1,2 \cdot 10^2$
Endotoxine	$8,5 \cdot 10^{-1}$	$3,3 \cdot 10^0$	$1,3 \cdot 10^1$
Enterokokken	$1,2 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$3,5 \cdot 10^2$
Enterobakterien	$8,8 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-1}$	$3,4 \cdot 10^0$
<i>Staphylococcus aureus</i>	$3,1 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-1}$	$3,3 \cdot 10^{-1}$

- Gegenüber der Berechnung des Massenstromes aus dem Messwert der Abluftkonzentration und des während der Probenahme gemessenen Volumenstromes führt die Berechnung aus den Mittelwerten der über den Tagesgang korrigierten Konzentration (auf der Grundlage der Differenzen an luftgetragenen Partikeln zwischen Aktivität und Ruhe in der Herde) und des Volumenstromes der Außentemperaturklassen bei Legehennenställen zu einem um 38–50 % (LH-1) bzw. 30–39 % (LH-2) und 3–38 % (PM-1) niedrigeren Emissionsfaktor.
- Die Vorbelastung im Jahresmittel mit Bakterien (GBZ) an den Legehennenställen betrug bis $1,4 \cdot 10^1$ KBE je m³. Staphylokokken konnten vereinzelt in geringer Konzentration nachgewiesen werden. Im Luv der Ställe wurden bis $2,5 \cdot 10^3$ KBE je m³ Schimmelpilze nachgewiesen. Die Luftkonzentration an Bakterien im Luv des Putenmaststalles ist gegenüber den Legehennenställen um das 2-Fache erhöht. Hierin bildet sich die umfänglichere Tierdichte am Standort ab.
- Gegenüber der Vorbelastung sind die Luftkonzentrationen der GBZ und von Staphylokokken im Lee des Emittenten deutlich erhöht. In einer Distanz von 150 m werden noch das 80-Fache (LH-1) bzw. das 600-Fache (LH-2) der Vorbelastung mit Bakterien und das 1.000-Fache (LH-1) bzw. das 4.000-Fache (LH-2) mit Staphylokokken nachgewiesen. Mit zunehmender Distanz sinkt die nachgewiesene Luftkonzentration deutlich.
- 500 m im Lee des Emittenten werden noch $2,5 \cdot 10^1$ (LH-1) bzw. $2,9 \cdot 10^2$ (LH-2) KBE je m³ Bakterien (GBZ) und noch $3,2 \cdot 10^1$ (LH-1) bzw. $3,6 \cdot 10^2$ (LH-2) – KBE je m³ Staphylokokken nachgewiesen.
- Enterobakterien, Enterokokken ($1,7 \cdot 10^1$ KBE/m³) und *Staphylococcus aureus* wurden im Lee des Emittenten nicht bzw. nur im Nahbereich des Stalles mit geringer Konzentration nachgewiesen.
- Schimmelpilze wurden im Luv und Lee auf vergleichbarem Niveau nachgewiesen. Im Mittel betrug die Luftkonzentration $1,9 \cdot 10^3$ KBE je m³. Hier werden erwartungsgemäß saisonale Einflüsse sichtbar und die höchste Luftkonzentration bei höheren Außentemperaturen nachgewiesen. Die Legehennenställe haben auf die Schimmelpilzkonzentration im Umfeld keinen Einfluss.

³ Aus methodischen Gründen überschreitet die Staphylokokkenzahl bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl wesentlich, sodass bei der Bildung des Emissionsfaktors dieser für die Staphylokokken höher ausfällt als für die Gesamtbakterienzahl. Damit erscheint es bei der Verwendung der Faktoren gerechtfertigt, für die Gesamtbakterienzahl den Faktor für die Staphylokokken anzuwenden.

7 Quellennachweis

- ANGERSBACH-HEGER, S. (2002): Untersuchungen zur Emission und Verfrachtung luftgetragener Mikroorganismen von der Auslauffläche einer Legehennenfreilandhaltung. Diss. Tierärztl. Hochschule Hannover
- CASTELLAN, R. M., OLENCHOCK, S. A., KINSLEY, K. B., & HANKINSON, J. L. (1987): Inhaled endotoxin and decreased spirometric values. An exposure-response relation for cotton dust. *The New England Journal of Medicine*, 317(10), 605–610.
- CLARK, S., RYLANDER, R., & LARSSON, L. (1983): Airborne bacteria, endotoxin and fungi in dust in poultry and swine confinement buildings. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 44(7), 537–541.
- CLAUß, M.; SPRINGGORUM, C., SCHULZ, J., HARTUNG, J. (2012): Einfluss von kurzzeitigen Konzentrationsänderungen auf die Ergebnisse verschiedener Probenahmeverfahren zur Messung der Hintergrundkonzentration. *Gefahrstoffe 72* (2012) Nr. 4., Springer-VDI-Verlag Düsseldorf
- CLAUß, M. & HINZ, T. (2014): Einfluss der Probenahmebedingungen auf die Höhe von Emissionsfaktoren für luftgetragene Mikroorganismen aus der Nutztierhaltung. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft* 74, 447 – 453
- DIN EN 14790 [2006]: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung von Wasserdampf in Leitungen
- DIN ISO 14164 [2002]: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung des Volumenstromes von strömenden Gasen in Leitungen
- FALLSCHISSEL, K., KLUG, K., KÄMPFER, P., JÄCKEL, U. (2010): Detection of Airborne Bacteria in a German Turkey House by Cultivation-Based and Molecular Methods. *Ann. Occup. Hyg.*, 1-10
- FELLER, W. (1950). *An introduction to probability Theory and its applications.* John Wiley Sons, Inc.
- FROMME, H., BISCHOF, W., DIETRICH, S., LAHRZ, T., SCHIERL, R., & SCHWEGLER, U. (2013): Airborne allergens, endotoxins and particulate matter in elementary schools, results from Germany (LUPE 2). *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 10(10), 573–582.
- GÄRTNER, A., GESSNER, A., MARTIN, E., JÄCKEL, U. (2011): Emissionsmessungen von Mikroorganismen aus Hähnchenmastanlagen. *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft – Air Quality control*, 71, 9:362-366
- GÓRNY, R. L. & DUTKIEWICZ, J. (2002): Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine: AAEM*, 9(1), 17–23.
- HILLIGER, H. G. (1991): Emissionen von Staub und Keimen aus Ställen. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.*, 98:257-261
- HINZ, T. (2005): Messungen luftgetragener Partikel in und aus der Geflügelhaltung. *Landtechnik* 2/2005, 100-101
- HOPPENHEIDT, K. (2002): Bioaerosole als Bestandteile von Feinstäuben. Tagungsband zur Fachtagung 14.02.2002, München
- JÄCKEL, U., SCHNEIDER, D., MARTIN, E., GESSNER, A., GÄRTNER, A. (2014): Methoden zur Detektion von Bakterien in Emissionen aus Hähnchenmastanlagen unter Berücksichtigung antibiotikaresistenter Stämme. In: *Bioaerosole in der Landwirtschaft – Bedeutung für Mensch und Umwelt.* KRdL-Schriftenreihe 48
- KÄMPFER, P. & WEIßENFELS, W. D. (1997): Luftgetragene Mikroorganismen in einer Abfallbehandlungsanlage. *Fachgruppe Mikrobiologie der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie e. V. VAAM* Lieskau, 103-132
- KÖLLNER, B., HELLER, D. & GÄRTNER, A. (2005): Wirkung von Bioaerosolen aus der Landwirtschaft – Erste Ergebnisse der LUA-Studie: Bioaerosole aus Tierställen. In: *Mikrobielle Luftverunreinigungen.* VDI-Schriftenreihe 35, 209-217

- KOLK, A., VAN GELDER, R., SCHNEIDER, G., GEBRID, S. (2009): Mikrobiologische Hintergrundwerte in der Außenluft – Auswertung der BGIA-Expositionsdatenbank MEGA – Gefahrstoff 69 (2009) Nr. 4, S. 130 – 136
- LIPPMANN, J. (2007): Emissionsminderung in der Legehennenhaltung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 3/2007
- LIPPMANN, J. (2014): Emissionen aus Haltungssystemen für Legehennen. Schriftenreihe des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 14/2014
- LOHBERGER, M. (2016): Hintergrundkonzentration für Bioaerosole. Schriftenreihe des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 4/2016
- MACHER, J.M. (1989): Positive hole correction of multiple jet impactors for collecting viable microorganisms. Am.Ind.Hyg.Assoc.J. 50(11), 561 - 568
- MARTIN, E., FALLSCHISSEL, K., KÄMPFER, P., JÄCKEL, U. (2010): Detection of *Jeotgalicoccus* spp. in poultryhouse air. System. Appl.Microbiol. 33, 188 – 192
- MARTIN, E.; KLUG, K., FRISCHMANN, A., BUSSE, H.-J., KÄMPFER, P., JÄCKEL, U. (2011): *Jeotgalicoccus coquinae* sp.nov and *Jeotgalicoccus aerolatus* sp.nov., isolated from poultry houses. Int J.System Ev. Microbiol. 61, 237-241
- MOSTAFA, E. & W. BÜSCHER (2007): Influences on dust emission for laying hen houses. 8. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaft, Bonn, 2007
- MÜLLER, W. & WIESER, P. (1987): Theoretische und praktisch ermittelte Immissionen luftgetragener Bakterien. Zit. In: HARTUNG & SEEDORF (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. KTBL-Schrift 393, Landwirtschaftsverlag Münster
- MÜLLER, W., WIESER, P., KÜHNE, H. (1978): Zur Frage der Ausbreitung von Luftkeimen aus Tierställen. Zbl. Vet. Mes. B. 25: 216 – 224
- NANNEN, C. & W. BÜSCHER (2007): Analyse der Zusammensetzung von Staubemissionen aus Ställen verschiedener Nutztierarten und Bestimmung des Gravimetriefaktors. Univ. Bonn, Agrarw. Fakultät, Schriftenreihe Nr. 144
- PLATZ, S., MATTHES, S. & H.-CH. LÖLIGER (1979): Untersuchungen zur Keimemission aus Geflügelintensivhaltungen und zur Tenazität von Bakterien in verschiedenen Bodenarten. Wien. Tierärztl. Monatsschrift 66, Heft 4
- SÄCHS. LANDESANSTALT F. LANDWIRTSCHAFT (2004): Evaluierung alternativer Haltungsformen für Legehennen. Schriftenreihe 9, Heft 8
- SARIKAS, G. (1976): Untersuchungen über Staub- und Keimemissionen aus Geflügelställen. Diss. Tierärztl. Hochschule Hannover
- SCHIEK, W. (1998): Keimmessung in der Umgebung einer Hühnermastanlage. Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 105, 246
- SCHMITT, G., WALLENFANG, O., BÜSCHER, W. & B. DIEKMANN (2004): Partikelkonzentration in der Stallabluft. Landtechnik 29, 334-335
- SCHNEIDER, D., JÄCKEL, U., GÄRTNER, A., DIETERICH, F. (2015): Taxonomische Charakterisierung luftgetragener Bakterien der Familie Staphylococcaceae in Emissionen von Hähnchenmastanlagen. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 75, 340-346
- SCHUIJS, M. J., WILLART, M. A., VERGOTE, K., GRAS, D., DESWARTE, K., EGE, M. J., HAMMAD, H. et al. (2015): Farm dust and endotoxin protect against allergy through A20 induction in lung epithelial cells. Science, 349(6252), 1106–1110.

