

Aus dem Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie  
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

---

**Untersuchungen zur Emission und Verfrachtung  
luftgetragener Mikroorganismen von  
der Auslauffläche einer Legehennenfreilandhaltung**

INAUGURAL-DISSERTATION

Zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Veterinärmedizin  
(Dr. med. vet.)  
durch die Tierärztliche Hochschule Hannover

Vorgelegt von

**SINA ANGERSBACH-HEGER**  
**geb. Angersbach**

aus Wolfsburg

**Hannover 2002**

Wissenschaftliche Betreuung: Univ.-Prof. Dr. J. Hartung

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. J. Hartung
2. Gutachter: Priv.-Doz. Dr. H. Salisch

Tag der mündlichen Prüfung: 25.11.2002

Die Anfertigung der Dissertation wurde finanziell gefördert aus Mitteln der  
Niedersächsischen Geflügelwirtschaft



---

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>9</b>
2.1	Partikuläre Luftinhaltsstoffe (Aerosole, Bioaerosole).....	9
2.1.1	Mikroorganismen in der Umwelt.....	10
2.1.1.1	Mikroorganismen in der Luft.....	10
2.1.1.2	Keimbelastungen in Aufenthaltsräumen.....	15
2.1.1.3	Mikroorganismen, Stäube und Gase in der Stallluft.....	16
2.1.2	Endotoxine.....	19
2.2	Emissionen und Immissionen.....	20
2.2.1	Von Nutztierställen ausgehende partikuläre Emissionen und Immissionen.....	20
2.3	Charakterisierung und biologische Bedeutung ausgewählter Mikroorganismen .....	25
2.4	Durch Bioaerosole ausgelöste oder bedingte Krankheiten.....	26
2.4.1	Medizinische Relevanz von Endotoxinen.....	29
2.5	Probenahmemethoden für die Keimzahl- und Endotoxinbestimmung in Luft.....	30
2.5.1	Sedimentation (Passive Probenahme).....	31
2.5.2	Aktive Probenahme (quantitativ) .....	32
2.5.2.1	Impaktion („Aufprallverfahren“).....	32
2.5.2.2	Impingement .....	35
2.5.2.3	Filtration .....	36
<b>3</b>	<b>Material und Methode.....</b>	<b>38</b>
3.1	Beschreibung des untersuchten Betriebes.....	38
3.2	Anordnung der Messpositionen .....	39

3.3	Bestimmung der luftgetragenen Mikroorganismen, des Staubgehaltes und der Endotoxine.....	40
3.3.1	Benutzte Sammelverfahren.....	40
3.3.2	Kulturelle Verfahren.....	41
3.3.3	Endotoxinanalytik.....	45
3.4	Begleitmessungen .....	45
3.4.1	Temperatur und relative Luftfeuchte .....	45
3.4.2	Windrichtung und Windgeschwindigkeit.....	46
3.4.3	Bestimmung von Ammoniak und Kohlendioxid.....	46
3.5	Ermittlung der Keimzahlen in den Luftproben.....	46
3.6	Darstellung der Ergebnisse.....	47
3.7	Statistische Auswertung.....	47
3.7.1	Deskriptive Statistik.....	47
3.7.2	Analytische statistische Auswertung .....	47
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>48</b>
4.1	Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen im Mai 2001 .....	48
4.1.1	Ergebnisse der Messungen am 8.05.2001.....	48
4.1.2	Ergebnisse der Messungen am 17.05.2001.....	50
4.1.3	Ergebnisse der Messungen am 22.05.2001.....	52
4.1.4	Ergebnisse der Messungen am 30.05.2001.....	54
4.2	Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen im Juni 2000 und 2001.....	56
4.2.1	Ergebnisse der Messungen am 13.06.2000.....	56
4.2.2	Ergebnisse der Messungen am 27.06.2000.....	58
4.2.3	Ergebnisse der Messungen am 11.06.2001.....	60

4.2.4	Ergebnisse der Messungen am 14.06.2001.....	62
4.2.5	Ergebnisse der Messungen am 20.06.2001.....	64
4.2.6	Ergebnisse der Messungen am 26.06.2001.....	66
4.2.7	Ergebnisse der direkten Methode am 13.06.2000 und 27.06.2000.....	68
4.3	Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen im Juli und August 2000 gemessen mit dem Impingement.....	68
4.3.1	Beschreibung der Bedingungen für die Messungen mit dem Impinger.....	68
4.3.2	Ergebnisse der Messungen am 19.07.2000.....	69
4.3.3	Ergebnisse der Messungen am 16.08.2000.....	70
4.3.4	Ergebnisse der Messungen am 23.08.2000.....	72
4.4	Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen am 10.09.2000.....	74
4.5	Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen am 26.10.2000.....	76
4.6	Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen am 4.11.2000.....	78
4.7	Ergebnisse der statistischen Auswertung.....	80
4.8	Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche ohne Legehennen im Januar 2001.....	80
4.9	Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche ohne Legehennen und mit Legehennen im Vergleich im Juli 2001.....	82
4.10	Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche ohne Legehennen und mit Legehennen im Vergleich (November und Dezember 2000).....	91

4.11	Luftkeimkonzentrationen über der Auslaufläche ohne Stalleinfluss und mit Stalleinfluss im Vergleich im Februar 2001.....	98
4.12	Ergebnisse der Messungen im Stallgebäude.....	105
4.12.1	Ergebnisse der Keimmessungen.....	105
4.12.2	Ergebnisse der Staubmessungen.....	106
4.12.3	Ergebnisse der Messungen von Ammoniak und Kohlendioxid.....	107
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>109</b>
5.1	Kritische Beurteilung der eingesetzten Methoden und Verfahren bei den Feldmessungen.....	110
5.2	Art und Umfang der über der Auslaufläche erfassten Luftkeime .....	112
5.3	Einfluss der Jahreszeit auf die Luftkeimgehalte über der Auslaufläche .....	114
5.4	Einfluss des Stallgebäudes und der Stallemission .....	116
5.5	Einfluss der Windgeschwindigkeit .....	117
5.6	Unterschiede zwischen den Messhöhen .....	119
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>126</b>
<b>7</b>	<b>Summary .....</b>	<b>128</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>130</b>
	<b>Anhang I (Lagepläne und Messpositionen).....</b>	<b>146</b>
	<b>Anhang II (Ergänzende Tabellen mit Einzelergebnissen).....</b>	<b>155</b>

## Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Aktinom., Aktin.	Aktinomyzeten
Eba.	Enterobakterien
ET	Endotoxine
Gk., Gesamtk.	Gesamtkeime
EU	Endotoxinunit
KBE	koloniebildende Einheit
mes.	mesophile
n	Anzahl
n.a.	nicht auswertbar
n.n.	nicht nachweisbar
Nov.	November
Okt.	Oktober
s	Standardabweichung
Sept.	September
Staph.	Staphylokokken
Strep.	Streptokokken
thermot., therm.	thermotolerant
1. BImSchVwV	1. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz

## 1 Einleitung

Die Luft in Nutztierställen enthält eine Vielzahl von Luftverunreinigungen, von denen der weitaus überwiegende Teil im Stall gebildet wird. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Gase wie z. B. Ammoniak, Kohlendioxid oder Methan sowie um belebte und unbelebte Partikel wie Bakterien und Stäube, die von den Tieren, dem Futter, der Einstreu und von den Fäkalien ausgehen. Mit der Abluft gelangen diese Stoffe regelmäßig in erheblichem Umfang in die Stallumgebung (HARTUNG, 1991) und lösen nicht selten Beschwerden über Geruchsbelästigungen oder Befürchtungen wegen möglicher Gesundheitsbeeinträchtigungen in der Anwohnerschaft der Ställe aus.

Eindeutige Regelungen über „sichere“ Abstände zwischen Wohnbebauung und Tierhaltungsanlagen sind bislang nur zum Schutz vor Geruchsbelästigungen eingeführt. Regelungen im Sinne des vorbeugenden Gesundheitsschutzes gegenüber partikelförmigen Stoffen aus der Tierhaltung bestehen bislang nur in ganz allgemeiner Form und sind auch bei der Novellierung der immissionsschutzrechtlichen Regelungen, wie in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft, in der vom Bundeskabinett am 26.06.2002 beschlossenen Fassung), der 1. BImSchVwV oder etwa bei der Überarbeitung der VDI-Richtlinien 3471, 3472, 3473 (Entwurf) und 3474 (Entwurf) zur Emissionsminderung nicht genügend berücksichtigt worden.

Andererseits hat in den letzten Jahren in vielen Teilen der Bevölkerung in Gebieten mit Intensivtierhaltungen die Sorge über gesundheitliche Auswirkungen der luftgetragenen Emissionen aus Tierhaltungsanlagen zugenommen. Dies drückt sich auch aus in vermehrten Einwendungen bei Genehmigungsverfahren (MÖHLE, 1998), wobei nicht nur mehr Stallanlagen, sondern vermehrt auch Freilandhaltungen und Auslaufflächen für Legehennen betroffen sind.

Dies ist insofern problematisch, da im Gefolge des Bundesverfassungsurteils vom 6. Juli 1999 mit der Aufhebung der Legehennenhaltungsverordnung und dem vorgesehenen Verbot der konventionellen Käfighaltung Freilandhaltungen und Legehennenhaltungen mit Ausläufen von vielen Landwirten präferiert werden. Richteten sich die Beschwerden von

Anwohnern früher gegen die Emissionen aus den Stallanlagen, so werden nun auch Beschwerden von Anwohnern gegen die Auslaufhaltungen laut, da sie Gesundheitsbeeinträchtigungen insbesondere durch partikelförmige Emissionen von den Auslaufflächen befürchten, wenn die Tiere sich dort aufhalten, im Boden scharren und Kot absetzen. Ausreichende Kenntnisse über Art und Umfang von Stoffen und Komponenten, die von solchen Flächen mit und ohne Tierbesatz über die Luft ausgehen, fehlen derzeit noch.

Es wurde daher in einem Betrieb mit 9600 Legehennen mit Freilaufmöglichkeit untersucht, in welchem Umfang Mikroorganismen und Endotoxine von der Freilauffläche, aber auch aus dem Stallgebäude freigesetzt werden. Darüber hinaus sollte abgeschätzt werden, wie weit die Stoffe im Umfeld verfrachtet werden können.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Partikuläre Luftinhaltsstoffe (Aerosole, Bioaerosole)

Unter *Aerosolen* versteht man kleinste Teilchen des festen oder flüssigen Aggregatzustandes, die in einem gasförmigen Medium suspendiert sind. Dispersionsaerosole entstehen, indem feste oder flüssige Stoffe pulverisiert bzw. zerstäubt werden und von Luftströmungen, Vibrationen o.ä. in einen Schwebzustand überführt werden. Kondensationsaerosole bilden sich aus Einzelmolekülen durch Kondensation aus in der Luft befindlichen Dämpfen. Es gibt auch gemischte Aerosole, deren Teilchen durch Dispergierung und Kondensation entstehen.

Feststoffaerosole, die durch Dispergierung entstanden sind, nennt man *Stäube*. Dispersionsaerosole entstehen vorrangig sowohl unter natürlichen Bedingungen, als auch bei Produktionsprozessen. Durch Kondensation entstandene Feststoffaerosole nennt man Rauche, Aerosole mit flüssigen Teilchen werden, unabhängig davon, ob sie durch Kondensation oder Dispergierung gebildet wurden, als Nebel bezeichnet (JARNYCH, 1976).

Sind die Bestandteile der Aerosole biologischen Ursprungs wie z.B. Bakterien, Viren, Pilzsporen, Wurmeier, Blütenstaub usw., die durch die Anhaftung an Flüssigkeitströpfchen oder vor allem an Staubteilchen transportiert werden, spricht man von *biologischen Aerosolen*. In der Veterinärmedizin sind vor allem Aerosole von Bedeutung, die Bakterien, Viren oder pathogene Pilze enthalten (JARNYCH, 1976; ROLLE u. MAYR, 1993).

Unter *Bioaerosolen* versteht man Aerosole, die aus Partikeln biologischer Herkunft bestehen oder biologische Aktivität besitzen, und lebende Dinge durch infektiöse, allergische, toxische, pharmakologische oder andere Prozesse angreifen können. Der aerodynamische Durchmesser der Partikel variiert von ca. 0,5 bis 100  $\mu\text{m}$  (HIRST, 1995).

JARNYCH (1976) versteht unter biologischer Stabilität eines Aerosols die Fähigkeit aerodispers verteilter Mikroorganismen lebend und virulent zu bleiben. Zu unterscheiden davon ist die physikalische Stabilität eines Aerosols, die z. B. mit Absinken und Sedimentation der Teilchen verbunden ist. Die Sedimentationsgeschwindigkeit ist abhängig von Grösse und Dichte der Aerosolpartikel.

## **2.1.1 Mikroorganismen in der Umwelt**

Mikroorganismen kommen in fast allen Bereichen der Umwelt in mehr oder weniger großen Mengen vor. Sie befinden sich in der Atmosphäre, und selbst extreme Umgebungen wie z.B. die Tiefsee oder heiße Quellen sind mit Mikroorganismen besiedelt.

Im Boden finden sich die meisten Bakterien 2 cm unter der Erdoberfläche, die oberste Schicht der Erdoberfläche ist wegen der Sonneneinstrahlung und Austrocknung weniger geeignet für Bakterienvermehrung. Auch auf Pflanzen leben Mikroorganismen wie höhere Pilze und Bakterien als Parasiten oder oftmals endosymbiotisch (BOSSOW, 1998).

### **2.1.1.1 Mikroorganismen in der Luft**

Die Luft bietet keinen günstigen Lebensraum für Mikroorganismen, da weder Nährstoffe noch die nötige Feuchtigkeit für Wachstum und Vermehrung vorhanden sind. Die Luft dient den Keimen vornehmlich als Transportmedium (SALLE, 1948). Dass Mikroorganismen in der Luft vorkommen, ist schon lange bekannt. Ihre Entdeckung in der Luft ist u.a. mit Namen von Fracastoro, Spallanzani, Appert, Hoffmann, Pasteur und Lister verbunden. Fracastoro vermutete 1546 als erster die Übertragung von Krankheiten durch luftgetragene Partikel, Lister war der erste, der 1868 in Kenntnis der Arbeiten von Pasteur Wundinfektionen im Operationssaal durch Desinfektion der Luft bekämpfte. Als Robert Koch 1882 feste Nährmedien einführte, war es möglich, luftgetragene Mikroorganismen auf festen Nährböden zu sammeln, zu Kolonien heranwachsen zu lassen und ihre Art zu bestimmen (Koch'sches Absetzverfahren) (BOTZENHART, 1991).

Mikroorganismen, vor allem Pilzsporen, können als isolierte Partikel in die Luft gelangen oder sie haften an festen Teilchen wie z.B. Hautschuppen, Pflanzenteilchen oder Bodenpartikeln, wie es häufig bei Bakterien und Hefen gegeben ist. In Flüssigkeiten gelangen sie als Tröpfchen in die Luft, welche als Träger von Mikroorganismen eine besondere Rolle spielen. Fast alle natürlich vorkommende Feuchtigkeit ist mikrobiell besiedelt, ob Wasser oder Körpersekrete, letztere oft mit hohen Keimzahlen. Die Mehrzahl der Keime, die in der Außenluft vorkommen, stammen vom Boden und von Pflanzen. Es finden sich vor allem

pigmentierte Kokken, coryneforme Bakterien, Bacillusarten, Schimmelpilze, Norcarda - und Streptomyces - Arten (BOTZENHART, 1991).

Das Spektrum der nachgewiesenen Keime kann sehr umfangreich sein und hängt einerseits von der natürlichen Besiedlung des Herkunftsortes, andererseits von deren Überlebensfähigkeit in der Luft ab (KÄMPFER u. WEIßENFELS, 1997). Eine weitere Keimquelle bildet das sogenannte „reentrainment“. Dabei werden sedimentierte Keime, die an organische und anorganische Partikel angelagert sind, durch Luftbewegung erneut in den luftgetragenen Zustand überführt (MÜLLER, 1987).

Keime unterliegen in der Außenluft rasch einer erheblichen Absterberate, zudem werden sie durch die Außenluft verdünnt. Beispielsweise stellten BAUSUM et. al. (1982) fest, dass sichtbares Licht einen negativen Einfluss auf luftgetragene Bakterien ausübt. Einer weiterer Einflussfaktor ist der sogenannte „open air factor“ (MAY et al., 1969), welcher u.a. abhängig ist von der Temperatur, der Luftfeuchte, der Strahlung (v.a. am Tage), dem Ozongehalt und anderen Luftbeimischungen (z.B. CO, SO<sub>2</sub>, Schwermetallverbindungen). Er ist nach SPROCKHOFF (1979) die Summe der in der Außenluft auf die Mikroorganismen wirkenden Einflüsse. Seine Rolle ist noch nicht völlig aufgeklärt.

Das mengenmäßige Auftreten der Organismen in der Luft ist ebenso von Witterungsfaktoren, wie Luftgeschwindigkeit und Turbulenz abhängig. Bei einer Windgeschwindigkeit von über 5,5 m/s kommt es zu Staubverwirbelungen (VAN EIMERN u. HÄCKEL, 1979). Steigt die Temperatur und weht ein starker Wind, so kann man zum Teil deutliche Anstiege der Keimzahlen vermutlich infolge vermehrter Aufwirbelungen beobachten. Bei Luftuntersuchungen spielt auch die Höhe über dem Erdboden eine Rolle. So werden an bodennahen Messpunkten meist mehr Keime gefunden als z. B. in 10 m Höhe (BOVALLIUS et. al., 1978; BOTZENHART, 1991).

Einfluss hat neben den meteorologischen Faktoren die natürliche Umgebung. Im Herbst können durch verrottetes Laub oder menschliche Aktivitäten wie Rasenmähen, Gartenarbeiten, Bauarbeiten etc. die Keimzahlen bis auf  $\approx 10^5$  KBE (Koloniebildende Einheit) pro m<sup>3</sup> Luft ansteigen, wobei es sich nach BOTZENHART (1991) bei den dabei frei werdenden Mikroorganismen überwiegend um Schimmelpilze handelt. Die Konzentration luftgetragener Mikroorganismen ist neben der Witterung und der Keimbelastung der Umgebung abhängig von der Jahreszeit. Wenn im Sommer hohe Temperaturen herrschen, haben viele Organismenarten ihre höchsten Vermehrungsraten. Zudem fördern

Luftströmungen bei Trockenheit die Verbreitung von mikroorganismen tragenden Staubteilchen (BOVALLIUS et. al., 1978). KÄMPFER und WEIBENFELS (1997) gehen davon aus, dass Mikroorganismen in der Regel nicht über eine Entfernung von = 200 m verdriftet werden. Unter einer geschlossenen Schneedecke können die in Bodenpartikeln und organischen Staub gebundenen Mikroorganismen nicht freigesetzt werden (WEIBENFELS u. SCHERER, 1997). Bei Regenfällen reduzieren sich die luftgetragenen Keime durch Auswaschung aus der Luft (BOVALLIUS et. al., 1978). HURTIENNE (1967) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass die absolute Keimzahl um so größer war, je höher die relative Feuchte anstieg. Der untersuchte Feuchtigkeitsbereich beschränkte sich jedoch auf 57-83 %. Bei BOVALLIUS et al. (1978) führten hohe Luftfeuchten hingegen zu niedrigen Konzentrationen. Beispiele für die Überlebensraten von Mikroorganismen unter experimentellen Bedingungen finden sich in Tabelle 1, die aus einer Übersicht von BÖHM et al. (1998) entnommen wurde.

**Tab.1:** Einfluss verschiedener Lufttemperaturen (°C) und Luftfeuchten (%) auf das Überleben (Halbwertszeit min) von Mikroorganismenspezies im luftgetragenen Zustand (BÖHM et al., 1998)

Keimspezies	Rel. Feuchte(%)	Temperatur (°C)	Halbwertszeit (min)
Staph. albus	50	22	771,6
Staph. aureus	15	40	7,3
Staph. aureus	15	21	65,7
Staph. aureus	85	21	135,7
Staph. aureus	85	40	10,7
E. Coli 0:78	55	22	70,3
E. Coli 0:78	15	40	10,3
E. Coli 0:78	15	21	39,4
E. Coli 0:78	85	40	1,4
E. Coli 0:78	85	21	67,9
S. senftenberg	15	22	46,2
S. senftenberg	82-89	22	74,3
Y. pseudotuberculosis	15-20	22	12,5
Y. pseudotuberculosis	15	30	6,8
Strept. faecalis	15	40	353,1
Strept. faecalis	15	21	289,2
Strept. faecalis	85	21	775
P. multocida	87	21-24	28,7
P. multocida	87	28-34	5,3
Cl. perfring. A (veg. Keime)	15-20	22	12,3
Cl. perfring. E (veg. Keime)	15-20	22	12,4

Erhebliche saisonale Schwankungen sind bei Pilzen zu erwarten. So werden im Frühjahr und im Sommer die höchsten Pilzzahlen erreicht, während im Winter z.T. weniger als 10 % des Sommerwertes gefunden werden (HARTUNG, 1995). Ähnlich ist es bei den Gesamtbakterien. BOVALLIUS et al. (1978) konnten bei ihren Messungen in ländlichen Gebieten im Verlauf eines Jahres einen Höhepunkt der Luftkeimgehalte im Sommer und im

Herbst feststellen. Die Höhe des Pilznachweises ist ebenfalls sehr von der Wahl des Probenahmestandortes abhängig.

Ebenso ist die Überlebensfähigkeit abhängig von der Keimart, ihrem vegetativen Zustand, dem Wassergehalt, ihrer Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse oder der Adsorption an Staubpartikel, welche schützend oder aber auch, laut DOSSOW (1990), bakterizid sein kann. In Tabelle 2 ist exemplarisch dargestellt, wie stark die Überlebensfähigkeit der den Partikeln anhaftenden Bakterien durch das keimtragende Material bestimmt wird. Darunter sind auch Sedimentationsstäube aus je zwei Schweinemast- und Legehennenställen mit Batteriehaltung.

Tab. 2: Vergleich der Halbwertzeiten (min) von *E. coli* und *Staph. aureus* adsorbiert an Stäube unterschiedlicher Herkunft (DOSSOW, 1990)

	Kon- trolle	CaCO <sub>3</sub>	Lege- hennen A	Lege- hennen B	Schwein A	Schwein B	Mais	Acker- bohne	Ger- ste	Fisch - mehl
<i>E. coli</i>	66,3	15,7	25,1	5,9	23,5	22,3	67,7	97,7	28,3	15,4
<i>Staph. aureus</i>	1856,5	985,2	247,7	879,2	145,8	791,7	151,5	1490,2	141,0	836,0
x	28	63	10	149	6	36	2	15	5	54

x: x-fache höhere Lebensfähigkeit von *Staph. aureus* gegenüber *E. coli*

Ein Teil der Bakterien kann unter ungünstigen Umweltbedingungen (z. B. Hitze, Austrocknung, Nahrungsmangel) Sporen zum Überleben (Dauer- oder Ruheformen) bilden (HALLMANN u. BURKHARDT, 1974). Einige Arten wie z. B. Pilzsporen, Kokken und Hefen bilden Pigmente aus, die sie vor der schädlichen Wirkung des Lichtes (besonders UV) schützen (NÄVEKE u. TEPPER, 1979).

Allgemein ist festzustellen, daß der Gehalt an Bakterien in der Luft über den Städten ebenso wie auf dem Lande erheblichen Schwankungen unterliegt. So reichen die Angaben aus

städtischer Umgebung von 35 bis 2500 KBE/m<sup>3</sup>, im ländlichen Raum von 2 bis 3400 KBE/m<sup>3</sup>.

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über Luftkeimkonzentrationen, wie sie in ländlicher und städtischer Umgebung mit verschiedenen Sammelverfahren gemessen wurden.

**Tab. 3:** Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in ländlichen und städtischen Umgebungen; [1]Andersen – Impaktor; [2] Impaktor FH 2; [3] keine Angabe

Gebiete	Mikroorganismen (KBE/m <sup>3</sup> Luft)	Zuordnung	Autor(en)
Ländliches Gebiet	2,0 x 10 <sup>0</sup> – 3,4 x 10 <sup>3</sup> [1]	Bakterien	BOVALLIUS et. al. (1978)
Küstengebiet	0 – 5,6 x 10 <sup>2</sup> [1]	Bakterien	BOVALLIUS et. al. (1978)
Stadtpark	1 x 10 <sup>2</sup> - 2,5 x 10 <sup>3</sup> [1]	Bakterien	BOVALLIUS et. al. (1978)
Außenluft	1,1 x 10 <sup>2</sup> - 1,5 x 10 <sup>4</sup> [3]	Bakterien	ECKRICH et al. (1995) zit. nach DIEHL und HOFMANN (1996)
Städt. Umgebung	3,5 x 10 <sup>1</sup> -1,3 x 10 <sup>2</sup> [1]	Bakterien	BÖHM et. al. (1998)
Freiland	2 x 10 <sup>0</sup> – 4,7 x 10 <sup>2</sup> [2]	Schimmelpilze	SENKPIEL u. OHGKE (1992)
Außenluft	7,0 x 10 <sup>2</sup> - 1,1 x 10 <sup>4</sup> [3]	Schimmelpilze	JAGER et al. (1996) zit. nach DIEHL und HOFMANN (1996)
Vorstadt	0-7,2 x 10 <sup>3</sup> [1]	Pilzsporen	JONES u. COOKSON (1983) zit. nach WEIßENFELS u. SCHERER (1997)

### 2.1.1.2 Keimbelastungen in Aufenthaltsräumen

Im Innern von Gebäuden können bisweilen erhebliche Keimkonzentrationen auftreten. Auch kleine Emissionsquellen können bei fehlender Verdünnung durch Zufuhr frischer Luft, die geringen Entfernungen, das Fehlen von UV-Strahlung und anderen Einflüssen hohe

Konzentrationen von Mikroorganismen in der Luft erzeugen. Allerdings kommt es bei fehlender Turbulenz der Luft auch zur schnelleren Sedimentation als außen.

Als Emissionsquellen kommen meist Menschen oder Haustiere in Frage (HARTUNG, 1997). Der Mensch kann bis zu 1000 Mikroorganismen pro Minute an die Luft abgeben kann, wobei es sich überwiegend um *Staphylococcus epidermidis* und coryneforme Bakterien entsprechend der Mikroflora der Haut handelt (BOTZENHART, 1991). Die Zahl der abgegebenen Mikroorganismen ist beispielsweise vom Zustand der Haut, von der Bewegungsaktivität und der Kleidung abhängig sein. Ereignisse wie Niesen oder Husten bewirken eine enorme Freisetzung von Mikroorganismen (beim Niesen  $10^6$  und beim Husten ca.  $10^4$ ) auf engstem Raum, zumeist an ca. 1  $\mu\text{m}$  große Tröpfchen gebunden (KÄMPFER und WEIBENFELS, 1997).

Von RÜDEN und MORISKE (1991) werden in Übereinstimmung mit verschiedenen Autoren durchschnittliche Gesamtgehalte luftgetragener Mikroorganismen in Wohnungsinnenräumen von  $10^2$  bis  $10^3$  KBE/ $\text{m}^3$  angegeben, welche bei stärkerer Aktivität auch kurzfristig steigen können. Pathogene Mikroorganismen finden sich bei diesen Gehalten zu weniger als 0,1 %. Von SENKPIEL und OHGKE (1992) wurde die Innenraumluft von Wohn- und Aufenthaltsräume auf Schimmelpilzsporen untersucht. Die Sommerhalbjahrwerte lagen unter den Winterhalbjahrwerten, ursächlich ist vermutlich die höhere Staubentwicklung durch die Heizaktivität im Winter. HILLIGER (1976) führt aus, dass bei ungünstigen Gegebenheiten die Zahl der Keime in Wohnräumen bis auf das 1000fache des Außenluftwertes steigt.

### **2.1.1.3 Mikroorganismen, Stäube und Gase in der Stallluft**

Im Wesentlichen gehen Gase, Mikroorganismen und Staub im Stall von den Tieren, dem Futter, der Einstreu und den Fäkalien aus (HARTUNG und WHYTE, 1994). KÖSTERS (1984) führt aus, daß vom Geflügel und seinen Stoffwechselprodukten ständig Partikel an die Stallluft abgegeben werden, die durch Luftbewegung im Schwebezustand gehalten werden. Dieser Staub setzt sich zusammen aus Feder- und Hautpartikel des Geflügels, Kotpartikel, Staub aus Futterbestandteilen und Einstreu. Der Stallstaub ist somit ein wichtiger Vektor für potentielle Krankheitserregern wie z.B. Viruspartikel, bakterielle Erreger, Pilzsporen und parasitäre Dauerformen. In der Stallluft setzt sich die Keimflora aus Staphylokokken (etwa 60 %), Streptokokken (30 %), Pilzen, Sporenbildnern und wechselnden Zahlen anderer

Mikroorganismen wie z.B. Enterobakterien zusammen (HARTUNG u. WHYTE, 1994). Zudem können Viren im luftgetragenen Zustand an Partikel adsorbiert vorkommen (LUTZ, 1983). Keimzahlen von 1000 KBE pro Liter Luft finden sich oft und sind beim Geflügel eher als gering einzuschätzen (HARTUNG, 1998). MATTHES (1979) zeigt auf, dass die höchsten Luftkeimzahlen allgemein in Geflügelställen, besonders in denen mit Bodenhaltung, ermittelt werden, wobei diese meist um einige Zehnerpotenzen höher liegen als in anderen Tierhaltungen. Tabelle 4 gibt ein Überblick über die Luftkeimgehalte, die in Bodenhaltungen und Käfighaltungen von Legehennen erhoben wurden.

Tab. 4: Luftkeimgehalte in verschiedenen Legehennenhaltungssystemen

Haltungsform	Keimgehalt/l Luft* bzw. KBE/m <sup>3</sup> **	Literatur
Bodenhaltung	16730 – 48461* [1]	HURTIENNE (1967)
	2200 – 16000* [1]	HILLIGER (1969)
	50228 – 160956* [4]	KÖSTERS u. MÜLLER (1970)
	9368 - 22456* [1]	GEBHARDT (1973)
	1920* [2]	SARIKAS (1976)
Käfighaltung	680 - 5860* [4]	KÖSTERS u. MÜLLER (1970)
	342 - 2003* [4]	KÖSTERS u. MÜLLER (1970)
	90 - 366* [1]	GEBHARDT (1973)
	200 - 300* [1]	GÄRTTNER (1975)
	1090* [2]	SARIKAS (1976)
	2143 - 26069** [3]	ZUCKER u. MÜLLER (2000)

[1] Standard-Impinger AGI 30, [2] Luftkeimsammler KSK 70,

[3] Andersen Luftkeimsammler, [4] Casella-Schlitzsammler

Nach Untersuchungen von GEBHARDT (1973) betragen die Staubkonzentrationen in einem Legehennenzuchtstall mit Bodenhaltung zwischen 3,56 mg/m<sup>3</sup> und 7,65 mg/m<sup>3</sup>, während sie in Legehennenbatterieställen zwischen 0,99 mg/m<sup>3</sup> und 2,75 mg/m<sup>3</sup> betragen. SCHMIDT und HOY (1996) fanden bei Legehennen in Bodenhaltungen Staubkonzentrationen von 0,698 mg/m<sup>3</sup> bis 2,002 mg/m<sup>3</sup>, bei Legehennen in Käfighaltung 0,081 mg/m<sup>3</sup>. Zudem zeigen sie auf, dass der Staubgehalt nur geringe Schwankungen im Tagesverlauf aufwies. Zwischen der Staubkonzentration und dem Alter der Tiere bzw. der Haltungsdauer trat bei Bodenhaltung, nicht jedoch bei Käfighaltung ein signifikante positive Korrelation auf.

Eine neuere EU Studie ergab in drei verschiedenen Ländern der EU mittlere Konzentrationen einatembaren Staubes in Legehennenställen mit konventioneller Käfighaltung von 1,31 mg/m<sup>3</sup>. In Legehennenställen mit Volierenhaltung fanden sich mittlere Staubkonzentrationen von 5,28 mg/m<sup>3</sup> (TAKAI et al., 1998).