- SCHULZ, J., SEEDORF, J., FORMOSA, H. I., HARTUNG, J., SCHÜTZ, A., BAUMERT, R., SLABY, M., SEMBER, M. & K. PAVANTO-BORN (2005): Gesundheitliche Bewertung von Bioaerosolen aus Anlagen in der Tierintensivhaltung, Teilprojekt A: Erfassung und Modellierung der Bioaerosolbelastung im Umfeld von Geflügelställen. Abschlussbericht – Tierärztl. Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie
- SCHULZ, J. (2014): Indikatorbakterien in der Luft von Geflügel- und Schweinehaltungen. In: Bioaerosole in der Landwirtschaft – Bedeutung für Mensch und Umwelt. KRdL-Schriftenreihe 48, 19-24
- SEEDORF, J. (2006): Bioaerosole in und aus der Tierhaltung – umwelthygienische Bedeutung und Messbarkeit. In: Emissionen der Tierhaltung. KTBL-Schrift 449.
- SEEDORF, J. & HARTUNG, J. (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. KTBL-Schrift 393, Münster
- SMID, T., HEEDERIK, D., HOUBA, R., & QUANJER, P. H. (1992): Dust- and endotoxin-related respiratory effects in the animal feed industry. The American Review of Respiratory Disease, 146(6), 1474–1479.
- STENGEL, E. (2015): Differenzierung von Staphylokokken von Emissions- und Immissionsmessungen an Geflügelställen. Bachelorarbeit, Hochschule Zittau/Görlitz
- TA Luft (2002): Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. GMBI. 2002, Heft 25 – 29, 511 – 605
- Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA): Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Land- und Forstwirtschaft und vergleichbaren Tätigkeiten, TRBA 230 GMBI (2007)
- Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA): Einstufung von Prokaryonten (Bacteria und Archaea) in Risikogruppen, TRBA 466 GMBI (2015) Nr. 46-50 vom 25.08. 2015
- VDI-Richtlinien 4251 [Bl. 1, 2007]: Erfassung luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft.- Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen (Fahnenmessung)
- VDI-Richtlinien 4252 [Bl. 2, 2004]: Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern.
- VDI-Richtlinien 4252 [Bl.3, 2008]: Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse.
- VDI-Richtlinie 4253 [Bl. 2, 2004]: Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilzkonzentration in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern.
- VDI-Richtlinie 4253 [Bl. 3, 2008]: Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis der Bakterienkonzentration in der Luft – Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten.
- VDI-Richtlinie 4253 [Bl.4, 2013]: Bioaerosole und biologische Agenzien – Bestimmung der Gesamtzellzahl mittels Fluoreszenzanalyse nach Anfärbung mit DAPI
- VDI-Richtlinie 4254: Messen von Stoffwechselprodukten von Mikroorganismen – Messen von MVOC in der Außenluft.
- VDI-Richtlinie 4257 [Bl.1, 2013]: Emissionsmessungen – Planung und Durchführung.
- VDI-Richtlinie 4257 [Bl. 2, 2011]: Emissionsmessung von Bioaerosolen und biologischen Agenzien – Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung in Flüssigkeiten.
- VDI-Richtlinie 3786 [Bl. 16, 1996]: Umweltmeteorologie – Messen des Luftdrucks.
- VDI-Richtlinie, 4200 [2000]: Durchführung von Emissionsmessungen an geführten Quellen.
- VDI-Richtlinie 2066 [Bl.1, 2006]: Messen von Partikeln – Staubmessung in strömenden Gasen – Gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung.

8 Anhang

Tabelle 13: Systemdaten der untersuchten Geflügelställe

	Stall		LH-1	LH-2	PM-1
Hal- tungs- system	System		Reihenvoliere	Reihenvoliere	Bodenhaltung
	Tierplätze		15000	20000	1700
	GV		51	68	70
	Tiere bzw. kg je m ² GF		15	15	53
	Einstreu Scharraum		Stroh/Sand	Stroh/Sand	Stroh
	Ebenen		3	3	1
	Tierplätze/Einheit		6000	6000	1700
Fütterung	Wasser		Nippeltränke	Nippeltränke	Nippeltränke
	Futter		Automatik	Automatik	Automatik
Entmistung	Kotband		ja	ja	nein
	Beräumungszyklus	d	7	3	Beleg.-zyklus
	Kot-Trocknung		nein	nein	nein
Lüftung	Abluftsystem		Unterdruck	Unterdruck	Unterdruck
	Dachkamine		6 x 820 mm	6 x 820 mm 5 x 650 mm	5 x 820 mm
	Giebel-/Wandlüfter		1 x 1200 mm		1 x 1200 mm
	Abluftvolumenstrom (max.) ¹⁾	m ³ /h	155200	196500	132500
	Zuluftsystem		Strahl (mod.)	Strahl (mod.)	Strahl (mod.)
	Zuluftventile		ja	ja	ja
Traufe/Wand					
Zuluftventile			ja	ja	
Giebel/Dach					
Standort	Tierplätze		45000	20000	14900
	Ställe		3	1	8
	Abluftstrom	m ³ /h	465600	196500	1060000

1) theoretischer Wert

Tabelle 14: Quantile von Stalllufttemperatur und -feuchte sowie Abluftvolumenstrom für den Legehenstall LH-1

Kenngröße	T _A K	Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	Mittelwert	Anzahl	Messtage
Stalllufttemperatur (°)	F	5,5	16,7	17,4	18,2	19,4	21,1	29,5	18,4	2826	118
	S	17,3	18,9	19,7	21,6	24,5	27,8	34,4	22,5	4416	184
	H	16,3	17,8	18,3	19,2	20,5	21,8	30,0	19,6	3198	133
	W	10,2	16,0	16,5	17,2	18,1	18,6	19,9	17,3	4320	180
Stallluftfeuchte (%)	F	40	54	59	63	66	70	83	62	2826	118
	S	40	52	59	67	74	79	90	66	4416	184
	H	52	64	67	71	75	79	98	71	3198	133
	W	44	59	63	66	68	70	79	65	4320	180
Abluftvolumenstrom (m ³ /h)	F	861	13595	24566	46348	76165	93589	117905	50612	2418	101
	S	432	48792	75643	92817	111908	113315	116338	90069	4416	184
	H	4734	19473	34694	52534	76395	94476	117443	56775	2909	121
	W	4527	8979	11252	15068	19811	27884	69892	17018	2160	90

Tabelle 15: Quantile von Stalllufttemperatur und -feuchte sowie Abluftvolumenstrom für den Legehenstall LH-2

Kenngröße	T _A K	Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	Mittelwert	Anzahl	Messtage
Stalllufttemperatur (°)	F	7,5	11,9	13,2	15,2	18,7	21,9	30,7	16,1	2343	98
	S	11,8	16,0	18,5	21,6	25,2	29,1	37,3	22,1	4416	184
	H	6,8	11,5	13,7	16,6	19,4	21,8	32,2	16,7	3198	133
	W	4,6	9,9	10,9	11,9	13,4	14,6	18,2	12,0	3671	153
Stallluftfeuchte (%)	F	37	47	56	65	70	76	88	76	4274	178
	S	33	47	56	67	76	82	92	66	4416	184
	H	51	64	70	76	80	84	99	75	3198	133
	W	42	61	63	67	70	73	84	67	3671	153
Abluftvolumenstrom (m ³ /h)	F	5939	69061	103866	130732	136215	139058	146623	116428	2043	85
	S	72952	127032	129602	132482	135331	137858	143701	132067	4416	184
	H	46670	76346	111570	128972	132094	134150	139646	117510	3194	133
	W	32709	38407	45058	53486	80862	104448	133334	64013	1594	66

Tabelle 16: Quantile von Stalllufttemperatur und -feuchte sowie Abluftvolumenstrom für den Putenmaststall PM-1

Kenngroße	T _A K	Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	Mittelwert	Anzahl	Messtage
Stalllufttemperatur (°)	F	7,9	15,4	17,1	18,9	20,9	22,1	29,9	18,9	3323	138
	S	12,7	18,9	20,2	22,5	24,7	27,7	36,8	22,8	3275	136
	H	8,2	14,7	16,4	18,4	21,1	23,5	28,6	18,7	3641	151
	W	3,1	12,1	13,8	15,3	19,3	21,2	23,3	16,1	4539	189
Stallluftfeuchte (%)	F	33	51	57	64	70	75	91	64	3323	138
	S	35	49	57	66	72	79	93	65	3275	136
	H	32	55	63	71	76	81	89	69	3641	151
	W	26	36	59	64	68	72	92	60	4539	189
Abluftvolumenstrom (m ³ /h)	F	2754	25506	30725	42661	62645	80364	84013	46791	2358	98
	S	1604	26262	36919	66048	97105	100873	103584	63072	3092	129
	H	688	20940	27178	46227	80703	82833	103395	50518	3480	145
	W	334	10160	21753	25466	27615	45227	77161	26315	2509	105

Tabelle 17: Quantile der Messwerte der Wetterstation am Stall LH-1

Kenngroße	T _A K	Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	Mittelwert	Anzahl	Messtage
Außenlufttemperatur (°)	F	-3,2	3,4	6,4	10,5	14,9	19,3	30,8	10,9	4412	184
	S	7,3	13,1	15,9	19,4	23,7	28,2	38,6	20,1	4336	181
	H	-1,4	5,1	9,6	13,4	16,8	19,6	32,3	13,0	3195	133
	W	-13,1	-1,4	0,9	3,4	6,1	8,5	15,9	3,4	4319	180
Außenluftfeuchte (%)	F	30	47	58	72	83	90	98	70	4412	184
	S	27	42	52	69	83	90	96	67	4336	181
	H	40	61	73	84	90	93	99	80	3195	133
	W	36	65	75	83	89	94	99	81	3178	132
Windrichtung (°)	F	0	65	109	218	268	302	360		4413	184
	S	0	74	113	220	273	303	360		4336	181
	H	0	73	99	178	236	283	360		3195	133
	W	0	78	131	214	242	266	360		3178	132
Windgeschwindigkeit (m/s)	F	0,2	0,7	1,1	2,1	3,5	5,2	14,8	2,6	4413	184
	S	0,1	0,6	1,0	1,7	2,6	3,6	7,3	1,9	4336	181
	H	0,1	0,7	1,1	1,8	2,7	3,8	7,2	2,0	3195	133

Kenngroße	T _A K	Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	Mittelwert	Anzahl	Messtage
Luftdruck (hPa)	W	0,2	1,0	1,7	2,9	4,6	6,2	13,4	3,3	3178	132
	F	970	986	990	996	1003	1009	1017	997	4412	184
	S	980	988	992	996	998	1001	1009	995	4336	181
	H	978	989	994	998	1003	1007	1017	998	3195	133
	W	954	984	990	996	1002	1008	1021	995	3178	132
Globalstrahlung (W/m ²)	F	0	0	0	34	303	563	898	170	4411	184
	S	0	0	0	86	401	644	976	214	4336	181
	H	0	0	0	1	121	342	692	92	3195	133
	W	0	0	0	0	44	175	524	46	2677	112

Tabelle 18: Quantile der Messwerte der Wetterstation am Stall LH-2

Kenngroße	T _A K	Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	Mittelwert	Anzahl	Messtage
Außenlufttemperatur (°)	F	-2,9	3,6	6,7	10,7	15,2	19,5	30,8	11,1	4274	178
	S	6,3	13,0	16,0	19,5	23,8	28,8	39,8	20,3	4410	184
	H	-1,7	5,2	9,5	13,5	16,7	19,7	31,8	13,0	3197	133
	W	-13,5	-1,4	1,1	3,5	6,0	8,3	15,7	3,5	4223	176
Außenluftfeuchte (%)	F	24	47	59	75	87	95	100	72,5	4274	178
	S	22	42	53	71	86	95	100	69	4410	184
	H	41	64	76	87	95	98	100	84	3196	133
	W	35	69	78	86	92	97	100	84	3334	139
Windrichtung (°)	F	0	44	120	226	257	291	360		4274	178
	S	0	40	116	224	249	285	360		4411	184
	H	0	46	77	159	237	261	360		3197	133
	W	0	68	140	218	244	266	359		3335	139
Windgeschwindigkeit (m/s)	F	0,0	0,8	1,0	1,6	2,7	3,9	9,8	2,0	4274	178
	S	0,0	0,7	0,9	1,5	2,4	3,3	9,6	1,8	4411	184
	H	0,0	0,8	0,9	1,3	2,2	3,1	6,8	1,7	3197	133
	W	0,2	0,9	1,4	2,5	3,7	5,5	11,2	2,9	3335	139
Luftdruck (hPa)	F	974	993	998	1003	1009	1014	1021	1003	4274	178
	S	988	995	999	1002	1005	1008	1014	1002	4411	184
	H	985	995	999	1004	1009	1013	1022	1004	3197	133
	W	962	987	993	1000	1006	1012	1025	999	3335	139