Die Wirkung des Stallstaubes auf die Gesundheit von Mensch und Tier ist u.a. von der Größe der eingeatmeten Partikel abhängig. Aerosole mit einer Größe von 10-20 µm werden im Nasen-Rachen-Raum deponiert, während sie bei einer Größe von 5-10 µm durch Trägheitsaufprall in den oberen Luftwegen und im zentralen Bronchialraum und bei einer Größe von 1-5 µm durch Sedimentation peripher in den Alveolen abgelagert werden (BAUERNFEIND u. SHAH, 1995). Für eine alveoläre Infektion mit kleinen Partikeln ist eine niedrigere Infektionsdosis erforderlich als bei einer Infektion mit großen Partikeln im Nasen-Rachen-Raum. Ein hoher Staubgehalt kann über seine mechanische Reizwirkung an den Atemschleimhäuten und den Konjunktiven zu Entzündungen führen. Bei längerer Einatmung erheblicher Staubmengen kann die pulmonale Clearance überlastet werden. Zudem besteht die Gefahr einer Infektionskrankheit, wenn der Staub spezifische Krankheitserreger enthält.

Staub kann sowohl Gase als auch Mikroorganismen tragen. Zudem enthält er, wie oben schon aufgeführt, Futteranteile, Einstreu, Kot, Hautschuppen, Haare, Federfragmente, Bruchstücke von Pilzen und Bakterien sowie Endotoxine und Teile von Insekten (DONHAM, 1989; HARTUNG u. WHYTE, 1994).

Je nach Absetzgeschwindigkeit unterscheidet man Schwebstaub und Sedimentstaub. Schwebstaub besteht aus 1-10 µm großen Partikeln, welche bei schwacher Luftbewegung lange im Aerosolzustand verharren. Sedimentstaub wird aus Teilchen von über 10 µm Durchmesser gebildet, die in ruhender Luft rasch sedimentieren. Sedimentstaub enthält v.a. Anaerobier und Sporen, Schwebstaub dagegen häufiger pigmentierte Mikroorganismen und Schimmelpilze (TOMSON, 1959 in JARNYCH, 1976).

Von den mehr als 136 verschiedenen Gasen, die in der Stallluft nachgewiesen wurden (HARTUNG, 1992) kommen laut HARTUNG und WHYTE (1994) Ammoniak und Schwefelwasserstoff die größte gesundheitliche Bedeutung zu. Von den beiden genannten Gasen und von Kohlendioxid sowie unter besonderen technischen Bedingungen auch

Kohlenmonoxid werden die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) vielfach überschritten. Die übrigen Spurengase spielen eher eine Rolle bei der Geruchsbelästigung

### 2.1.2 Endotoxine

Endotoxine sind charakteristische Bestandteile der Zellwand der meisten gramnegativen Bakterien. Chemisch sind sie Lipopolysaccharide, sie bestehen strukturell aus einem Lipid und einem Kohlenhydratanteil. Weitere Angaben zur chemischen Konstitution und biologische Wirkung finden sich bei RIETSCHEL (1999). Sterben die gramnegativen Bakterien ab, sind ihre Endotoxine in der Umwelt und auch in der Luft noch lange sehr stabil, was von HARTUNG (1998) mit eigenen Untersuchungen an über 10 Jahre altem Schweinestallstaub gezeigt werden konnte. Die Zellwandbestandteile sind nur 30 – 40 nm groß und besitzen somit die Voraussetzung lange in einem schwebfähigem Zustand in der Luft zu bleiben, wenn sie isoliert vorliegen und nicht an größere Staubpartikel gebunden sind. ZUCKER und MÜLLER (2000) vermuteten Futter, Kot der Tiere und Oberflächenstaub als potentielle Quelle für luftgetragenes Endotoxin in einer Legehennenbatterie und fanden bei eigenen Untersuchungen eine Endotoxinkonzentration von 4848,3 EU/mg im Kot, 69,1 EU/mg im Futter und 818,2 EU/mg im Oberflächenstaub. In Übereinstimmung mit HARTUNG (1998) wurde über dem Zeitraum von einem Jahr in keiner der untersuchten Proben ein Abfall an endotoxischer Aktivität beobachtet.

HARTUNG und SEEDORF (1999 a) stellten fest, dass die Endotoxinkonzentration in Stallluft in weiten Grenzen schwankt. Die höchsten Konzentrationen konnten in der Hühnerhaltung, gefolgt von Schwein- und Rinderställen gemessen werden. ZUCKER und MÜLLER (2000) fanden Endotoxinkonzentrationen in der einatembaren Staubfraktion einer Legehennenbatterie von 61,5 EU/m<sup>3</sup> bis 520,5 EU/m<sup>3</sup>, während des Entmistens Endotoxinkonzentrationen in der einatembaren Staubfraktion bis 2198,8 EU/m<sup>3</sup>.

SEEDORF et. al. (1998) fanden in der einatembaren Staubfraktion von Legehennenställen mittlere Endotoxinkonzentrationen zwischen 3400 und 8600 EU/m<sup>3</sup>.

Bei Endotoxinmessungen in der Außenluft in einem ländlich geprägten Raum mit der Filtrationstechnik und dem Impingement wurden von HARTUNG und SEEDORF (1999) im Sommer Endotoxinkonzentrationen von 12,74 EU/m<sup>3</sup> bzw. 14,36 EU/m<sup>3</sup> und im Frühling bzw. Herbst 0,18 EU/m<sup>3</sup> bzw. 1,44 EU/m<sup>3</sup> gefunden. Zudem ließ sich aus den

Untersuchungen eine Tendenz zu höheren Konzentrationen im Frühling und im Sommer und geringeren Konzentrationen im Herbst und im Winter ablesen.

## **2.2 Emissionen und Immissionen**

Im Sinne des BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZES versteht man unter Emissionen die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Erscheinungen.

Laut HARTUNG (1995) spielen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung von diesen Erscheinungen vor allem Luftverunreinigungen, weniger andere Emissionen wie Lärm oder Licht eine Rolle.

Immissionen im Sinne des BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZES sind auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen.

Luftverunreinigungen im Sinne dieses Gesetzes sind Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft, insbesondere durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe.

### **2.2.1 Von Nutztierställen ausgehende partikuläre Emissionen und Immissionen**

Die in Tierställen entstandenen Luftverunreinigungen gelangen mit der Abluft ins Freie und können in der Stallumgebung als Immissionen wirksam werden. Wie weit sie in die Umwelt getragen werden, hängt laut MATTHES (1979) von der Menge des emittierten Stoffes, von den zur Zeit der Emission herrschenden klimatischen Bedingungen (v.a. der Windgeschwindigkeit), von der Höhe der Emissionquelle über dem Erdboden, den topographischen Gegebenheiten der Stallumgebung und dem aerodynamische Durchmesser der Partikel ab.

Auch HARTUNG (1990 u. 1995) und HARTUNG und WATHES (2001) zeigen auf, dass durch die Nutztierhaltung die natürliche Zusammensetzung der Luft im Stallbereich verändert wird. Neben Geruchsstoffen werden klimawirksame Gase, Stäube und Mikroorganismen emittiert. Von SEEDORF und HARTUNG (2001) wurde ein Berechnungsmodell vorgestellt, dass eine Abschätzung der gesamten nutztierbezogenen partikulären Emissionsfrachten für eine Region erlaubt.

Tabelle 5 zeigt im Ausschnitt einen Überblick über Umweltwirkungen bestimmter Stallemissionen.

Tab. 5: Umweltwirkungen bestimmter Stallemissionen

Stoff	Nahbereich	Fernbereich
Tierhaltungsgeruch	Belästigung	nicht bekannt
Ammoniak	Bäume	N-Einträge
Kohlendioxid	nicht bekannt	Klimarelevanz
Schwefelwasserstoff	Geruch	nicht bekannt
Stäube	Allergien (?)	nicht bekannt
Bakterien/Viren u.a.	Infektionen	(?), MKS

Die in der Stallluft vorhandenen Mikroorganismen gelangen ebenfalls teilweise in die Außenluft. Geflügel- und Schweineställe werden als besonders starke Emittenten eingeschätzt, da gerade deren Luft hohe Konzentrationen an Mikroorganismen, Stäuben und Endotoxinen enthalten kann (CLARK et al., 1983; SEEDORF et al., 1998). Diese drei Komponenten formen ein biologisch aktives Aerosol in der Stallluft, welches zusammen mit Fremdgasen und Gerüchen über die Abluft in die Stallumgebung gelangt. HARTUNG et al. (1998) konnten zeigen, daß in der Nähe von Nutztierställen mit erhöhten Konzentrationen an luftgetragenen Bakterien zu rechnen ist. Ebenso lagen die Pilzgehalte der Außenluft in der Umgebung von Stallanlagen in einem viehstarken Gebiet deutlich höher als an den weiter entfernten Standorten (HARTUNG, 1995).

Es werden nach etwa 200 m Mikroorganismenkonzentrationen erreicht, wie sie auch in unbelasteter Außenluft auftreten können, wobei 200 m unter besonderen Bedingungen (wie z.B. eine große Quellstärke oder eine einheitlich gerichtete Luftströmung) überschritten werden können (HILLIGER, 1991). MÜLLER und WIESER (1987) gehen von 250 m Verfrachtungsentfernung aus. Untersuchungen von HARTUNG (1990) in einem Gebiet mit intensiver Geflügel- und Schweinehaltung lassen jedoch vermuten, daß Pilze möglicherweise weiträumiger als Bakterien in der Stallumgebung verteilt werden. Untersuchungen von SCHIEK (1998) zeigten, dass in 450 m Entfernung in Lee einer Hühnermastanlage bis zu  $1,3 \times 10^8$  KBE/m<sup>3</sup> Bakterien (v.a. *Staphylococcus gallinarum*) und bis zu  $2,6 \times 10^3$  *Aspergillus spec.*, sowie *Cladosporium spec.* und andere Schimmelpilze nachgewiesen werden konnten, während in Luv des Stalles und in 600 m Entfernung praktisch keine Bakterien, Pilze und Hefen nachweisbar waren. Wälder können einen natürlichen Filtereffekt ausüben (HEIDER, 1972).

MÜLLER et al. (1978) beschreiben die Ausbreitung von Luftkeimen aus Tierställen mit Hilfe eines Ausbreitungsmodells, dass neben den meteorologischen Parametern (Turbulenz, Windgeschwindigkeit) auch die Sedimentation der keimtragenden Staubteilchen, sowie die Lebensfähigkeit der Keime im luftgetragenen Zustand berücksichtigt. Allgemein kann man bei einer Emissionshöhe von 10 m mit einer Keimausbreitung über weitere Strecken rechnen (1000 m und mehr) als bei einer Emissionshöhe von nur 3 m, jedoch ist die Keimkonzentration in Bodennähe bei einer größeren Emissionshöhe erheblich geringer. Generell sind die Einflüsse der Sedimentation und Resistenz der Keime auf die in Bodennähe auftretenden Keimkonzentrationen bei hohen Windgeschwindigkeiten wesentlich geringer als bei kleinen Windgeschwindigkeiten. MÜLLER et al. (1978) weisen daraufhin, dass bei niedrigen Emissionshöhen der in der Praxis eingehaltene Mindestabstand von 100 bis 150 m zwischen benachbarten Tierhaltungen zu einer deutlichen Verminderung des aerogenen Infektionsrisikos führt, welches allerdings mit zunehmender Entfernung nur sehr langsam abnimmt. Anders hingegen ist es bei einer Emissionshöhe von 10 m. MÜLLER und WIESER (1987) beschrieben unter Berücksichtigung der eigenen Befunde ein Ausbreitungsmodell für luftgetragene Bakterien bei 3 Windgeschwindigkeiten. Dementsprechend ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit in Windrichtung gleich zu setzen mit der mittleren Windgeschwindigkeit, während die Konzentration in Windrichtung umgekehrt proportional zur Windgeschwindigkeit ist. GROSS (1998) stellte fest, dass sich bei Variation der

Windgeschwindigkeiten zwischen 1 m/s und 10 m/s eine sehr deutliche Abhängigkeit der bodennahen Konzentrationen im Lee des Stalles zeigt. Dementsprechend akkumuliert der Schadstoff bei niedrigen Geschwindigkeiten, während eine höhere Geschwindigkeit einen schnelleren Abtransport bewirkt und auch eine kräftige turbulente Vermischung verursacht. Zudem ist der Turbulenzzustand der Atmosphäre bei gleicher Windgeschwindigkeit abhängig von der thermischen Schichtung, wobei bei stabiler thermischer Schichtung (Nacht) die Turbulenz deutlich geringer ist als bei neutraler thermischer Schichtung (Tag).

Für Viren ist die Möglichkeit der Verdriftung ebenfalls gegeben. Sie werden fast ausschließlich an Staub- oder sonstige Trägerpartikel gebunden übertragen. LUTZ (1983) legte sinngemäße Untersuchungen und Ausbreitungsmodelle für das Newcastle-Virus vor. Dabei zeigte sich, dass in der Regel schon 150 m Entfernung von einer Keimquelle die Viruskonzentration stark absinkt und die aerogene Übertragung einer ausreichenden Zahl von infektiösen Einheiten über größere Strecken nur in Ausnahmefällen erfolgt. Längere Perioden mäßiger aber einheitlicher Windrichtung, niedrige Temperaturen von 2 bis 5 °C und eine hohe Luftfeuchtigkeit wirken sich begünstigend auf die Verfrachtung von Viren aus (HILLIGER, 1991).

Nach Untersuchungen über Keim- und Staubemissionen aus Geflügelställen von SARIKAS (1976) haben weder die Art der Haltungsformen noch die Art des Belüftungssystems, noch die Tierzahl (Tiere/Stall) einen Einfluss auf die Keimemissionen, zudem ist der Gesamtkeimgehalt starken Schwankungen unterworfen. HARTMANN (1980) und PLATZ et al. (1979) folgerten aus ihren Untersuchungsergebnissen, dass häufige Änderungen der Windrichtungen mit wechselnden Windgeschwindigkeiten sich in entsprechenden Schwankungen der Luftkeimkonzentration niederschlagen. SARIKAS (1976) stellte fest, dass bereits in sehr kurzer Entfernung (10 m) vom Emissionsort die Gesamtkeimzahlen stark absinken, ab 10-20 m Entfernung vom Luftschacht ist mit gleichbleibenden Werten hinsichtlich der Gesamtkeimzahl zu rechnen. Für die relative Häufigkeit des Vorkommens von Leitkeimen (Staphylokokken, Streptokokken und Colikeimen) ergibt sich ein kontinuierlicher Abfall. Bei den Staphylokokken und Streptokokken verläuft der Abfall langsam, was demnach bedeutet, dass beim 100 m Punkt noch zu 10-15 % der Fälle diese Keime auftreten, während für die Colikeime ein rapider Abfall zu beobachten ist, der sich ab 40 m auf die Null-Linie einpendelt. Allerdings konnten trotz allem noch in vereinzelt Fällen Luftkeime, u.a. Staphylokokken und Streptokokken in Entfernungen von über 100 m vom

Emissionsort ermittelt werden. Die aus den Ventilationsschächten ausgestreuten Luftkeime können laut SARIKAS (1976) mit dem Wind mindestens 100 m weit verweht werden. Zudem besteht kein Zusammenhang zwischen Luftkeimgehalt und Lufttemperatur sowie relativer Luftfeuchtigkeit, wohl aber zwischen Luftkeimgehalt und Windgeschwindigkeit sowie Staubmenge.

Von PLATZ et. al. (1979) konnte in Übereinstimmung mit den Befunden von SARIKAS (1976) eine Abnahme stallspezifischer Kokken in der Luft mit Zunahme der Entfernung vom Emissionsort ermittelt werden. So waren in 100 m Entfernung vom Stall nur noch 9 % der in Stallnähe gefundenen Kokkenzahlen nachweisbar. Parallel zur Abnahme der Leitkeimmenge in der Luft wurde ein Rückgang der Nachweishäufigkeit und -menge dieser Keime auf oberirdischem Pflanzenmaterial festgestellt. Ein Nachweis stallspezifischer Kokken an der Bodenoberfläche konnte in nur 20 bis 30 % der untersuchten Proben geführt werden, wobei kein Rückgang der Leitkeimzahl mit zunehmender Stallentfernung auftrat. Weiterhin ergab sich für die Emissionsmengen- und weiten eine insgesamt gesehen über den Tageslauf hinweg annähernd gleichbleibende Emission stallspezifischer Mikrokokken. Zudem zeigte sich eine statistisch gesicherte jahreszeitliche Abhängigkeit der Emissionsmenge stallspezifischer Mikrokokken mit höheren Werten während der kalten Jahreszeiten Herbst und Winter (PLATZ, 1979). Laut MATTHES (1979) kann es durch die mit der Abluft ausgestreuten Mikroorganismen zu aerogener Verbreitung von spezifischen Krankheitserregern und fakultativ pathogenen Keimen kommen, so daß ein Infektionsrisiko für Tiere gleicher Art besteht. Ein Infektionsrisiko für Menschen wird in Frage gestellt. MATTHES (1979) weist aber auch darauf hin, dass mit der Abluft ausgestreute Mikroorganismen nur dann ein Infektionsrisiko darstellen, wenn sie

1. während des Lufttransportes überleben und virulent bleiben
2. an einen Träger gebunden sind, dessen Beschaffenheit es ihnen ermöglicht, in einen Wirtsorganismus zu gelangen
3. eine genügend große Anzahl von ihnen das empfängliche Individuum trifft, damit in ihm eine Infektion aufgebaut werden kann.

Staubemissionen sind in der Regel sehr gering. Von SCHMIDT und HOY (1996) waren in 50 m und in 100 m Distanz von Geflügelintensivhaltungen nur noch 0,1 % bis maximal 2,1 % der im Stall gemessenen Staubkonzentrationen festzustellen.

### 2.3 Charakterisierung und biologische Bedeutung ausgewählter Mikroorganismen

*Enterobakterien* sind gramnegative, nichtsporenbildende plumpe Stäbchenbakterien von 0,5 µm - 1,5 µm Dicke und 2-4 µm Länge, welche teils peritrich begeißelt und beweglich, teils unbegeißelt sind. Sie kommen hauptsächlich im menschlichen und tierischen Darmtrakt vor. Ihr Verhalten ist fakultativ anaerob, sie können sich rasch sowohl unter aeroben als auch unter anaeroben Verhältnissen vermehren und besitzen große biochemische Aktivität. Unter den Enterobakterien gibt es hochinfektiöse, pathogene Gattungen und andere, die nicht oder nur unter bestimmten Umständen pathogen sind. Gegen Umwelteinflüsse sind die Enterobakterien eher resistent. Sie überleben außerhalb des Wirtsorganismus mehrere Wochen, werden jedoch durch Erhitzen auf 70 °C abgetötet. Einzelne Gattungen sind pathogen für den Menschen und für Tiere und können je nach Art lokalisierte oder generalisierte Infektionen hervorrufen.

Als die medizinisch wichtigsten Vertreter lassen sich Salmonellen, Shigellen, Escherichia, Klebsiella, Proteus, Arizona, Citrobacter, Enterobacter, Serratia, Providencia und Edwardsiella sowie diverse andere gramnegative Bakterien nennen (WIESMANN, 1978).

Zu den Strahlenpilzen (*Aktinomyceten*) sind im engeren Sinne grampositive Bakterien zu rechnen, die myzelartig wachsen. Ihr Vorkommen ist ubiquitär und sie finden sich besonders häufig in der Erde als auch im Hausstaub. Durch Sporenbildung können Aktinomyceten längere Perioden der Austrocknung überstehen. Typische Arbeitsplätze, an denen Aktinomyceten vorkommen, sind in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau und Entsorgungswirtschaft zu finden. Werden Stäube organischer Materialien, die mit Aktinomyceten und deren Sporen kontaminiert sind, eingeatmet, so kann eine allergische Lungenerkrankung (exogen allergische Alveolitis, EAA) auftreten. (TRGS 908-14, 1998).

*Staphylokokken* sind grampositive, kugelige, in Trauben gelagerte unbewegliche Kokken mit einem Durchmesser von ca. 1 µm. Sie bilden keine Dauerformen, gehören aber zu den widerstandsfähigsten Keimen unter den nicht sporenbildenden Bakterien (WIESMANN, 1976; ROLLE u. MAYR, 1993).

Sie kommen normalerweise auf der Haut und Schleimhaut (vor allem Nasenrachenraum) und im gesamten Darmtrakt vor. Sie können pathogen für Mensch und Tier sein, indem sie sowohl lokale als generalisierte Infektionen verursachen. Sie gehören zu den häufigsten Eitererregern.

Neben enzymatischer Aktivität bilden pathogene Staphylokokken Toxine. Haut und Schleimhäute dienen fast immer als Eintrittspforte für Staphylokokkeninfektionen.

*Streptokokken* sind grampositiv, haben eine kugelige bis ovale Form, sind in Ketten gelagert und messen einzeln 0,8 – 1,2 µm. Sie können für Mensch und Tier pathogen sein und lokale wie generalisierte Infektionen hervorrufen. Streptokokken kommen in großer Zahl auf den Schleimhäuten (z. B. Mundhöhle, obere Atemwege, Darm) vor. Pathogene Arten bilden extrazelluläre Substanzen (Toxine oder Enzyme). Eintrittspforte für Infektionen sind die Haut nach Verletzungen und die Schleimhäute, ferner die Geburtswege (WIESMANN, 1978; ROLLE u. MAYR, 1993).

Die meisten *Pilze* kommen ubiquitär im Boden sowie auf lebenden oder abgestorbenen Pflanzen vor. Sie sind besser an das Pflanzen- als an das Tierreich adaptiert. Es werden etwa 200 000 Arten geschätzt, wobei nur 50-100 Arten menschen- oder tierpathogen sein können. Pilzzellen sind linear ca. 10 mal größer als Bakterienzellen (WIESMANN, 1978).

Pilze lassen sich grob in Schimmelpilze und Hefen unterteilen, wobei Schimmelpilze eine faserige Struktur besitzen und Hefen einzellig sind. Der Vegetationskörper des Schimmelpilzes besteht aus Fäden bzw. Hyphen von ca. 5 µm Länge, in ihrer Gesamtheit bilden sie das Mycel. Die Vermehrung erfolgt asexuell durch Sporenbildung, Knospung oder Fragmentierung, auch sexuelle Fortpflanzung durch Kernverschmelzung ist möglich. Sporen können sowohl eine Vermehrungs- als auch eine Überlebenseinheit sein, da sie hitze- und kälteresistenter als Hyphen sind. Einige Pilze bilden auch sogenannte Dauersporen, die das Überleben unter ungünstigen Bedingungen ermöglichen. Da Sporen über die Luft verbreitet werden, können sich Pilze praktisch überall ansiedeln und sich bei genügend hoher Feuchtigkeit sowie passendem Substratangebot rasch vermehren (DASCHNER, 1995).

#### **2.4 Durch Bioaerosole ausgelöste oder bedingte Krankheiten**

Menschen kommen laut BOSSOW (1998) in allen Lebensbereichen mit biologischen Agenzien (Makro- und Mikroorganismen sowie ihre Abbau- und Stoffwechselprodukte) in Berührung. Sie werden eingeatmet, die Hautoberfläche sowie andere Körperpartien wie Schleimhäute und Darm sind mit einer Vielzahl von Mikroorganismen besiedelt, bei nahezu jeder Berührung mit der Umwelt werden Keime ausgetauscht. Jeder menschliche Organismus

trägt etwa  $10^{14}$  Bakterien (RIETSCHEL, 1999). Ein intaktes Immunsystem schützt den Körper vor einer potentielle Schädigung durch Mikroorganismen, außerdem leisten die inzwischen in unseren Lebensbereichen üblichen Hygienemaßnahmen ihren Beitrag zur Gesunderhaltung.

Werden Krankheitsbilder durch Bioaerosole bedingt oder ausgelöst, so lassen sich Infektionskrankheiten, allergische Reaktionen und toxisch bedingte Entzündungsreaktionen unterscheiden (RYLANDER, 1986; RYLANDER u. PETERSON, 1990). Eine Differenzierung ist allerdings oft schwierig, da Wechselwirkungen auftreten oder mehrere Komponenten beteiligt sein können. Als Auslöser kommen laut BOSSOW (1998) Bakterien, Schimmelpilze, Aktinomyzeten und Viren, sowie die Stoffwechsel- und Zerfallsprodukte von Mikroorganismen in Betracht. Die Aufnahme kann inhalativ (über die Atemwege), oral (Magen-Darm-Trakt) und parenteral (über Haut oder offene Wunden) erfolgen.

Um körperliche Reaktionen bzw. Krankheitssymptome auszulösen, bedarf es meist der Überschreitung einer Schwellenkonzentration an Keimen. Diese unterliegt starken Schwankungen, da sie von einer Vielzahl von Kriterien abhängt, wie z.B. der Keimart und ihrer Pathogenität, synergistischen Effekten bzw. Wechselwirkungen mit anderen Keimen, der Belastungssituation des Körpers durch andere Einflüsse (z.B. Staub), dem körperlichen Allgemeinzustand und z.B. einer Schwächung des Immunsystems durch Vorerkrankungen oder Einnahme immunsuppressiver Therapeutika. Ebenso lassen sich ungünstige Temperaturen sowie Lüftungs- und Klimaverhältnisse anführen.

Unter *Infektionskrankheiten* versteht man Erkrankungen, die durch Einwirkung von belebten, vermehrungsfähigen Agenzien und/oder deren Virulenzfaktoren (Toxine, Enzyme, Haftfaktoren, Serumresistenzfaktoren u.a.) oder Stoffwechselprodukte bzw. durch Abwehrreaktionen des befallenen Organismus gegen diese Agenzien zustande kommen (WIESNER u. RIBBECK, 1991). Infektionen auf dem Luftweg betreffen vor allem die Lunge und die oberen Atemwege sowie offene Wunden (BOTZENHART, 1991). Bakterielle Erkrankungen durch Inhalation setzen in der Regel erhebliche Abwehrschwächen durch schwere Grunderkrankungen voraus (STALDER, 1994, DASCHNER, 1995).

Infektionen durch Bakterien wie Enterobakteriaceen, Staphylokokken, Streptokokken und Pseudomonaden werden häufiger durch orale Aufnahme ausgelöst (BOSSOW, 1998).

*Mykosen* können durch Aspergillen, v.a. *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus* oder *Aspergillus niger* (Aspergillose), in geringem Maße auch durch Gattungen *Mucor* und *Cladosporium* durch Inhalation ihrer Sporen in die Lunge ausgelöst werden. Eine verminderte Immunabwehr ist eine Prädisposition für Mykosen (BOSSOW, 1998), die sich in zwei Formen manifestieren können. Bei der benignen saprophytären Form kommt es zur Pilzbesiedlung von präformierten Höhlen der Atmungsorgane. Die sogenannte invasive Aspergillose führt zu röntgenologisch auffälliger Infiltration der Lunge. Sie setzt allerdings eine erhebliche Abwehrschwäche voraus.

Unter einer *Allergie* versteht man eine im Rahmen von Immunvorgängen erworbene spezifische Überempfindlichkeit des Organismus, die Krankheitserscheinungen zur Folge hat. Dabei werden Antikörper oder Immunzellen gebildet die, im Gegensatz zur Infektionsabwehr gegen antigene Strukturen gerichtet sind, die für sich allein nicht befähigt sind, Krankheiten im Organismus hervorzurufen. Durch die spezifische Bindung zwischen Antigen und Antikörper bzw. Immunzelle werden Mechanismen ausgelöst, die zum klinischen Bild der Allergie führen (ROLLE u. MAYR, 1993).

Unter *Allergien vom Soforttyp (Typ I)* versteht man Reaktionen vom anaphylaktischen Typ durch IgE- und IgG-Antikörper. Sensibilisierte Personen zeigen schon bei üblichen Konzentrationen des Allergens innerhalb von Minuten nach Kontakt Reaktionen, die bei Entfernung des Allergens auch rasch wieder abklingen.

Allergene können u.a. Pflanzenpollen, Hausstaub und die Schimmelpilzgattungen *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus* oder *Cladosporium* sein. Heuschnupfenartige Symptome, asthmatische Beschwerden und andere klinische Symptome wie Urticaria, Ekzeme, Konjunktivitis oder ein anaphylaktischer Schock können auftreten (WECKER, 1990; ROLLE u. MAYR, 1993).

Die *Typ III/Typ IV-Allergie, die exogen allergische Alveolitis (EAA)*, kann durch eine Vielzahl von Antigenen ausgelöst werden, wobei thermophile Aktinomyzeten, *Aspergillus*- und *Penicillium*spezies, *Bacillus*spezies, Vogel- und Rattenproteine u.a. zu nennen sind (DASCHNER, 1995). Je nach Expositionsart hat die EAA verschiedene Bezeichnungen wie z. B. Farmerlunge, Befeuchterlunge oder trockene Fäulnislunge. Die akute Erkrankung verläuft in Form eines „infektiösen“ Geschehens. Nach vorausgegangener Sensibilisierung

treten Stunden nach erneutem Antigenkontakt Symptome auf. Durch Vermeidung des Kontaktes können sich die Befunde normalisieren, eine weitere Exposition führt zur Ausbildung eines chronischen Krankheitsbildes. In späteren Stadien kann es zu einer Lungenfibrose kommen (JAGER u. BAUR, 1991). EAA kann als Typ III oder als T-Lymphozyten vermittelte Typ IV- Reaktion (allergische Reaktion vom verzögerten zellulären Typ) ablaufen. In späten Stadien einer chronischen Erkrankung liegen häufig Mischformen beider Allergietypen vor (STALDER, 1994).

*Mykotoxikosen* sind durch Schimmelpilzmykotoxine verursachte Erkrankungen. Dazu gehören laut BOSSOW (1998) akute und chronische cyto- und neurotoxische sowie immunsuppressive, teratogene, mutagene und carcinogene Effekte vornehmlich nach oraler Aufnahme pilzbefallener Nahrung. Auch das „Organic Dust Toxic Syndrome“ (ODTS), oft auch noch als allergische Erkrankung eingeordnet, wird den inhalativ verursachten Mykotoxikosen zugeordnet. Die Erkrankung kann Stunden nach Exposition gegenüber organischem Staub beginnen und geht mit Fieber, Husten und Atemnot einher (DASCHNER, 1995). Sie lässt sich oft nicht von der exogen-allergischen Alveolitis unterscheiden. Endotoxin wird ebenfalls als Auslöser der ODTS angesehen.

#### **2.4.1 Medizinische Relevanz von Endotoxinen**

Endotoxine sind Bestandteile der äußeren Membran gramnegativer Bakterien und werden nach Absterben der Bakterien freigesetzt. Ihnen wird eine Bedeutung bei der Entstehung von Atemwegsbeschwerden bei Landwirten zugemessen (z.B. BERGMANN u. MÜSKEN, 1994), wobei sie biologische Schadwirkungen im Organismus zu entfalten vermögen (RYLANDER et al., 1977). Laut HARTUNG und SEEDORF (1999) werden den Endotoxinen neben dem angeführten ODTS noch andere nachteilige Wirkungen insbesondere am Respirationstrakt des Menschen nachgesagt, wie Entzündung der Luftwege, Hyperreaktivität der Bronchien und Beteiligung an pulmonalen Erkrankungen wie COB (chronic obstructive bronchitis), EAA (exogen-allergische Alveolitis), MMI (mucous membrane irritation) oder vermutlich sogar Lungenfibrose.

Die Inhalation großer Mengen von Endotoxinen führt zu Krankheitsbildern mit verschiedenen Symptomen, die an Influenza erinnern. Die Symptome lassen sich, ähnlich wie bei einigen allergischen Reaktionen auf Bakterien- und Pilzsporen, dem ODTS-Syndrom zuordnen.

Endotoxine werden u.a. für die Byssinose verantwortlich gemacht, die v.a. bei Arbeitnehmern aus der Baumwoll- und Textilindustrie anzutreffen sind (MERRETTIG-BRUNS, 1997).

In der Arbeitsmedizin und bei den Berufsgenossenschaften besteht aufgrund der gesundheitlichen Bedeutung der Endotoxine der Wunsch nach einem Grenz- oder Richtwert für luftgetragene Endotoxine. Die Einschätzungen für die Höhe eines solchen Grenz- oder Richtwertes in der Literatur divergieren jedoch. Die Vorschläge liegen zwischen 10 und 200 ng/m<sup>3</sup> wie z.B. aus neueren Aufstellungen hervorgeht (HARTUNG u. SEEDORF, 1999).

U.a. sind bei RYLANDER (1987) Angaben über die für die bestimmte Krankheitssymptome notwendigen Endotoxinkonzentrationen zu finden.

## **2.5 Probenahmemethoden für die Keimzahl- und Endotoxinbestimmung in Luft**

Es existiert keine Methodik, die für jeden Zweck und jede Sammelsituation geeignet ist. Erhobene Luftkeimzahlen sind immer relative Meßwerte, die maßgeblich durch das angewendete Verfahren, den Probenahmeort, die Probenahmedauer, die Art des Aerosols und weitere Faktoren beeinflusst werden. Daher ist es schwierig verschiedene Untersuchungen miteinander zu vergleichen (BÖHM et al., 1998).

Einzelne Probenahmeverfahren lassen sich aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften zur Abscheidung von Stäuben und Keimen unterscheiden, wobei sie sich in passive und aktive Probenahmeverfahren einteilen.

### **2.5.1 Sedimentation (Passive Probenahme)**

Die Sedimentation auf feste Nährböden ist das einfachste und älteste Verfahren, um Luftkeime zu erfassen (BÖHM et. al., 1998). Die Keime lagern sich der Schwerkraft und der im Raum vorhandenen Luftströmung folgend auf geöffneten, mit Nährmedien gefüllten Agarplatten ab, welche der zu untersuchenden Umgebungsluft für eine festgelegte Untersuchungszeit ausgesetzt sind (Koch'sches Plattenabsetzverfahren). Dies führt zu einer Anreicherung schwerer und größerer Partikel, frei dispergierte Mikroorganismen werden schlechter erfasst (ROTTER, 1976).

Sedimentieren keimtragende Partikel, so wachsen daraus in der anschließenden Bebrütung Kolonien, die makroskopisch ausgezählt werden können und soweit erforderlich weiter mikrobiologisch differenziert werden können.

Zum einen findet die Sedimentationsmethode ihren Einsatz vor allem in der Feststellung von Oberflächenkontaminationen durch sedimentierende Partikel, wie zum Beispiel in Reinraumbereichen der Industrie oder in Krankenhäusern, und zum anderen findet sie ihren Einsatz zur qualitativen Bestimmung von Luftkeimen (BIA Arbeitsmappe 9410, 1995).

#### *Vorteile des Sedimentationsverfahrens:*

Das Sedimentationsverfahren ist eine sehr einfache und preiswerte Methode. Sie ist an vielen Stellen gleichzeitig einsetzbar und man kann zugleich verschiedene Nährmedien verwenden. Der Sammelstreß für die Luftkeime während der Probenahme ist bei dieser Methode sehr gering.

#### *Nachteile des Sedimentationsverfahrens:*

Das Verfahren arbeitet nur qualitativ. Da kein Luftvolumen pro Zeiteinheit erfaßt werden kann, ist keine quantitative Aussage möglich. Weiterhin werden nur ablagerungsfähige Teilchen erfaßt, was bedeuten kann, daß verhältnismäßig kleine Mikroorganismen mit niedrigen Sedimentationsgeschwindigkeiten unterrepräsentiert sind. Zusätzlich weist das Verfahren eine starke Abhängigkeit von Turbulenzen auf, etwa durch vorbeigehende Personen. Wird ein keimtragender Partikel auf der Agarplatte abgeschieden, so erwächst daraus nur eine Kolonie, unabhängig davon, wieviele Mikroorganismen ursprünglich an diesem Partikel hafteten (BIA Arbeitsmappe 9410, 1995; BÖHM et. al., 1998). Bei langen Probenahmezeiten können die Nährmedien austrocknen und somit zu unrealistisch niedrigen Organismenzahlen führen (ABDOU u. SCHIRK, 1982).

### **2.5.2 Aktive Probenahme (quantitativ)**

Die Verfahren der aktiven Probenahme unterscheiden sich von den Verfahren der passiven Probenahme durch die Bestimmung definierter Probenluftmengen pro Zeiteinheit, die meist durch eine integrierte oder angeschlossene Pumpe mit Volumenzähler vorgenommen wird.

Die am häufigsten benutzten Verfahren sind die Impaktion, das Impingement und die Filtration.

### **2.5.2.1 Impaktion („Aufprallverfahren“)**

Bei diesem Verfahren werden die Bioaerosole aus einem angesaugten volumendefinierten Luftstrom direkt auf der Oberfläche einer festen Sammelphase, z.B. Agarplatten oder Agarstreifen abgeschieden.

Theoretisch wäre eine Impaktion auch auf andere Oberflächen als auf Nährböden möglich mit anschließender Keimrückgewinnung. Dies wäre aber nur zur Sammlung von Sporen einsetzbar, da die Rückgewinnung vegetativer Keime und Viren von der Oberfläche zu verlustreich wäre (BÖHM et. al., 1998). Bei den Impaktoren werden drei Arten unterschieden:

#### *Siebsammler:*

Bei diesem Impaktor wird die Probenluft durch eine metallene Lochplatte gesaugt. Unter der Metallplatte befindet sich die Agarplatte auf deren Oberfläche die Partikel aufprallen und aus dem Luftstrom abgeschieden werden. Je nach System werden verschiedene Siebplattenstufen mit verschiedenen Lochdurchmessern untereinander angeordnet (siehe Andersen Sammler), was eine Abscheidung der Partikel nach Partikelgrößenklassen ermöglicht (BIA Arbeitsmappe 9410, 1995).

Als wichtiges und für viele Einsatzzwecke brauchbares Impaktionsgerät ist der Andersen-Sammler zu nennen (ANDERSEN, 1958). Hierbei handelt es sich um einen sechsstufigen Kaskadenimpaktor. Es sind sechs Petrischalen mit jeweils darüber befindlichen durchlöcherten Scheiben übereinander angeordnet. Die Durchmesser der Löcher nehmen von Scheibe zu Scheibe nach unten hin ab. Dadurch steigt die Strömungsgeschwindigkeit und führt zu einer nach Teilchenmasse differenzierten Abscheidung. Auf der obersten Petrischale setzen sich die größten, auf der untersten die kleinsten Teilchen ab. Das Gerät wird bei einem Luftstrom von 28,3 l/min betrieben. Messungen mit dem Andersen-Kaskaden-Impaktor erlauben eine Partikelgrößenzuordnung, was Aufschluß darüber gibt, inwieweit die Partikel den menschlichen Atemtrakt passieren können.

*Schlitzsammler:*

Schlitzsammler haben eine Reihe von Modifikationen erfahren (MÜLLER u. KÖSTERS, 1971; MÜLLER u. GÄRTTNER, 1974, u.a.). Bei den Geräten wird ein definiertes Luftvolumen durch enge, meist rechteckig angeordnete Schlitze angesaugt und auf darunter befindliche rotierende Agaroberflächen geleitet, womit eine gleichmäßige Verteilung der Partikel gewährleistet ist. Eine Größenunterscheidung der gesammelten Partikel ist nicht möglich. Bestimmend für die Abscheidung ist die Schlitzgröße und die Luftgeschwindigkeit im Schlitz.

Der Automatische Bakterien Sammler (ABS) ist ein neuerer Schlitzsammler, mit dem nach entsprechender Programmierung vollautomatisch Mehrfachprobenahmen möglich sind. Zeitpunkt der Probenahme sowie die Intervalle zwischen den Probenahmen und die Probenahmedauer können für jede Einzelmessung individuell bestimmt werden. Es sind 12 Probennahmen ohne Betreuung möglich, da das Gerät mit einem Magazin für 12 Agarplatten ausgestattet ist. Während der Probenahme dreht sich der Sammelkopf ein Mal um 360 °C über der Agarplatte (HARTUNG, 1994), womit sich der Automatische Bakterien Sammler vom Casella Schlitzsammler (CSS) unterscheidet, bei dem sich statt des Sammelkopfes die Impaktionsoberfläche dreht (PAHL, 1997).

*Zentrifugalsammler:*

Die sich in der angesaugten Luft befindlichen Partikel werden durch die Rotation des Probenahmegerätkopfes den Zentrifugalkräften folgend auf einem Agarstreifen, der ringförmig eingelegt wird, abgeschieden. Auch hier ist eine Größenunterscheidung der Partikel nicht möglich.

Ein weiteres handliches Meßgerät ist der Reuter-Zentrifugal-Sammler (RCS). Die Luft wird durch ein Flügelrad angesaugt und die Keime werden auf eine Agarfolie impaktiert, die sich an den Wänden des Flügelradkopfes befindet. Allerdings ist es beim RCS nicht möglich ein- und ausströmende Luft zu trennen, wodurch der exakte Volumenstrom schwer bestimmbar ist (DASCHNER, 1995). Zudem ist der Reuter-Zentrifugal-Sammler für die Abscheidung von feinen Partikeln ( $< 4 \mu\text{m}$ ) offensichtlich mangelhaft (JENSEN et al., 1992). Demnach steigt die Sammeleffizienz des RCS mit der Größe der zu untersuchenden Partikel. Die Messzeiten

mit dem RCS sind kurz. Wegen seines geringen Gewichts und Energiebedarfs ist er weit verbreitet (DASCHNER, 1995).

*Vorteile des Impaktionsverfahrens:*

Die Sammlung der Mikroorganismen erfolgt direkt auf den Nährmedien, die später sogleich bebrütet werden können und auf denen anschließend die Analyse der Keime erfolgen kann.

Somit ist eine weitere Aufarbeitung im Labor nicht notwendig, eine weitere Verdünnung oder ein Ausplattieren entfällt. Dies erleichtert die Auswertung und für die Mikroorganismen erfolgt kein Aufarbeitungsstreß (BIA Arbeitsmappe 9410, 1995).

Der Vorteil des Reuter-Zentrifugal-Sammlers (RCS) liegt in seinem geringen Gewicht und darin, daß er netzunabhängig betrieben werden kann. Die Nährbödenstreifen, die vom Hersteller vorgefertigt werden bieten ein hohes Maß an Standardisierbarkeit. Nachteilig ist, daß die Auswahl der Nährbödenstreifen begrenzt ist, der Hersteller bietet aber leere Folienstreifen an, die mit dem gewünschten Nährboden gefüllt werden können (BÖHM et al., 1998).

*Nachteile des Impaktionsverfahrens (ergänzend):*

Bei höheren Luftkeimkonzentrationen stößt das Impaktionsverfahren an seine Grenze, weil sich bei einer Überbelegung der Oberfläche der Agarplatte oder auch des Agarstreifens die Kolonien bei der Bebrütung gegenseitig behindern und überwuchern, was eine quantitative Aussage unmöglich macht. Außerdem läßt sich pro Einzelmessung jeweils nur ein Meßparameter bestimmen, je nach Beschaffenheit der zur Anzucht verwendeten Agarplatte. In der BIA-Arbeitsmappe 9410 (1995) wird daher der Einsatz von Gelatineagar in den Sammelplatten vorgeschlagen. Nach Verflüssigung bei 40 °C können Verdünnungsreihen angelegt werden, die dann auf beliebige Nährböden ausplattiert werden können. Dieses Verfahren beinhaltet aber zusätzliche Streßfaktoren für die Mikroorganismen.

Zudem kann es zur möglichen Schädigung der Keime beim Aufprall auf das Sammelmedium kommen (MAY, 1969). Die Probennahmedauer muss auf 1-30 Minuten reduziert werden, da es sonst zur Austrocknung der Keime auf der Sammeloberfläche durch den Luftstrom kommt. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die Partikel sich gehäuft unter den Lochbohrungen ansammeln, was eine saubere Trennung der einzelnen Kolonien erschwert, außerdem kann es

zu einer elektrostatischen Anziehung der Partikel durch die Plastik-Agarplatten oder -folien kommen.

### **2.5.2.2 Impingement**

Beim Impingement wird ein angesaugter volumendefinierter Luftstrom durch eine enge Kapillare unter starker Beschleunigung in ein flüssiges Sammelmedium eingeleitet (DASCHNER, 1995). Durch Variation der Auffanggeschwindigkeit ist eine Auftrennung nach Größe der keimtragenden Partikel möglich, in der Regel ist die Geschwindigkeit aber so hoch, dass sowohl kleinere als auch größere keimtragende Partikel erfasst werden, welche in der Waschflüssigkeit zurückgehalten werden. Zuvor erfolgt durch den Aufprall ein Aufbruch der Partikel, so dass die an den Partikeln haftenden Keime einzeln nachgewiesen werden können (WANNER u. DEUBER, 1969). Allerdings hängt der Abscheidegrad von der Größe der Luftblasen ab, die in der Sammelflüssigkeit entstehen. Mit steigender Flüssigkeit nimmt er ab, und Partikel werden mit den Luftblasen durch die Flüssigkeit getragen (Durchreisseffekt) (KIEFER, 1992).

Das flüssige Sammelmedium sollte die gesammelten Mikroorganismen nicht schädigen, noch sollte sie die Sammlung sowie Aufarbeitung der Proben durch übermäßige Schaumbildung oder Ausfällungen stören. Nach Erfahrungen von BÖHM et al. (1998) sind z.B. physiologische Kochsalzlösungen ausreichend. Von BRACHMANN et al. (1964) wurde der All-Glass-Impinger (AGI 30) als Standardimpinger vorgeschlagen.

#### *Vorteile des Impingements:*

Mit der Sammelflüssigkeit können im Labor Reihenverdünnungen durchgeführt werden (indirekte Methode), so dass ein weiter Konzentrationsbereich der Luftkeime erfasst wird. Durch den Einsatz unterschiedlicher Nährböden können außerdem verschiedene Mikroorganismen aus einer Sammelsuspension dargestellt werden (BIA Arbeitsmappe 9410, 1995). Subletal geschädigte sowie nur in sehr geringer Konzentration vorkommende Keime können mit dem Impingement ebenfalls erfasst werden (DASCHNER, 1995).

*Nachteile des Impingements:*

Zu einem kann es zu einer möglichen Schädigung der Keime durch den Aufprall auf die Flüssigkeitsoberfläche kommen, zum anderen können die Keime durch die plötzliche Hydrierung oder durch den osmotischen Schock beeinträchtigt werden (COX, 1970). Die Probenahmedauer sollte 30 Minuten nicht überschreiten. Das Verfahren ist durch die niedrige Durchflußrate für die Luftkeimbestimmung bei niedrigen Konzentrationen eingeschränkt. Zudem ist ein Verlust durch Wiederaustritt von Bioaerosolen mit der Abluft durch hydrophobe Eigenschaften derselben, Aufwirbelung und Nebelbildung nicht ausgeschlossen. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die Impinger unter sterilen Bedingungen gefüllt werden, so daß ein Wechsel des Sammelmediums während zweier Probenahmen kaum möglich ist. Außerdem sind die Impinger aus Glas und somit leicht zerbrechlich. Bei der Probenaufbereitung muss eine mögliche Verringerung der Sammelflüssigkeit durch die Probenahme berücksichtigt werden (BIA-Arbeitsmappe 9410, 1995). Ebenso sind die adiabatische Abkühlung, die Probleme bei Temperaturen im Bereich des Gefrierpunktes macht, und die Erzeugung von Sekundäraerosolen zusätzliche Nachteile.

**2.5.2.3 Filtration**

Durch Filtration können Partikel nahezu vollständig aus der Luft abgeschieden werden (KIEFER, 1992). Der Grad der Abscheidung hängt von der Größe der Partikel und den Eigenschaften des Filters hinsichtlich des sog. „cut-off-Wertes“ (ist abhängig von der Porengröße und vom Filtertyp) ab (BROCK, 1983). Bei der Filtration wird ein volumendefinierter Luftstrom durch entsprechende Filter (meist Membranfilter z. B. aus Polycarbonat, Gelatine oder Zelluloseester) gesaugt, was eine variable Aufarbeitung im Labor ermöglicht. Die unlöslichen beaufschlagten Membranfilter werden in Lösungen gebracht, gewaschen und geschüttelt oder mit Ultraschall behandelt, anschließend wird eine Verdünnungsreihe angelegt und die Lösung aus den Verdünnungsstufen auf verschiedene Nährböden ausplattiert (indirekte Methode). Gelatinefilter hingegen werden in einer Lösung aufgelöst und wie oben weiter behandelt (ROTTER et al., 1973). Die Filter können auch direkt auf einen Nährboden gelegt werden, wobei sich der Gelatinefilter verflüssigt (direkte Methode). Die Probenahme per Filtration erfordert keine große technische Ausstattung; Filter, Filterhalter, Pumpe und Durchflußmesser sind nötig.

Der MD 2 und MD 8 (Sartorius A.G., D-37070 Göttingen) sind moderne Keimsammler, die mit Gelantinefilter bestückt sind und im Bereich der Krankenhaushygiene eingesetzt werden (KANZ u. KANZ, 1986). Ein anderes Gerät, welches speziell für den Einsatz an Personen im Rahmen von Messungen des Arbeitsschutzes entwickelt ist, ist der PGP-Sammler unter Verwendung des Gesamtstaubkopfes GSP, welcher für einen Volumenstrom von 3,5 l/min konzipiert ist, die dazu passende akkubetriebene Pumpe ist auf 0,75-4,5 l/min einstellbar (BÖHM et al., 1998).

#### *Vorteile des Filtrationsverfahrens:*

Die Filtrationsmethode erfasst einen weiten Konzentrationsbereich an Luftkeimen bei einer genügend hohen Durchflußrate, denn bei sehr hohen Keimgehalten können Verdünnungsreihen angelegt werden. Die mechanischen Aufprallkräfte sind im Vergleich zur Impaktion und zum Impingement geringer. Die Geräte sind sowohl personengetragen als auch stationär einsetzbar, vielfach bereits vorhanden und etabliert. Die sterilen Sammelmedien können gut bevorratet werden und die beaufschlagten Filter erlauben einen einfachen Transport. Mit der Methode können sehr gut auch robuste Zellen, z.B. Exo- und Endosporen von Bakterien und Schimmelpilzen erfasst werden, wobei auch eine längere Probenahmezeit gewählt werden kann (BIA – Arbeitsmappe 9410, 1995).

#### *Nachteile des Filtrationsverfahrens:*

Besonders vegetative Bakterienformen sind durch die verstärkte Austrocknung bei der Probenahme auf den Filtern gefährdet, weshalb die Probenahme auf wenige Minuten beschränkt bleiben sollte. Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß die Keime sich nicht quantitativ von den beaufschlagten Filtern in der Waschflüssigkeit ablösen lassen oder durch den Abwaschvorgang geschädigt werden können.

### 3 Material und Methoden

Die Untersuchungen zur Keimbelastung auf der Freilauffläche in der unmittelbaren Stallumgebung und die Untersuchungen zur Keim-, Staub- und Gasbelastung der Luft im Stallgebäude wurden zur besseren Vergleichbarkeit mit den gleichen Methoden durchgeführt.

#### 3.1 Beschreibung des untersuchten Betriebes

Die insgesamt 360 ha landwirtschaftliche Nutzfläche des Betriebes wird fast ausschließlich als Ackerland genutzt. Die Legehennenhaltung liegt in einem rein landwirtschaftlich genutzten Gebiet. In der Nähe befindet sich ein Golfplatz. Bei den in nördlicher Richtung des Stalles gelegenen Gebäuden handelt es sich um Betriebsgebäude und eine überdachte Dungstätte. Die nächste geschlossene Ortschaft ist etwa 2,5 km entfernt. Im Anschluss an die südliche Auslauffläche befindet sich ein Waldgebiet.

Abbildung 1 im Anhang gibt eine Übersicht zur Lage des Stalles und der Umgebung.

In dem Stall werden 9600 Legehennen (Rasse Lohmann-Braun) in einer 3-etagigen Volierenhaltung mit zusätzlichen überdachten Außenscharräumen (Wintergärten) gehalten. Die Nutzfläche des Stalles einschließlich Wintergärten beträgt 1.221 m<sup>2</sup>. Der Boden im Warmbereich hat eine Grundfläche von 710 m<sup>2</sup>, die beiden Wintergärten, die sich an beiden Längsseiten des Stallgebäudes befinden und mit Drahtgitter eingegrenzt sind, haben je eine Gesamtgrundfläche von etwa 256 m<sup>2</sup>. Den Tieren stehen je sechs Auslässe (1,0 m x 0,50 m) zur Verfügung, über die sie die Wintergärten vom Stall erreichen können. Von den Wintergärten aus können die Tiere über je 14 weitere Öffnungen auf die Auslauffläche gelangen.

Der Boden im Warmbereich ist planbefestigt und ist zwischen den Volieren mit Einstreu (Stroh, Hobelspäne) versehen, so daß die Tiere die Möglichkeit zum Scharren haben. Die Wintergärten sind mit Dinkelspelzen eingestreut, welche den Tieren als Scharmaterial dienen.

Den Hühnern steht eine Auslauffläche von 9,6 ha, entsprechend der EU - Vermarktungsnorm für Eier 10 m<sup>2</sup> pro Henne, zur Verfügung. In einem Radius von schätzungsweise 20 m um den Stall ist die stark beanspruchte Auslauffläche mit Hackschnitzel eingestreut, um eine Verschlämzung des Bereiches und eine übermäßige Verschmutzung der Tiere zu vermeiden.

Zudem weist die Auslaufläche Pflanzenbewuchs (Gras und vereinzelte Büsche) auf. Regelmäßig verteilt befinden sich Schutzdächer auf der Fläche, die den Tieren Schutz vor Sonne und Greifvögeln bieten sollen. Der Standort der Schutzdächer wird des öfteren gewechselt, um die Grasnarbe in den Schutzdachbereichen zu schonen. Die Tiere werden in der 20. Lebenswoche eingestallt und bleiben 48-49 Wochen entsprechend der 68/69 Lebenswoche im Betrieb.

### *Lüftung*

Das Stallgebäude wird über ein Unterdrucksystem be- und entlüftet. In dem Stallgebäude wird die seitlich eintretende Luft über Firstventilatoren abgeführt. Die insgesamt 6 Abluftschächte haben eine Höhe von 1,50 m über First und sind im gesamten Firstbereich gleichmäßig verteilt. Die Frischluft gelangt über 96 Zuluftelemente, welche zu je 48 an beiden Längsseiten des Stallgebäudes angeordnet sind, in den Stallinnenraum. Die maximale Sommerlufrate beträgt nach Betreiberangaben 74.880 m<sup>3</sup>/h.

### **3.2 Anordnung der Messpositionen**

Zur Luftkeimuntersuchung auf der Auslaufläche wurden insgesamt 5 Messpositionen für das Filtrationsverfahren und 3 Messpositionen für das Impingementverfahren innerhalb der Auslaufläche festgelegt. Vier Messpositionen (A, B, C und D) bzw. 2 Messpositionen (A und B) beim Impingement wurden in zunehmender Entfernung vom Stall eingerichtet, die fünfte (E) bzw. die dritte (C) Messposition lag windzugewandt seitlich innerhalb der Auslaufläche in einem Gebiet, wo sich keine Hühner aufhielten, mit mehr als 40 m Stallentfernung und diente als Kontrolle. Die Auswahl der Messpositionen erfolgte nach unterschiedlichen Messzielen. Zum einen wurde die jeweilige Windrichtung des Messtages berücksichtigt, um eine Beeinflussung der Messungen durch die Stallabluft möglichst zu vermeiden. Zum anderen wurden die Messpositionen mit wachsender Entfernung zum Stall aufgebaut, um zu untersuchen, wie weit die Mikroorganismen verfrachtet werden und ob sich ein Unterschied der Mikroflora in Abhängigkeit vom Stallgebäude ergibt. Zudem wurden anfangs die Messpositionen an den von den Hühnern bevorzugten Bereichen des Auslaufes aufgebaut. So hielten sich viele Tiere in „sicherer“ Stallnähe auf, außerdem fanden sich viele Tiere an den

aufgestellten Fluchtwagen und deren Umgebung sowie an vorab gescharften Sandlöchern, die die Tiere zum Sandbad nutzten. Hier sollte untersucht werden, ob sich durch die höhere Hühnerdichte eine höhere Keimemission ergibt. Die Standorte sind daher verschieden und werden zusammen mit den gewonnenen Daten in Kapitel 4 beschrieben.

Die Luftuntersuchungen erfolgten an Stativen in 0,70 m und 1,30 m Höhe über dem Erdboden.

Die Probenahmen mit der Filtrationstechnik an den fünf Positionen erfolgten jeweils zeitgleich, es wurden an jedem Probenahmetag zwei bzw. drei Messdurchgänge hintereinander vorgenommen. Beim Impingement konnten pro Messdurchgang jeweils nur zwei Luftproben genommen werden, es wird im Kapitel 4 näher darauf eingegangen.

Alle emissionsbeeinflussenden Faktoren wie z.B. Überflug von Kleinflugzeugen, Staubentwicklung durch vorbeifahrende Fahrzeuge während der Untersuchungen wurden protokolliert.

Die Probenahmen wurden ausschließlich in niederschlagsfreien Zeiten durchgeführt.

Zudem wurden Staub- und Keimmessungen an zwei Messpositionen im Inneren des Stalles durchgeführt, die nähere Beschreibung erfolgt in Kapitel 4.

### **3.3 Bestimmung der luftgetragenen Mikroorganismen, des Staubgehaltes und der Endotoxine**

#### **3.3.1 Benutzte Sammelverfahren**

##### *Filtration*

Für die Luftkeimmessung auf der Auslauffläche und im Stall wurde das Filtrationsverfahren verwendet, bei dem mit Hilfe einer an einen Probenahmekopf angeschlossenen Pumpe ein definiertes Luftvolumen durch einen Membranfilter gesaugt wird. Eingesetzt wurde die Konstantfluß-Probenahmepumpe PCXR8 (SKC, USA) mit einem konstanten Luftvolumenstrom von 2 l/min.

Als Filtermaterialien wurden Polykarbonatfilter (Whatman, UK), ergänzend auch Zellulosemischesterfilter (Millipore, Eschborn) verwendet. Beide Filter weisen eine Porenweite von 0,8 µm auf und besitzen einen Durchmesser von 25 mm. Als Filterkapsel

diente der IOM (Institute of Occupational Medicine, Edinburgh; SKC, USA) Dust Sampler. Die Probenahmezeit bei den Polykarbonatfiltern lag zwischen 30 bis 35 Minuten, die Probenahmezeit bei den Zellulosemischesterfiltern lag bei 10 Minuten.

Für die Bestimmung des Staubgehaltes der Stallluft wurde ebenfalls das oben beschriebene Filtrationsverfahren mit einem Volumenstrom von 2 l/min eingesetzt. Die Probenahmen dauerten 357 bis 367 Minuten. Als Filter dienten Glasfaserfilter (Whatman, UK).

Die Glasfaserfilter wurden vor und nach der Exposition unter gleichen Bedingungen in einem Wägeraum bei 18 °C und 45 % relative Luftfeuchtigkeit gewogen, um den Staubgehalt der Filter gravimetrisch zu bestimmen. Vor dem Wiegen wurden die Staubsammler für mindestens 24 Stunden in dem Wägeraum konditioniert.

### *Impingement*

Für die Luftkeimmessung auf der Auslauffläche wurde außerdem der All-Glass-Impinger (AGI 30) mit 50 ml selbsthergestellter steriler 0,9 % NaCl-Lösung als Sammelmedium bei einem regelmäßig kontrollierten Luftdurchsatz von 10,83 l/min eingesetzt. Aus technischen Gründen konnte der sonst übliche Luftdurchsatz von 12,5 l/min bei diesen Feldmessungen nicht erreicht werden. Die Probenahmezeit betrug 30 Minuten.

### **3.3.2 Kulturelle Verfahren**

Der Nachweis der Mikroorganismen erfolgte mit Hilfe der aeroben Kultivierungsmethode.

Untersucht wurde auf mesophile Gesamtkeime, mesophile und thermophile Pilze, mesophile und thermophile Aktinomycceten, Streptokokken, Staphylokokken und Enterobakterien

### *Indirekte Methode*

Die Probenahmefilter (Polykarbonatfilter) wurden am Tag der Probenahme gekühlt ins Labor transportiert.

Zur Keimzahlbestimmung wurde die in den Technischen Regeln Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 430, 2001) beschriebene Vorgehensweise zur indirekten Bestimmung der

Schimmelpilz-Konzentrationen benutzt. Diese Vorschrift gilt nur für den Nachweis von Schimmelpilzsporen bei Luftkeimmessungen, läßt sich jedoch in Analogie mit bestimmten Modifikationen auch zum Nachweis anderer Keime verwenden. Auch die BIA-Vorschrift zum Nachweis luftgetragener Bakterien (BIA-Arbeitsmappe 9430, 1997) lautet ähnlich. Sie geht jedoch davon aus, dass die beprobten Filter noch am Ort der Messung in Lösung gebracht werden und sieht keinen Zusatz von Tween vor.

Aus den Proben sollten aber sowohl vegetative Keime als auch Schimmelpilzsporen nachgewiesen werden.

Durch den „trockenen Transport“ der Filter und relativ lange Probenahmezeiten von 30 bis 35 Minuten muss mit einer Reduzierung austrocknungsempfindlicher Keime gerechnet werden. Die Verluste bei der Sammlung von Aktinomyzeten und Schimmelpilzen dürften hingegen aufgrund ihrer ausgeprägten Austrocknungsunempfindlichkeit auch bei langen Probenahmezeiten gering sein. Einige Bakterienspezies sind zur Sporenbildung (Dauer- oder Ruheformen) unter bestimmten Umweltbedingungen (z. B. Austrocknung, Nahrungsmangel) fähig (HALLMANN u. BURKHARDT, 1974; TRGS 908-14, 1998). Es muss also angenommen werden, dass bei den Bakterien überwiegend Sporen gesammelt wurden.

Zur Ablösung der Partikel (Staub und Keime) von den Polykarbonatfiltern wurden die Filter am folgenden Tag morgens mit einer sterilen Pinzette in 5 ml einer 0,9 %igen Kochsalzlösung, die als Zusatz 0,01 % des Netzmittels Tween 80 (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Steinheim) enthielt, überführt und anschließend 30 Minuten bei Zimmertemperatur im Wasserbad geschüttelt. Anschließend erfolgte ein 4minütiges Schütteln auf dem Vortexer.

Danach wurden je 0,1 ml der Keimlösung auf je drei Petrischalen (3fach Bestimmung) mit dem jeweils ausgewählten Nährboden mit einem Drigalski-Spatel unter kreisenden Bewegungen der Platte ausgespatelt.

Die Keimlösung der Filter, die im Stall beaufschlagt worden waren, wurde einer dezimalen Verdünnungsreihe mit Tween 80 Lösung unterworfen und die einzelnen Verdünnungsstufen auf die Nährmedien ausplattiert (0,1 ml) (3fach Bestimmung je Verdünnungsstufe).

Nach dem Ausspateln wurden die Nährbodenplatten in einem Brutschrank bebrütet.

### *Direkte Methode*

Die beaufschlagten Zellulosemischesterfilter wurden unmittelbar im Anschluss an die Probenahme auf Blutagarplatten gelegt, gekühlt ins Labor transportiert und dann im Brutschrank bei 36 °C für 2 Tage bebrütet.

### *Impingement*

Die Sammlerflüssigkeit wurde am folgenden Tag der Probenahme vor der Aufarbeitung kurz auf dem Vortexer geschüttelt. Danach wurde, um eine Absenkung der Nachweisgrenze zu erreichen, 1 ml der Ausgangslösung auf drei Agarplatten (3fach Bestimmung) verteilt und ausgestrichen. Dabei wurde darauf geachtet, dass keine Abwaschung an dem Plattenrand erfolgte.

### *Nährböden*

Als Nährmedium für die Bestimmung der mesophilen Gesamtkeime wurde Blutagar-Basis Nr. 2 (Oxoid, Wesel) verwendet. Die Bebrütung erfolgte bei 36 °C für 2 Tage.

Zur Untersuchung der Luft auf Enterobakterien wurde McConkey-Nährboden Nr. 3 (Oxoid, Wesel) benutzt. Dieser Agar ist zum Nachweis und zur Koloniezahlbestimmung coliformer Keime geeignet, aber auch zur Isolierung von Salmonellen und Shigellen. Der Nährboden enthält eine spezielle Gallesalzmischung, die mit Kristallviolett eine verbesserte Differenzierung zwischen coliformen und Lactose-negativen Keimen ermöglicht, während das Wachstum Gram-positiver Kokken vollständig gehemmt wird. Zudem enthält er Pepton, Laktose, Natriumchlorid und Neutralrot. Laktose-fermentierende Enterobakterien erscheinen rosa mit trüber Randzone, während nicht Laktose-metabolisierende Keime eine farblos bis transparente Kolonie bilden. Der Agar wurde für 2 Tage bei 36 °C bebrütet.