Kenngröße	T _A K	Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	Mittelwert	Anzahl	Messtage
Globalstrahlung (W/m ²)	F	0	0	0	29	305	562	903	169	4142	173
	S	0	0	0	76	415	656	977	219	4411	184
	H	0	0	0	1	132	342	735	92	3197	133
	W	0	0	0	0	32	122	495	36	2147	89

Tabelle 19: Quantile der Außenlufttemperatur am Stall PM-1

Kenngröße	T _A K	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Anzahl	Messtage
Außenlufttemperatur (°)	F	-4,5	2,3	5,8	9,8	14,2	18,9	35,4	10,2	4416	184
	S	5,4	12,4	15,2	18,9	23,0	26,9	40,5	19,3	3923	163
	H	-2,3	2,8	7,0	10,9	14,8	17,6	27,6	10,7	4287	179
	W	-13,1	-2,1	0,4	3,2	5,9	8,2	14,8	3,0	4539	189

Tabelle 20: Windklassenverteilung im Untersuchungszeitraum am Stall LH-1

T _A K	Nord	Nordost	Ost	Südost	Süd	Südwest	West	Nordwest
Frühling (6-16 °C)	6%	7%	16%	8%	9%	20%	22%	12%
Sommer (>16 °C)	5%	6%	17%	8%	9%	21%	22%	12%
Herbst (6-16 °C)	3%	8%	29%	8%	12%	19%	15%	6%
Winter (<6 °C)	2%	5%	19%	10%	16%	33%	13%	2%

Tabelle 21: Windklassenverteilung im Untersuchungszeitraum am Stall LH-2

T _A K	Nord	Nordost	Ost	Südost	Süd	Südwest	West	Nordwest
Frühling (6-16 °C)	8%	11%	8%	8%	10%	26%	23%	7%
Sommer (>16 °C)	8%	13%	8%	6%	10%	33%	17%	6%
Herbst (6-16 °C)	6%	17%	16%	13%	12%	22%	11%	3%
Winter (<6 °C)	2%	9%	9%	18%	13%	32%	15%	1%

Tabelle 22: Mittelwerte der Vorbelastung im Umfeld des Legehennenstalls LH-1 für die Außentemperaturklassen

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Jahr	1,3E+01	1,0E+01	54
Staphylokokken		2,2E+00	1,8E+00	50
Schimmelpilze		1,8E+03	1,3E+03	51
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	2,0E+01	1,9E+01	6
Staphylokokken		3,2E+00	3,1E+00	6
Schimmelpilze		1,1E+03	1,1E+03	6
Gesamtbakterienzahl	Sommer (> 16 °C)	1,9E+01	2,0E+01	15
Staphylokokken		2,2E+00	2,2E+00	15
Schimmelpilze		6,9E+03	5,2E+03	15
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	1,1E+01	9,3E+00	15
Staphylokokken		2,2E+00	1,7E+00	15
Schimmelpilze		2,0E+03	2,3E+03	15
Gesamtbakterienzahl	Winter (< 6 °C)	6,7E+00	5,1E+00	18
Staphylokokken		1,5E+00	1,2E+00	14
Schimmelpilze		2,2E+02	1,9E+02	15

Tabelle 23: Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-1 (Jahr)

Jahr	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)							Anzahl
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	
Gesamtbakterienzahl	Jahr	2,1E+04	1,0E+05	6,1E+05	1,5E+06	4,7E+06	7,4E+06	3,5E+07	51
Enterobakterien		6,9E+00	1,3E+01	1,8E+01	4,5E+01	1,3E+02	4,7E+02	1,5E+03	51
Enterokokken		3,9E+02	3,3E+03	6,0E+03	1,0E+04	2,4E+04	4,3E+04	6,5E+04	51
Staphylokokken		1,8E+04	4,1E+04	4,4E+05	1,3E+06	4,2E+06	7,3E+06	3,8E+07	51
<i>Staphylococcus aureus</i>		6,9E+00	1,4E+01	1,9E+01	3,5E+01	7,4E+01	2,1E+02	6,0E+03	51
Schimmelpilze		3,7E+02	5,7E+02	1,5E+03	5,1E+03	9,8E+03	1,7E+04	2,7E+04	51
Endotoxine		1,8E+00	2,2E+02	6,0E+02	1,2E+03	1,8E+03	2,4E+03	3,0E+03	50

Tabelle 24: Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-1 (Jahr)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Gesamtbakterienzahl	Jahr	1,5E+06	1,4E+06	51	0	0
Enterobakterien		4,5E+01	5,2E+01	51	22	0
Enterokokken		1,0E+04	9,9E+03	51	1	0
Staphylokokken		1,3E+06	1,2E+06	51	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i>		3,5E+01	4,8E+01	51	15	0
Schimmelpilze		5,1E+03	3,9E+03	51	0	0
Endotoxine		1,2E+03	7,4E+02	50	3	0

Tabelle 25: Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-1 (Frühling, Sommer)

Parameter	Jahr	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)						Anzahl	
			Min.	10%	25%	Median	75%	90%		Max.
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)		3,3E+05	3,3E+05	3,5E+05	3,9E+05	4,7E+05	6,1E+05	6,1E+05	6
Enterobakterien			3,7E+01	3,7E+01	5,9E+01	2,5E+02	5,0E+02	5,4E+02	5,4E+02	6
Enterokokken			3,9E+04	3,9E+04	4,0E+04	4,7E+04	6,1E+04	6,5E+04	6,5E+04	6
Staphylokokken			2,2E+05	2,2E+05	2,3E+05	3,1E+05	3,6E+05	4,4E+05	4,4E+05	6
<i>Staphylococcus aureus</i>			2,7E+01	2,7E+01	2,8E+01	3,4E+01	1,3E+02	2,4E+02	2,4E+02	6
Schimmelpilze			3,7E+02	3,7E+02	4,0E+02	5,0E+02	1,9E+03	2,1E+03	2,1E+03	6
Endotoxine			1,6E+02	1,6E+02	2,2E+02	7,6E+02	1,2E+03	1,2E+03	1,2E+03	6
Gesamtbakterienzahl	Sommer (> 16 °C)		6,6E+04	8,4E+04	2,2E+06	3,9E+06	7,5E+06	3,4E+07	3,4E+07	15
Enterobakterien			1,2E+01	1,2E+01	1,4E+01	1,3E+02	3,2E+02	1,1E+03	1,5E+03	14
Enterokokken			9,0E+02	1,0E+03	4,0E+03	7,4E+03	8,8E+03	1,2E+04	1,4E+04	15
Staphylokokken			3,3E+04	3,5E+04	2,8E+06	4,6E+06 ⁴	7,6E+06	3,6E+07	3,8E+07	15
<i>Staphylococcus aureus</i>			1,7E+01	1,8E+01	2,3E+01	6,6E+01	1,2E+02	2,2E+02	3,6E+02	15
Schimmelpilze			2,2E+03	2,5E+03	6,0E+03	9,8E+03	1,4E+04	1,6E+04	1,8E+04	15
Endotoxine			2,1E+02	4,4E+02	6,6E+02	1,7E+03	2,3E+03	2,8E+03	3,0E+03	15

⁴ Die Staphylokokkenzahl überschritt bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl.

Tabelle 26: Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-1 (Frühling, Sommer)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	3,9E+05	4,1E+05	6
Enterobakterien		2,5E+02	1,7E+02	6
Enterokokken		4,7E+04	4,9E+04	6
Staphylokokken		3,1E+05	3,0E+05	6
<i>Staphylococcus aureus</i>		3,4E+01	5,2E+01	6
Schimmelpilze		5,0E+02	7,3E+02	6
Endotoxine		7,6E+02	5,3E+02	6
Gesamtbakterienzahl	Sommer (≥ 16 °C)	3,9E+06	3,0E+06	15
Enterobakterien		1,3E+02	9,2E+01	14
Enterokokken		7,4E+03	5,4E+03	15
Staphylokokken		4,6E+06 ⁵	2,7E+06	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		6,6E+01	6,1E+01	15
Schimmelpilze		9,8E+03	8,2E+03	15
Endotoxine	1,7E+03	1,3E+03	15	

Tabelle 27: Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-1 (Herbst, Winter)

Jahr	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)							Anzahl
		Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	2,1E+04	3,3E+04	7,0E+05	1,6E+06	5,4E+06	8,0E+06	9,9E+06	15
Enterobakterien		1,3E+01	1,4E+01	1,9E+01	5,6E+01	7,0E+01	1,9E+02	1,9E+02	15
Enterokokken		3,9E+02	6,0E+02	4,9E+03	1,5E+04	2,8E+04	3,9E+04	4,9E+04	15
Staphylokokken		1,8E+04	2,2E+04	7,7E+05	3,3E+06 ¹	4,2E+06	6,2E+06	7,1E+06	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,4E+01	1,4E+01	1,9E+01	3,0E+01	5,6E+01	7,4E+01	7,4E+01	15
Schimmelpilze		1,5E+03	3,2E+03	4,9E+03	6,5E+03	1,2E+04	2,3E+04	2,7E+04	15
Endotoxine		1,8E+00	1,9E+00	4,4E+02	9,6E+02	1,3E+03	1,7E+03	2,1E+03	15

⁵ Die Staphylokokkenzahl überschritt bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl.

Jahr	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)						Anzahl	
		Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %		Max.
Gesamtbakterienzahl	Winter (< 6 °C)	4,8E+05	5,5E+05	9,5E+05	1,4E+06	1,7E+06	3,1E+06	3,3E+06	15
Enterobakterien		6,9E+00	1,1E+01	1,6E+01	2,0E+01	4,3E+01	4,8E+01	5,3E+01	15
Enterokokken		4,2E+03	5,3E+03	6,8E+03	1,0E+04	1,3E+04	2,7E+04	3,0E+04	15
Staphylokokken		4,0E+05	4,5E+05	6,8E+05	1,1E+06	1,4E+06	2,3E+06	2,5E+06	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		6,9E+00	7,7E+00	1,5E+01	1,9E+01	5,3E+01	5,3E+03	6,0E+03	15
Schimmelpilze		5,5E+02	6,0E+02	7,6E+02	1,2E+03	5,0E+03	1,2E+04	2,0E+04	15
Endotoxine		4,4E+02	4,5E+02	8,7E+02	1,4E+03	1,9E+03	2,6E+03	2,9E+03	14

Tabelle 28: Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-1 (Herbst, Winter)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	1,6E+06	1,1E+06	15
Enterobakterien		5,6E+01	4,4E+01	15
Enterokokken		1,5E+04	9,4E+03	15
Staphylokokken		3,3E+06 ⁶	1,1E+06	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		3,0E+01	3,2E+01	15
Schimmelpilze		6,5E+03	7,3E+03	15
Endotoxine		9,6E+02	3,0E+02	15
Gesamtbakterienzahl	Winter (< 6 °C)	1,4E+06	1,3E+06	15
Enterobakterien		2,0E+01	2,2E+01	15
Enterokokken		1,0E+04	1,0E+04	15
Staphylokokken		1,1E+06	1,0E+06	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,9E+01	5,5E+01	15
Schimmelpilze		1,2E+03	1,9E+03	15
Endotoxine		1,4E+03	1,2E+03	14

⁶ Bei einigen Probenahmen überschritt die Staphylokokkenzahl die Gesamtbakterienzahl, sodass bei der Bildung des Emissionsfaktors dieser für die Staphylokokken höher ausfällt, als für die Gesamtbakterienzahl. Damit erscheint es bei der Verwendung der Faktoren gerechtfertigt, für die Gesamtbakterienzahl den Faktor für die Staphylokokken anzuwenden.