Zum Nachweis und zur Isolierung von Staphylokokken diente Mannit-Kochsalz-Agar (Oxoid, Wesel), welcher eine extrem hohe Salzkonzentration aufweist. Dadurch wird das Wachstum anderer Bakterien gehemmt und nur salztolerante Mikroorganismen, zu denen Staphylococcus

gehört, vermögen zu wachsen. Koagulase-positive Staphylokokken bilden Kolonien mit einem hellgelben Hof, während Koagulase-negative von einem roten oder violetten Hof umgeben sind. Die Bebrütung erfolgte bei 36 °C für 2 Tage. Zur Kontrolle, ob es sich bei den gewachsenen Kolonien auch um Staphylokokken handelt, wurden mehrere Kolonien näher differenziert.

Zur selektiven Anreicherung und Isolierung von Streptokokken wurde Streptosel-Agar (Merck, Darmstadt) eingesetzt. Der Agar enthält Peptone, Glukose und Salze und liefert somit die von Streptokokken zum Wachstum benötigten Nährstoffe. Zur Hemmung gramnegativer Stäbchen ist Natriumazid und zur Unterdrückung von Staphylokokken ist Kristallviolett enthalten. Die Platten wurden für 2 Tage bei 36 °C bebrütet.

Für die Bestimmung der Zahl der Pilzsporen wurde Dichloran-Glyzerin-(DG 18)-Agar (Oxoid, Wesel) eingesetzt. Dieser wird in der TRBA 430 für die Schimmelpilzsporendiagnostik vorgeschrieben. Der Zusatz von Chloramphenicol hemmt das bakterielle Wachstum, insbesondere gramnegativer Bakterien. Glycerin hemmt die Wasseraktivität und Dichloran hemmt die Ausbreitung der mit Myzelien wachsenden Pilze und verhindert ein Überwachsen langsamer wachsender Kolonien. Die Kultivierungstemperatur beträgt 25 °C für den Nachweis mesophiler Pilze und 40 °C für den Nachweis thermophiler Pilze über einen Zeitraum von 5 Tagen.

Als Nährmedium für die Bestimmung der Zahl der Aktinomyzeten wurde Glycerin-Arginin-Medium eingesetzt (KUTZNER u. KEMPF, 1994, zit. nach MISSEL, 1999). Um störendes Wachstum von Pilzen und Hefen zu vermeiden, werden dem Medium die Antibiotika Cycloheximid und Nystatin zugesetzt.

Nystatin ist in hydratisierter Form relativ instabil und inaktiviert sich innerhalb weniger Tage nach dem Plattengießen. Deshalb wurde der auszuplattierenden Lösung zusätzlich Nystatin hinzugefügt. Dadurch wurde ein störendes Wachstum von Hefen bei 32 °C weitestgehend unterbunden. Die Platten werden mindestens für 10 bis 12 Tage bei einer Temperatur von 32 °C für die mesophilen Aktinomyzeten und bei 50 °C für die thermophilen Aktinomyzeten bebrütet. Um ein Austrocknen der Platten während der langen Bebrütungsdauer zu

vermeiden, wurde das Agarvolumen pro Platte erhöht und die Agarplatten wurden mit Kunststofftüten umhüllt.

### 3.3.3 Endotoxinanalytik

Die Endotoxinkonzentration wurde mit Hilfe des Limulus-Amoebocyten-Lysat-Tests (LAL) (Kinetic-QCL-Test, BioWhittaker, Maryland, USA) aus der Probenlösung direkt bestimmt. Der Kinetic-QCL ist eine Methode zum Nachweis und zur quantitativen Bestimmung von Endotoxinen vorrangig gramnegativer Bakterien. Die Probe wird mit dem LAL-Substrat-Reagenz versetzt und in den Kinetic-QCL-Reader eingebracht. Das Endotoxin katalysiert die Aktivierung eines Proenzym. Das aktivierte Enzym katalysiert wiederum die Spaltung des p-Nitroanilin (pNA) von dem farblosen Substrat. Der dabei entstehende gelbe Farbstoff wird in definierten Abständen gemessen. Die Zeit bis zur Entstehung einer bestimmten Menge dieses gelben Farbstoffes (Reaktionszeit) ist umgekehrt proportional zu der vorhandenen Endotoxinkonzentration. In Gegenwart großer Mengen von Endotoxin läuft die Reaktion sehr schnell ab, kleine Endotoxinmengen hingegen führen zu längeren Reaktionszeiten. Die Konzentration wird mittels einer Standardkurve berechnet. Die Befunde werden in EU/m<sup>3</sup> angegeben, eine Umrechnung in ng/m<sup>3</sup> ist durch Division mit dem Faktor 8 näherungsweise möglich.

War die nachgewiesene Endotoxinkonzentration in der hier verwendeten Verdünnungsstufe < 0,005 EU/ml, so wurde diese Konzentration bei der Mittelwertberechnung gleich „0“ gesetzt. Waren bei der Mittelwertberechnung (z.B. n=2) beide Werte < 0,005 EU/ml, so wurde bei der Darstellung der Mittelwerte und auch bei der Darstellung der Einzelwerte im Anhang „nicht nachweisbar“ (n.n.) geschrieben.

## 3.4 Begleitmessungen

### 3.4.1 Temperatur und relative Luftfeuchte

Die Bestimmung von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit an den Messpositionen erfolgte mit kontinuierlich arbeitenden Meßgeräten vom Typ Agent (Fa. Rotronic, Ettlingen).

Die Messdaten wurden in Intervallen von zwei Minuten aufgezeichnet und im Anschluß an die Messung in einen Rechner ausgelesen.

### **3.4.2 Windrichtung und Windgeschwindigkeit**

Windrichtung und Windgeschwindigkeit wurden während der Messungen kontinuierlich in Intervallen von 2 Minuten mit Hilfe einer mobilen Wetterstation (Fa. ELV, Leer) aufgezeichnet. Die Wetterstation hatte einen festen Standort und wurde in etwa 2,5 m Höhe montiert, wobei sich in der Umgebung der Wetterstation keine windbeeinflussenden Objekte befanden.

### **3.4.3 Bestimmung von Ammoniak und Kohlendioxid**

Zur Bestimmung der Ammoniak- und Kohlendioxidkonzentration im Stallgebäude wurden Gasprüfröhrchen mit dem Gasspürgerät (Dräger-Röhrchen®, Fa. Dräger, Lübeck) eingesetzt. Das Messprinzip beruht auf einer chemischen Reaktion des Indikatorstoffes im Gasprüfröhrchen mit dem zu messenden Gas, Ammoniak oder Kohlendioxid, in der Luft. Anhand einer Skalierung kann die Konzentration direkt nach der Messung auf dem Röhrchen abgelesen werden.

### **3.5 Ermittlung der Keimzahlen in den Luftproben**

Die erhaltenen Koloniezahlen werden, unter Einrechnung der Verdünnungsfaktoren, der jeweiligen Teilmengen und des Probenluftvolumens in Keimkonzentrationen umgerechnet. Das Ergebnis wird als **koloniebildende Einheit (KBE)** pro Kubikmeter Luft angegeben.

In der Regel werden nur Agarplatten ausgewertet, auf denen mindestens 5 Kolonien gewachsen sind (TRBA 430, 2001 und BIA 9430, 1997). Aufgrund von zum Teil niedrigeren Konzentrationen in der Aussenluft wurden zur Auswertung auch Agarplatten herangezogen, auf denen weniger als 5 Kolonien gewachsen sind.

War kein Koloniewachstum erkennbar, so wurde das Resultat mit „0“ bewertet und zur Mittelwertberechnung mit herangezogen.

Bei der Darstellung der einzelnen Ergebnisse im Anhang hingegen wurde die „0“ als „nicht nachweisbar“ angegeben.

### **3.6 Darstellung der Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Keimmessungen wurden pro Messtag gemittelt und als Mittelwert in KBE/m<sup>3</sup> Luft angegeben. Im Anhang finden sich die Einzelergebnisse der zwei bzw. drei Messdurchgänge, die pro Messtag an den Messpositionen A bis E parallel vorgenommen wurden.

### **3.7 Statistische Auswertung**

#### **3.7.1 Deskriptive Statistik**

Wegen der Heterogenität der Befunde und der relativ geringen Anzahl an Wiederholungen je Messart wurde die deskriptive Statistik benutzt. Die Befunde werden daher tabellarisch und graphisch dargestellt und interpretiert.

#### **3.7.2 Analytische statistische Auswertung**

Die gemittelten Messergebnisse der mesophilen Gesamtkeime, der mesophilen Pilze und der Endotoxine der Filtrationsmethode, die beim senkrechten Aufbau der Messpositionen zum Stall bei Anwesenheit der Hühner auf der Auslauffläche ermittelt wurden, wurde mit Hilfe einer 2faktoriellen Varianzanalyse für verbundene Stichproben und paarweisen Mittelwertsvergleichen mit dem t-Test für gepaarte Beobachtungen analysiert. Da für diese Vergleiche die Messwerte normalverteilt sein müssen, wurden die Analysen mit den dekadischen Logarithmen durchgeführt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen im Mai 2001

Im Mai 2001 wurden vier Messungen mit jeweils zwei Messdurchgängen vorgenommen. Die vier Messpositionen (A, B, C und D) waren mit immer gleichen Abständen (25 m, 50 m, 75 m und 100 m) senkrecht und mittig zum Stallgebäude aufgebaut (s. Abb. 1 im Anhang). Je nach Windrichtung am jeweiligen Messtag wurde die nördlich oder südlich des Stallgebäudes liegende Auslauffläche ausgewählt, um eine Beeinflussung der Messungen durch die Stallabluft möglichst zu vermeiden. Die fünfte Messposition E diente als Kontrollposition.

Die Tiere wurden ca. Anfang Februar 2001 eingestallt.

#### 4.1.1 Ergebnisse der Messungen am 08.05.2001

Der Aufbau der Messpositionen erfolgte an diesem Messtag auf der nördlich vom Stall gelegenen Auslauffläche, da der Wind während der Messungen vor allem aus Nord und Nordost (s. Tabelle 6) mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 3,4 m/s ( $s = \pm 0,72$ ) wehte. Im Zeitraum zwischen 13:24 und 14:58 Uhr wurden zwei Messdurchgänge mit jeweils 30minütiger Dauer durchgeführt. Während dieser Zeit herrschte eine mittlere Temperatur von 19 °C ( $s = \pm 1,11$ ) und eine mittlere relative Luftfeuchtigkeit von 44 % ( $s = \pm 2,65$ ). Es war sonnig, fast wolkenlos und der Boden war trocken. Während des ersten Messdurchganges führen auf dem naheliegenden Feldweg mehrfach Autos an dem Stall vorbei, was zu einer geringgradigen Staubentwicklung führte und somit Einfluss auf die Messergebnisse gehabt haben könnte, die an der Kontrollposition E gewonnen wurden. Die Ergebnisse der Messungen angegeben als Mittelwerte ( $n=2$ ) finden sich in Tabelle 7.

Tab.6: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 08.05.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	50	39	11	0	0	0	0	0

Tab. 7: Ergebnisse am 08.05.2001 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>, n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	138	420	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	40
A	0,70	1527	554	n.n.	138	n.n.	n.n.	24
B	1,30	n.n.	134	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
B	0,70	417	138	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	13
C	1,30	273	413	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	14
C	0,70	n.n.	275	n.n.	138	n.n.	n.n.	8
D	1,30	138	138	n.n.	138	n.n.	n.n.	12
D	0,70	138	n.n.	n.n.	279	n.n.	n.n.	7
E	1,30	678	413	n.n.	138	n.n.	n.n.	20
E	0,70	548	404	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	19 (n=1)

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

In der Messhöhe 1,30 m fanden sich mesophile Gesamtkeime in nur geringen Konzentrationen. An Position B wurden keine Keime gefunden. Der höchste Wert lag bei 273 KBE/m<sup>3</sup> an Position C. In der Messhöhe 0,70 m fanden sich ebenfalls nur geringe Keimkonzentrationen mit dem höchsten Wert von 1527 KBE/m<sup>3</sup> an Position A. Auch die Konzentrationen der mesophilen Pilze waren relativ gering und überschritten 554 KBE/m<sup>3</sup> (Position A) nicht. An vier Positionen einschließlich einer Kontrollmessung wurden Staphylokokken nachgewiesen. Thermotolerante Pilze, Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten waren nicht vorhanden. Auffällig ist, daß die Befunde an der Kontrollposition E mit einer Ausnahme (A, 0,70 m) über den stallnahen Befunden für mesophile Gesamtkeime lagen. Möglicherweise haben hier die Staubverwirbelungen durch die relativ nah vorbeifahrenden Autos eine Rolle gespielt. Größere Abweichungen von der Windrichtung wurden nicht festgestellt. Die Endotoxingehalte lagen zwischen 7 und 40 EU/m<sup>3</sup>. Dies lag, mit

Ausnahme Position A, 1,30 m, etwa in der Größenordnung wie sie auch von HARTUNG und SEEDORF (1999) angegeben werden.

#### 4.1.2 Ergebnisse der Messungen am 17.05.2001

Am 17.05.2001 wurden die Messpositionen wieder mit dem Abstand von 25 m, 50 m, 75 m und 100 m auf der südlich vom Stall gelegenen Auslaufläche aufgebaut. Die Hauptwindrichtung während der zwei hintereinander durchgeführten Messdurchgänge in der Zeit zwischen 14:40 und 15:55 Uhr war vorwiegend Südwest, West und Nordwest (s. Tabelle 8). Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 4,1 m/s ( $s = \pm 1,71$ ). Die Temperatur während der Messungen lag im Mittel bei 20 °C ( $s = \pm 1,75$ ) bei einer mittleren relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % ( $s = \pm 4,53$ ). Es war sonnig mit zunehmender Bewölkung, der Boden war feucht. Auf der südlichen Auslaufläche standen zwei Pferde in westlicher bis nordwestlicher Richtung mit einem Abstand von mehr als 10 m zu den Messpositionen. Ihr anfängliches Interesse ließ im Laufe der Messungen nach. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Tab. 8: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 17.05.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	0	5	10	30	40	15

Tab. 9: Ergebnisse am 17.05.2001 als Mittelwert in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>; n=2

Mess- position	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylo- kokken	Strepto- kokken	Mes. Aktinom.	Endo- toxine
A	1,30	509	4439	n.n.	n.n.	n.n.	413	25
A	0,70	1709	4085	n.n.	1137	n.n.	n.n.	4
B	1,30	n.n.	3609	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	14
B	0,70	3050	4167	413	413	n.n.	n.n.	47
C	1,30	138	2762	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	14
C	0,70	279	3733	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	27
D	1,30	n.n.	5904	n.n.	344	n.n.	n.n.	29
D	0,70	n.n.	6040	n.n.	344	n.n.	n.n.	10
E	1,30	696	3609	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	16
E	0,70	554	3054	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Die höchsten Keimzahlen wurden in der Gruppe der mesophilen Pilze gefunden, gefolgt von den mesophilen Gesamtkeimen und den Staphylokokken. In je einem Fall wurden thermotolerante Pilze (B, 0,70) und mesophile Aktinomyzeten (A, 1,30 m) nachgewiesen.

Die mesophilen Pilze der Messhöhe 1,30 m fielen von 4439 KBE/m<sup>3</sup> an Position A auf 2762 KBE/m<sup>3</sup> an Position C ab, um dann an Position D auf über das Doppelte anzusteigen. In der Messhöhe 0,70 m fand sich der höchste aerogene Pilzgehalt ebenfalls an Position D mit 6040 KBE/m<sup>3</sup>. An den Positionen B, C und D lagen alle Werte der Messhöhe 0,70 m über denen der Messhöhe 1,30 m. Lediglich an Position A, 0,70 m Messhöhe, lag der Gehalt an mesophilen Pilzen um etwa 10 % unter dem Befund an Messhöhe 1,30 m. Beim Vergleich mit der Kontrollposition E lagen - mit Ausnahme der Position C, Messhöhe 1,30 m - alle Werte der Positionen A bis D höher oder gleich.

Mesophile Gesamtkeime wurden in Messhöhe 1,30 m an den Feldmesspunkten nur an Position A (509 KBE/m<sup>3</sup>), und Position C (138 KBE/m<sup>3</sup>) angetroffen. Die Befunde lagen unter denen der Kontrollposition E (696 KBE/m<sup>3</sup>). In der Messhöhe 0,70 m ließen sich an

Position A 1.709 KBE/m<sup>3</sup> nachweisen, an Position B 3.050 KBE/m<sup>3</sup>. An Position D waren in beiden Messhöhen keine mesophilen Gesamtkeime nachweisbar. Am Kontrollpunkt E wurden mit 696 und 554 relativ hohe Keimkonzentrationen gefunden.

Die höchsten Endotoxinkonzentrationen wurden mit 47 EU/m<sup>3</sup> an Position B in Messhöhe 0,70 m festgestellt. Insgesamt ergab sich - auch unter Einschluss der Kontrollposition - für beide Messhöhen ein uneinheitliches Bild.

#### 4.1.3 Ergebnisse der Messungen am 22.05.2001

Der Aufbau der Messposition erfolgte an diesem Messtag auf der nördlich vom Stall gelegenen Auslauffläche. Der Wind wehte mit leichter Brise während der zwei hintereinander durchgeführten Messungen, die zwischen 14:00 und 15:50 Uhr vorgenommen wurden, hauptsächlich aus Ost und Südost (s. Tabelle 10) mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3,2 m/s ( $s = \pm 1,05$ ). Die Lufttemperatur betrug im Mittel 17 °C ( $s = \pm 1,60$ ) bei durchschnittlichen 46 % ( $s = \pm 4,95$ ) Luftfeuchtigkeit. Es war bewölkt mit einzelnen sonnigen Abschnitten, der Boden war trocken. Während des ersten Messdurchganges überflog ein Flugzeug die Auslauffläche und die Hühner liefen kurzzeitig ins Stallgebäude oder unter die Schutzhäuschen.

In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der zwei Messdurchgänge als Mittelwerte aufgeführt.

Tab. 10: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 22.05.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	4	65	23	8	0	0	0

Tab. 11: Ergebnisse am 22.05.2001 als Mittelwert in KBE/m<sup>3</sup> bzw. in EU/m<sup>3</sup>, n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	n.n.	1250	n.n.	n.n.	n.n.	152	7
A	0,70	n.n.	686	n.n.	n.n.	n.n.	152	3
B	1,30	279	279	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
B	0,70	273	689	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	7
C	1,30	417	554	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15
C	0,70	138	417	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	1,30	554	554	138	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	827	827	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	21
E	1,30	279	1113	n.n.	279	n.n.	n.n.	6
E	0,70	992	566	n.n.	141	n.n.	n.n.	3

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

An allen Messpositionen und Messhöhen wurden mesophile Pilze gefunden. Mesophile Gesamtkeime konnten lediglich an Position A nicht nachgewiesen werden. Der Nachweis thermotoleranter Pilze gelang einmal, der der mesophilen Aktinomyzeten zweimal. Die Verteilung der mesophilen Pilze und mesophilen Gesamtkeime war unregelmäßig und ohne erkennbaren Bezug zu Messpositionen und Messhöhen. Bei den mesophilen Gesamtkeimen wurde der höchste Wert an der Kontrollposition E, 0,70 m erreicht, eine Beeinflussung durch die Hühnern ließ sich hier nicht ausschließen. Streptokokken wurden nicht gefunden. Thermotolerante Pilze, Staphylokokken und mesophile Aktinomyzeten ließen sich mit der hier angewandten Messmethode nur sporadisch und in geringen Konzentrationen nachweisen.

Die Endotoxine blieben mit einem Maximalbefund von 21 EU/m<sup>3</sup> in einem Bereich, wie er auch in der normalen Außenluft zu erwarten ist.

#### 4.1.4 Ergebnisse der Messungen am 30.05.2001

Für den Aufbau der Messpositionen wurde wiederum die nördlich vom Stall gelegene Auslauffläche ausgewählt, da der Wind während des Aufbaus vor allem aus nord-westlicher Richtung (s. Tabelle 12) mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 2,7 m/s ( $s = \pm 1,04$ ) wehte. Die zwei Messdurchgänge wurden in der Zeit von 15:05 bis 16:36 Uhr für jeweils 30 Minuten hintereinander durchgeführt. Die mittlere Temperatur während der Messungen betrug 23 °C ( $s = \pm 1,60$ ) bei einer mittleren relativen Luftfeuchtigkeit von 33 % ( $s = \pm 3,94$ ). Es schien die Sonne mit einzelnen wolkgigen Abschnitten, der Boden war trocken. Während der Messungen fuhren mehrfach Traktoren auf dem Feldweg entlang, was zu einer zum Teil erheblichen Staubentwicklung führte. Die zwei Pferde befanden sich auf der südlich vom Stall gelegenen Auslauffläche.

In Tabelle 13 sind die Mittelwerte der zwei Messdurchgänge vom 30.05.2001 zusammengestellt.

Tab. 12: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 30.05.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	14	0	0	0	0	0	11	75

Tab. 13: Ergebnisse am 30.05.2001 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>; n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	2359	1250	n.n.	275	n.n.	614	20
A	0,70	5834	1113	n.n.	138	n.n.	307	39
B	1,30	554	975	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
B	0,70	2642	5275	n.n.	n.n.	138	n.n.	8
C	1,30	692	1530	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	14
C	0,70	269	925	n.n.	269	n.n.	n.n.	11
D	1,30	2363	1529	n.n.	n.n.	n.n.	152	16
D	0,70	8471	1250	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	31
E	1,30	138	692	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	21
E	0,70	971	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Mesophile Gesamtkeime und mesophile Pilze wurden an allen Positionen und Messhöhen nachgewiesen. Die deutlich meisten mesophilen Gesamtkeime wurden an Position D, Messhöhe 0,70 m (8471 KBE/m<sup>3</sup>) gefunden. Eine regelmäßige Abnahme der Gesamtkeime und der Pilze mit zunehmender Entfernung vom Stall war nicht erkennbar. Sporadische Nachweise an Staphylokokken, Streptokokken und mesophilen Aktinomyzeten gelangen an unterschiedlichen Positionen auf mäßigem Niveau.

Die Endotoxine überschritten nur an Position A (stallnah) und Position D 20 EU/m<sup>3</sup>.



Tab. 15: Ergebnisse am 13.06.2000 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup>, n=2

Mess- position	Hö- he (m)	Mes. Gk.	Eba.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylo- kokken	Strepto- kokken	Mes. Aktinom.	Thermot. Aktinom.
A	1,30	16612	n.n.	1319	n.n.	1584	391	1174	n.n.
A	0,70	30377	n.n.	2957	n.n.	1479	n.n.	1738	n.n.
B	1,30	14687	n.n.	2048	135	269	202	153	n.n.
B	0,70	19301	n.n.	1653	n.n.	135	n.n.	454	n.n.
C	1,30	1643	n.n.	2182	n.n.	678	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	556	n.n.	3889	n.n.	139	n.n.	n.n.	n.n.
D	1,30	1220	n.n.	1220	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	556	n.n.	1389	n.n.	n.n.	n.n.	153	n.n.
E	1,30	972	n.n.	1250	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	695	n.n.	1111	n.n.	487	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gk.: Mesophile Gesamtkeime Eba.: Enterobakterien

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Thermot. Aktinom.: Thermotolerante Aktinomyzeten

Mengenmäßig standen am 13.06.2000 im stallnahen Bereich die mesophilen Gesamtkeime im Vordergrund, eine Beeinflussung durch die Stallabluft ließ sich nicht immer ausschließen. Die mesophilen Pilze traten in Konzentrationen im Bereich 10<sup>3</sup> KBE/m<sup>3</sup> auf. Dies schloß auch die Kontrollmessungen mit ein. Bis zu einer Entfernung von 50 m vom Stall wurden regelmäßig Staphylokokken angetroffen. Aber auch bei einer der Kontrollmessungen (E, 0,70 m) wurden Staphylokokken gefunden. Mesophile Aktinomyzeten waren bis 20 m regelmäßig, bis 70 m sporadisch nachweisbar. Stallnah wurden auch zweimal Streptokokken gefunden. Auf die relativ aufwendige und kostspielige Analyse der Endotoxine wurde in diesen Messdurchgängen zugunsten der Messung von Enterobakterien, von denen die Endotoxine ganz wesentlich ausgehen, verzichtet. Enterobakterien konnten jedoch nicht nachgewiesen werden.

Ein Abfall der Keimkonzentrationen mit der Entfernung vom Stall wurde bei den mesophilen Gesamtkeimen und in geringem Umfang bei den Staphylokokken und mesophilen Aktinomyzeten beobachtet.

#### 4.2.2 Ergebnisse der Messungen am 27.06.2000

Die Auswahl der Messpositionen am 27.06.2000 erfolgte in ähnlicher Weise wie am 13.06.2000. Die Messanordnung auf der nördlich vom Stall gelegenen Auslaufläche an diesem Messtag zeigt Abbildung 2 im Anhang. Die 2 Messdurchgänge wurden zwischen 17:55 und 19:50 Uhr vorgenommen und dauerten zwischen 30 und 35 Minuten. Der Wind wehte während der Messungen mit schwacher Brise überwiegend aus Nordwest und Nord (s. Tabelle 16) und wies eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 5,2 m/s ( $s = \pm 1,27$ ) auf. Die mittlere Temperatur während der Messungen betrug 17 °C ( $s = \pm 1,10$ ) bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 39 % ( $s = \pm 3,85$ ). Es war sonnig mit wolkgigen Abschnitten und der Boden war trocken.

In Tabelle 17 sind die Messergebnisse vom 27.06.2000 zusammengestellt.

Tab. 16: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 27.06.2000

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	4	0	0	0	0	0	0	96

Tab. 17: Messergebnisse am 27.06.2000 als Mittelwert in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>, n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gk.	Eba.	Mes. Pilze	Therm. Pilze	Staph.	Strep.	Mes. Aktin.	Therm. Aktin.	ET
A	1,30	8542	n.n.	938	n.n.	1927	139	153	n.n.	34
A	0,70	18711	n.n.	2322	139	2302	n.n.	148	n.n.	35
B	1,30	13281 (n=1)	n.n.	2379	n.n.	278	n.n.	153	n.n.	28
B	0,70	16597	n.n.	2821	n.n.	1202	273	306	n.n.	54
C	1,30	5081	n.n.	3890	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	27
C	0,70	17484	n.n.	4595	n.n.	1073	139	132	n.n.	22
D	1,30	4182	n.n.	3249	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	33
D	0,70	1344	n.n.	7527	n.n.	n.n. (n=1)	n.n.	444	n.n.	9
E	1,30	1817	n.n.	1969	n.n.	139	n.n.	n.n.	n.n.	12
E	0,70	1250	n.n.	1945	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	14

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gk.: Mesophile Gesamtkeime Eba.: Enterobakterien

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Therm. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktin.: Mesophile Aktinomyzeten Therm. Aktin.: Thermotolerante Aktinomyzeten

ET : Endotoxine

Auch in diesen Messdurchgängen wurden an allen Messpositionen und Messhöhen mesophile Gesamtkeime und mesophile Pilze gefunden. Mesophile Aktinomyzeten, Staphylokokken, Streptokokken und thermotolerante Pilze wurden nur sporadisch gefunden. Enterobakterien wurden nicht gefunden, obwohl deutliche Konzentrationen an Endotoxinen nachgewiesen wurden. Bei den mesophilen Pilzen ergaben sich deutlichere Unterschiede nur zur Kontrollgruppe. Ansonsten stieg der Pilzgehalt mit der Entfernung vom Stall an, was auf weitere starke Quellen in dem Untersuchungsbereich hindeutete. Ursächlich könnte die bei den Betriebsgebäuden liegende Dungstätte in Betracht gezogen werden. Dies konnte jedoch nicht überprüft werden. Die Endotoxine lagen in einem Konzentrationsbereich von 9 EU/m<sup>3</sup> (Position D, 0,70 m Messhöhe) bis 54 EU/m<sup>3</sup> (Position B, 0,70 m Messhöhe).

### 4.2.3 Ergebnisse der Messungen am 11.06.2001

Die Messpositionen wurden nicht mehr an jedem Messtag neu festgelegt, um den bevorzugten Aufenthaltsorten der Hühner zu folgen. Es wurden fortan Messpositionen mit festen Abständen im Umfeld des Stalles eingerichtet, die sich je nach Windrichtung südlich oder nördlich des Stalles befanden, um eine Beeinflussung der Messung durch die Stallabluft möglichst zu vermeiden. Die Messpositionen mit festen Abständen sind in Abbildung 1 im Anhang eingezeichnet. Die Untersuchung auf Enterobakterien und thermotolerante Aktinomyzeten wurde eingestellt, da sie in den vorangegangenen Messungen mit der hier eingesetzten Untersuchungsmethodik nicht nachweisbar waren. Die Messungen am 11.06.2001 wurden zwischen 16:37 und 18:15 Uhr vorgenommen. Der Wind kam an diesem Tag vor allem aus nordwestlicher Richtung (Tabelle 18) mit einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 5,0 m/s ( $s = \pm 0,93$ ). Während der Messungen herrschte eine mittlere Temperatur von 17 °C ( $s = \pm 1,18$ ) und eine mittlere relative Luftfeuchtigkeit von 47 % ( $s = \pm 3,98$ ). Sonne und Wolken wechselten sich ab und der Boden war geringgradig feucht. Die Messposition B war etwa 1,5 m entfernt von einem Schutzhäuschen aufgebaut. Ab dem 11.06.2001 wurden zum Schutz der Grasnarbe kleinere Bezirke der Freilauffläche abgezäunt. Die Messpositionen lagen immer außerhalb dieser Bezirke. Die Befunde des Messtages sind in Tabelle 19 zusammengefasst.

Tab. 18: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 11.06.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	7	0	0	0	0	0	0	93

Tab. 19: Ergebnisse am 11.06.2001 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>; n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	3475	2225	138	3613	n.n.	n.n.	11
A	0,70	3969	825	n.n.	4021	n.n.	n.n.	15
B	1,30	5111	2383	n.n.	1923	n.n.	n.n.	20
B	0,70	3745	3011	138	7500	834	n.n.	29
C	1,30	696	2638	n.n.	n.n.	n.n.	152	17
C	0,70	2708	1488	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15
D	1,30	3427	4550	n.n.	138	n.n.	n.n.	17
D	0,70	969	3034	n.n.	138	n.n.	n.n.	11
E	1,30	833	3471	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	9
E	0,70	938	2941	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Die mesophilen Gesamtkeime nahmen in der Tendenz mit der Annäherung an den Stall zu. Bemerkenswert ist, dass an Position B, die in Nähe des Schutzhäuschens stand, zumindest in 1,30 m Messhöhe die höchsten mesophilen Gesamtkeimkonzentrationen gefunden wurden. Bei den mesophilen Pilzen ergab sich eher eine Zunahme mit Entfernung vom Stall, was auch durch die naheliegende Dungstätte beeinflusst werden sein könnte. Die Staphylokokken lagen in Stallnähe am höchsten, auch hier fand sich der höchste Befund an Position B (Nähe des Schutzhäuschens) und nahmen in größerer Entfernung (> 50 m) vom Stall stark ab. Thermotolerante Pilze, Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten traten nur sporadisch auf.

Die Endotoxine stiegen bis 50 m vom Stall an, um dann abzunehmen. An der Kontrollposition E, 0,70 m waren keine Endotoxine nachweisbar.

#### 4.2.4 Ergebnisse der Messungen am 14.06.2001

Die Messpositionen an diesem Messtag waren identisch mit denen am 11.06.2001 und befanden sich nördlich vom Stall (Abbildung 1 im Anhang), da der Wind an diesem Messtag überwiegend aus Nord und Nordwest (siehe Tabelle 20) mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 3,6 m/s ( $s = \pm 0,99$ ) wehte und die Messpositionen dementsprechend ausgerichtet waren, dass während der Messdurchgänge eine Beeinflussung der Messergebnisse durch die Stallabluft weitgehend vermieden wurde. Der Messzeitraum lag zwischen 14:20 und 15:50 Uhr, die zwei Messdurchgänge dauerten jeweils 30 Minuten während die mittlere Temperatur 22 °C ( $s = \pm 0,51$ ) und die mittlere relative Luftfeuchtigkeit 41 % ( $s = \pm 2,38$ ) betrug. Das Wetter war sonnig mit vereinzelt Wolken, der Boden war trocken. Auch an diesem Messtag war die Messposition B etwa 1,5 m entfernt von einem Schutzhäuschen aufgebaut.

In Tabelle 21 sind die Befunde des Messtages zusammengestellt.

Tab. 20: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 14.06.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	70	6	0	0	0	0	0	24

Tab. 21: Ergebnisse am 14.06.2001 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>; n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	1250	1804	n.n.	275	n.n.	n.n.	12
A	0,70	5000	2221	n.n.	275	n.n.	n.n.	12
B	1,30	2500	3609	138	833	n.n.	n.n.	31
B	0,70	6113	4167	n.n.	971	275	n.n.	35 (n=1)
C	1,30	558	2395	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8 (n=1)
C	0,70	554	3888	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	17
D	1,30	554	1388	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D	0,70	554	3892	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	13 (n=1)
E	1,30	1157	3765	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	14
E	0,70	141	1540	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Die mesophilen Gesamtkeime nahmen mit der Entfernung vom Stall deutlich ab. Auffällig waren auch hier die relativ hohen Keimbefunde an den stallnahen Messpositionen A und B in Messhöhe 0,70 m. Die Messposition B stand in der Nähe eines der Schutzhäuschen in dessen Umgebung sich viele Tiere aufhielten. Bei den mesophilen Pilzen war die Situation uneinheitlich. Eine Abhängigkeit vom Stall war ebenso wenig erkennbar wie bei den Staphylokokken. Die Endotoxine lagen an allen Messpositionen, bis auf Messposition B (Nähe zum Schutzhäuschen), uneinheitlich auf niedrigem Niveau.

An Messposition B (Schutzhäuschen mit Tieren) wurden die numerisch höchsten Befunde an mesophilen Gesamtkeimen, mesophilen Pilzen, Staphylokokken und Endotoxinen gefunden. Nur dort ließen sich auch thermotolerante Pilze und Streptokokken nachweisen.

#### 4.2.5 Ergebnisse der Messungen am 20.06.2001

Die Abstände der Messpositionen zueinander und zum Stall blieben unverändert (siehe Abbildung 1 Anhang). Sie wurden entgegen der Hauptwindrichtung auf der südlichen Seite des Stalles eingerichtet. Der Wind drehte an diesem Tag stark, wie die Windrichtungstabelle 22 zeigt. Der Wind wehte mit einer leichten Brise, die mittlere Windgeschwindigkeit lag bei 2,6 m/s ( $s = \pm 1,07$ ). Die zwei Messdurchgänge wurden zwischen 13:35 und 15:08 Uhr durchgeführt und dauerten jeweils 30 Minuten, die mittlere Temperatur betrug 23 °C ( $s = \pm 1,44$ ) bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 39 % ( $s = \pm 4,63$ ) bei sonnigem und trockenem Wetter. Die zwei Pferde befanden sich ebenfalls auf der südlichen Auslauffläche in westlicher Richtung mit über 30 Metern Abstand zu den Messpositionen.

In Tabelle 23 sind die Befunde als Mittelwerte zusammengestellt.

Tab. 22: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 20.06.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	4	0	0	4	18	33	30	11

Tab. 23: Ergebnisse am 20.06.2001 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>; n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	554	2083	n.n.	279	n.n.	n.n.	7 (n=1)
A	0,70	1108	4446	n.n.	417	n.n.	n.n.	n.n.
B	1,30	552	1647	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
B	0,70	1636	5053	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12
C	1,30	417	6109	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
C	0,70	413	8356	n.n.	138	n.n.	n.n.	14
D	1,30	n.n.	10000	n.n.	279	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	1250	12917	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
E	1,30	541	4153	n.n.	679	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	272	5202	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	32 (n=1)

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Die Befunde an mesophilen Gesamtkeimen sind am 20.06.2001 vergleichsweise niedrig. Sie lagen in der Messhöhe 1,30 m stets unter 600 KBE/m<sup>3</sup>. Auch in der Messhöhe 0,70 m blieben die Keimkonzentrationen in einem Bereich wie er für Außenluftwerte ländlicher Gebiete üblich ist. Demgegenüber wurden teilweise beachtliche Pilzkonzentrationen (Position D) erreicht, welche möglicherweise aus dem sich an die südliche Auslaufläche anschließenden Wald stammen könnten. An der vermeintlichen Kontrollposition lagen die Werte zum Teil noch über denen der Messpositionen. Staphylokokken waren nur sporadisch in geringen Konzentrationen nachweisbar und galten als Zufallsbefunde, mesophile Aktinomyzeten, Streptokokken und thermotolerante Pilze ließen sich gar nicht nachweisen. Die Endotoxine lagen in einem Konzentrationsbereich von 4 EU/m<sup>3</sup> (Position B, 1,30 m Höhe) bis 32 EU/m<sup>3</sup> (Position E, 0,70 m Höhe) und traten unregelmäßig auf.

#### 4.2.6 Ergebnisse der Messungen am 26.06.2001

Der Aufbau der einzelnen Messpositionen erfolgte, wie in Abbildung 1 (Anhang) gezeigt, in nordöstlicher Richtung vom Stall. Die Messungen erfolgten in der Zeit von 14:15 bis 15:46 Uhr. Die Hauptwindrichtung drehte zwischen Ost und Süd (s. Tabelle 24). Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 3,1 m/s ( $s = \pm 0,56$ ). Während der Messungen herrschte eine mittlere Temperatur von 26 °C ( $s = \pm 0,78$ ) und eine relative Luftfeuchtigkeit von 36 % ( $s = \pm 2,36$ ) bei sonnigem Wetter mit leichter Bewölkung. Der Boden war trocken. Während beider Messdurchgänge flog ein Hubschrauber über die Auslaufläche, was die Hühner dazu bewog, in den Stall oder unter die Schutzhäuschen zu laufen. Die Messposition B stand in etwa 1,5 m Entfernung eines Schutzhäuschens.

Die Zusammenstellung der Befunde erfolgt in Tabelle 25.

Tab. 24: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 26.06.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	14	76	10	0	0	0

Tab. 25: Ergebnisse am 26.06.2001 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup> Luft; n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	1279	5852	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	18
A	0,70	558	5555	n.n.	138	n.n.	n.n.	n.n.
B	1,30	3471	13054	n.n.	3054	138	152	29
B	0,70	5555	19584	n.n.	554	n.n.	n.n.	50
C	1,30	n.n.	4863	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	n.n.	15834	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	24
D	1,30	417	8333	n.n.	n.n.	n.n.	152	4
D	0,70	696	6946	138	n.n.	n.n.	n.n.	45
E	1,30	n.n.	3892	n.n.	138	n.n.	n.n.	32
E	0,70	551	6700	n.n.	n.n.	n.n.	148	9

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Die mesophilen Gesamtkeime nahmen mit Entfernung vom Stall deutlich ab. Auffällig waren die hohen Keimbefunde an Position B, die auch hier in der Nähe eines Schutzhäuschens mit vielen Tieren stand. Bei den mesophilen Pilzen wurden beachtliche Pilzkonzentrationen erreicht, die höchste Konzentration trat an Position B, 0,70 m auf. Bei den Endotoxinen war es ähnlich. Thermotolerante Pilze, Staphylokokken, Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten waren nur sporadisch nachweisbar. Die Staphylokokken wiesen an Messposition B, in Nähe des Schutzhäuschens, die höchsten Konzentrationen auf.

#### 4.2.7 Ergebnisse der direkten Methode am 13.06.2000 und 27.06.2000

Am 13.06.2000 und 27.06.2000 wurden die Proben mit der „direkten Methode“ aufgearbeitet und auf mesophile Gesamtkeime untersucht und mit den Befunden der „indirekten Methode“ verglichen. Dafür wurden jeweils an Position A in 1,30 m und 0,70 m Messhöhe eine bzw. zwei Messungen durchgeführt und an der Kontrollposition E in einer Messhöhe von 0,70 m. Die Ergebnisse sind in Tabelle 26 dargestellt.

Tab. 26: Ergebnisse der direkten Methode in KBE/m<sup>3</sup>

	Position A 1,30 m	Position A 0,70 m	Position E 0,70 m
13.06.2000	6720	18500	250
	/	4100	/
27.06.2000	10800	12700	300

Die Ergebnisse lagen in einer ähnlichen Größenordnung wie die Ergebnisse, die als Mittelwerte dargestellt sind, die mit der „indirekten Filtrationstechnik“ gewonnen wurden.

### 4.3 Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen im Juli und August 2000 gemessen mit dem Impingement

#### 4.3.1 Beschreibung der Bedingungen für die Messungen mit dem Impinger

Die ergänzenden Messungen mit dem AGI 30 – Impinger erfolgten zu Beginn der Messreihe im Juni 2000 nach den Messungen mit der Filtrationsmethode, um auch hier eine Einschätzung der Befunde der Filtrationsmethode vergleichsweise mit einer anderen Messmethode zu erhalten. Das Impingement gilt in der Luftmessung als die Methode mit der meist größten Keimausbeute, zumindest bei der allgemeinen „Gesamtkeimzahl“. Bei den Messungen mit dem AGI 30 – Impinger konnten aus technischen Gründen allerdings nur zwei Pumpen zeitparallel eingesetzt werden. Pro Messdurchgang konnte daher neben der Kontrollposition nur eine Messposition auf der Auslauffläche beprobt werden. Messungen in



Tab. 28: Ergebnisse am 19.07.2000 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup>

Mess- position	Höhe (m)	n	Mes. Gk.	Eba.	Mes. Pilze	Therm. Pilze	Staphylo- kokken	Strepto- kokken	Mes. Aktin.	Therm. Aktin.
A	1,30	1	5785	n.n.	1880	n.n.	1157	n.n.	n.n.	n.n.
A	0,70	2	6906	n.n.	2645	n.n.	6482	73	66	n.n.
B	1,30	1	280	n.n.	1120	n.n.	420	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,70	2	352	n.n.	1431	n.n.	633	n.n.	n.n.	n.n.
C	1,30	2	284	n.n.	1203	71	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	4	394	n.n.	1967	n.n.	36	69	33	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gk.: Mesophile Gesamtkeime Eba.: Enterobakterien

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Therm. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktin.: Mesophile Aktinomyzeten

Therm. Aktin.: Thermotolerante Aktinomyzeten

An der Messposition A wurden für die mesophilen Gesamtkeime, die mesophilen Pilze und Staphylokokken die weitaus höchsten Befunde erhoben, eine Beeinflussung durch die Stallabluft ließ sich nicht ausschließen. Auch Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten wurden in Messhöhe 0,70 m in geringer Menge gefunden. Nur 40 m weiter (Messposition B, 60 m) lagen die Keimgehalte an mesophilen Gesamtkeimen um eine 10er Potenz niedriger. Ähnlich niedrige Konzentrationen wurden an der Kontrollposition erreicht. In der Tendenz ähnlich aber weniger stark abgestuft waren die Befunde bei den mesophilen Pilzen. Dagegen waren die Staphylokokken nach starkem Abfall mit der Entfernung am Kontrollpunkt kaum nachweisbar. Enterobakterien und thermotolerante Aktinomyzeten wurden nicht gefunden.

Von den Einzelbefunden kann vermutet werden, dass offenbar der Überflug des Flugzeuges während der ersten Messung an Position A und C in 0,70 m Messhöhe niedrige Keimkonzentrationen bewirkte (Flucht der Tiere).

#### 4.3.3 Ergebnisse der Messungen am 16.08.2000

Die sechs Messdurchgänge mit je 2 Messungen an jeweils einer der Messpositionen A und B und der Kontrollposition C wurden zwischen 16:35 und 19:52 Uhr durchgeführt und dauerten

ebenfalls jeweils 30 Minuten. Es sollte der Luftkeimgehalt auf der Auslauffläche ohne Einfluss der Stallemission geprüft werden. Der Aufbau der Messpositionen erfolgte auf der südlich vom Stall gelegenen Auslauffläche (s. Abbildung 3 im Anhang), da der Wind relativ stabil aus Richtung West (s. Tabelle 29) mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3,7 m/s ( $s = \pm 1,21$ ) wehte. Während der Messungen herrschte eine mittlere Temperatur von 25 °C ( $s = \pm 1,12$ ) bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 45 % ( $s = \pm 4,38$ ). Der Himmel war bedeckt mit sonnigen Abschnitten. Die Befunde der Messungen sind in Tabelle 30 zusammengestellt.

Tab. 29: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 16.08.2000

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	0	0	0	19	81	0

Tab. 30: Ergebnisse am 16.08.2000 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup>

Mess-Position	Höhe (m)	n	Mes. Gk.	Eba.	Mes. Pilze	Therm. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktin.	Therm. Aktin.
A	1,30	1	868	n.n.	4338	145	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A	0,70	2	2836	n.n.	6640	n.n.	n.n.	n.n.	131	n.n.
B	1,30	1	290	n.n.	2748	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,70	2	4194	n.n.	5423	n.n.	434	n.n.	n.n.	n.n.
C	1,30	2	217	n.n.	5206	n.n.	73	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	4	541	n.n.	4219	n.n.	72	69	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gk.: Mesophile Gesamtkeime Eba: Enterobakterien

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Therm. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktin.: Mesophile Aktinomyzeten Therm. Aktin.: Thermotolerante Aktinomyzeten

Bei den Gesamtkeimen an den Messpositionen A und B gab es eine klare Abstufung im Keimgehalt zwischen den Messhöhen. An Messposition C war die Abstufung nur angedeutet. Die bodennahen Bereiche wiesen deutlich höhere Keimgehalte auf als die Messhöhe 1,30 m. Möglicherweise spielte die Windgeschwindigkeit von 3,7 m/s im Mittel durch bodennahe Aufwirbelungen eine Rolle. Auch bei den mesophilen Pilzen gab es an Messposition A und B

eine Höhenabstufung. Insgesamt stellten die Pilze wieder die zahlenmäßig größte Keimfraktion. Die unregelmäßig verteilten übrigen Nachweise dürften eher Zufallsbefunde sein. An der als Kontrolle gedachten Messposition C wurden bei den mesophilen Gesamtkeimen die niedrigsten Befunde erzielt, nicht aber bei den Pilzen. Staphylokokken traten nur an Messposition B und C auf.

#### 4.3.4 Ergebnisse der Messungen am 23.08.2000

Auch am 23.08.2000 wurden ebenfalls insgesamt sechs Messdurchgänge mit je zwei Parallelmessungen an drei Messpositionen in der Zeit zwischen 15:35 und 18:47 Uhr durchgeführt. Es sollte der Luftkeimgehalt über der Auslauffläche ohne Einfluss des Stallgebäudes untersucht werden. Der Wind wehte mit einer leichten Brise überwiegend aus Nord und Nordost (s. Tabelle 31) bei einer mittleren Geschwindigkeit von 1,9 m/s ( $s = \pm 0,77$ ), auch Phasen der Windstille traten auf. Daher wurden die Messpositionen auf der nördlich vom Stall gelegenen Auslauffläche positioniert (s. Abbildung 3 im Anhang), um eine Beeinflussung der Messung durch die Stallabluft möglichst auszuschließen. Während der Messungen war es sonnig und trocken mit vereinzelt wolkigen Abschnitten. Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden aufgrund eines Messgerädefektes nicht kontinuierlich aufgezeichnet. Die mehrmals an einem Thermometer abgelesene Temperatur lag bei etwa 21 °C. Die Befunde der Messungen sind in Tabelle 32 zusammengestellt.

Tab. 31: Anteile der Windrichtungen (%) bzw. der Windstille während der Messungen am 23.08.2000

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	67	24	3	0	0	0	0	0
Anteil der Windstille (%)	6							

Tab. 32: Ergebnisse am 23.08.2000 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup>

Mess-Position	Höhe (m)	n	Mes. Gk.	Eba.	Mes. Pilze	Therm. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktin.	Therm. Aktin.
A	1,30	1	140	n.n.	1680	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A	0,70	2	406 (n=1)	n.n.	1445	n.n.	139	68	n.n.	n.n.
B	1,30	1	283	n.n.	849	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,70	2	213	n.n.	637	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	1,30	2	637	n.n.	1505	n.n.	n.n.	74	n.n.	n.n.
C	0,70	4	307	n.n.	620	n.n.	102	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gk.: Mesophile Gesamtkeime Eba.: Enterobakterien

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Therm. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktin.: Mesophile Aktinomyzeten Therm. Aktin.: Thermotolerante Aktinomyzeten

Die Keimgehalte waren insgesamt deutlich niedriger als bei den Messungen am 16.08.2000. An allen Messpositionen wurden mesophile Gesamtkeime in Größenordnungen gesehen, wie sie für Luftkeimgehalte im ländlichen Raum üblich sind. Eine Höhenabstufung war nicht erkennbar. Ähnliches galt für die mesophilen Pilze, obwohl diese um eine halbe bis eine Zehnerpotenz höher lagen als die Gesamtkeime. Sporadische Nachweise von Staphylokokken und Streptokokken ergänzten das Bild. Offenbar trug die relativ niedrige Windgeschwindigkeit von 1,9 m/s zu den geringen Keimzahlen mit nur schwacher bodennaher Verwirbelung bei. Nicht nachweisbar waren Enterobakterien, thermotolerante Pilze sowie mesophile und thermotolerante Aktinomyzeten.

#### 4.4 Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen am 10.09.2000

Die Messpositionen wurden stets im bevorzugten Aufenthaltsbereich der Hühner aufgestellt. Es wurde die südlich des Stallgebäudes liegende Auslauffläche beprobt, um eine Beeinflussung der Messungen durch die Stallabluft möglichst zu vermeiden, da der Wind an diesem Messtag überwiegend aus westlichen Richtungen (s. Tabelle 33), mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 2,7 m/s ( $s = \pm 0,62$ ) wehte (s. Abbildung 4 im Anhang). Die Messungen fanden zwischen 14:35 und 16:11 Uhr statt und dauerten jeweils 30 Minuten. Die mittlere Temperatur lag während der Messungen bei 24 °C ( $s = \pm 1,55$ ) bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 55 % ( $s = \pm 5,71$ ), es war wolkig mit sonnigen Abschnitten. In Tabelle 34 sind die Befunde als Mittelwerte dargestellt.

Tab. 33: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 10.09.2000

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	3	0	0	15	70	15

Tab. 34: Ergebnisse am 10.09.2000 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>; n=2

Mess- position	Höhe (m)	Mes. Gk.	Eba.	Mes. Pilze	Therm. Pilze	Staph.	Strep.	Mes. Aktin.	Therm. Aktin.	ET
A	1,30	4862	n.n.	1806	n.n.	5417	n.n.	n.n.	n.n.	6 (n=1)
A	0,70	10139	n.n.	2917	n.n.	22638	n.n.	138	n.n.	7 (n=1)
B	1,30	2849	n.n.	3512	n.n.	9547	n.n.	310	n.n.	56
B	0,70	8737	n.n.	4668	n.n.	21767	n.n.	307	n.n.	63
C	1,30	963	n.n.	3221	n.n.	407	n.n.	148	n.n.	12
C	0,70	1675	n.n.	4056	n.n.	683	n.n.	138	n.n.	5 (n=1)
D	1,30	1421	n.n.	4077	n.n.	841	n.n.	n.n.	n.n.	15
D	0,70	973	n.n.	5000	n.n.	279	138	138	n.n.	39 (n=1)
E	1,30	285 (n=1)	n.n.	1699	n.n.	138	n.n.	n.n.	n.n.	9
E	0,70	4722 (n=1)	n.n.	2083	n.n.	417	n.n.	n.n.	n.n.	6

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gk.: Mesophile Gesamtkeime Eba.: Enterobakterien

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Therm. Pilze: Thermotolerante Pilze Staph: Staphylokokken

Strep.: Streptokokken Mes. Aktin.: Mesophile Aktinomyzeten

Therm. Aktin.: Thermophile Aktinomyzeten ET: Endotoxine

In der Messhöhe 1,30 m lagen die mesophilen Gesamtkeime an Position A mit 4862 KBE/m<sup>3</sup> am höchsten, um dann auf 963 KBE/m<sup>3</sup> an Position C (niedrigster Wert) abzufallen. Die Befunde lagen über den Werten an der Kontrollposition. In Messhöhe 0,70 m wurden 10139 KBE/m<sup>3</sup> an Position A beobachtet, an Position D nur noch 973 KBE/m<sup>3</sup>. Der Kontrollwert wies starke Unterschiede in den beiden Messhöhen auf. Bodennah waren durchschnittlich deutlich höhere Befunde als in Messhöhe 1,30 m. Die mesophilen Pilze lagen an allen Positionen über den Befunden der Kontrollposition E. Staphylokokken wurden regelmäßig gefunden, besonders an den bodennahen Positionen A und B (0,70 m). In geringem Umfang wurden auch mesophile Aktinomyzeten und Streptokokken gefunden. Enterobakterien, thermotolerante Pilze und Aktinomyzeten ließen sich nicht nachweisen. Die Endotoxine lagen

in einem Konzentrationsbereich von 5 EU/m<sup>3</sup> (Position C, 0,70 m) bis 63 EU/m<sup>3</sup> (Position B, 0,70 m).

#### **4.5 Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen am 26.10.2000**

In der Zeit vom 10.09.2000 bis 26.10.2000 wurden keine Messungen auf der Auslauffläche vorgenommen, da in dieser Zeit eine Schafherde für mehrere Tag auf der Auslauffläche graste.

Bei den Messungen am 26.10.2000 erfolgte der Aufbau der Messpositionen auf der südlich des Stalles gelegenen Auslauffläche (s. Abbildung 4 im Anhang), da der Wind überwiegend aus Westen (s. Tabelle 35), mit einer mittleren Geschwindigkeit von 6,8 m/s ( $s = \pm 1,35$ ) wehte und so der Einfluss der Stallabluft gering gehalten werden konnte. Es wurden drei Messdurchgänge in der Zeit von 13:47 bis 16:40 Uhr vorgenommen, die jeweilige Messzeit belief sich auf 30 Minuten. Während der Messungen herrschte eine mittlere Temperatur von 11 °C ( $s = \pm 1,21$ ) und eine relative Luftfeuchtigkeit von 71 % ( $s = \pm 9,73$ ), der Himmel war wolkenverhangen und der Boden feucht. Während des zweiten Messdurchganges liefen die Hühner aufgrund eines überfliegenden Flugzeuges in den Stall oder unter die Schutzhäuschen.

Die Befunde der Messungen sind in Tabelle 36 als Mittelwerte dargestellt.

Tab. 35: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 26.10.2000

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	0	0	0	16	84	0

Der Wind wehte stabil aus westlicher Richtung aber mit mäßiger Brise.

Tab. 36: Ergebnisse am 26.10.2000 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>

Messposition	Höhe (m)	n	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	3	1572	1758	92	833	n.n.	n.n.	36
A	0,70	3	786	836	183	553	n.n.	n.n.	5
B	1,30	2	1525	279	n.n.	834	n.n.	n.n.	8
B	0,70	2	275 (n=1)	1529	n.n.	279	n.n.	n.n.	7
C	1,30	2	1250	975	n.n.	1250	n.n.	n.n.	10
C	0,70	3	833	1108	n.n.	464	n.n.	n.n.	4
D	1,30	3	732	916	n.n.	186	n.n.	n.n.	11
D	0,70	3	1853	925	n.n.	186	n.n.	n.n.	4
E	1,30	3	1391	1572	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	33
E	0,70	3	3984	1203	n.n.	464	n.n.	n.n.	30

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Die mesophilen Gesamtkeime lagen an allen Messpositionen, mit Ausnahme der Kontrollposition, auf einem ähnlichen Niveau. In Messhöhe 1,30 m wurde der höchste Wert an Position A mit 1572 KBE/m<sup>3</sup>, in Messhöhe 0,70 m an Position D mit 1853 KBE/m<sup>3</sup> erreicht. Auffällig war, dass die bodennah gewonnenen Befunde (A, B, C jeweils 0,70 m) deutlich unter denen in Messhöhe 1,30 m lagen. An der Position D und an der Kontrollposition drehte sich dieses Verhältnis um. Möglicherweise nahm hier die höhere Windgeschwindigkeit Einfluss. Der Einfluss des überfliegenden Flugzeuges ließ sich nur aus den Einzeldaten erkennen. Deutlich wurde auch, dass ein erheblicher Keimeintrag in die Auslaufläche von außerhalb erfolgen musste, da an der Kontrollposition die höchsten Befunde erzielt wurden.

Bei den mesophilen Pilzen fand sich ebenfalls ein uneinheitliches Bild. Die insgesamt höchsten Pilzkonzentrationen wurden an der Kontrollposition E erreicht. Die Staphylokokken ließen sich an allen Positionen in einem Bereich von 10<sup>2</sup> KBE/m<sup>3</sup> mit einem Höchstwert an

Position C mit 1250 KBE/m<sup>3</sup> in 1,30 m Höhe nachweisen. Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten ließen sich nicht nachweisen, thermotolerante Pilze nur an Position A in geringer Konzentration. Die Endotoxinkonzentrationen verteilten sich uneinheitlich zwischen 4 EU/m<sup>3</sup> (C, D, 070 m) und 36 EU/m<sup>3</sup> (A, 1,30 m).

#### **4.6 Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche bei Anwesenheit der Legehennen am 04.11.2000**

Es wurden in der Zeit von 13:20 bis 15:50 Uhr drei Messdurchgänge vorgenommen, die jeweils dreißig Minuten dauerten, in dieser Zeit waren es durchschnittlich 13 °C ( $s = \pm 192$ ) bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 53 % ( $s = \pm 8,12$ ), es war wolkig mit sonnigen Abschnitten. Der Boden war feucht und wies Pfützen auf. Während der drei Messdurchgänge kam der Wind hauptsächlich aus westlichen Richtungen (s. Tabelle 37) mit leichter Brise, die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 3,3 m/s ( $s = \pm 1,51$ ). Die Messpositionen wurden südlich vom Stall (s. Abbildung 4 im Anhang) auf der Auslauffläche aufgebaut, um den Einfluss der Stallabluft und des Stallgebäudes gering zu halten

Die gewonnenen Befunde sind als Mittelwerte in Tabelle 38 zusammengestellt.

Tab. 37: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 04.11.2000

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	0	0	0	2	87	11

Tab. 38: Ergebnisse vom 04.11.2000 als Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>; n=3

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	417 (n=2)	278	n.n.	647	n.n.	n.n.	23
A	0,70	278	464	n.n.	464	n.n.	n.n.	8
B	1,30	825	273	n.n.	89	n.n.	n.n.	21
B	0,70	551	89	n.n.	452	n.n.	n.n.	17
C	1,30	833	278	n.n.	183	n.n.	n.n.	38
C	0,70	3114	424	n.n.	909	n.n.	n.n.	31
D	1,30	278	n.n.	n.n.	92	n.n.	n.n.	35
D	0,70	n.n.	278	n.n.	92	n.n.	n.n.	2
E	1,30	186	278	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12
E	0,70	542	454	n.n.	275	n.n.	n.n.	3

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Die Konzentrationen der mesophilen Gesamtkeime lagen an allen Messpositionen in beiden Messhöhen bei etwa  $10^2$  KBE/m<sup>3</sup>. Position C in Höhe 0,70 m bildete mit  $3,1 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> eine Ausnahme. Bei den mesophilen Pilzen sah es ähnlich aus. Es fanden sich an allen Positionen nur Konzentrationen unter  $5 \times 10^2$  KBE/m<sup>3</sup>. Die Staphylokokken lagen in einer ähnlichen Größenordnung von  $10^2$  KBE/m<sup>3</sup>. Thermotolerante Pilze, Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten ließen sich nicht nachweisen. Die niedrigste Endotoxinkonzentration fand sich an Position D in einer Messhöhe von 0,70 m (2 EU/m<sup>3</sup>), die höchste an Position C in einer Messhöhe von 1,30 m (38 EU/m<sup>3</sup>).

#### 4.7 Ergebnisse der statistischen Auswertung

Mittels der in Material und Methode genannten Verfahren wurden u.a. die Differenzen zwischen den Lokalisationen A bis E getestet. Bei den mesophilen Gesamtkeimen unterschieden sich die Positionen B und C, bzw. D 0,70 m Höhe signifikant mit  $p = 0,0235$  bzw.  $0,0279$ . Position B und die Kontrollposition E 0,70 m Höhe unterschieden sich signifikant mit  $p = 0,0507$ . Die Unterschiede bei den mesophilen Gesamtkeimen an den übrigen Messpositionen waren nicht signifikant. Die Konzentrationen der mesophilen Pilze an allen Messpositionen unterschieden sich nicht signifikant. Bei den Endotoxinen unterschieden sich die Positionen A und B und die Positionen B und C in einer Höhe von 0,70 m signifikant mit  $p = 0,0315$  bzw.  $p = 0,0240$ . Die übrigen Messpositionen beider Messhöhen unterschieden sich nicht signifikant.

Zum anderen wurden die Differenzen zwischen den Messhöhen 1,30 m und 0,70 m getestet. Bei den mesophilen Gesamtkeimen war der Unterschied der Messhöhen an Position A signifikant mit  $p = 0,0532$ . An den übrigen Messpositionen war der Unterschied der zwei Messhöhen nicht signifikant. Bei den mesophilen Pilzen bestand ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den unterschiedlichen Messhöhen. Die Endotoxine wiesen an den Messpositionen A und B einen signifikanten Unterschied ( $p = 0,0304$  bzw.  $p = 0,0101$ ) zwischen den beiden Messhöhen auf.

#### 4.8 Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche ohne Legehennen im Januar 2001

Im Januar 2001 war die Legeperiode beendet und die Tiere wurden ausgestellt. Die Zeit zwischen Abtransport der alten Herde und Anlieferung der neuen Tiere wurde für Messungen auf der Auslauffläche genutzt, um die Keimbelastung über der Auslauffläche ohne Tiere im Stall und Auslauf zu untersuchen. Es wurden am 21.01.2001 und am 25.01.2001 entsprechende Messungen durchgeführt. An beiden Messtagen wurden die Messpositionen auf der südlich des Stalles gelegenen Auslauffläche in Abständen von 25 m (Position A) bis 100 m (Position D) senkrecht zur Mitte des Stallgebäudes positioniert (s. Abbildung 6 im Anhang).

In Tabelle 33 finden sich die Ergebnisse vom 21.01.2001 als Mittelwerte aus zwei Messdurchgängen in der Zeit von 14:05 bis 15:27 Uhr. Es war fast windstill, das Schalenkreuz bewegte sich kaum, so dass keine Windrichtung angegeben werden konnte, es war bewölkt. Der Boden war von einer geschlossenen Schneedecke von ca. 3 bis 4 cm bedeckt, die Durchschnittstemperatur beträgt 2 °C ( $s = \pm 0,95$ ) bei einer mittleren relativen Luftfeuchtigkeit von 80 % ( $s = \pm 6,24$ ).

Am 25.01.2001 wurden die zwei Messdurchgänge zwischen 12:00 und 13:25 Uhr durchgeführt, die Mittelwerte sind in Tabelle 34 zusammengestellt. Der Wind wehte aus südwestlicher bis nordwestlicher Richtung mit einer mittleren Geschwindigkeit von 2,1 m/s ( $s = \pm 1,27$ ), es war sonnig bis wolkig. Der Boden war feucht-matschig mit vereinzelt Pfützen, es waren 11 °C ( $s = \pm 1,86$ ) Durchschnittstemperatur bei einer mittleren relativen Luftfeuchtigkeit von 62 % ( $s = \pm 9,52$ ).

**Tab. 33:** Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslaufläche ohne Legehennen am unbelegten Stall am 21.01.2001, n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	279	138	n.n.	n.n. (n=1)	138	n.n.	9
A	0,70	138	138	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
B	1,30	417	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	3
B	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	19
C	1,30	138	138	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	3
C	0,70	138	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
D	1,30	417	279	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2
D	0,70	n.n.	134	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	3

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Es wurden in beiden Messhöhen nur geringe Mengen an mesophilen Gesamtkeimen und mesophilen Pilzen gefunden. An mehreren Messpositionen konnten keine Keime nachgewiesen werden. Die höchste Gesamtkeimzahl betrug 417 KBE/m<sup>3</sup>, die höchste Pilzzahl 279 KBE/m<sup>3</sup>. Einmal gelang ein Streptokokkennachweis. Die übrigen Keimnachweise blieben negativ. Endotoxine wurden regelmäßig in geringen Konzentrationen gefunden.