Tabelle 29: Emissionsfaktoren (KBE,EE/s*GV) für den Legehennenstall LH-1

Bezugsbasis		GBZ	Entero- bakterien	Entero- kokken	Staphylo- kokken	<i>Staphylococcus aureus</i>	Schimmel- pilze	Endotoxine
Messzeitraum	Frühling	1,6E+05	7,6E+01	1,8E+04	1,1E+05	1,6E+01	1,6E+02	2,4E+02
	Sommer	2,4E+06	6,5E+01	3,7E+03	2,6E+06 ¹	4,1E+01	5,6E+03	1,0E+03
	Herbst	4,8E+05	2,3E+01	6,1E+03	1,0E+06 ¹	1,2E+01	2,4E+03	3,2E+02
	Winter	1,1E+05	2,4E+00	1,1E+03	9,4E+04	2,2E+00	1,5E+02	1,4E+02
	Jahr	8,0E+05	4,2E+01	7,3E+03	9,7E+05 ¹	1,8E+01	2,1E+03	4,3E+02
Median-T _A K korr.	Frühling	6,9E+04	4,4E+01	8,3E+03	5,5E+04	6,0E+00	8,8E+01	1,3E+02
	Sommer	1,4E+06	4,6E+01	2,6E+03	1,6E+06 ¹	2,3E+01	3,5E+03	6,0E+02
	Herbst	3,2E+05	1,1E+01	3,0E+03	6,6E+05 ¹	6,0E+00	1,3E+03	1,9E+02
	Winter	8,0E+04	1,1E+00	5,7E+02	6,3E+04	1,1E+00	6,9E+01	8,0E+01
	Jahr	4,6E+05	2,6E+01	3,6E+03	6,0E+05 ¹	9,2E+00	1,2E+03	2,5E+02

Tabelle 30: Quantile der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Jahr)

Parameter	MP	Quantil (KBE,EE/m ³)							Anzahl
		Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	
Gesamtbakterienzahl	0	1,0E+00	2,1E+00	6,3E+00	1,1E+01	1,8E+01	2,2E+01	3,4E+01	27
	1	1,0E+01	3,1E+01	3,3E+02	8,8E+02	3,7E+03	1,6E+04	5,9E+04	51
	2	1,0E+01	1,1E+01	2,2E+01	2,2E+02	2,6E+03	4,3E+03	2,9E+04	42
	3	2,6E+00	5,2E+00	2,1E+01	1,3E+02	8,6E+02	3,8E+03	3,0E+04	60
	4	2,6E+00	4,2E+00	1,2E+01	2,5E+01	2,7E+02	8,9E+02	5,1E+03	69
Enterobakterien	1	5,1E-01	5,1E-01	5,2E-01	5,5E-01	1,1E+00	2,8E+00	2,8E+00	20
Enterokokken	1	2,1E+00	2,4E+00	6,2E+00	1,7E+01	6,3E+01	1,4E+02	1,7E+02	21
	2	5,2E-01	9,8E-01	2,6E+00	6,4E+00	2,0E+01	9,5E+01	1,0E+02	18
Staphylokokken	0	5,2E-01	5,2E-01	5,6E-01	2,2E+00	3,4E+00	1,2E+01	1,7E+01	23
	1	1,1E+01	3,6E+01	2,2E+02	1,9E+03 ⁷	8,0E+03	3,1E+04	5,9E+04	45
	2	5,1E+00	5,2E+00	1,1E+01	2,0E+02	1,9E+03	1,5E+04	3,0E+04	42
	3	2,6E+00	5,1E+00	5,5E+00	1,3E+02	9,6E+02	1,4E+04	2,9E+04	60
	4	2,1E+00	2,8E+00	5,2E+00	3,2E+01 ¹	3,1E+02	3,4E+03	1,5E+04	66
<i>Staph. aureus</i>	2	2,6E+00	2,6E+00	2,6E+00	2,8E+00	2,8E+00	2,8E+00	5,5E+00	21

⁷ Die Staphylokokkenzahl überschreitet bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl.

Parameter	MP	Quantil (KBE,EE/m ³)							Anzahl
		Min.	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Max.	
Schimmelpilze	4	1,0E+00	1,0E+00	1,0E+00	1,1E+00	1,1E+00	1,1E+00	2,2E+00	21
	0	5,3E+01	1,3E+02	3,9E+02	1,9E+03	5,7E+03	1,0E+04	1,6E+04	24
	1	8,9E+01	1,9E+02	6,1E+02	1,5E+03	5,1E+03	1,1E+04	3,8E+04	24
	2	1,8E+02	2,1E+02	1,0E+03	1,8E+03	7,0E+03	9,7E+03	1,1E+04	21
	3	2,0E+02	2,4E+02	9,6E+02	1,8E+03	6,3E+03	8,4E+03	1,1E+04	21
	4	2,6E+01	1,2E+02	4,0E+02	1,6E+03	6,3E+03	1,2E+04	1,5E+04	24

Tabelle 31: Gesamtbakterienzahl – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	0	1,1E+01	9,5E+00	27	2	0
	1	8,8E+02	8,8E+02	51	3	0
	2	2,2E+02	2,4E+02	42	0	3
	3	1,3E+02	1,4E+02	60	6	3
	4	2,5E+01	5,0E+01	69	5	0
Frühling	0	1,2E+01	1,2E+01	3	2	0
	1	4,4E+01	6,0E+01	6	0	0
	2	1,1E+01	4,0E+01	6	0	0
	3	5,5E+01	8,8E+01	9	0	0
	4	1,7E+01	1,5E+01	9	1	0
Sommer	0	1,8E+01	1,7E+01	9	0	0
	1	3,8E+03	3,5E+03	18	2	0
	2	9,5E+02	9,0E+02	18	0	3
	3	3,7E+02	6,5E+02	24	0	3
	4	2,4E+02	2,2E+02	24	0	0
Herbst	0	1,1E+01	1,1E+01	3	0	0
	1	2,0E+03	1,9E+03	6	0	0
	2	2,7E+03	6,7E+02	6	0	0
	3	1,1E+03	2,4E+02	9	1	0
	4	5,6E+02	1,8E+02	9	0	0
Winter	0	6,3E+00	5,6E+00	12	0	0

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
	1	4,5E+02	4,7E+02	21	1	0
	2	4,6E+01	4,6E+01	12	0	0
	3	2,1E+01	1,9E+01	18	5	0
	4	1,3E+01	1,3E+01	27	4	0

Tabelle 32: Enterobakterien – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte am Messpunkte 1 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	1	5,5E-01	7,6E-01	20	16	0
Frühling	1	5,6E-01	5,5E-01	3	3	0
Sommer	1	8,4E-01	1,1E+00	8	6	0
Herbst	1	5,5E-01	6,9E-01	3	2	0
Winter	1	5,1E-01	5,8E-01	6	5	0

Tabelle 33: Enterokokken – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 1 und 2 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	1	1,7E+01	2,0E+01	21	0	0
	2	6,4E+00	7,4E+00	18	1	0
Frühling	1	8,8E+01	5,8E+01	3	0	0
	2	1,7E+01	3,0E+01	3	0	0
Sommer	1	2,0E+01	1,8E+01	9	0	0
	2	8,9E+00	7,4E+00	6	0	0
Herbst	1	1,3E+02	1,2E+02	3	0	0
	2	7,4E+01	2,9E+01	3	0	0
Winter	1	6,2E+00	5,4E+00	6	0	0
	2	2,1E+00	1,9E+00	3	1	0

Tabelle 34: Staphylokokken – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	0	2,2E+00	2,0E+00	23	5	0
	1	1,9E+03	1,3E+03	45	0	6
	2	2,0E+02	2,0E+02	42	5	4
	3	1,3E+02	1,1E+02	60	13	6
	4	3,2E+01	5,4E+01	66	13	4
Frühling	0	2,2E+00	2,8E+00	3	0	0
	1	3,3E+01	5,9E+01	6	0	0
	2	3,3E+01	2,7E+01	6	0	0
	3	2,2E+01	3,5E+01	9	3	0
	4	2,2E+01	1,6E+01	9	3	0
Sommer	0	2,2E+00	2,6E+00	9	2	0
	1	8,5E+03	6,6E+03	18	0	6
	2	9,6E+02	1,1E+03	18	0	4
	3	9,0E+02	8,4E+02	24	2	6
	4	1,8E+02	2,8E+02	27	3	4
Herbst	0	2,2E+00	2,2E+00	3	0	0
	1	4,3E+03	3,9E+03	6	0	0
	2	3,2E+03	1,6E+03	6	0	0
	3	8,0E+02	1,4E+02	9	2	0
	4	3,4E+02	1,4E+02	9	1	0
Winter	0	1,6E+00	1,3E+00	8	3	0
	1	2,5E+02	3,8E+02	15	0	0
	2	1,0E+01	1,4E+01	12	5	0
	3	1,0E+01	1,3E+01	18	6	0
	4	1,0E+01	7,5E+00	21	6	0

Tabelle 35: *Staphylococcus aureus* – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 2 und 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	2	2,8E+00	2,8E+00	21	21	0
	4	1,1E+00	1,1E+00	21	18	0
Frühling	2	2,8E+00	2,8E+00	3	3	0
	4	1,1E+00	1,1E+00	3	3	0
Sommer	2	2,8E+00	2,8E+00	9	9	0
	4	1,1E+00	1,1E+00	9	7	0
Herbst	2	2,7E+00	3,4E+00	3	3	0
	4	1,1E+00	1,4E+00	3	3	0
Winter	2	2,6E+00	2,6E+00	6	6	0
	4	1,0E+00	1,0E+00	6	5	0

Tabelle 36: Schimmelpilze – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	0	1,9E+03	1,4E+03	24	0	0
	1	1,5E+03	1,5E+03	24	0	0
	2	1,8E+03	1,8E+03	21	0	0
	3	1,8E+03	1,9E+03	21	0	0
	4	1,6E+03	1,3E+03	24	0	0
Frühling	0	1,7E+03	1,6E+03	3	0	0
	1	1,4E+03	1,1E+03	3	0	0
	2	1,3E+03	1,3E+03	3	0	0
	3	3,1E+03	2,3E+03	3	0	0
	4	1,6E+03	2,0E+03	3	0	0
Sommer	0	6,9E+03	5,5E+03	9	0	0
	1	8,7E+03	6,1E+03	9	0	0
	2	8,1E+03	5,2E+03	9	0	0
	3	6,6E+03	4,8E+03	9	0	0
	4	7,6E+03	5,5E+03	9	0	0

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Herbst	0	2,0E+03	2,0E+03	3	0	0
	1	1,5E+03	1,6E+03	3	0	0
	2	1,5E+03	1,6E+03	3	0	0
	3	1,7E+03	1,7E+03	3	0	0
	4	1,6E+03	1,7E+03	3	0	0
Winter	0	3,3E+02	2,8E+02	9	0	0
	1	2,9E+02	3,8E+02	9	0	0
	2	4,4E+02	4,6E+02	6	0	0
	3	3,8E+02	4,4E+02	6	0	0
	4	2,3E+02	2,4E+02	9	0	0

Tabelle 37: Quantile der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Impinger, KFG – Jahr)

Parameter	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)						Anzahl	
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%		Max.
Gesamtbakterienzahl	Jahr	2,1E+00	4,3E+00	1,8E+01	3,8E+01	1,6E+02	6,3E+02	9,2E+02	33
Staphylokokken		3,5E+00	4,0E+00	4,2E+00	2,4E+01	1,5E+02	6,9E+02	1,0E+03	33
Schimmelpilze		1,2E+03	1,2E+03	1,8E+03	2,1E+03	7,9E+03	9,8E+03	1,0E+04	12
Endotoxine		2,7E-01	2,7E-01	7,6E-01	1,5E+00	6,9E+00	1,5E+01	1,5E+01	6

Tabelle 38: Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Impinger, KFG – Jahr)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Gesamtbakterienzahl	Jahr	3,8E+01	5,0E+01	33	1	0
Staphylokokken		2,4E+01	3,3E+01	33	5	0
Schimmelpilze		2,1E+03	3,1E+03	12	0	0
Endotoxine		1,5E+00	1,8E+00	6	0	0

Tabelle 39: Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-1 (Impinger, KFG – Außentemperaturklassen)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	1,2E+01	1,0E+01	6
Staphylokokken		4,1E+00	4,9E+00	6
Schimmelpilze		2,4E+03	2,4E+03	2
Endotoxine		9,2E-01	9,2E-01	1
Gesamtbakterienzahl	Sommer (> 16 °C)	5,9E+01	6,2E+01	17
Staphylokokken		2,8E+01	4,0E+01	17
Schimmelpilze		7,5E+03	4,4E+03	6
Endotoxine		1,9E+00	1,3E+00	3
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	3,4E+02	1,4E+02	6
Staphylokokken		4,5E+02 ⁸	1,1E+02	6
Schimmelpilze		2,0E+03	2,0E+03	2
Endotoxine		1,0E+00	1,0E+00	1
Gesamtbakterienzahl	Winter (< 6 °C)	5,6E+01	5,2E+01	4
Staphylokokken		7,0E+01 ¹	4,5E+01	4
Schimmelpilze		2,0E+03	2,0E+03	2
Endotoxine		1,5E+01	1,5E+01	1

Tabelle 40: Mittelwerte der Vorbelastung im Umfeld des Legehennenstalls LH-2 für die Außentemperaturklassen

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Jahr	1,4E+01	1,2E+01	50
Staphylokokken		1,1E+00	1,6E+00	47
Schimmelpilze		2,5E+03	1,5E+03	54
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	1,7E+01	1,4E+01	12
Staphylokokken		2,2E+00	2,0E+00	12
Schimmelpilze		8,8E+02	8,9E+02	12

⁸ Die Staphylokokkenzahl überschritt bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl.