**Tab. 34:** Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslaufläche ohne Legehennen am unbelegten Stall am 25.01.2001, n=2

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamt.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	833	279	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
A	0,70	275	279	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	3
B	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
B	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2
C	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	138	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D	1,30	141	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	3
D	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar    Mes. Gesamt.: Mesophile Gesamtkeime    Mes. Pilze: Mesophile Pilze    Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze    Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Der Nachweis an mesophilen Gesamtkeimen und Pilzen gelang nur sporadisch. Der höchste mesophile Gesamtkeimbefund betrug 833 KBE/m<sup>3</sup>. Andere Keime wurden nicht gefunden.

Die Endotoxine traten unregelmäßig und in geringen Konzentrationen bis 6 EU/m<sup>3</sup> auf.

#### **4.9 Luftkeimkonzentrationen über der Auslaufläche ohne Legehennen und mit Legehennen im Vergleich im Juli 2001**

Im Juli 2001 wurden an drei Messtagen (03.07., 06.07. und 10.07.2001) insgesamt sechs Messdurchgänge vorgenommen. Der erste Messdurchgang des jeweiligen Messtages erfolgte, als sich die Tiere im Stall und im Wintergarten aufhielten, der zweite Messdurchgang erfolgte

nachdem die Tiere Zugang zur Auslaufläche erhielten. Die vier Messpositionen A bis D wurden jeweils in Windrichtung im Anschluß an das Stallgebäude aufgebaut (s. Abbildung 8 im Anhang). Diese Messanordnung wurde ausgewählt, um zu untersuchen, wie weit mögliche Keimemissionen in den Auslauf hinaus getragen werden. Eine Probenahme in größerer Entfernung als 60 m (Position D) war nicht möglich, da die topographischen Gegebenheiten dies nicht zuließen.

Am 03.07.2001 wurden die Messpositionen auf der nördlich vom Stall gelegenen Auslaufläche positioniert, da der Wind aus Ost und zeitweise aus Südost wehte (s. Tabelle 35) mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3,4 m/s ( $s = \pm 0,88$ ). Es herrschten mittlere 23 °C ( $s = \pm 1,08$ ) bei einer durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit von 50 % ( $s = \pm 3,54$ ), der Boden war trocken und es war überwiegend sonnig. Die gewonnenen Befunde sind in Tabelle 36 zusammengestellt.

Am 06.07.2001 erfolgte der Aufbau der Messpositionen in gleicher Weise auf der nördlich vom Stall gelegenen Auslaufläche, da der Wind mit leichter Brise bei einer mittleren Geschwindigkeit von 2,6 m/s ( $s = \pm 0,83$ ) hauptsächlich aus Ost, zeitweise aus Südost wehte. Die Windrichtung wurde durch genaue Beobachtung der Windfahne ermittelt, da sie aufgrund eines Defektes der Wetterstation nicht aufgezeichnet wurde. Die Temperatur betrug mittlere 27 °C ( $s = \pm 0,85$ ) bei durchschnittlichen 43 % ( $s = \pm 7,59$ ) Luftfeuchtigkeit. Der Boden war trocken, es herrschte sonniges Wetter mit leichter Bewölkung. Die vier Pferde standen auf der nördlichen Auslaufläche östlich der Messpositionen. In Tabelle 37 sind die Befunde dargestellt.

Da der Wind am 10.07.2001 vor allem aus Süd, kurzzeitig auch aus Süd/West, mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3,7 m/s ( $s = \pm 1,1$ ) wehte, erfolgte der Aufbau der Messpositionen auf der südlichen Auslaufläche. Es herrschten etwa 25 °C, die während der Versuchszeit mehrmals an einem Thermometer abgelesen wurden. Es liegen aufgrund eines Messgerätedefektes keine detaillierten Aufzeichnungen für die Windrichtung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit vor. Es war überwiegend bewölkt mit sonnigen Abschnitten, der Boden war geringgradig feucht. Eine Aufstellung der Befunde erfolgt in Tabelle 38.

Tab. 35: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 03.07.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	60	40	0	0	0	0

Tab. 36: Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslauffläche ohne Hühner (A bis E) und mit Hühnern (A1 bis E1) am 03.07.2001

Mess- position	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylo- kokken	Strepto- kokken	Mes. Aktinom.	Endo- toxine
A	1,30	268	12740	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A	0,70	833	12500	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
B	1,30	558	9442	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	42
B	0,70	775	20411	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	27
C	1,30	1108	6392	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	47
C	0,70	275	8058	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	1,30	n.n.	7225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
D	0,70	n.n.	11667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	n.n.	5275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	n.n.	15447	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	4167	14442	n.n.	558	n.n.	n.n.	7
A1	0,70	3058	8608	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.
B1	1,30	1392	8333	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	58
B1	0,70	n.n.	7500	n.n.	1942	n.n.	n.n.	n.n.
C1	1,30	8892	8892	n.n.	275	8333	303	30
C1	0,70	275	7775	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	28
D1	1,30	n.n.	11942	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.
D1	0,70	275	11942	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	1,30	n.n.	3892	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	7
E1	0,70	n.n.	9725	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten n.a.: nicht auswertbar

Bei den mesophilen Gesamtkeimen ließen sich mit Hühnern auf der Auslauffläche an den Messpositionen A bis D größtenteils höhere Konzentrationen als ohne Hühner auf der Auslauffläche erheben. Bei den mesophilen Pilzen, die insgesamt in einer Größenordnung

von 6392 KBE/m<sup>3</sup> bis 20411 KBE/m<sup>3</sup> lagen, ist das nicht der Fall. Staphylokokken ließen sich mit Hühnern auf der Auslauffläche in geringen Konzentrationen erheben. Thermotolerante Pilze fanden sich nicht, Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten nur sporadisch. Die Endotoxine wiesen kaum Unterschiede an den Messpositionen auf. Lediglich an den stallnahen Messpositionen fanden sich in beiden Messdurchgängen etwas höhere Konzentrationen bis 58 EU/m<sup>3</sup> (Position B, 1,30 m, mit Hühnern).

Tab. 37: Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslaufläche ohne Hühner (A bis E) und mit Hühnern (A1 bis E1) am 06.07.2001

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	3058	21667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	14
A	0,70	3252	24122	n.n.	n.n.	n.n.	295	12
B	1,30	545	12463	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,70	268	12463	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
C	1,30	833	15000	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	19
C	0,70	1108	16108	n.n.	1108	n.n.	n.n.	n.a.
D	1,30	3058	11667	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.a.
D	0,70	3608	29167	n.n.	13608	n.n.	n.n.	n.a.
E	1,30	268	14902	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
E	0,70	n.n.	18608	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	26
A1	1,30	1942	9167	n.n.	3058	n.n.	n.n.	11
A1	0,70	1667	6108	n.n.	558	n.n.	n.n.	8
B1	1,30	275	7775	n.n.	833	n.n.	n.n.	7
B1	0,70	558	5558	n.n.	833	n.n.	n.n.	9
C1	1,30	1392	6667	n.n.	558	n.n.	n.n.	27
C1	0,70	558	4725	n.n.	1108	n.n.	n.n.	5
D1	1,30	2225	6392	n.n.	2225	n.n.	303	n.a.
D1	0,70	1392	6392	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.
E1	1,30	558	31942	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	23
E1	0,70	275	36392	n.n.	558	n.n.	n.n.	49

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten n.a.: nicht auswertbar

Sowohl bei den mesophilen Gesamtkeimen als auch bei den mesophilen Pilzen ließen sich höhere Keimkonzentrationen ohne Hühner als mit Hühnern auf der Auslaufläche erheben. Ob eine Beeinflussung durch die Pferde vorlag konnte nicht geklärt werden. Es fanden sich

hohe Pilzkonzentrationen bis 29167 KBE/m<sup>3</sup> (Position D, 0,70 m, ohne Hühner). Staphylokokken ließen sich mit Hühnern auf der Auslauffläche u.a. an den Positionen A und B erheben, ohne Hühner hingegen nicht. Mesophile Aktinomyzeten ließen sich kaum, thermotolerante Pilze und Streptokokken nicht nachweisen. Bei den Endotoxinen war kein Unterschied zwischen den Messdurchgängen zu sehen.

Tab. 38: Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslaufläche ohne Hühner (A bis E) und mit Hühnern (A1 bis E1) am 10.07.2001

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	275	17225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
A	0,70	n.n.	16108	n.n.	n.n.	n.n.	295	n.n.
B	1,30	275	18058	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,70	n.n.	21942	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	1,30	558	22225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	1108	18608	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11
D	1,30	2500	21108	1108	n.n.	n.n.	n.n.	58
D	0,70	3608	18608	n.n.	3608	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	n.n.	15558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	n.n.	24167	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	558	25558	n.n.	n.n.	n.n.	303	7
A1	0,70	275	21392	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B1	1,30	275	33608	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.
B1	0,70	n.n.	20833	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.
C1	1,30	558	36667	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.
C1	0,70	1392	23058	n.n.	1108	n.n.	n.n.	n.n.
D1	1,30	n.n.	27225	n.n.	2225	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	275	17225	n.n.	n.n.	n.n.	303	5
E1	1,30	n.n.	26667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	0,70	275	23608	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Auch an diesem Messtag ließen sich keine höheren mesophilen Gesamtkeimkonzentrationen mit Hühnern nachweisen, die Befunde lagen größtenteils unter 10<sup>3</sup> KBE/m<sup>2</sup>. Mesophile Pilze hingegen waren mit Hühnern auf der Auslaufläche in höheren Konzentrationen bis 36667

KBE/m<sup>3</sup> (Position C, 1,30 m) zu finden. Auch Staphylokokken waren während des Besatzes mit Hühnern nachweisbar, allerdings in geringen Konzentrationen. Thermotolerante Pilze, mesophile Aktinomyzeten und Endotoxine ließen sich nur sporadisch als Zufallsbefunde darstellen.

#### **4.10 Luftkeimkonzentrationen über der Auslauffläche ohne Legehennen und mit Legehennen im Vergleich (November und Dezember 2000)**

Am 27.11., 05.12. und 14.12.2000 wurden vergleichende Untersuchungen ohne Tiere und mit Tieren auf der Auslauffläche durchgeführt. Es wurden auch hier pro Messtag hintereinander zwei Messdurchgänge vorgenommen. Bei dem ersten Messdurchgang hatten die Hühner keinen Zugang zur Auslauffläche, beim zweiten Messdurchgang hatten sie Zugang. Zudem wurde bei allen Messungen die Stallabluft mit erfasst. Die Messpositionen wurden parallel in Lee des Stallgebäudes auf der nördlichen Auslauffläche aufgebaut. Die Positionen A und B lagen stallnah, C und D 50 m bzw. 100 m vom Stall entfernt (s. Abbildung 5 im Anhang).

Am 27.11.2000 wehte der Wind mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 3 m/s ( $s = \pm 0,97$ ) aus West und Südwest (s. Tabelle 39). Es war wolkenverhangen mit sonnigen Abschnitten bei mittleren 9 °C ( $s = \pm 0,77$ ) und einer durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit von 77% ( $s = \pm 5,52$ ). Der Boden war feucht, z.T. matschig und wies Pfützen auf. Die Befunde sind in Tabelle 41 zusammengestellt.

Am 5.12.2000 blies der Wind mit leichter Brise bei einer mittleren Geschwindigkeit von 2,2 m/s ( $s = \pm 1,34$ ) vor allem aus Süd und Südwest, auch Phasen der Windstille traten auf (s. Tabelle 40). Es herrschten mittlere 12 °C ( $s = \pm 0,38$ ) bei einer durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit von 69 % ( $s = \pm 1,79$ ) bei überwiegend sonnigem Wetter. Der Boden war feucht-matschig mit Pfützen. Eine Darstellung der Befunde erfolgt in Tabelle 42.

Am 14.12.2000 wehte der Wind nach eigenen Beobachtungen, die mit der Wetterstation aufgezeichneten Daten konnten nicht ausgelesen werden, aus westlicher Richtung mit einer geschätzten Windgeschwindigkeit von 4 Beaufort (5,5 bis 7,9 m/s). Es war wolkenverhangen mit einzelnen sonnigen Abschnitten, die Temperatur betrug im Mittel 8 °C ( $s = \pm 0,44$ ) bei einer durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit von 72 % ( $s = \pm 2,45$ ). Der Boden war feucht, z.T. matschig mit Pfützen. Die Befunde sind tabellarisch (s. Tabelle 43) aufgeführt.

Tab. 39: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 27.11.2000

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	0	0	0	9	91	0

Tab. 40: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 05.12.2000

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	0	4	37	37	0	0
Anteil der Windstille (%)	22							

Tab. 41: Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslaufläche ohne Hühner (A bis E) und mit Hühnern (A1 bis E1) am 27.11.2000

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	13058	n.n.	n.n.	11108	n.n.	n.n.	17
A	0,70	10833	n.n.	n.n.	12225	n.n.	303	13
B	1,30	3608	275	n.n.	1942	n.n.	n.n.	29
B	0,70	8730	262	n.n.	5042	n.n.	n.n.	15
C	1,30	4725	275	n.n.	5833	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	5558	n.n.	n.n.	5275	n.n.	n.n.	4
D	1,30	813	545	n.n.	545	n.n.	n.n.	25
D	0,70	262	532	n.n.	262	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	1232	620	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	28
A1	1,30	6942	n.n.	275	3333	n.n.	n.n.	8
A1	0,70	15558	833	n.n.	11392	n.n.	n.n.	22
B1	1,30	3333	275	n.n.	3058	n.n.	n.n.	22
B1	0,70	1392	n.n.	n.n.	558	n.n.	n.n.	5
C1	1,30	3608	n.n.	n.n.	5558	n.n.	n.n.	58
C1	0,70	1392	n.n.	n.n.	2500	n.n.	n.n.	17
D1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
E1	1,30	n.n.	268	268	n.n.	n.n.	n.n.	7
E1	0,70	n.n.	n.n.	268	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyceten n.a.: nicht auswertbar

Mit Hühnern auf der Auslaufläche ließen sich keine höheren Keimbefunde als ohne Hühner auf der Auslaufläche finden. Bemerkenswert waren jedoch die hohen mesophilen

Gesamtkeim- und Staphylokokkenkonzentrationen an den stallnahen Messpositionen A, B und C. Sie lagen alle in Konzentrationbereichen von  $10^3$  bis  $10^4$  KBE/m<sup>3</sup>. Mesophile Pilze ließen sich hingegen nur in geringen Konzentrationen nachweisen. Der Nachweis von thermotoleranten Pilzen und mesophilen Aktinomyzeten erfolgte nur als Zufallsbefund, während sich Streptokokken nicht darstellen ließen. Bei den Endotoxinen waren Konzentrationen bis 58 EU/m<sup>3</sup> zu verzeichnen, wobei sich nicht unbedingt ein Unterschied zwischen den Befunden im Auslauf ohne Hühner und im Auslauf mit Hühnern erkennen ließ.

**Tab. 42:** Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslaufläche ohne Hühner (A bis E) und mit Hühnern (A1 bis E1) am 05.12.2000

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	16108	275	n.n.	20000	n.n.	n.n.	7
A	0,70	5275	558	n.n.	13058	n.n.	303	7
B	1,30	3333	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.	6
B	0,70	6611	n.n.	n.n.	1056	n.n.	n.n.	5
C	1,30	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
C	0,70	3608	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	1,30	3333	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
D	0,70	275	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	9
E	1,30	545	n.n.	n.n.	1358	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	2707	268	n.n.	1626	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	12225	275	n.n.	34442	n.n.	n.n.	13
A1	0,70	1108	n.n.	n.n.	833	n.n.	n.n.	15
B1	1,30	6942	275	275	3608	n.n.	n.n.	18
B1	0,70	4230	1325	n.n.	4500	262	n.n.	27
C1	1,30	275	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
C1	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11
D1	1,30	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
D1	0,70	275	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.	11
E1	1,30	3058	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.
E1	0,70	2225	n.n.	n.n.	2225	n.n.	n.n.	5

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten n.a.: nicht auswertbar

Hier verhielten sich die Luftkeimkonzentrationen ähnlich wie am 27.11.2000. Mesophile Gesamtkeime und Staphylokokken waren vor allem an den stallnahen Messpositionen in

höheren Konzentrationen nachweisbar, während sich bei den Staphylokokken mit Hühnern auf der Auslauffläche zum Teil höhere Konzentrationen darstellen ließen. Dies war ebenso bei den Endotoxinen. Thermotolerante Pilze, Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten waren selten und nur in geringen Mengen zu finden.

**Tab. 43:** Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslaufläche ohne Hühner (A bis E) und mit Hühnern (A1 bis E1) am 14.12.2000

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	38608	833	n.n.	20000	n.n.	n.n.	27
A	0,70	28608	n.n.	n.n.	30000	275	n.n.	10
B	1,30	22500	275	n.n.	19167	n.n.	n.n.	12
B	0,70	3892	n.n.	n.n.	2500	n.n.	n.n.	5
C	1,30	13892	275	n.n.	8058	n.n.	n.n.	7
C	0,70	18058	558	n.n.	13892	n.n.	n.n.	13
D	1,30	2083	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	558	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	9
E	0,70	558	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	7
A1	1,30	8333	275	n.n.	8333	n.n.	n.n.	n.n.
A1	0,70	4762	n.n.	n.n.	2913	n.n.	n.n.	10
B1	1,30	11392	1108	n.n.	7225	n.n.	n.n.	5
B1	0,70	6108	n.n.	n.n.	6108	n.n.	n.n.	4
C1	1,30	2225	275	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.
C1	0,70	1108	n.n.	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.
D1	1,30	532	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	2775	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.	5
E1	1,30	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	0,70	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten

Auch hier fanden sich, wie schon an den beiden Messtagen zuvor, vor allem an den stallnahen Messpositionen A, B und C mesophile Gesamtkeime und Staphylokokken in Konzentrationen

von  $10^3$  bis  $10^4$  KBE/m<sup>3</sup>. Ohne Hühner auf der Auslaufläche ließen sich sogar mengenmäßig mehr Keime finden. Bei den Endotoxinen war es ähnlich. Mesophile Pilze waren nicht immer oder nur in niedrigen Konzentrationen bis 1108 KBE/m<sup>3</sup> (Position B1 und D1, 1,30 m) nachweisbar. Einmal gelang der Nachweis von Streptokokken, thermotolerante Pilze und mesophile Aktinomyzeten wurden nicht gefunden.

#### **4.11 Luftkeimkonzentrationen über der Auslaufläche ohne Stalleinfluß und mit Stalleinfluß im Vergleich im Februar 2001**

Nach der Einnistung neuer Tiere blieben sie zur Eingewöhnung zunächst im Stall ohne Zugang zur Auslaufläche. Während dieser Zeit im Februar wurden an insgesamt drei Messtagen Untersuchungen vorgenommen, um den Keimgehalt der Außenluft vergleichend ohne den Einfluss der Stallabluft und mit Einfluss der Stallabluft zu erfassen. Somit wurden pro Messtag zwei Messdurchgänge vorgenommen. Dafür wurden die Messpositionen A bis E sowohl auf der südlichen als auch auf der nördlichen Auslaufläche senkrecht und mittig zum Stallgebäude aufgebaut. Position A war 25 m, Position B 50 m, Position C 75 m und Position D 100 m vom Stall entfernt (s. Abbildung 7 im Anhang). Die Messdurchgänge auf der jeweiligen Stallseite wurden hintereinander vorgenommen und fanden an allen drei Messtagen zwischen 11:30 und 15:18 Uhr statt.

Am 08.02.2001 wehte der Wind mit einer mittleren Geschwindigkeit von 7,0 m/s ( $s = \pm 2,2$ ) aus nordwestlicher und westlicher Richtung (s. Tabelle 44), es war sonnig mit wolkgigen Abschnitten bei durchschnittlichen 14 °C ( $s = \pm 0,42$ ) und einer durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit von 42 % ( $s = \pm 2,41$ ). Der Boden wies Pfützen auf und war feucht-matschig. Die erhobenen Befunde sind in Tabelle 47 zusammengestellt.

Am 13.02.2001 blies der Wind überwiegend aus Norden (s. Tabelle 45) mit mittlerer Geschwindigkeit von 4,0 m/s ( $s = \pm 1,5$ ). Es herrschten mittlere Temperaturen von 8 °C ( $s = \pm 1,18$ ) bei einer mittleren Luftfeuchtigkeit von 69 % ( $s = \pm 4,55$ ), es war wolkenverhangen, der Boden feucht und matschig mit Pfützen. In Tabelle 48 sind die Befunde ersichtlich.

Am 27.02.2001 wehte der Wind mit einer mittleren Geschwindigkeit von 4,1 m/s ( $s = \pm 1,5$ ) aus Südost und Süd (s. Tabelle 46), wobei es sonnig und wolkenlos bei 5 °C ( $s = \pm 0,74$ ) und einer mittleren Luftfeuchtigkeit von 50 % ( $s = \pm 4,33$ ) war. Auch an diesem Messtag war der Boden feucht, z.T. matschig und mit Pfützen bedeckt. Während des zweiten Messdurchganges (nördliche Auslaufsseite) waren vereinzelt Hühner im Wintergarten. Eine Aufstellung der Befunde erfolgt in Tabelle 49.

Tab.44: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 08.02.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	0	0	0	0	19	81

Tab. 45: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 13.02.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	97	3	0	0	0	0	0	0

Tab. 46: Anteile der Windrichtungen (%) während der Messungen am 27.02.2001

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Anteil der Windrichtung (%)	0	0	3	65	32	0	0	0

Tab. 47: Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslauffläche ohne Erfassung der Stallabluft (A bis E) und mit Erfassung der Stallabluft (A1 bis E1) am 08.02.2001

Mess- position	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylo- kokken	Strepto- kokken	Mes. Aktinom.	Endo- toxine
A	1,30	813	268	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A	0,70	1220	268	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
B	1,30	558	558	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,70	n.n.	1667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
C	1,30	268	268	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	7
C	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	1,30	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	n.n.	1667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
E	0,70	2775	1108	n.n.	1392	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
A1	0,70	1108	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.
B1	1,30	275	1392	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	22
B1	0,70	n.n.	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1	1,30	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1	0,70	573	855	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
D1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	275	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	1,30	n.n.	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
E1	0,70	n.n.	262	n.n.	262	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten n.a.: nicht auswertbar

Mesophile Gesamtkeime und Pilze ließen sich, wenn überhaupt, nur in geringen Konzentrationen meist unter  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup> finden. Es gab kaum bemerkenswerte Unterschiede zwischen den zwei verschiedenen Messdurchgängen. Thermotolerante Pilze fielen nur als Zufallsbefunde auf. Staphylokokken fanden sich lediglich an der Kontrollposition in geringen Konzentrationen. Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten waren nicht vorhanden. Endotoxine waren an den meisten Positionen, bis auf Position B1, 130 m, in geringen Mengen oder nicht vorhanden, auch hier war kein Unterschied zwischen den Messdurchgängen zu sehen.

**Tab. 48:** Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslaufläche ohne Erfassung der Stallabluft (A bis E) und mit Erfassung der Stallabluft (A1 bis E1) am 13.02.2001

Mess- position	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylo- kokken	Strepto- kokken	Mes. Aktinom.	Endo- toxine
A	1,30	558	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A	0,70	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	1,30	n.n.	1667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
B	0,70	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	1,30	833	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	1991	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12
D	1,30	n.n.	275	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	558	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	258	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	n.n.	540	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	558	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1	0,70	1392	558	n.n.	n.n.	n.n.	303	n.n.
B1	1,30	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.
B1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1	1,30	1392	4167	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1	0,70	558	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	29
D1	1,30	275	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten n.a.: nicht auswertbar

Die Befunde an Luftkeimen und Endotoxinen sind vergleichbar mit denen am 08.02.2001.

Tab. 49: Luftkeime (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxine (EU/m<sup>3</sup>) über der Auslauffläche ohne Erfassung der Stallabluft (A bis E) und mit Erfassung der Stallabluft (A1 bis E1) am 27.02.2001

Messposition	Höhe (m)	Mes. Gesamtk.	Mes. Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mes. Aktinom.	Endotoxine
A	1,30	273	273	n.n.	554	n.n.	n.n.	15
A	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
B	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,70	266	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
C	1,30	266	266	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12
C	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
D	1,30	266	266	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12
D	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.
E	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11
E	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15
A1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15
A1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	20
B1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
B1	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	31
C1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	7
C1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	7
D1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	275	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	13
E1	1,30	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	7
E1	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	21

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gesamtk.: Mesophile Gesamtkeime

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Thermot. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktinom.: Mesophile Aktinomyzeten n.a.: nicht auswertbar

Die Luftkeim- und Endotoxinkonzentrationen bewegten sich auf einem ähnlichen Niveau wie bei den Messungen am 08.02. und 13.02.2001.

## 4.12 Ergebnisse der Messungen im Stallgebäude

An insgesamt sieben Messtagen im März und im April 2001 wurden Keimmessungen und Staubmessungen im Stallgebäude durchgeführt. Für diesen Zweck wurden zwei Messpositionen auf einem der Mittelgänge im vorderen Stallbereich und im mittleren Stallbereich zwischen den Tiere aufgebaut. Keim- und Staubmessungen wurden aus praktischen Erwägungen in einer Höhe von 0,90 m durchgeführt. Die Festlegung der Meßhöhe erfolgte wesentlich unter dem Gesichtspunkt, daß die Tiere die Meßinstrumente nicht erreichen sollten. Sowohl die Befunde der Keimmessung (s. Tabelle 50) als auch die Befunde der Staubmessung (s. Tabelle 51) wiesen eine überwiegend hohe Streubreite auf, welche zum einen mit der Aktivität der Legehennen zusammenhängen könnte, zum anderen waren die Abluftventilatoren während der Probenahmen nicht synchron geschaltet, was eine unterschiedliche Lüftungsintensität und Luftverteilung an den zwei Messpositionen verursacht haben könnte. Dies zeigte sich auch an den unterschiedlichen Temperaturen und relativen Luftfechtigkeiten. Zusätzlich wurden die Konzentrationen von Ammoniak und Kohlendioxid an den zwei Messpositionen bestimmt (s. Tabelle 52), wobei die Befunde von Meßtag zu Meßtag erheblich schwankten. Der höchste Ammoniakwert lag bei 13 ppm, die höchste Kohlendioxidkonzentration erreichte 2100 ppm. Grenz- und Richtwerte wurden nicht erreicht.

### 4.12.1 Ergebnisse der Keimmessungen

Da an insgesamt sieben Messtagen an zwei Messpositionen je eine Keimmessung mit einer Dauer von 30 Minuten durchgeführt wurde, resultieren daraus insgesamt 14 Keimmessungen. Während der Messungen verblieben die Tiere an drei Messtagen im Stall (06.03., 12.03. und 27.03.2001), an vier Messtagen hatten sie Zugang zum Wintergarten oder zur Auslauffläche, was aber, wenn man die Ergebnisse der einzelnen Messtage betrachtet, keinen Einfluss zu haben schien. Während der Keimmessungen herrschten mittlere Temperaturen von 14 °C bis 19 °C und mittlere relative Luftfechtigkeiten von 53 % bis 74 %. Aufgrund der Streuung sind die Ergebnisse in Tabelle 50 als Median mit Minimal- und Maximalwerten genannt.

**Tab. 50:** Aerogener Keim- (KBE/m<sup>3</sup>) und Endotoxingehalt (EU/m<sup>3</sup>) im Stallgebäude angegeben als Median, sowie als Minimal- (min) und Maximalwert (max), n=14

	Mes. Gk.	Eba.	Mes. Pilze	Therm. Pilze	Staph.	Strep.	Mes. Aktin.	Therm. Aktin.	ET
min	196 133	n.n.	n.n.	n.n.	162 549	6 392	n.n.	n.n.	2 605
Median	2 878 750	2 624	685	280	2 224 886	25 448	894	n.n.	14 272
max	7 126 486	5 146	5 193	280	11 252 122	48 780	1 219	n.n.	206 507

n.n.: nicht nachweisbar Mes. Gk.: Mesophile Gesamtkeime Eba.: Enterobakterien

Mes. Pilze: Mesophile Pilze Therm. Pilze: Thermotolerante Pilze

Mes. Aktin.: Mesophile Aktinomyceten Therm. Aktin.: Thermotolerante Aktinomyceten

ET : Endotoxine

Bei den Untersuchungen ließen sich Gesamtkeimzahlen in einer Größenordnung von  $1,9 \times 10^5$  bis  $7,1 \times 10^6$  KBE/m<sup>3</sup> nachweisen. Die Staphylokokken bewegten sich in einer Größenordnung von  $1,6 \times 10^5$  bis  $11,3 \times 10^6$ , die Streptokokken in einer Größenordnung von  $6,3 \times 10^3$  bis  $4,8 \times 10^4$  KBE/m<sup>3</sup>. Mesophile Pilze ließen sich gar nicht nachweisen oder erreichten Werte in einem Bereich bis  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup>. Die thermotoleranten Pilze waren nicht oder nur in geringen Konzentrationen nachweisbar. Mesophile Aktinomyceten wurden in einem Konzentrationsbereich bis  $1,2 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> nachgewiesen, thermotolerante Aktinomyceten wurden nicht gefunden. Bei den Endotoxinen wurden Konzentrationen von  $2,6 \times 10^3$  bis  $2 \times 10^5$  EU/m<sup>3</sup> gefunden.

#### 4.12.2 Ergebnisse der Staubmessungen

An den sieben Messtagen wurden insgesamt 10 Staubmessungen vorgenommen, welche zwischen 357 bis 367 Minuten dauerten. Während der Staubmessungen erhielten die Tiere an zwei Messtagen Zugang zu den Wintergärten (06.03. und 12.03.2001), an einem Messtag wurde den Hühnern schon bei Beginn der Messungen Zugang zu den Wintergärten gewährt (19.03.2001) und an den übrigen Messtagen hatten die Tiere ebenfalls schon Wintergartenzugang bei Beginn der Messungen und erhielten dann während der Messungen Zugang zur Auslauffläche (06.04., 19.04. und 26.04.2001). Am 27.03.2001 hingegen

verblieben die Tiere den ganzen Tag im Stall, während der Staubmessungen wurden Arbeiten (Einstreuarbeiten) im Stall durchgeführt. Die Temperaturen während der Staubmessungen lagen im Mittel zwischen 15 und 20 °C bei mittleren relativen Luftfeuchten von 53 bis 63 %. In Tabelle 58 finden sich die Ergebnisse der Staubmessungen der einzelnen Messtage.

Tab. 51: Ergebnisse der Staubmessungen (mg/m<sup>3</sup>)

Datum	Position 1	Position 2
06.03.2001	12,39	/
12.03.2001	/	8,1
19.03.2001	37,25	/
27.03.2001	/	13,25
06.04.2001	31,55	28,36
19.04.2001	19,92	11,03
26.04.2001	13,96	7,96

/: nicht auswertbar

Der höchste Befund mit 37,25 mg/m<sup>3</sup> wurde bei der Staubmessung am 19.03.2001 erzielt, der niedrigste am 26.04.2001 an Position 2 mit 7,96 mg/m<sup>3</sup>, was eine hohe Schwankungsbreite der Befunde aufzeigte. Damit wurde der allgemeine Staubgrenzwert für Arbeitsplätze stets deutlich übertroffen. Diese Beobachtung deckt sich mit früheren Berichten (z.B. HARTUNG, 2001), dass Volierenhaltungen einen besonders hohen Luftstaubgehalt aufweisen.

#### **4.12.3 Ergebnisse der Messungen von Ammoniak und Kohlendioxid**

Die Befunde sind in Tabelle 52 zusammengefaßt.

Tab. 52: Ergebnisse der Ammoniak- und Kohlendioxidmessungen

Datum	Position 1		Position 2	
	Ammoniak (ppm)	Kohlendioxid (ppm)	Ammoniak (ppm)	Kohlendioxid (ppm)
06.03.2001	13	1700	10	1600
12.03.2001	6	1500	6	1500
19.03.2001	8	2100	6	1500
27.03.2001	4	600	6	1000
06.04.2001	2	800	2	1000
19.04.2001	8	1300	5	1000
26.04.2001	6	1000	5	800

Mit maximal 13 ppm Ammoniak und maximal 0,21 Vol% Kohlendioxid wurden die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) von 20 ppm bzw. 0,5 Vol% nicht erreicht (DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT, 2002).