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Sommer (>16 °C)	1,2E+01	1,3E+01	14
Staphylokokken		1,1E+00	1,7E+00	15
Schimmelpilze		7,2E+03	1,0E+04	15
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	1,6E+01	1,7E+01	15
Staphylokokken		1,1E+00	1,7E+00	15
Schimmelpilze		2,3E+03	1,5E+03	15
Gesamtbakterienzahl	Winter (<6 °C)	5,2E+00	5,5E+00	9
Staphylokokken		7,6E-01 ⁹	7,7E-01	5
Schimmelpilze		1,7E+02	2,5E+02	12

Tabelle 41: Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-2 (Jahr)

Parameter	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)						Anzahl	
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%		Max.
Gesamtbakterienzahl	Jahr	1,5E+04	1,2E+06	3,1E+06	7,4E+06	1,2E+07	3,4E+07	6,6E+07	51
Enterobakterien		1,1E+01	1,8E+01	3,9E+01	1,7E+02	6,3E+02	2,0E+03	1,6E+04	51
Enterokokken		7,7E+00	8,1E+03	1,0E+04	1,8E+04	2,4E+04	3,8E+04	1,0E+05	51
Staphylokokken		1,1E+04	1,5E+06	2,8E+06	6,8E+06	1,4E+07	3,7E+07	7,0E+07	51
<i>Staphylococcus aureus</i>		9,9E+00	1,2E+01	1,6E+01	1,6E+02	1,6E+03	5,9E+03	3,9E+05	51
Schimmelpilze		1,6E+02	3,2E+02	7,8E+02	6,1E+03	1,4E+04	2,1E+04	2,5E+04	50
Endotoxine		6,1E+01	7,4E+02	1,9E+03	3,7E+03	7,3E+03	1,3E+04	2,1E+05	51

⁹ Die Staphylokokkenzahl überschreitet bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl.

Tabelle 42: Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-2 (Jahr)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Gesamtbakterienzahl	Jahr	7,4E+06	6,2E+06	51	0	0
Enterobakterien		1,7E+02	1,9E+02	51	5	0
Enterokokken		1,8E+04	1,5E+04	51	1	0
Staphylokokken		6,8E+06	5,8E+06	51	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,6E+02	1,8E+02	51	20	0
Schimmelpilze		6,1E+03	3,5E+03	50	0	0
Endotoxine		3,7E+03	3,6E+03	51	0	0

Tabelle 43: Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-2 (Frühling, Sommer)

Parameter	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)						Anzahl	
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%		Max.
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	5,3E+05	7,0E+05	1,2E+06	2,1E+06	5,2E+06	9,8E+06	1,1E+07	12
Enterobakterien		1,1E+01	1,2E+01	2,2E+01	1,2E+02	2,4E+02	5,8E+03	7,9E+03	12
Enterokokken		8,1E+03	8,2E+03	9,6E+03	1,8E+04	2,4E+04	3,1E+04	3,4E+04	12
Staphylokokken		6,1E+05	7,3E+05	1,5E+06	2,6E+06 ¹⁰	5,9E+06	1,3E+07	1,5E+07	12
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,3E+01	1,4E+01	2,5E+01	1,0E+02	1,7E+02	1,9E+02	2,0E+02	12
Schimmelpilze		1,7E+02	2,8E+02	6,2E+02	1,0E+03	7,0E+03	1,5E+04	1,6E+04	12
Endotoxine		2,5E+02	3,5E+02	6,5E+02	1,2E+03	3,8E+04	1,7E+05	2,1E+05	12
Gesamtbakterienzahl	Sommer (>16 °C)	3,8E+06	3,9E+06	8,2E+06	1,7E+07	4,2E+07	6,5E+07	6,6E+07	15
Enterobakterien		1,6E+01	2,4E+01	2,5E+02	6,3E+02	2,0E+03	1,1E+04	1,6E+04	15
Enterokokken		1,0E+04	1,2E+04	1,8E+04	1,9E+04	3,3E+04	7,4E+04	1,0E+05	15
Staphylokokken		3,1E+06	3,6E+06	7,2E+06	1,7E+07	4,1E+07	6,7E+07	7,0E+07	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		9,9E+00	9,9E+00	1,6E+01	6,3E+02	1,7E+03	3,7E+03	3,8E+03	15
Schimmelpilze		2,4E+03	4,0E+03	9,2E+03	1,5E+04	2,1E+04	2,3E+04	2,5E+04	15
Endotoxine	2,5E+03	2,6E+03	3,0E+03	4,3E+03	7,3E+03	1,1E+04	1,1E+04	15	

¹⁰ Die Staphylokokkenzahl überschritt bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl.

Tabelle 44: Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-2 (Frühling, Sommer)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	2,1E+06	2,3E+06	12
Enterobakterien		1,2E+02	1,2E+02	12
Enterokokken		1,8E+04	1,6E+04	12
Staphylokokken		2,6E+06 ¹¹	2,7E+06	12
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,0E+02	6,5E+01	12
Schimmelpilze		1,0E+03	1,5E+03	12
Endotoxine		1,2E+03	2,6E+03	12
Gesamtbakterienzahl	Sommer (>16 °C)	1,7E+07	1,7E+07	15
Enterobakterien		6,3E+02	6,2E+02	15
Enterokokken		1,9E+04	2,4E+04	15
Staphylokokken		1,7E+07	1,6E+07	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		6,3E+02	2,2E+02	15
Schimmelpilze		1,5E+04	1,3E+04	15
Endotoxine		4,3E+03	4,8E+03	15

Tabelle 45: Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls LH-2 (Herbst, Winter)

Parameter	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)							Anzahl
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	1,5E+04	3,4E+06	6,6E+06	1,0E+07	1,2E+07	2,5E+07	2,6E+07	15
Enterobakterien		1,8E+01	3,3E+01	8,7E+01	1,7E+02	5,1E+02	1,1E+03	1,1E+03	15
Enterokokken		4,0E+03	4,2E+03	8,1E+03	1,5E+04	2,1E+04	4,1E+04	4,5E+04	15
Staphylokokken		1,1E+04	1,7E+06	5,3E+06	7,6E+06	1,4E+07	3,2E+07	3,9E+07	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,8E+01	1,8E+01	2,2E+01	1,7E+02	2,1E+03	6,3E+03	7,0E+03	15
Schimmelpilze		1,4E+03	2,3E+03	3,5E+03	7,4E+03	1,1E+04	1,8E+04	2,4E+04	15
Endotoxine		1,4E+03	1,6E+03	2,2E+03	2,8E+03	5,7E+03	8,6E+03	9,3E+03	15
Gesamtbakterienzahl	Winter (>16 °C)	3,5E+05	3,5E+05	3,1E+06	4,6E+06	6,7E+06	7,6E+06	7,6E+06	9

¹¹ Die Staphylokokkenzahl überschritt bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl.

Parameter	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)						Anzahl	
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%		Max.
Enterobakterien		1,9E+01	1,9E+01	2,5E+01	3,2E+01	6,6E+01	3,4E+02	3,4E+02	9
Enterokokken		7,7E+00	7,7E+00	9,5E+03	1,3E+04	2,1E+04	2,8E+04	2,8E+04	9
Staphylokokken		3,9E+05	3,9E+05	2,6E+06	3,1E+06	5,1E+06	9,9E+06	9,9E+06	9
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,1E+01	1,1E+01	1,2E+01	1,3E+01	4,7E+04	3,9E+05	3,9E+05	9
Schimmelpilze		1,6E+02	1,6E+02	2,1E+02	3,6E+02	5,3E+02	8,0E+02	8,0E+02	8
Endotoxine		6,1E+01	6,1E+01	3,0E+03	4,7E+03	1,2E+04	1,4E+04	1,4E+04	9

Tabelle 46: Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Legehennenstalls LH-2 (Herbst, Winter)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	1,0E+07	6,9E+06	15
Enterobakterien		1,7E+02	1,9E+02	15
Enterokokken		1,5E+04	1,3E+04	15
Staphylokokken		7,6E+06	5,9E+06	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,7E+02	2,5E+02	15
Schimmelpilze		7,4E+03	6,6E+03	15
Endotoxine		2,8E+03	3,4E+03	15
Gesamtbakterienzahl	Winter (<6 °C)	4,6E+06	3,6E+06	9
Enterobakterien		3,2E+01	4,3E+01	9
Enterokokken		1,3E+04	6,4E+03	9
Staphylokokken		3,1E+06	3,1E+06	9
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,3E+01	2,5E+02	9
Schimmelpilze		3,6E+02	3,4E+02	8
Endotoxine	4,7E+03	3,8E+03	9	

Tabelle 47: Emissionsfaktoren (KBE,EE/s*GV) für den Legehennenstall LH-2

Bezugsbasis		GBZ	Entero- bakterien	Entero- kokken	Staphylo- kokken	<i>Staphylococcus aureus</i>	Schimmel- pilze	Endotoxine
Messzeitraum	Frühling	1,1E+06	9,6E+01	9,9E+03	1,3E+06 ¹²	8,9E+01	4,9E+02	4,8E+02
	Sommer	9,3E+06	3,5E+02	1,1E+04	9,1E+06	3,6E+02	8,2E+03	2,3E+03
	Herbst	5,6E+06	9,3E+01	8,2E+03	4,2E+06	9,1E+01	4,2E+03	1,5E+03
	Winter	9,7E+05	8,0E+00	3,7E+03	7,1E+05	3,3E+00	6,6E+01	2,0E+03
	Jahr	4,3E+06	1,4E+02	8,2E+03	3,9E+06	1,4E+02	3,2E+03	1,6E+03
Median-T _A K korr.	Frühling	7,9E+05	4,5E+01	6,7E+03	9,7E+05 ¹	3,7E+01	3,7E+02	4,5E+02
	Sommer	6,4E+06	2,4E+02	7,2E+03	6,4E+06	2,4E+02	5,7E+03	1,6E+03
	Herbst	3,7E+06	6,3E+01	5,5E+03	2,8E+06	6,3E+01	2,7E+03	1,0E+03
	Winter	7,0E+05	4,9E+00	2,0E+03	4,7E+05	2,0E+00	5,5E+01	7,2E+02
	Jahr	2,9E+06	8,8E+01	5,4E+03	2,7E+06	8,6E+01	2,2E+03	9,6E+02

Tabelle 48: Quantile der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Jahr)

Parameter	MP	Quantil (KBE,EE/m³)							Anzahl
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	
Gesamtbakterienzahl	0	5,6E-01	2,8E+00	5,6E+00	1,5E+01	2,4E+01	5,6E+01	8,7E+01	32
	1	2,3E+01	1,5E+02	7,7E+02	9,2E+03	5,7E+04	6,0E+04	6,0E+04	58
	2	1,1E+01	5,9E+01	1,4E+02	1,6E+03	5,1E+03	2,9E+04	3,0E+04	55
	3	1,1E+00	1,7E+01	5,7E+01	5,1E+02	3,0E+03	9,7E+03	3,0E+04	79
	4	5,4E+00	2,8E+01	9,0E+01	2,9E+02	1,0E+03	3,8E+03	1,5E+04	83
Enterobakterien	1	5,2E-01	5,2E-01	5,4E-01	5,7E-01	3,2E+00	6,0E+00	1,1E+01	27
Enterokokken	1	1,1E+00	1,1E+00	4,4E+00	1,4E+01	2,7E+01	6,3E+01	1,1E+02	26
	2	5,5E-01	5,6E-01	1,7E+00	4,4E+00	6,6E+00	1,1E+01	1,3E+01	25
Staphylokokken	0	5,2E-01	5,5E-01	1,1E+00	1,1E+00	3,3E+00	5,5E+00	7,5E+00	31
	1	1,1E+01	4,4E+01	3,5E+02	4,3E+03	5,7E+04	6,0E+04	6,0E+04	60
	2	5,5E+00	5,7E+00	1,5E+02	2,2E+03 ¹	8,4E+03	2,9E+04	2,9E+06	55
	3	2,6E+00	5,7E+00	3,3E+01	7,0E+02 ¹	3,7E+03	1,4E+04	2,9E+04	77

¹² Bei einigen Probenahmen überschritt die Staphylokokkenzahl die Gesamtbakterienzahl, sodass bei der Bildung des Emissionsfaktors dieser für die Staphylokokken höher ausfällt, als für die Gesamtbakterienzahl. Damit erscheint es bei der Verwendung der Faktoren gerechtfertigt, für die Gesamtbakterienzahl den Faktor für die Staphylokokken anzuwenden.