## 5 Diskussion

Normale Einatemluft ist nicht keimfrei. Außenluft kann zwischen 100 und 10 000 KBE/m<sup>3</sup> enthalten (BOVALLIUS et al., 1978; JONES u. COOKSON, 1983, zit. nach WEIBENFELS u. SCHERER, 1997; SENKPIEL u. OHGKE, 1992; ECKRICH et al., 1995, JAGER et al., 1996 zit. nach DIEHL u. HOFMANN, 1996; BÖHM et al., 1998). Die Keimkonzentrationen können nach Regen, Jahreszeit und unter Einfluss der Witterung erheblich schwanken (BOVALLIUS et al., 1978; BOTZENHART, 1991; HARTUNG, 1995). In geschlossenen Wohnräumen werden in der Regel ebenfalls höhere Luftkeimkonzentrationen angetroffen (RÜDEN u. MORISKE, 1991), die bei ungünstigen Gegebenheiten über das 1000fache des Außenluftwertes steigen können (HILLIGER, 1976), wobei die wesentlichsten Quellen der Mensch, seine Aktivitäten, Luftbewegungen, Sedimentationsstaub sowie Haustiere sein können, wobei noch fehlende Verdünnung durch Zufuhr frischer Luft einen weiteren Beitrag leisten kann (BOTZENHART, 1991; HARTUNG, 1997; KÄMPFER u. WEIBENFELS, 1997).

In Tierställen, namentlich auch in Geflügelställen, liegen die Keimzahlen noch um mehrere Zehnerpotenzen höher. Die Quellen sind die Tiere selbst oder die Einstreu, aus der durch die Aktivität der Tiere erhebliche Keimmengen in die Luft freigesetzt werden, das Futter und in geringem Umfang auch die Zuluft aus der Stallumgebung (z. B. KÖSTERS, 1984; HARTUNG u. WHYTE, 1994). Die Zusammensetzung der Luftkeimflora ist sehr vielfältig. Den Hauptanteil bilden aerob wachsende Bakterien, von denen etwa 90 % zu den Staphylokokken und Streptokokken zählen, während sich der Rest aus Pilzen, Sporenbildnern und wechselnden Zahlen anderer Mikroorganismen wie z. B. Enterobakterien zusammensetzt (HARTUNG u. WHYTE, 1994).

Zusammen mit dem Stallstaub gelangen die Mikroorganismen über die Abluft in die Stallumgebung, wo sie sich je nach Witterungsbedingungen und Windrichtung in der Stallumgebung verteilen. Die Ausbreitungsentfernung von lebenden Mikroorganismen hängt neben den meteorologischen Bedingungen und der Art des Lüftungssystems im Stall auch von Eigenschaften wie Partikelgröße, Schwebfähigkeit in der Luft, Sedimentationsneigung, Überlebensfähigkeit in der Luft und Tenazität gegenüber nachteiligen Einflüssen wie Sonnenlicht oder Trockenheit ab (TOMSON, 1959 zit. nach JARNYCH 1976; MAY et al., 1969; BOVALLIUS et al., 1978; BAUSUM et al., 1982; BÖHM et al., 1998).

Für die meisten vegetativen Bakterien gilt, dass sie relativ rasch in der Außenluft absterben. Ausnahmen bilden die sporenbildenden Keime, deren Dauerformen lange überleben und bei Vorhandensein günstiger Umweltbedingungen zu Infektionen führen können (HALLMANN u. BURKHARDT, 1974). Aber auch die abgestorbenen Mikroorganismen oder ihre Bruchstücke wie z. B. die Endotoxine können im luftgetragenen Zustand verbleiben und aufgrund ihrer Eigenschaften z. B. nach Einatmung zu allergisch-toxischen Reaktionen beim Empfänger führen (RYLANDER et al., 1977; HARTUNG, 1998; RIETSCHER, 1999; u.a.).

Die Ausbreitungsentfernung von der Keimquelle Stall wird auch vom Lüftungssystem beeinflusst. Bei Zwangslüftung wird die Abluft z. B. zur Verdünnung der Luftverunreinigungen hoch über dem Dach mit Geschwindigkeiten bis 12 m/s ausgeblasen, wodurch eine weiträumige Verteilung bei geringer Konzentration erzielt wird (MÜLLER et al., 1978). Bei Ställen mit freier Lüftung hingegen können die Luftverunreinigungen in stallnahen Bereichen hohe Konzentrationen erreichen. Sehen moderne Legehennenställe beispielsweise Ausläufe für Tiere vor, sind die Keimquellen Stall und Auslauf nur schwer voneinander zu trennen. Es besteht jedoch seitens der Anwohner ein Interesse daran zu wissen, ob von den Ausläufen nennenswerte zusätzliche Emissionen ausgehen, da die Auslaufläche z. T bis in die Nähe der Anwohnergrundstücke reichen. Informationen über Art und Umfang der Keimabgaben von Auslauflächen liegen derzeit kaum vor, so dass auch keine Berechnungen über mögliche Keimabgaben oder über das mögliche Ausbreitungsverhalten der bodennahen Emissionen vorgenommen werden können. Es wurden daher in einem Praxisbetrieb Messungen des Keim- und Endotoxingehaltes der Luft in Bodennähe über einer typischen Auslaufläche für Legehennen in der Umgebung des Stalles und vergleichsweise im Stall durchgeführt.

### **5.1 Kritische Beurteilung der eingesetzten Methoden und Verfahren bei den Feldmessungen**

Erhebungen und Messungen unter Praxisbedingungen unterliegen einer Vielzahl von Faktoren, auf die der Untersucher oft nur wenig Einfluss nehmen kann. Dazu gehören Faktoren wie wechselnde Winde, Witterung, der Betriebszustand des Stalles, das Alter der

Herde, die Aktivität der Tiere im Sinne der Flächennutzung sowie Veränderungen der Grasnarbe im Zuge der Nutzung durch die Hühner.

Hinzu kommen Ereignisse wie überfliegende Flugzeuge oder Greifvögel, die das Verhalten der Tiere beeinflussen und damit auch Einfluss auf die Messergebnisse nehmen können, wenn bei der Messung auf der besetzten Auslauffläche die Hühner zwischenzeitlich in Panik Unterstände oder den Stall aufsuchen. Vorbeifahrende Trecker, PKW und Golffahrzeuge, von denen Staubaufwirbelungen ausgehen, mögen ebenfalls Einfluss genommen haben. Weitere Einschränkungen sind in der Messtechnik zu suchen, die einerseits verlässlich und erprobt sein sollte, andererseits unter den Feldbedingungen einfach zu bedienen sein mußte. Darüber hinaus mußte sie mobil sein, genügsam in der Stromversorgung, leicht zu reinigen, desinfizierbar sein und dennoch verlässliche Ergebnisse liefern.

Es wurde daher eine Filtrationsmethode gewählt, die auch bei der Untersuchung der Luft an Arbeitsplätzen (BIA-Arbeitsmappe 9430, 1997) eingesetzt wird. Dabei werden Polykarbonatfilter zur Keimsammlung verwendet. Die Filtration hat stets den Nachteil, dass nur ein Teil der Mikroorganismen erfasst werden kann, da - auch in Abhängigkeit von der Probenahmezeit - nur ein Teil der Mikroorganismen die Sammlung vermehrungsfähig überlebt. Ein weiterer Nachteil der Filtration kann die Überladung des Filters sein. Es wird daher i. d. R. die Verdünnungsmethode benutzt, bei der die Filter definiert in Lösung gebracht und die Keime abgewaschen werden. Über Verdünnungsreihen werden dann indirekt die KBE/m<sup>3</sup> Luft bestimmt. Sind die Keimzahlen hoch, ist es die angemessene Vorgehensweise. Schwanken die Keimzahlen - wie in den vorliegenden Untersuchungen - kann zu einer gewissen Überbewertung geringer Keimzahlen kommen. Wegen der starken Schwankungen mußten auch Keimzahlen von unter 5 KBE/Platte in die Auswertungen einbezogen werden. Zur besseren Einschätzung der Befunde wurde daher auch vergleichsweise einige Male die Filtrationsmethode mit direkter Auswertung eingesetzt. Dabei wird der beprobte Filter direkt auf den Nährboden gelegt und gewachsene Kolonien ausgezählt. Ebenso wurde die Impingermethode benutzt, da das Impingement als die Probenahmemethode mit der größten Keimausbeute gilt. Der Vorteil des Impingements durch Separierung von Keimkonglomeraten in der Sammelflüssigkeit kam allerdings in diesen Feldmessungen weniger stark zum Ausdruck. Dies mag daran gelegen haben, dass die Keimzahlen in der Luft insgesamt relativ gering waren z. B. im Vergleich zur Stallluft.

Aufgrund der vielen Einflussfaktoren erschien es sinnvoll alle Tagesbefunde zunächst einzeln darzustellen. Dabei sind für jeden Messtag die Windrichtung und die Keimbefunde genannt. Mehr als 2 oder 3 Wiederholungen pro Messposition, Meßhöhe und Messtag waren nicht möglich. Es wurde daher entschieden, trotz z. T. großer Abweichungen, jeweils den arithmetischen Mittelwert aus den zwei Messungen zu nehmen. Die Einzelbefunde sind in Anhang 2 zur Einsicht beigefügt.

Es wird aus dieser Vorgehensweise deutlich, dass es sich um orientierende Untersuchungen handelt, die einen Eindruck von der Höhe der Keimemissionen, die von der Auslauffläche der Hühner ausgehen können, vermitteln sollen. Dies schließt nicht aus, dass über einem anderen Betrieb und Auslauf auch andere Keimzahlen auftreten können, obwohl nach den gemachten Erfahrungen die Grössenordnung realistisch sein dürfte.

Nicht berücksichtigt werden konnten die Emissionen an nicht vermehrungsfähigen Partikeln. Damit sind besonders Keimbruchstücke und Federanteile gemeint, von denen bekannt ist, dass von ihnen allergische Reaktionen beim Menschen hervorgerufen werden können.

Trotz der zahlreichen methodischen Einschränkungen können die Befunde eine gute Orientierung hinsichtlich der über der Auslauffläche vorhandenen Luftkeimzahlen, besonders für mesophile Gesamtkeime und mesophile Pilze auch über den Jahresverlauf hinweg geben.

## **5.2 Art und Umfang der über der Auslauffläche erfassten Luftkeime**

Es wurde auf mesophile Gesamtkeime, mesophile Pilze, thermotolerante Pilze, Staphylokokken, Streptokokken, mesophile Aktinomyzeten, thermotolerante Aktinomyzeten, Enterobakterien und Endotoxine untersucht.

Mesophile Gesamtkeime und mesophile Pilze treten sehr häufig auf und dienen als allgemeine Orientierung. Staphylokokken und Streptokokken stammen in der Regel von Mensch oder Tier und werden von Haut und Schleimhäuten abgegeben. Enterobakterien geben einen Hinweis auf fäkale Verunreinigungen, da sie von den Exkrementen ausgehen. Aktinomyzeten werden bei Kompostierungsvorgängen z. B. in Einstreu oder auch in anderen biologischen Materialien freigesetzt (WIESMANN, 1978; ROLLE u. MAYR, 1993; TRGS 908-14; 1998).

Bei allen Messungen werden regelmäßig mesophile Gesamtkeime und mesophile Pilze sowie Endotoxine gefunden, die übrigen Keimspezies wurden bei den verschiedenen Versuchseinstellungen in unregelmäßiger Frequenz und in unterschiedlichen Mengen gefunden. Stellt man die Befunde an mesophilen Gesamtkeimen, mesophilen Pilzen und Endotoxinen insgesamt über alle Probenahmetage unabhängig von Messpositionen und Messhöhen, Witterung und Jahreszeit zusammen, so ergibt sich die in Tabelle 53 gezeigte Verteilung.

**Tab. 53:** Höchste und niedrigste Luftkeim- und Endotoxinbelastung (Mittelwerte in KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) über der Auslaufläche unter Berücksichtigung verschiedener Versuchseinstellungen

Versuchseinstellung auf der Auslaufläche	Mesophile Gesamtkeime		Mesophile Pilze		Endotoxine	
	min	max	min	max	min	max
ohne Hühner (Januar, Juli, Februar, n=8)	n.n.	3608	n.n.	29167	n.n.	58
mit Hühnern (n=16, Endotoxine n=15)	n.n.	30377	n.n.	36667	n.n.	63
mit Hühnern und Stalleinfluss (November, Dezember, n=3)	n.n.	15558	n.n.	1325	n.n.	58
Ohne Hühner mit Stalleinfluss (November, Dezember, Februar, n=6)	n.n.	38608	n.n.	4167	n.n.	31
Kontrollen (n=22, Endotoxine n=21)	n.n.	4722	n.n.	36392	n.n.	49

min: Minimalwert max: Maximalwert n=(Anzahl der Messtage)

Diese sehr allgemeine Beschreibung des Luftkeimgehaltes läßt nur ungenügend die verschiedenen Einflussfaktoren erkennen, die auf den Anstieg oder Abfall der Luftkeime einwirken.

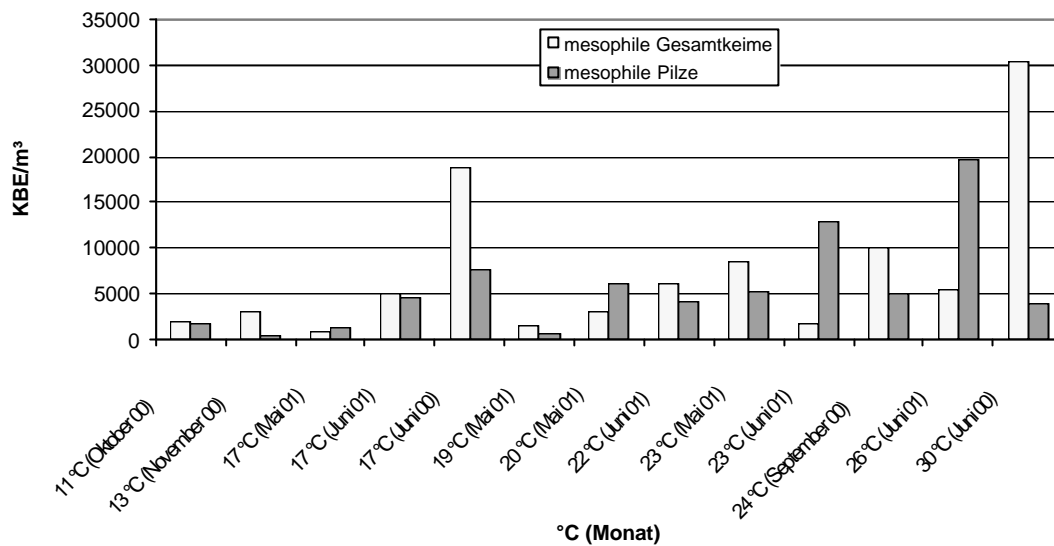
Als wichtige Faktoren können die Tieraktivität sowie der in der Literatur beschriebene Einfluss der Jahreszeit, der Temperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung genannt werden (MAY et al., 1969; BOVALLIUS et. al., 1978; BAUSUM et. al., 1982; HARTUNG, 1995; BÖHM et al., 1998). Hinzu kommt, dass die Stallemissionen in Abhängigkeit von der Windrichtung die Messungen über den Ausläufen beeinflusst haben können.

### **5.3 Einfluss der Jahreszeit auf die Luftkeimgehalte über der Auslaufläche**

Legehennen werden - selbst wenn ein Auslauf zur Verfügung steht - zum Teil nicht täglich und auch nicht zu jeder Jahreszeit auf die Auslaufläche gelassen. Dies kann witterungsbedingt oder jahreszeitlich bedingt sein. So ist bei starken Regen- und Schneefällen die Gefahr der Verschmutzung der Tiere gross. Die Grasnarbe eines stark aufgeweichten Bodens z. B. nach Regen kann auch leichter von den Tieren beschädigt werden. Feuchte und kalte Witterung fördern die Persistenz und Verbreitung von Parasiten und anderen Krankheitserregern.

In den vorliegenden Untersuchungen wurden u. a. an dreizehn Messtagen über das Jahr verteilt in 5 Monaten Proben genommen. Der Schwerpunkt lag im Sommer, weil da insgesamt die meisten Beschwerden von Anwohnern geäußert wurden.

Dazu sind in Abbildung 1 die Höchstwerte der mesophilen Gesamtkeime und der mesophilen Pilze im Frühjahr (Mai), im Sommer (Juni, September) und im Herbst (Oktober, November) bei unterschiedlichen Temperaturen zusammengestellt.



**Abb. 1:** Höchstwerte (Mittelwerte) der mesophilen Gesamtkeime und mesophilen Pilze bei verschiedenen Temperaturen

**Tab. 54:** Höchstwerte (Mittelwerte) der mesophilen Gesamtkeime und mesophilen Pilze (KBE/m<sup>3</sup>) bei verschiedenen Luftfeuchtigkeiten und Temperaturbereichen

Luftfeuchtigkeit (%)	11-17 °C		19-23 °C		24-30 °C	
	mes. Gk.	mes. Pilze	mes. Gk.	mes. Pilze	mes. Gk.	mes. Pilze
33 (Mai 01)			8471	5275		
35 (Juni 00)					30377	3889
36 (Juni 01)					5555	19584
39 (Juni 00/01)	18711	7527	1636	12917		
41 (Juni 01)			6113	4167		
44 (Mai 01)			1527	554		
46 (Mai 01)	827	1250				
47 (Juni 01)	5111	4550				
50 (Mai 01)			3050	6040		
53 (Nov. 00)	3114	464				
55 (Septem. 00)					10139	5000
71 (Okt. 00)	1853	1758				

mes.: mesophile Gk.: Gesamtkeime Nov.: November Sept.: September Okt.: Oktober

Die höchsten Befunde wurden im Juni erreicht, besonders an stallnahen Messpositionen und in der Nähe von Hühnerplätzen. Die höchste mesophile Gesamtkeimkonzentration wurde im Juni mit über 30000 KBE/m<sup>3</sup> bei einer Temperatur um 30 °C und niedriger relativer Luftfeuchtigkeit erzielt. Ein Zusammenhang zwischen der relativen Luftfeuchtigkeit und dem

Luftkeimgehalt (HURTIENNE, 1967; BOVALLIUS et al., 1978) ist bei den gewonnenen Daten statistisch nicht abgesichert.

Bei den mesophilen Pilzen zeigt sich eine noch deutlichere saisonale Abhängigkeit. Der Temperatureinfluss scheint geringer als der Saisoneinfluss zu sein. An den Untersuchungsergebnissen läßt sich eine deutliche Tendenz zu geringen Pilz- und Keimzahlen im Winter gegenüber dem Sommer erkennen (BOVALLIUS et. al., 1978; HARTUNG, 1995). Dies ist auch in den Abbildungen 3 bis 6 (5.6) ersichtlich.

Bei den Endotoxinen wird nicht unbedingt eine jahreszeitliche Abhängigkeit deutlich, wie man an den Abbildungen 7 und 8 erkennen kann.

Bei den übrigen Keimen läßt sich kein Einfluss der Jahreszeit erkennen. Dies liegt wohl wesentlich an den unregelmäßigen und zum Teil sehr niedrigen Keimbefunden. Dennoch sind sie bei der Gesamtbeurteilung des Emissionsgeschehens zu berücksichtigen. Dies ist verständlich, da auch diese Keimspezies von dem Anstieg der Keimzahlen betroffen sind, und gerade Staphylokokken und Streptokokken direkt von den Tieren ausgehen, die sich im Auslauf aufhalten.

#### **5.4 Einfluss des Stallgebäudes und der Stallemission**

Zur Einschätzung der Keimemissionen, die von den Auslaufflächen ausgehen, ist es wichtig, Keimquellen wie das Stallgebäude oder Verwehungen von anderen Flächen zu kennen. Die Tabelle 54 zeigt die Luftkeimbefunde mit und ohne Einfluss des Stallgebäudes im Februar. Dabei wurde darauf geachtet, dass einmal der Wind über das Gebäude zu den Messpositionen und zum anderen von den Messpositionen weg in Richtung Gebäude wehte. Die wenig eindeutigen und insgesamt niedrigen Befunde (Median) zeigen, dass in diesem Falle unter den angetroffenen Bedingungen kein Einfluss durch die Emissionen des Gebäudes erkennbar wird.

Tab. 55: Mesophile Gesamtkeime und mesophile Pilze (KBE/m<sup>3</sup>) als Median (n = 8) an drei Messtagen im Februar 2001 über der Auslauffläche

Messtag	Mes. Gesamtkeime	Mes. Gesamtkeime	Mes. Pilze	Mes. Pilze
	ohne Stalleinfluss	mit Stalleinfluss	ohne Stalleinfluss	mit Stalleinfluss
08.02.2001	272	138	268	275
13.02.2001	558	417	275	275
27.02.2001	133	0	0	0

mes.: mesophile

### 5.5 Einfluss der Windgeschwindigkeit

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss kann der Wind ausüben, zum einen über die Windrichtung, zum anderen über die Windgeschwindigkeit (PLATZ et al., 1979; HARTMANN, 1980). Hohe, insbesondere auch turbulente Windbewegungen können neben der Keimverfrachtung das sogenannte „Reentrainment“ (Rekontamination) von bereits sedimentierten Keimen fördern (MÜLLER, 1987). Kommen noch mechanische Quellen wie z. B. Fahrzeuge hinzu, kann es zu einer Keimerhöhung kommen, die nicht von der Auslauffläche stammen muss. Die Windgeschwindigkeiten lagen während der Messungen an den Messtagen im Mai, Juni, September, Oktober und November mit Hühnern auf der Auslauffläche zwischen 2,6 und 6,8 (leichte bis mäßige Brise). Ab 5,5 m/s kann Staub vermehrt aufgewirbelt und in die Luft verbracht werden (VAN EIMERN u. HÄCKEL, 1979). Abbildung 2 gibt einen Überblick über die mesophilen Gesamtkeimkonzentrationen und mesophilen Pilzkonzentrationen bei den verschiedenen Windgeschwindigkeiten unabhängig von der Messhöhe.

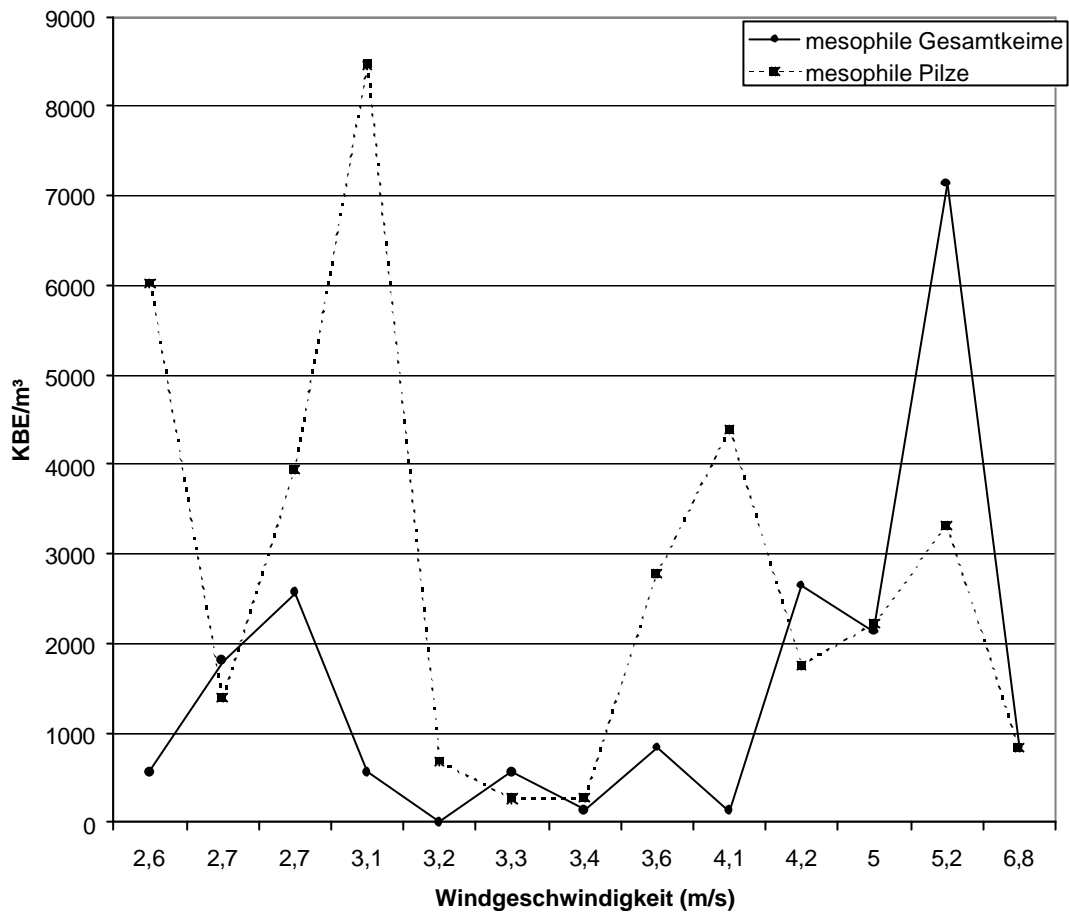
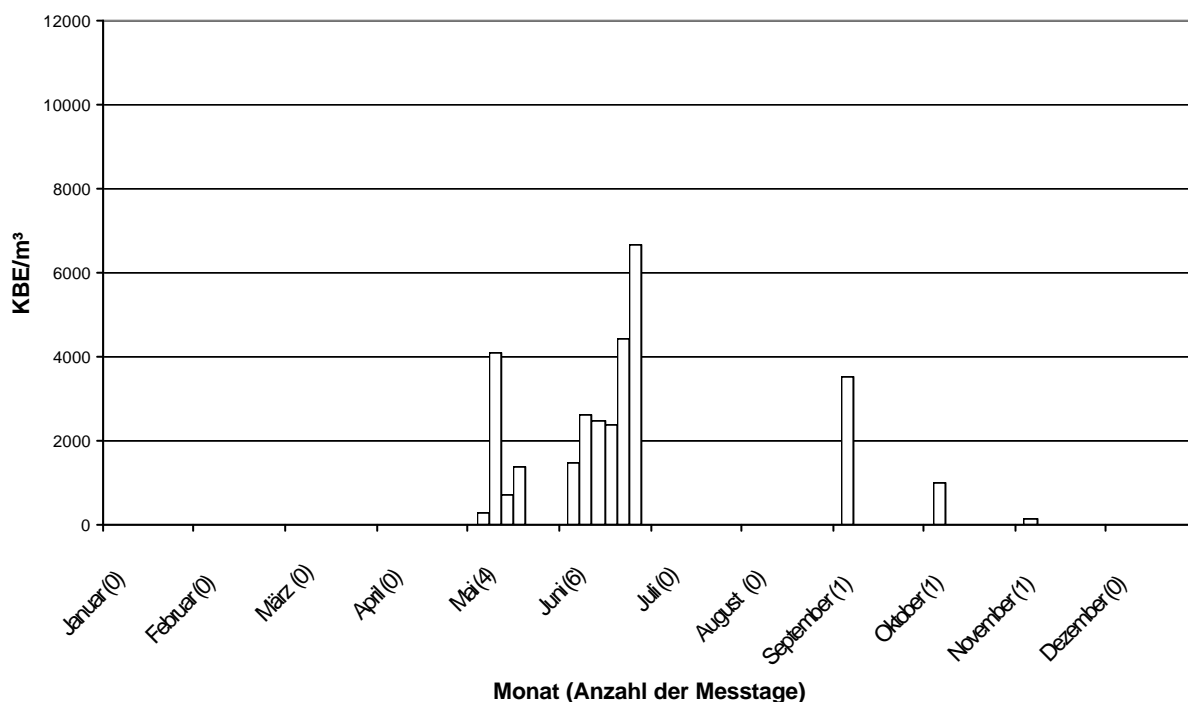


Abb. 2: Mesophile Gesamtkeime und mesophile Pilze (KBE/m<sup>3</sup>) bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten im Mai, Juni, September, Oktober und November mit Hühnern auf der Auslauffläche. Median (n = 15)

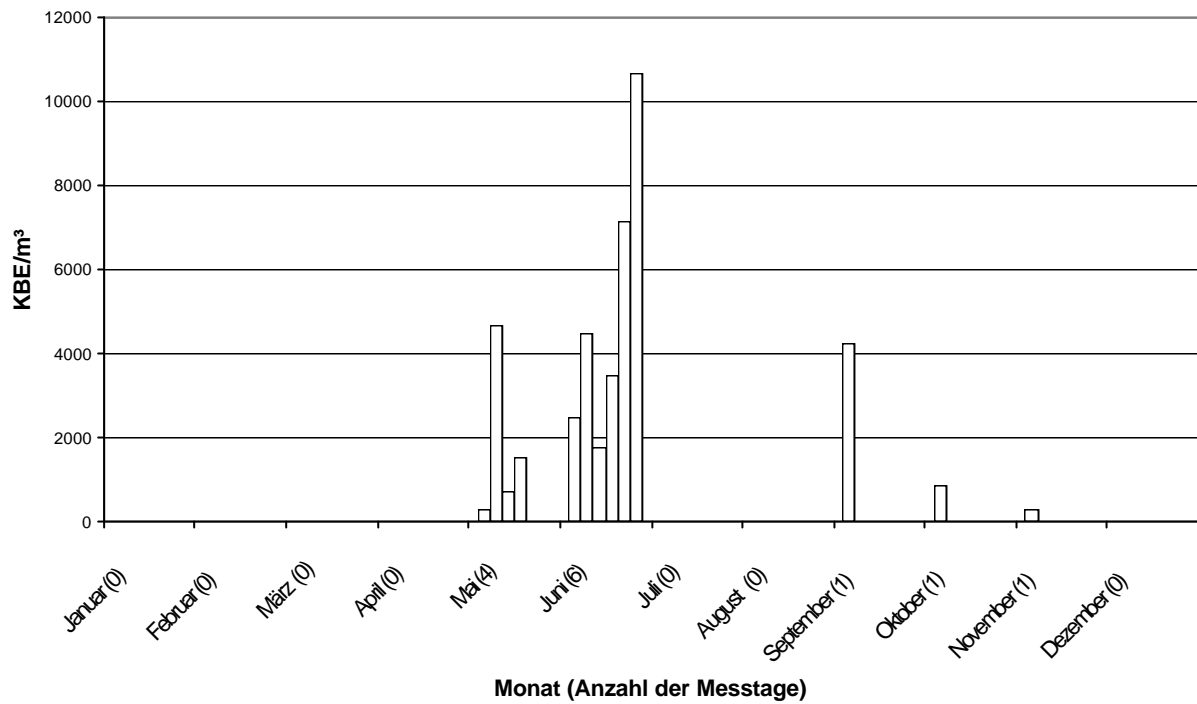
Eine gewisse Abhängigkeit der Konzentrationen von der Windgeschwindigkeit ist bei den mesophilen Gesamtkeimen ersichtlich, bei den mesophilen Pilzen hingegen nicht.