Parameter	MP	Quantil (KBE,EE/m ³)							Anzahl
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	
<i>Staphylococcus aureus</i>	4	2,7E+00	5,4E+00	3,2E+01	3,6E+02 ¹	1,3E+03	3,1E+03	1,5E+04	88
	2	2,6E+00	2,6E+00	2,7E+00	2,7E+00	2,8E+00	2,8E+00	5,4E+00	22
	4	1,0E+00	1,0E+00	1,1E+00	1,1E+00	1,1E+00	1,5E+00	2,2E+00	25
Schimmelpilze	0	1,1E+01	6,5E+01	1,6E+02	1,2E+03	6,0E+03	7,6E+03	1,5E+04	35
	1	4,0E+01	9,2E+01	3,8E+02	2,8E+03	7,5E+03	1,4E+04	6,0E+04	30
	2	6,3E+01	9,0E+01	3,8E+02	3,7E+03	6,3E+03	8,4E+03	9,0E+03	27
	3	7,3E+01	9,4E+01	3,4E+02	2,8E+03	5,0E+03	7,8E+03	8,7E+03	29
	4	1,1E+02	1,6E+02	2,8E+02	2,7E+03	4,6E+03	8,8E+03	2,5E+04	34

Tabelle 49: Gesamtbakterienzahl – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	0	1,5E+01	1,2E+01	32	1	0
	1	9,2E+03	5,1E+03	58	0	12
	2	1,6E+03	1,1E+03	55	0	8
	3	5,1E+02	4,1E+02	79	4	4
	4	2,9E+02	3,2E+02	83	0	2
Frühling	0	1,8E+01	1,5E+01	9	0	0
	1	7,3E+03	8,7E+03	15	0	5
	2	1,5E+03	1,4E+03	15	0	4
	3	4,5E+02	4,5E+02	18	2	3
	4	2,5E+02	2,0E+02	15	0	0
Sommer	0	7,8E+00	6,6E+00	5	1	0
	1	8,4E+02	1,4E+03	11	0	2
	2	5,6E+02	5,0E+02	11	0	1
	3	5,6E+01	1,9E+02	20	2	1
	4	2,2E+02	2,6E+02	21	0	0
Herbst	0	2,1E+01	1,9E+01	12	0	0
	1	1,5E+04	8,5E+03	23	0	5
	2	1,3E+03	1,2E+03	23	0	3
	3	5,2E+02	5,0E+02	32	0	0
	4	6,7E+02	5,4E+02	35	0	2
Winter	0	5,3E+00	5,2E+00	6	0	0
	1	4,0E+03	2,9E+03	9	0	0
	2	2,3E+03	2,1E+03	6	0	0

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
	3	9,8E+02	1,0E+03	9	0	0
	4	3,8E+02	2,0E+02	12	0	0

Tabelle 50: Enterobakterien – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte am Messpunkt 1 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	1	5,7E-01	1,1E+00	27	9	0
Frühling	1	1,1E+00	1,2E+00	3	0	0
Sommer	1	5,7E-01	9,7E-01	6	4	0
Herbst	1	8,3E-01	1,5E+00	12	5	0
Winter	1	8,1E-01	7,6E-01	6	0	0

Tabelle 51: Enterokokken – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 1 und 2 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	1	1,4E+01	1,1E+01	26	0	0
	2	4,4E+00	3,4E+00	25	3	0
Frühling	1	2,3E+01	2,2E+01	3	0	0
	2	6,5E+00	6,5E+00	3	0	0
Sommer	1	1,1E+01	7,5E+00	5	0	0
	2	4,5E+00	3,0E+00	7	2	0
Herbst	1	1,8E+01	1,8E+01	12	0	0
	2	3,9E+00	3,0E+00	12	1	0
Winter	1	4,8E+00	3,6E+00	6	0	0
	2	3,1E+00	3,7E+00	3	0	0

Tabelle 52: Staphylokokken – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkte 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	0	1,1E+00	1,7E+00	31	5	0
	1	4,3E+03	3,0E+03	60	3	12
	2	2,2E+03	1,1E+03	55	6	9
	3	7,0E+02	3,8E+02	77	8	6
	4	3,6E+02	2,1E+02	88	11	3
Frühling	0	2,1E+00	2,1E+00	9	0	0
	1	5,3E+03	9,6E+03	15	0	6
	2	3,6E+03	5,3E+03	15	0	3
	3	5,7E+02	5,6E+02	17	2	0
	4	4,2E+02	3,9E+02	24	1	1
Sommer	0	1,1E+00	1,6E+00	7	1	0
	1	5,8E+02	6,0E+02	13	2	2
	2	1,1E+01	8,3E+01	13	5	1
	3	7,3E+01	1,1E+02	18	3	2
	4	1,1E+01	4,9E+01	19	6	0
Herbst	0	2,2E+00	1,9E+00	12	2	0
	1	9,0E+03	2,7E+03	23	1	2
	2	2,0E+03	1,5E+03	21	1	5
	3	1,3E+03	5,6E+02	33	3	4
	4	9,2E+02	3,5E+02	33	1	2
Winter	0	5,2E-01	6,5E-01	3	2	0
	1	4,0E+03	5,3E+03	9	0	2
	2	2,5E+03	1,8E+03	6	0	0
	3	7,0E+02	5,2E+02	9	0	0
	4	2,9E+02	1,4E+02	12	3	0

Tabelle 53: *Staphylococcus aureus* – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkten 2 und 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	2	2,7E+00	2,8E+00	22	20	0
	4	1,1E+00	1,1E+00	25	23	0
Frühling	2	2,7E+00	2,7E+00	3	3	0
	4	1,1E+00	1,1E+00	3	3	0
Sommer	2	2,8E+00	2,8E+00	5	5	0
	4	1,1E+00	1,1E+00	7	7	0
Herbst	2	2,7E+00	2,9E+00	11	9	0
	4	1,1E+00	1,2E+00	12	10	0
Winter	2	2,6E+00	2,6E+00	3	3	0
	4	1,0E+00	1,0E+00	3	3	0

Tabelle 54: Schimmelpilze – Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte an den Messpunkten 0 bis 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Außentemperaturklassen)

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Jahr	0	1,2E+03	8,9E+02	35	1	0
	1	2,8E+03	1,8E+03	30	0	2
	2	3,7E+03	1,5E+03	27	0	0
	3	2,8E+03	1,5E+03	29	0	0
	4	2,7E+03	1,4E+03	34	0	0
Frühling	0	3,9E+02	7,5E+02	9	0	0
	1	5,2E+02	1,2E+03	9	0	1
	2	4,2E+02	9,0E+02	9	0	0
	3	3,5E+02	7,0E+02	9	0	0
	4	3,3E+02	6,3E+02	9	0	0
Sommer	0	6,5E+03	6,6E+03	7	0	0
	1	6,2E+03	6,0E+03	6	0	0
	2	5,7E+03	5,6E+03	5	0	0
	3	7,5E+03	7,1E+03	5	0	0
	4	4,5E+03	6,3E+03	8	0	0

T _A K	MP	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Herbst	0	2,5E+03	1,5E+03	10	1	0
	1	4,0E+03	4,3E+03	10	0	1
	2	4,0E+03	3,1E+03	10	0	0
	3	3,2E+03	2,8E+03	12	0	0
	4	2,8E+03	2,6E+03	11	0	0
Winter	0	1,5E+02	1,2E+02	9	0	0
	1	1,2E+02	1,6E+02	5	0	0
	2	7,3E+01	7,6E+01	3	0	0
	3	9,4E+01	8,6E+01	3	0	0
	4	2,1E+02	2,0E+02	6	0	0

Tabelle 55: Quantile der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Impinger, KFG – Jahr)

Parameter	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)						Anzahl	
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%		Max.
Gesamtbakterienzahl	Jahr	3,9E+00	4,2E+01	1,1E+02	3,0E+02	5,4E+02	1,0E+03	2,7E+03	58
Staphylokokken		3,9E+00	3,3E+01	1,2E+02	3,4E+02 ¹³	6,6E+02	1,0E+03	3,1E+03	58
Schimmelpilze		6,9E+01	1,8E+02	3,0E+02	9,3E+02	4,7E+03	6,1E+03	6,7E+03	17
Endotoxine		2,5E-01	2,6E-01	5,2E-01	7,7E-01	4,9E+00	2,1E+01	2,3E+01	10

Tabelle 56: Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Impinger, KFG – Jahr)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Gesamtbakterienzahl	Jahr	3,0E+02	2,3E+02	58	0	0
Staphylokokken		3,4E+02 ¹	2,4E+02	58	0	0
Schimmelpilze		9,3E+02	1,2E+03	17	0	0
Endotoxine		7,7E-01	1,3E+00	10	1	0

¹³ Die Staphylokokkenzahl überschritt bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl.

Tabelle 57: Mittelwerte, Anzahl und Ersatzwerte der Luftkonzentrationen mikrobieller Partikel am Messpunkt 4 im Umfeld des Stalls LH-2 (Impinger, KFG – Außentemperaturklassen)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	2,6E+02	2,2E+02	18		
Staphylokokken		1,2E+02	1,3E+02	18		
Schimmelpilze		3,0E+02	5,2E+02	6		
Endotoxine		1,2E+00	2,7E+00	3		
Gesamtbakterienzahl	Sommer (>16 °C)	2,4E+02	2,4E+02	10		
Staphylokokken		4,3E+02 ¹⁴	4,0E+02	10		
Schimmelpilze		5,9E+03	5,8E+03	2		
Endotoxine		7,2E-01	7,1E-01	1		
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	3,4E+02	2,2E+02	24		
Staphylokokken		3,8E+02 ¹	2,7E+02	24		
Schimmelpilze		2,3E+03	1,8E+03	8		
Endotoxine		2,6E+00	1,4E+00	4		
Gesamtbakterienzahl	Winter (<6 °C)	2,7E+02	2,8E+02	6		
Staphylokokken		4,2E+02 ¹	4,0E+02	6		
Schimmelpilze		2,1E+02	2,1E+02	1		
Endotoxine		3,8E-01	3,8E-01	1		

Tabelle 58: Mittelwerte der Vorbelastung im Umfeld des Putenstalls PM-1 für die Außentemperaturklassen

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Jahr	2,4E+01	2,7E+01	54
Staphylokokken		3,2E+00	3,8E+00	51
Schimmelpilze		1,2E+03	9,8E+02	54
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	4,8E+01	5,4E+01	15
Staphylokokken		8,4E+00	1,4E+01	15
Schimmelpilze		7,7E+02	4,8E+02	15

¹⁴ Die Staphylokokkenzahl überschritt bei einigen Probenahmen die Gesamtbakterienzahl.

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Sommer (>16 °C)	2,3E+01	3,2E+01	12
Staphylokokken		1,7E+00	4,0E+00	12
Schimmelpilze		4,9E+03	7,9E+03	12
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	1,6E+01	1,6E+01	12
Staphylokokken		1,1E+00	1,4E+00	12
Schimmelpilze		1,8E+03	1,7E+03	12
Gesamtbakterienzahl	Winter (<6 °C)	2,3E+01	1,8E+01	15
Staphylokokken		1,1E+00	1,8E+00	12
Schimmelpilze		2,3E+02	2,4E+02	15

Tabelle 59: Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls PM-1 (Jahr)

Parameter	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)						Anzahl	
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%		Max.
Gesamtbakterienzahl	Jahr	1,4E+05	3,6E+05	5,0E+05	2,7E+06	5,0E+06	7,5E+06	1,1E+07	54
Enterobakterien		1,5E+01	5,1E+01	1,6E+02	4,0E+02	1,3E+03	3,7E+03	3,0E+04	57
Enterokokken		1,2E+04	2,7E+04	6,4E+04	6,4E+04	1,4E+05	2,3E+05	8,2E+05	54
Staphylokokken		4,0E+04	2,1E+05	3,2E+05	8,3E+05	2,8E+06	3,9E+06	7,0E+06	54
<i>Staphylococcus aureus</i>		8,1E+00	1,0E+01	1,4E+01	7,4E+01	1,9E+02	7,6E+03	1,1E+05	51
Schimmelpilze		1,4E+02	3,6E+03	7,0E+03	1,7E+04	4,4E+04	8,3E+04	2,6E+06	54
Endotoxine		4,8E+01	5,9E+02	8,9E+02	2,2E+03	4,5E+03	1,3E+04	5,2E+04	54

Tabelle 60: Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Putenstalls PM-1 (Jahr)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl	Ersatzwerte	
		Median	geom. Mittel		untere	obere
Gesamtbakterienzahl	Jahr	2,7E+06	1,9E+06	54	0	0
Enterobakterien		4,0E+02	4,5E+02	57	0	0
Enterokokken		6,4E+04	7,3E+04	54	0	0
Staphylokokken		8,3E+05	8,7E+05	54	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i>		7,4E+01	1,0E+02	51	0	0
Schimmelpilze		1,7E+04	1,6E+04	54	0	0
Endotoxine		2,2E+03	2,1E+03	54	0	0

Tabelle 61: Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls PM-1 (Frühling, Sommer)

Parameter	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)						Anzahl	
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%		Max.
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	1,4E+05	1,5E+05	2,9E+05	1,1E+06	4,6E+06	5,1E+06	5,2E+06	15
Enterobakterien		1,6E+01	2,3E+01	2,2E+02	8,2E+02	1,7E+03	1,2E+04	1,7E+04	15
Enterokokken		2,0E+04	2,1E+04	4,2E+04	6,1E+04	1,6E+05	2,3E+05	2,4E+05	15
Staphylokokken		4,0E+04	5,6E+04	2,6E+05	8,1E+05	1,4E+06	2,5E+06	2,7E+06	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,2E+01	1,2E+01	2,2E+01	5,5E+01	3,5E+03	1,1E+04	1,2E+04	12
Schimmelpilze		2,3E+03	3,0E+03	8,1E+03	3,0E+04	4,8E+04	1,6E+05	2,3E+05	15
Endotoxine		4,8E+01	6,2E+01	1,3E+03	2,6E+03	1,1E+04	3,1E+04	5,2E+04	15
Gesamtbakterienzahl	Sommer (>16 °C)	8,5E+05	1,0E+06	2,1E+06	3,3E+06	6,3E+06	9,2E+06	1,0E+07	12
Enterobakterien		8,6E+01	1,1E+02	3,1E+02	6,6E+02	9,7E+02	1,8E+03	1,8E+03	12
Enterokokken		2,8E+04	2,9E+04	3,7E+04	4,2E+04	1,1E+05	2,3E+05	2,3E+05	12
Staphylokokken		4,8E+05	5,5E+05	8,6E+05	2,1E+06	3,4E+06	3,8E+06	3,8E+06	12
<i>Staphylococcus aureus</i>		8,6E+00	9,0E+00	1,0E+01	1,9E+01	1,7E+02	5,3E+02	5,8E+02	12
Schimmelpilze		5,3E+03	5,7E+03	7,4E+03	1,4E+04	3,1E+04	1,8E+06	2,6E+06	12
Endotoxine		7,8E+02	8,0E+02	1,1E+03	1,8E+03	3,3E+03	5,4E+03	5,9E+03	12

Tabelle 62: Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Putenstalls PM-1 (Frühling, Sommer)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Frühling (6-16 °C)	1,1E+06	1,0E+06	15
Enterobakterien		8,2E+02	6,4E+02	15
Enterokokken		6,1E+04	6,8E+04	15
Staphylokokken		8,1E+05	5,8E+05	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		5,5E+01	1,9E+02	12
Schimmelpilze		3,0E+04	2,3E+04	15
Endotoxine		2,6E+03	2,3E+03	15
Gesamtbakterienzahl	Sommer (>16 °C)	3,3E+06	3,4E+06	12
Enterobakterien		6,6E+02	5,2E+02	12
Enterokokken		4,2E+04	6,3E+04	12
Staphylokokken		2,1E+06	1,7E+06	12

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,9E+01	3,9E+01	12
Schimmelpilze		1,4E+04	2,1E+04	12
Endotoxine		1,8E+03	1,9E+03	12

Tabelle 63: Quantile der untersuchten mikrobiellen Partikel im Abluftstrom des Stalls PM-1 (Herbst, Winter)

Parameter	T _A K	Quantil (KBE,EE/m ³)							Anzahl
		Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	
Gesamtbakterienzahl		3,4E+05	3,7E+05	4,7E+05	7,2E+06	2,2E+06	4,9E+06	5,9E+06	12
Enterobakterien	Herbst (6-16 °C)	1,5E+01	2,0E+01	5,5E+01	8,1E+01	3,5E+02	5,5E+02	6,1E+02	12
Enterokokken		1,2E+04	1,4E+04	3,1E+04	4,9E+04	1,1E+05	6,4E+05	8,2E+05	12
Staphylokokken		9,7E+04	1,3E+05	2,8E+05	3,2E+05	4,7E+05	6,5E+05	6,5E+05	12
<i>Staphylococcus aureus</i>		9,4E+00	1,1E+01	1,5E+01	3,5E+01	8,2E+01	1,9E+02	2,4E+02	12
Schimmelpilze		4,6E+03	4,7E+03	7,8E+03	2,2E+04	4,4E+04	4,9E+04	5,0E+04	12
Endotoxine		3,2E+02	3,4E+02	7,8E+02	8,7E+02	2,4E+03	2,7E+03	2,7E+03	12
Gesamtbakterienzahl		3,8E+05	3,9E+05	3,4E+06	4,7E+06	7,6E+06	9,5E+06	1,1E+07	15
Enterobakterien	Winter (<6 °C)	8,1E+01	1,3E+02	2,6E+02	6,8E+02	1,9E+03	3,0E+04	3,0E+04	18
Enterokokken		3,4E+04	3,6E+04	5,1E+04	1,0E+05	1,5E+05	2,9E+05	3,3E+05	15
Staphylokokken		1,7E+05	1,9E+05	7,5E+05	3,2E+06	4,6E+06	6,9E+06	7,0E+06	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		8,1E+00	8,5E+00	8,7E+01	1,8E+02	5,0E+02	6,7E+04	1,1E+05	15
Schimmelpilze		1,4E+02	2,2E+02	4,0E+03	1,3E+04	5,8E+04	8,9E+04	9,4E+04	15
Endotoxine		7,9E+02	8,0E+02	2,0E+03	4,5E+03	8,1E+03	1,4E+04	1,6E+04	15

Tabelle 64: Mittelwerte der Abluftkonzentrationen mikrobieller Partikel des Putenstalls PM-1 (Herbst, Winter)

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Gesamtbakterienzahl	Herbst (6-16 °C)	7,2E+05	9,8E+05	12
Enterobakterien		8,1E+01	1,1E+02	12
Enterokokken		4,9E+04	6,0E+04	12
Staphylokokken		3,2E+05	3,2E+05	12
<i>Staphylococcus aureus</i>		3,5E+01	3,6E+01	12

Parameter	T _A K	Kennwerte (KBE,EE/m ³)		Anzahl
		Median	geom. Mittel	
Schimmelpilze	Winter (<6 °C)	2,2E+04	1,8E+04	12
Endotoxine		8,7E+02	1,1E+03	12
Gesamtbakterienzahl		4,7E+06	3,4E+06	15
Enterobakterien		6,8E+02	8,3E+02	18
Enterokokken		1,0E+05	1,0E+05	15
Staphylokokken		3,2E+06	1,7E+06	15
<i>Staphylococcus aureus</i>		1,8E+02	3,0E+02	15
Schimmelpilze		1,3E+04	8,1E+03	15
Endotoxine		4,5E+03	3,8E+03	15

Tabelle 65: Emissionsfaktoren (KBE,EE/s*GV) für den Putenstall PM-1

Bezugsbasis		GBZ	Entero- bakterien	Entero- kokken	Staphylo- kokken	<i>Staphylococcus aureus</i>	Schimmel- pilze	Endotoxine
Messzeitraum	Frühling	1,2E+05	2,7E+02	1,8E+04	1,8E+05 ¹⁵	9,1E+00	1,3E+04	1,6E+03
	Sommer	1,8E+06	3,4E+02	2,2E+04	9,4E+05	1,4E+01	1,0E+04	1,2E+03
	Herbst	4,3E+05	4,2E+01	1,9E+04	1,3E+05	1,3E+01	9,0E+03	5,2E+02
	Winter	7,5E+05	8,6E+01	2,2E+04	6,2E+05	2,9E+01	2,4E+03	7,0E+02
	Jahr	7,8E+05	1,9E+02	2,0E+04	4,7E+05	1,6E+01	8,7E+03	1,0E+03
Median-T _A K korr.	Frühling	2,8E+05	2,1E+02	1,6E+04	2,1E+05	1,4E+01	7,6E+03	6,6E+02
	Sommer	1,3E+06	2,6E+02	1,6E+04	8,1E+05	7,5E+00	5,3E+03	6,9E+02
	Herbst	2,0E+05	2,2E+01	1,4E+04	8,8E+04	9,5E+00	5,9E+03	2,4E+02
	Winter	7,1E+05	1,0E+02	1,5E+04	4,9E+05	2,7E+01	2,0E+03	6,8E+02
	Jahr	6,2E+05	1,5E+02	1,5E+04	4,0E+05	1,5E+01	5,2E+03	5,7E+02

¹⁵ Bei einigen Probenahmen überschritt die Staphylokokkenzahl die Gesamtbakterienzahl, sodass bei der Bildung des Emissionsfaktors dieser für die Staphylokokken höher ausfällt als für die Gesamtbakterienzahl. Damit erscheint es bei der Verwendung der Faktoren gerechtfertigt, für die Gesamtbakterienzahl den Faktor für die Staphylokokken anzuwenden.

Tabelle 66: Gesamtzellzahlen und Gesamtbakterienzahlen in den untersuchten Geflügelställen

Proben-nummer	Gesamt-zellzahl/ml	Flüssigkeits-menge ml	Teilgas-volumen m ³ i.N.tr.	Gesamt-zellzahl/m ³	GBZ/ml KBE	GBZ/m ³ KBE	Datum	Lw	Kultivier-barer Anteil %
PM-1 45	297203	70	0,7961	2,61E+07	4,50E+03	3,96E+05	28.04.2015	7	1,5
PM-1 46	467041	70	0,883	3,70E+07	1,41E+04	1,12E+06	28.04.2015	7	3,0
PM-1 47	160000	70	0,4645	2,41E+07	1,17E+04	1,77E+06	28.04.2015	7	7,3
PM-1 49	301032	70	0,4637	4,54E+07	2,85E+04	4,30E+06	20.05.2015	10	9,5
PM-1 50	990000	70	0,4345	1,59E+08	3,05E+04	4,91E+06	20.05.2015	10	3,1
PM-1 51	480000	70	0,4892	6,87E+07	1,90E+04	2,72E+06	20.05.2015	10	4,0
PM-1 53	2070309	70	0,9445	1,53E+08	2,50E+04	1,85E+06	17.06.2015	14	1,2
PM-1 54	3011807	70	0,9795	2,15E+08	3,90E+04	2,79E+06	17.06.2015	14	1,3
PM-1 65	543080	70	0,7599	5,00E+07	5,05E+03	4,65E+05	27.10.2015	12	0,9
Median				5,00E+07		1,85E+06		Mw	3,5
LH-1 45	383123	70	0,3011	8,91E+07	1,35E+03	3,14E+05	06.05.2015	19	0,4
LH-1 46	473847	70	0,378	8,77E+07	1,95E+03	3,61E+05	06.05.2015	19	0,4
LH-1 47	97693	70	0,3945	1,73E+07	2,20E+03	3,90E+05	06.05.2015	19	2,3
LH-1 49	718036	70	0,623	8,07E+07	5,42E+03	6,09E+05	27.05.2015	22	0,8
LH-1 50	2379735	70	0,7608	2,19E+08	4,55E+03	4,19E+05	27.05.2015	22	0,2
LH-1 51	1467118	80	0,7825	1,50E+08	3,80E+03	3,88E+05	27.05.2015	22	0,3
LH-1 53	2097420	70	0,8719	1,68E+08	1,50E+03	1,20E+05	02.06.2015	23	0,1
LH-1 54	338955	70	0,8514	2,79E+07	8,00E+02	6,58E+04	02.06.2015	23	0,2
LH-1 55	523005	70	0,8407	4,35E+07	1,15E+03	9,58E+04	02.06.2015	23	0,2
LH-1 65	1564198	70	0,7544	1,45E+08	4,00E+04	3,71E+06	26.08.2015	35	2,6
LH-1 66	1372342	70	0,7638	1,26E+08	4,30E+04	3,94E+06	26.08.2015	35	3,1
Median				8,91E+07		3,88E+05		Mw	0,9
LH-2 37	1249580	70	0,4063	2,15E+08	8,82E+03	1,52E+06	11.05.2015	19	0,7
LH-2 38	3053599	70	0,6807	3,14E+08	1,07E+04	1,10E+06	11.05.2015	19	0,4
LH-2 39	2373560	70	0,8038	2,07E+08	6,00E+03	5,23E+05	11.05.2015	19	0,3
LH-2 41	2654021	70	0,9367	1,98E+08	1,44E+05	1,08E+07	24.06.2015	25	5,4
LH-2 42	9998322	70	0,9543	7,33E+08	1,65E+05	1,21E+07	24.06.2015	25	1,7
LH-2 43	5485334	70	0,9617	3,99E+08	9,70E+04	7,06E+06	24.06.2015	25	1,8
LH-2 51	9058307	70	0,8629	7,35E+08	4,40E+05	3,57E+07	23.07.2015	29	4,9
LH-2 57	4788598	70	1,013	3,31E+08	3,80E+05	2,63E+07	02.09.2015	35	7,9
LH-2 58	4243910	70	0,9481	3,13E+08	1,35E+05	9,93E+06	02.09.2015	35	3,2
LH-2 65	1136436	70	0,5983	1,33E+08	5,75E+04	6,73E+06	24.09.2015	38	5,1
LH-2 66	1102933	70	0,5914	1,31E+08	6,36E+04	7,53E+06	24.09.2015	38	5,8
LH-2 67	913154	70	0,5891	1,09E+08	5,59E+04	6,64E+06	24.09.2015	38	6,1
Median				2,64E+08		7,30E+06		Mw	3,6

Tabelle 67: Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch als Staphylokokken von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Bioaerosolen der Legehennenställe (Emission und Immission)

Spezies	RG	LH-1 I	LH-1 I	LH-2 E	LH-2 I	LH-2 I	LH-2 E	LH-2 I
		06.05.15	26.08.15	24.06.15	24.06.15	06.07.15	24.09.15	24.09.15
<i>Aerococcus viridans</i>	2	9,2						
<i>Arthrobacter creatinolyticus</i>	1	0,8						
<i>Bacillus pumilus</i>	1	2,3	1,4					
<i>Brachybacterium</i> spp.	1		1,4	1,9				
<i>Brachybacterium</i> spec. nov.	1							
<i>Brevibacterium epidermidis</i>	1		1,4	1,9	1,0	1,4		0,9
<i>Corynebacterium falsenii</i>	2	0,8						
<i>Corynebacterium glutamicum</i>	1	1,5		1,9				
<i>Corynebacterium stationis</i>	1	18,5						
<i>Dietzia aerolata</i>								
<i>Jeotgalicoccus aerolatus/halophilus</i>	1	13,8	1,4					
<i>Jeotgalicoccus psychrophilus</i>	1	3,0						
<i>Jeotgalicoccus nanheiensis</i>	1	4,6						
<i>Jeotgalicoccus</i> spec.nov.	1							
<i>Koccuria rosea</i>	1	0,8						
<i>Macrococcus caseolyticus</i>	2						2,4	
<i>Paenibacillus</i> spp.	1	0,8						
<i>Staphylococcus arlettae</i>	1							1,8
<i>Staphylococcus carnosus</i>	1							
<i>Staphylococcus chromogenes</i>	2	0,8						
<i>Staphylococcus cohnii</i>	1							
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2	0,8						
<i>Staphylococcus equorum</i>	1	39,2	77,1	92,3	83,5	97,3	78,6	42,2
<i>Staphylococcus gallinarum</i>	1	0,8						
<i>Staphylococcus hominis</i>	2							
<i>Staphylococcus lentus</i>	1		15,7	1,9	12,6	1,4	4,8	21,1
<i>Staphylococcus nepalensis</i>	2						2,4	2,8
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	1-2				2,9			
<i>Staphylococcus succinus</i>		0,8						
<i>Staphylococcus xylosus</i>	1	0,8					9,5	31,2
Gesamtanzahl		130	70	52	103	73	42	109
Anteil in Risikogruppe (RG) 2		11,6	0	0	2,9	0	4,8	2,8

Tabelle 68: Prozentuale Zusammensetzung der kulturmorphologisch als Staphylokokken von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Flora aus Emissionsproben der Putenmastanlage

Spezies	RG	PM-1	PM-1	PM-1	PM-1
		21.07.15 19. LW	22.09.15 7. LW	27.10.15 13. LW	15.12.15 19. LW
<i>Aerococcus viridans</i>	2			5,8	5,2
<i>Arthrobacter creatinolyticus</i>	1				
<i>Bacillus pumilus</i>	1				
<i>Brachybacterium</i> spp.	1	1,6			1,3
<i>Brachybacterium faecium</i>	1				3,9
<i>Brachybacterium spec. nov.</i>	1	1,6		1,9	1,3
<i>Brevibacterium epidermidis</i>	1	16,1	3,2		0,7
<i>Corynebacterium falsenii</i>	2				
<i>Corynebacterium glutamicum</i>	1				
<i>Corynebacterium stationis</i>	1	35,5	1,1	2,9	27,6
<i>Dietzia aerolata</i>		4,8	1,1		
<i>Jeotgalicoccus aerolatus/halophilus</i>	1	1,6		1,9	6,6
<i>Jeotgalicoccus psychrophilus</i>	1				
<i>Jeotgalicoccus nanheiensis</i>	1				
<i>Jeotgalicoccus spec.nov.</i>	1	8,1		4,8	9,9
<i>Koccuria rosea</i>	1				
<i>Macrococcus caseolyticus</i>	2				
<i>Paenibacillus</i>	1				
<i>Rothia terrae</i>	1			1,9	
<i>Staphylococcus arlettae</i>	1		23,6	1,0	
<i>Staphylococcus carnosus</i>	1			2,9	
<i>Staphylococcus chromogenes</i>	2			1,0	
<i>Staphylococcus cohnii</i>	1	11,3	1,1	8,7	1,3
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2				2,0
<i>Staphylococcus equorum</i>	1	3,2	6,4	30,1	2,0
<i>Staphylococcus gallinarum</i>	1				
<i>Staphylococcus hominis</i>	2			25,2	
<i>Staphylococcus lentus</i>	1	16,1	3,2	10,7	37,5
<i>Staphylococcus nepalensis</i>	2				
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	1-2		20,4	1,0	
<i>Staphylococcus succinus</i>	1				
<i>Staphylococcus xylosus</i>	1		39,8		0,7
Gesamtanzahl		62	93	103	152
Anteil in Risikogruppe (RG) 2		0	20,4	33	7,2

Tabelle 69: Mikrobiologische Untersuchungen der Einstreu im Putenstall

Keimgruppe	Aerobe, mesophile Bakterien			Schimmel- und Schwärzpilze			Hefen	Unter- suchung
	KG 1	KG 2	KG 3	KG 4	KG 5	KG 6	KG 7	
Mikroorganismen gelten als:	produkt- typisch	verderb-anzeigend	verderb- anzeigend	produkt- typisch	verderb- anzeigend	verderb- anzeigend		
Keimzahlen	x10 ⁶ KBE /g			x10 ³ KBE /g				
	150	10	0,45	603	250	< BG	400	1
Keimzahlstufe (KZS)	II	II	II	II	II	I	I	
festgestellter Gehalt ist zu bewerten als:	erhöht	erhöht	erhöht	erhöht	erhöht	normal *)	normal *)	
Keimzahlen	x10 ⁶ KBE /g			x10 ³ KBE /g				
	75	6,5	0,7	4500	1000	< BG	21500	2
Keimzahlstufe (KZS)	I	II	II	IV	III	I	IV	
festgestellter Gehalt ist zu bewerten als:	normal *)	erhöht	erhöht	überhöht	deutlich er- höht	normal *)	überhöht	
vorwiegend nachweisbar sind:	Gelbkeime Entero- bakterien	Staphylokokken/Mikrokokken Bazillen	Strepto- myceten	Schwärzepilze Fusarium	Penicillium Aspergillus	Mucorales	Hefen	

*) normal, entspricht Gehalten bis höchstens zum Orientierungswert

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Dr. agr. Jens Lippmann
Albrecht-Daniel-Thaer-Institut für Agrar- und Veterinärwissenschaften e. V.
an der Universität Leipzig, An den Tierkliniken 29, 04103 Leipzig
Telefon: + 49 341 9738482
E-Mail: thaer-institut@rz.uni-leipzig.de
Dr. med. vet. Henriette Mietke-Hofmann
Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Fachbereich 63
Waldheimer Str. 219, 01683 Nossen
Telefon: + 49 35242 632-6320
E-Mail: Henriette.Mietke-Hofmann@smul.sachsen.de
Jennifer Deichmann
LfULG

Projektleitung; Redaktion:

Thomas Heidenreich, Jennifer Deichmann
LfULG, Abteilung Landwirtschaft/Referat Tierhaltung, Tierfütterung
Am Park 3, 04886 Köllitsch
Telefon: + 49 34222 46-2205/-2223
E-Mail: Thomas.Heidenreich@smul.sachsen.de
Jennifer.Deichmann@smul.sachsen.de

weitere Projektbeteiligte:

Dr. rer. nat. Horst-Günter Kath, Roland Kretschmann, Frank Rothe
Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Fachbereich 42
Altwahnsdorf 12, 01445 Radebeul
Telefon: + 49 351 8312715/-719/-739
E-Mail: Horst-Guenter.Kath@smul.sachsen.de
Roland.Kretschmann@smul.sachsen.de
Frank.Rothe@smul.sachsen.de

Fotos:

Dr. med. vet. Henriette Mietke-Hofmann
Titel: Messequipment für Bioaerosolmissionsmessungen in 500 m Entfernung zur Stallanlage (BfUL)

Redaktionsschluss:

30.10.2015

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinarbeit des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.