## 5.6 Unterschiede zwischen den Messhöhen

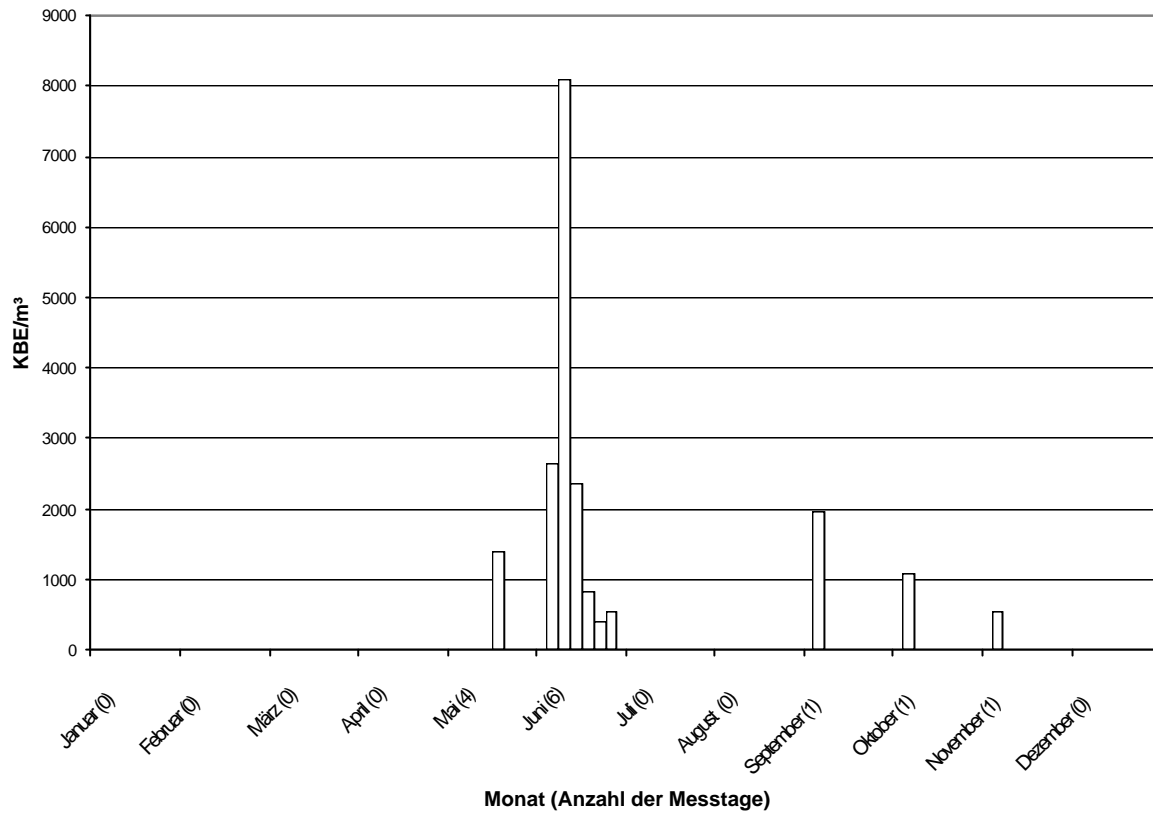
Es ist bekannt, dass Emissionen sich oft in Form von Fahnen ausdehnen (z. B. Geruchs- oder Staubfahne). Im bodennahen Bereich wird die Emissionsfahne durch Bewuchs, Rauigkeit des Geländes u. v. m. beeinflusst. Dabei ist von Interesse, ob sich vom Boden ausgehende Emissionen auch im nennenswerten Umfang in höhere Luftbereiche verteilen. Die 70 cm Messhöhe wurde gewählt, um die Sammelsysteme dem unmittelbaren Zugriff durch die Tiere zu entziehen. 1,30 m Höhe liegt schon im Bereich der Einatemhöhe des Menschen. Vergleicht man die Befunde der mesophilen Gesamtkeime und der mesophilen Pilze in den zwei verschiedenen Messhöhen (s. Abbildungen 3 bis 6), so fällt auf, dass die Luftkeimkonzentrationen, die in Messhöhe von 0,70 m gewonnen wurden, zum Teil sehr deutlich über den Konzentrationen liegen, die in Messhöhe 1,30 m erhoben wurden. Dies könnte durch bodennahe Turbulenzen bedingt sein (BOVALLIUS et al., 1978; BOTZENHART, 1991), ist wohl aber auch durch die Aktivität der Hühner bedingt.



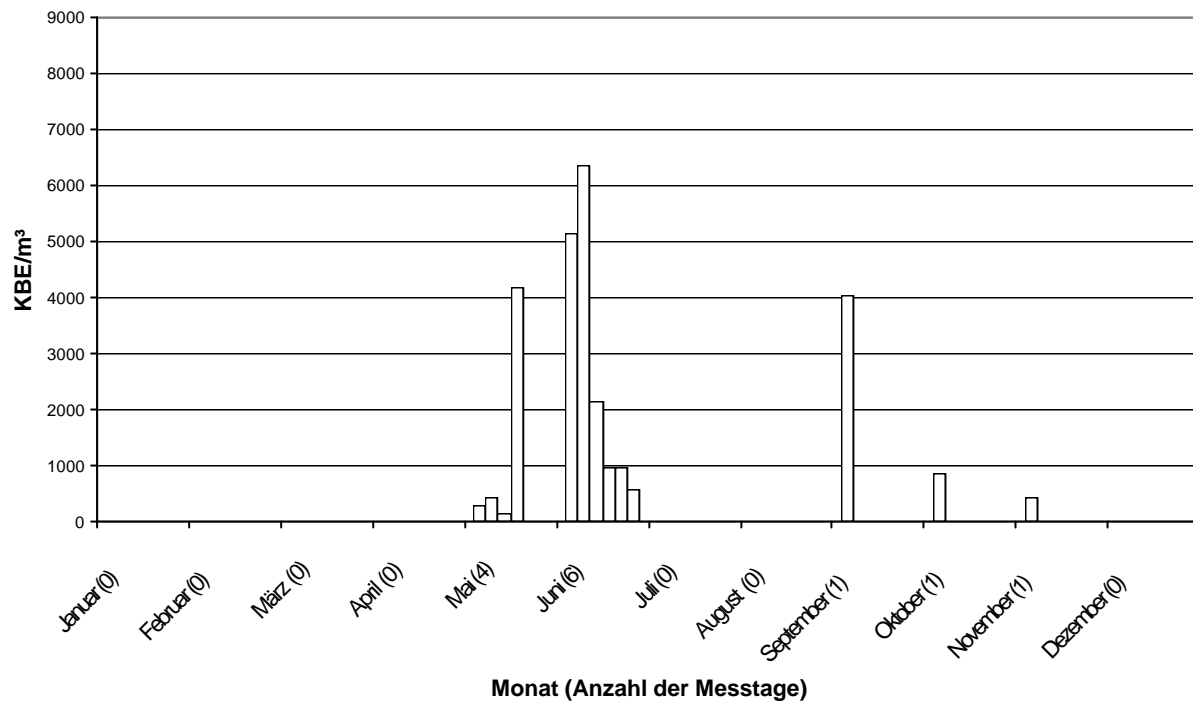
**Abb. 3:** Mesophile Pilze der Messhöhe 1,30 m mit Hühnern auf der Auslauffläche als Median in KBE/m<sup>3</sup> (n = 8)



**Abb. 4:** Mesophile Pilze der Messhöhe 0,70 m mit Hühnern auf der Auslauffläche als Median in KBE/m<sup>3</sup> (n = 8)



**Abb. 5:** Mesophile Gesamtkeime der Messhöhe 1,30 m mit Hühnern auf der Auslauffläche als Median in KBE/m<sup>3</sup> (n = 7)



**Abb. 6:** Mesophile Gesamtkeime der Messhöhe 0,70 m mit Hühnern auf der Auslauffläche als Median in KBE/m<sup>3</sup> (n = 8)

Betrachtet man die 12 Tage in den 5 Monaten, an denen Endotoxine erfasst wurden, so finden sich an 6 Tagen in 0,70 m Höhe höhere Endotoxinkonzentrationen und an 6 Tagen in 1,30 m Höhe höhere Endotoxinkonzentration (s. Abbildung 7 und 8), so dass insgesamt kein Höhenunterschied deutlich wird.

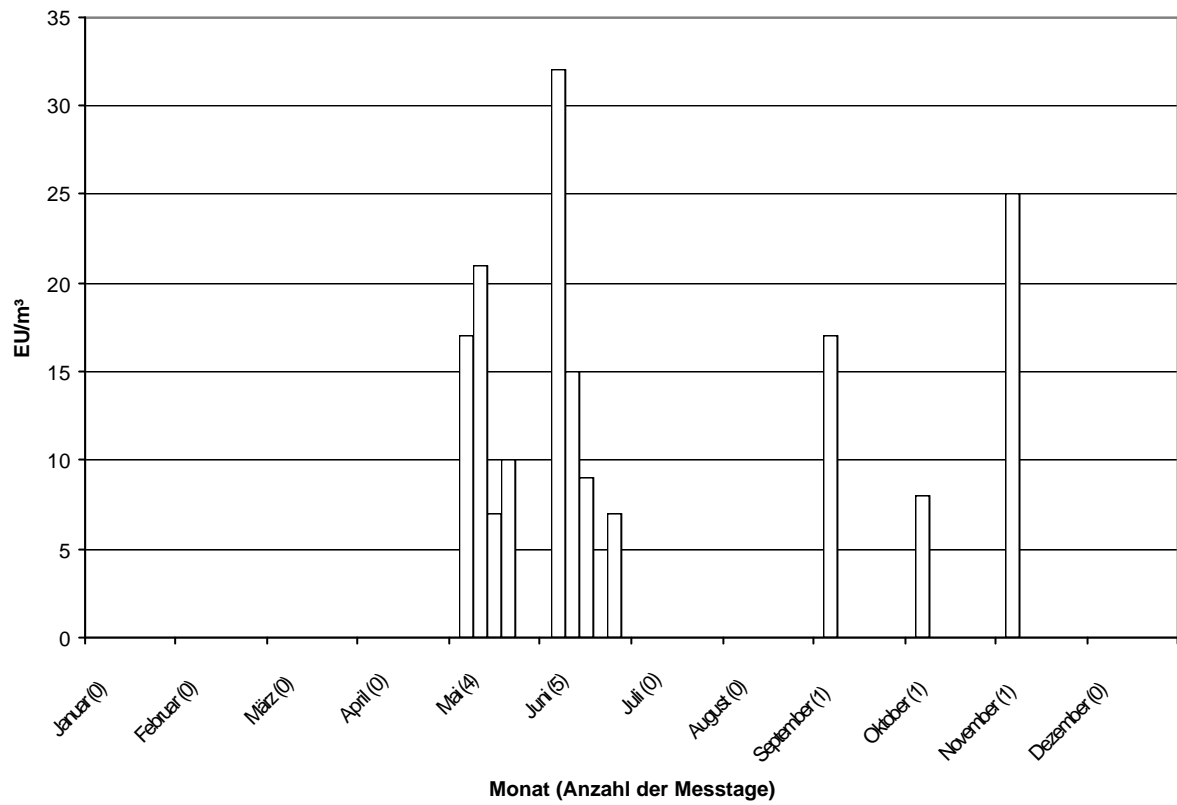
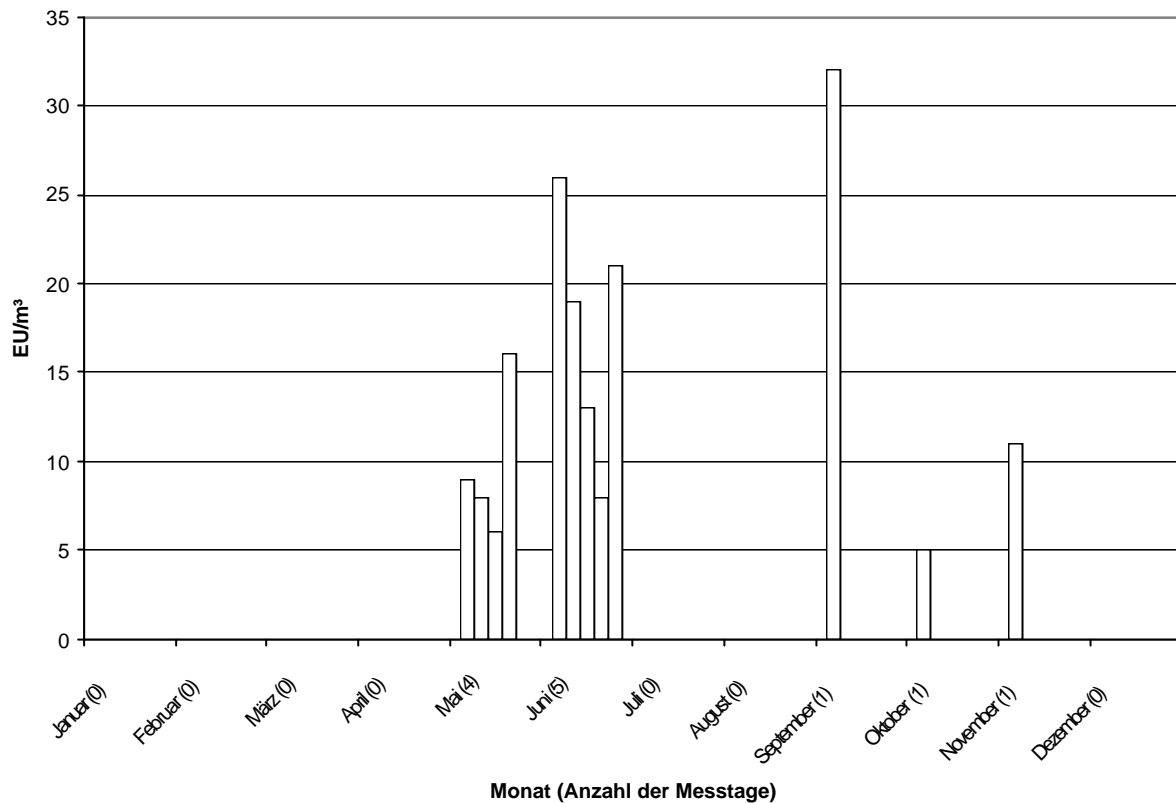


Abb. 7: Endotoxine der Messhöhe 1,30 m mit Hühnern auf der Auslauffläche als Median in EU/m<sup>3</sup> (n = 7)



**Abb. 8:** Endotoxine der Messhöhe 0,70 m mit Hühnern auf der Auslauffläche als Median in EU/m<sup>3</sup> (n = 5)

Legt man die in der Literatur genannten Luftkeimkonzentrationen für die Außenluft in städtischen und ländlichen Umgebungen zugrunde (BOVALLIUS et al., 1978; JONES u. COOKSON, 1983, zit. nach WEIßENFELS u. SCHERER, 1997; SENKPIEL u. OHGKE, 1992; ECKRICH et al., 1995, JAGER et al., 1996 zit. nach DIEHL u. HOFMANN, 1996; BÖHM et al., 1998) so liegen zumindest die erhobenen Maximalwerte der mesophilen Gesamtkeime, die mit Hühnern auf der Auslauffläche erhoben wurden, z.T. deutlich darüber. Da aber die höheren Konzentrationen zumeist in unmittelbarer Stallnähe auftraten, ist ein Austrag von mesophilen Gesamtkeimen von der Auslauffläche auch mit Hühnern in die weitere Umgebung nicht unbedingt zu erwarten.

Bei den mesophilen Pilzen liegen die ermittelten Höchstwerte ebenfalls über den in der Literatur angegebenen Maximalwerten. An der Kontrollposition wurden jedoch oft ebenso hohe Konzentrationen gefunden. Die mesophilen Pilzkonzentrationen resultieren also

offenbar nicht vorrangig von der Auslauffläche und der Anwesenheit der Hühner. Hier müssen die vielen natürlichen Quellen eine wesentliche Rolle spielen.

Die Endotoxine liegen mit den Höchstwerten über den in der Literatur angegebenen Hintergrundwerten (HARTUNG u. SEEDORF, 1999). Aber auch an der Kontrollposition bleibt der Endotoxinwert über dem Durchschnitt.

Trotz fehlender Ausbreitungsberechnungen scheint eine Keimausbreitung unter üblichen meteorologischen Bedingungen über mehr als 100 m über die Auslaufgrenze hinaus unwahrscheinlich. Feinststäube mit möglicherweise anhaftendem allergenem Material können aber eventuell unter günstigen meteorologischen Bedingungen auch weiter verfrachtet werden.

Sina Angersbach-Heger: Untersuchungen zur Emission und Verfrachtung luftgetragener Mikroorganismen von der Auslauffläche einer Legehennenfreilandhaltung

## 6 Zusammenfassung

Die Luft über der Auslauffläche eines Legehennenbetriebes wurde zu Zeiten der Auslaufnutzung durch die Hühner und zu Zeiten der Ruhe ohne Hühner auf mesophile Gesamtkeime, mesophile Pilze, thermotolerante Pilze, Staphylokokken, Streptokokken, mesophile Aktinomyzeten sowie Endotoxine an 27 Messtagen mit jeweils 3 bis 5 Messpositionen und in 2 Messhöhen (0,70 m und 1,30 m über Grund) überwiegend mit der Filtrationstechnik (indirekte Methode) aber auch mit der direkten Methode und dem Impingement untersucht. Dabei wurde das Verhalten der Hühner im Auslauf ebenso berücksichtigt wie die Jahreszeit, die Windrichtung, der Einfluss der Stallemissionen und die Lufttemperatur und Luftfeuchte. Es wurden auch Messungen mit gleicher Technik im besetzten Stall durchgeführt.

Die höchsten Keimkonzentrationen über dem Auslauf bei Anwesenheit der Hühner in Messhöhe 0,70 bzw. 1,30 m betragen 30377 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Gesamtkeime) und 23058 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Pilze) bzw. 16612 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Gesamtkeime) und 36667 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Pilze). Ohne Hühner im Auslauf betragen die Zahlen in 0,70 m Höhe 3608 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Gesamtkeime) und 29167 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Pilze), sowie in 1,30 m Höhe 3058 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Gesamtkeime) und 22225 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Pilze). An den Kontrollmesspunkten wurden Höchstwerte von 4722 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Gesamtkeime) und 36392 KBE/m<sup>3</sup> (mesophile Pilze) erreicht. Die übrigen erfaßten Keimspezies spielten zahlenmäßig nur eine untergeordnete Rolle. Staphylokokken ließen sich nur teilweise, thermotolerante Pilze, Streptokokken und mesophile Aktinomyzeten nur sporadisch und dann in meist nur geringen Konzentrationen nachweisen. Im Stall betragen die Gesamtkeimzahlen  $1,9 \times 10^5$  bis  $7,1 \times 10^6$  KBE/m<sup>3</sup>, während die mesophilen Pilze Werte bis  $5,2 \times 10^3$  KBE/m<sup>3</sup> erreichten. Die höchsten Endotoxinkonzentrationen wurden mit 63 EU/m<sup>3</sup> in 0,70 m Messhöhe im September über der Auslauffläche mit Hühnern gefunden. Am Kontrollmesspunkt wurde ein Höchstwert von 49 EU/m<sup>3</sup> bei einer Messung im Juli gefunden.

Es ist ein deutlicher saisonaler Einfluss erkennbar mit Höchstzahlen im Sommer und geringeren Keimzahlen im Winter. Dies betrifft besonders die Pilze, die im Sommer stets Höchstwerte erreichten. Die niedrigsten Luftkeimzahlen wurden im Winter ohne Tiere im

Auslauf gefunden. Die Emissionen des Stalles können besonders bei entsprechender Windrichtung den Keimgehalt auf der Auslauffläche erhöhen.

Insgesamt liegen die über der Auslauffläche gefundenen Luftkeimzahlen nur etwa um das 2 bis 3fache über den in der Literatur für übliche Außenluft in ländlicher und städtischer Umgebung genannten Zahlen. Beim Vergleich mit der Stallluft liegen die Gesamtkeimzahlen über dem Auslauf um etwa 3 Zehnerpotenzen niedriger. Bei der Bewertung des Emissionsgeschehens von Stallanlagen sind die Ausläufe unbedingt einzubeziehen. Ihre Bedeutung sollte aber nicht überschätzt werden, zumal es sich stets um bodennahe Quellen handelt. Obwohl im Rahmen der Arbeit keine Ausbreitungsberechnungen durchgeführt werden konnten, erscheint eine Keimausbreitung über mehr als 100 m über die Auslaufgrenze hinaus als unwahrscheinlich. Nicht ausgeschlossen ist jedoch, dass Feinstäube, die möglicherweise auch allergen wirksame Stoffe transportieren können, unter bestimmten meteorologischen Bedingungen auch weiter getragen werden können. Die Abstandsfrage zwischen Stallanlagen und Wohnbebauung bedarf der weiteren ortsspezifischen und anlagenspezifischen Erörterung. Eine weiträumige Verteilung von Mikroorganismen erscheint jedoch nach diesen Untersuchungen eher von der Stallabluft als von Ausläufen auszugehen.

Sina Angersbach-Heger: Emission and dispersion of airborne microorganisms from a free-range laying hen farm

## 7 Summary

The air around a free-range of layers was tested for total mesophilic bacteria, mesophilic fungi, thermotolerante fungi, staphylococcus, streptococcus, mesophilic actinomycetes and endotoxins by mainly filtration (indirect) on 27 days at 3 to 5 positions and from two levels (0,70 m and 1,30 m about the ground). The presence of the layers, the season, the wind directions, the influence of the emissions of the hen house, the temperature and the humidity were considered.

The highest concentrations of mesophilic bacteria and fungi were recorded at the level of 0,70 m and 1,30 m accounted 30,377 CFU/m<sup>3</sup> (mesophilic bacteria) and 23,058 CFU/m<sup>3</sup> (mesophilic fungi) resp. 16,612 CFU/m<sup>3</sup> (mesophilic bacteria) and 36,667 CFU/m<sup>3</sup> (mesophilic fungi).

Rather low concentrations of airborne microorganisms were found in winter without animals.

The influence of the hen house was partly noticeable. An influence of the season was significant with peaks in the summer and low concentrations in winter.

Peaks of 4,722 CFU/m<sup>3</sup> (mesophilic bacteria) and 36,392 CFU/m<sup>3</sup> (mesophilic fungi) were recorded at the reference position. Staphylococcus were determined partially, thermotolerante fungi, streptococcus and mesophilic actinomycetes only sporadically in prevalent little concentrations. The highest concentrations of endotoxins were found with 63 EU/m<sup>3</sup> at level 0,70 m in September with layers in the free – range area. However, a peak of 49 EU/m<sup>3</sup> were also found at the reference position in July. Endotoxins didn't vary much in the course of the year with higher concentrations values in summer than in winter.

Microorganism concentrations around the free-range area were two to three times higher than previous literature results from ambient air investigations in towny and rural regions. It seems that the emissions from the free-range areas do not contribute as much as the emissions from layer houses do. Nevertheless, the aerial emissions from free-range areas should also be considered as one of the sources of air pollutants when planning permissions are given for laying hen houses.

The results let assume that the microorganisms from the free-range will probably not travel further than about 100 m beyond the border of the free-range area.

The results show that relatively high fungi concentrations from natural sources are present in the ambient air in the summertime.

No investigations were carried out on fine dust which may have the potential to travel longer distances under appropriate weather conditions.

## 8 Literaturverzeichnis

ABDOU M.A.-F., u. E.M. SCHIRK (1992):

Bestimmung des Luftkeimgehaltes mit dem Reuter-Centrifugal-Sampler.

Krankenhauspharmazie 3, 122-124

ANDERSEN, A.A. (1958):

New sampler for the collecting, sizing and enumeration of viable airborne particles.

J. Bacteriol. 76, 471-484

BAUERNFEIND, A., u. P.M. SHAH (1995):

Lexikon der Mikrobiologie und der Infektiologie.

2. Aufl. Verlag Schattauer, Stuttgart, New York

BAUSUM, H. T., S. A. SCHAUB, K. F. KENYON u. M. J. SMALL (1982):

Comparison of coliphage and bacterial aerosols of a wastewater spray irrigation site.

Appl. Environ. Microbiol. 43, 28-38

BERGMANN, K.-CH., u. H. MÜSKEN (1994):

Endotoxine als Auslöser von Atemwegsobstruktionen bei Landwirten.

Atemw.-Lungenkrh. Jahrgang 20, Nr.1/1994, 26-30

BIA-Arbeitsmappe 9410 (1995):

Probenahme von Bioaerosolen am Arbeitsplatz.

In: BIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrenstoffen“. Loseblattsammlung, Hrsg. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (BIA), Erich Schmidt Verlag, Bielefeld

BIA-Arbeitsmappe 9430 (1997):

Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz.

In: BIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrenstoffen“. Loseblattsammlung, Hrsg. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (BIA), Erich Schmidt Verlag, Bielefeld

BÖHM, R., W. MARTENS und P. M. BITTIGHOFER (1998):

Aktuelle Bewertung der Luftkeimbelastung in Abfallbehandlungsanlagen.

Abfall-Wirtschaft, Neues aus Forschung und Praxis; M.I.C.

BAEZA-Verlag Witzenhausen

BOSSOW, B. (1998):

Keimemissionen bei Weiterverarbeitung aussortierter Wertstoffe.

Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Dortmund/Berlin 1998

BOTZENHART, K (1991):

Lufthygiene - Belebte Inhaltsstoffe.

In: Gundermann, K.O.; Rüden, H.; Sonntag, H.G. (eds.) „Lehrbuch der Hygiene“. G. Fischer Verlag, Stuttgart, 219-222.

BOVALLIUS, A., BUCHT, B., ROFFEY, R. u. ANAS, P. (1978):

Three – year investigation of the natural bacterial flora at four localities in Sweden.

Appl. Environ. Microbiol. 35, 847-852

BRACHMANN, P.S., R. EHRLICH, H.F. EICHENWALD, V.J. GABELLI, T.W. KETHLEY, S.H. MADIN, J.R. MALTMAN, G. MIDDLEBROOK, J.D. MORTON, I.H. SILVER u. E.K. WOLFE (1964):

Standard sampler for assay of airborne microorganisms.

Science 144, 1295

BROCK, T.D. (1983):

Membrane Filtration. A user's guide and reference manual.

Springer Verlag, Berlin

BUNDES-IMMISSIONSSCHUTZGESETZ

in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 27. Dezember 2000 (BGBl. I S. 2048)

CLARK S., R. RYLANDER u. L. LARSSON (1983):

Airborne bacteria, endotoxin and fungi in dust in poultry and swine confinement buildings. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 44, 537-541

COX, C. S. (1970):

Aerosol survival of Escherichia coli B disseminated from the dry state.

Appl. Environ. Microbiol. 19, 604-607

DASCHNER, F. (1995):

Bewertung der hygienischen Situation von Abfallwirtschaftsanlagen im Hinblick auf luftgetragene Keime.

Entsorga Schriften 15/1995

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (2002):

MAK- und BAT – Werte – Liste 2002

Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 38

DIEHL, K., u. R. HOFMANN (1996):

Literaturstudie zu Hygieneproblemen von Kompostierungsanlagen unter Berücksichtigung der möglichen Gesundheitsgefahren in der Nähe lebender Anwohner.

Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Umweltbundesamt

DONHAM, K. J. (1989):

Relationship of air quality and productivity in intensive swine housing.

Agri-Practice 10, 15-26., 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

DOSSOW v., A. (1990):

Modelluntersuchungen zum Einfluss von Staubpartikeln auf die Tenazität von Keimen der Stallluft.

Univ. Stuttgart-Hohenheim, Agr. Fak., Diss.

ECKRICH, C., E. JAGER, H. RÜDEN u. J. JAGER (1995):

Keimkonzentrationen aus Sicht der Immunologie.

In: Mücke, W. (Hrsg.): Keimbelastung in der Abfallwirtschaft. Tagungsband 26.04.1995, 51-75 (1995)

zit. nach DIEHL, K. u. R. HOFMANN (1996)

GÄRTTNER, E. (1975):

Quantitative und qualitative Untersuchungen zum Luftkeimgehalt in Schweine und Geflügelställen – Ein Beitrag zur Aerobiologie in landwirtschaftlichen Nutztierstallungen.

Univ. Stuttgart-Hohenheim, Agr. Fak., Diss.

GEBHARDT, H. (1973):

Zur Problematik von Luftkeimgehaltsbestimmungen in Tierställen mit Hilfe des Standard-Impingers und des Casella-Schlitzsammlers und der Erfassung der übrigen Stallklimafaktoren.

Univ. Stuttgart-Hohenheim, Agr. Fak., Diss.

GROSS, G. (1998):

Berechnungen der Ausbreitung von organischen Partikeln aus Tierställen und vergleichbaren Anlagen.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 105, 241-243

HALLMAN, L., u. F. BURKHARDT (1974):

Klinische Mikrobiologie.

4. neubearbeitete Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

HARTMANN, F. (1980):

Experimentelle Untersuchungen über die atmosphärische Ausbreitung von Luftkeimen aus Stallanlagen und künstlichen Keimquellen.

Univ. Stuttgart-Hohenheim, Agr. Fak., Diss.

HARTUNG, J. (1990):

Luftgetragene Emissionen der Tierhaltung.

Tagung „Allergie und Umwelt“, Vechta Nov. 1990, Ärztekammer Niedersachsen

HARTUNG, J. (1991):

Luftverunreinigungen in der Nutztierhaltung.

In: K. Aigner und F. Muhar (Hrsg.): Lunge und Landwirtschaft. Proc. 12. Workshop Lunge Umwelt Arbeitsmedizin, 1.-2. März 1991, Linz/Donau. Atemwegs- und Lungenkrh. 17 (1991) 1. Beiheft, B4-B8

HARTUNG, J. (1992):

Emissionen luftgetragener Stoffe aus Nutztierställen.

Pneumologie 46, 196-202

HARTUNG, J. (1994):

A new automatic bacteria sampler for air quality research.

Proc. 8<sup>th</sup> Int. Congress on Animal Hygiene, St. Paul, MN. September 12-16, 1994, ES-1-4

HARTUNG, J. (1995):

Gas- und partikelförmige Emissionen aus Ställen der Tierproduktion.

Dtsch. tierärztliche Wschr. 102, 283-288

HARTUNG, J. (1997):

Einfluss von Heimtieren auf das Innenraumklima am Beispiel eines Hundes.

Atemw.-Lungenkrh. Jahrgang 23. 1. Suppl.-Heft 1997, 82-85

HARTUNG, J. (1998):

Art und Umfang der von Nutztierställen ausgehenden Luftverunreinigungen.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 105, 213-216

HARTUNG, J. (2001):

Gas- und partikelförmige Luftkontaminanten in verschiedenen Legehennenhaltungssystemen.

Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2001; Eugen Ulmer Verlag

HARTUNG, J., J. SEEDORF, TH. TRICKL u. H. GRONAUER (1998):

Freisetzung partikelförmiger Stoffe aus einem Schweinestall mit zentraler Abluftführung in die Stallumgebung.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 105, 244-245

HARTUNG, J., u. J. SEEDORF (1999):

Orientierende Endotoxinmessungen in der Außenluft.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 106, 522-525

HARTUNG, J., u. J. SEEDORF (1999):

Zum Auftreten von Endotoxinen in der Luft von Nutztierställen.

Atemw.-Lungenkrh., Jahrgang 25, Nr. 11/1999, 645-650

HARTUNG, J., u. C. M. WATHES (2001):

Environmental Impact of Livestock Farming in Europe.

FAL Agricultural Research, Sonderh. 226, 1-3

HARTUNG, J., u. R. T. WHYTE (1994):

Erfassung und Bewertung von Luftverunreinigungen in der Nutztierhaltung.

Atemwegs-Lungenkrh. 20, 17-25

HEIDER, G. (1972):

Vorbeugender Gesundheitsschutz in der industriellen Geflügelproduktion.

VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1972

HILLIGER, H.G. (1969):

Zusammenhänge zwischen Staub und Bakteriengehalt der Stallluft

Wien. Tierärztliche Mschr. 56, 148-150

HILLIGER, H.G. (1976):

Mikroorganismen als hygienischer Faktor der Stallluft.

Forum Umwelt Hygiene, 2.(27.) Jahrgang, April 4/76

HILLIGER, H.G. (1991):

Emissionen von Staub und Keimen aus Ställen.

Dtsch. tierärztliche Wschr., 98, 257-261

HIRST, J.M. (1995):

Bioaerosols: Introduction, Retrospect and Prospect. In: Bioaerosols Handbook. Ed. by COX, C.S., C.M. WHATES, Lewis Publishers, Boca Raton, London, Tokyo, pp 5–14.

HURTIENNE, M. (1967):

Vergleiche zwischen mehreren Verfahren zur Bestimmung des Keimgehaltes der Stallluft unter verschiedenen Bedingungen.

Berlin, Freie Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

JAGER, E. und C. ECKRICH (1996):

Hygienische Aspekte der Bioabfallkompostierung aus humanmedizinischer Sicht.

Anlage Fachgespräch „Keimbelastung in der Umgebung von Kompostierungsanlagen“. Fulda (1996)

zit. nach DIEHL, K. und R. HOFMANN

JAGER, D. und X. BAUR (1991):

Berufsbedingte bronchopulmonale Erkrankungen.

In: Nolte, D. (Hrsg.): Manuale pneumologicum. Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle, Deisenhofen

JARNYCH, V.S. (1976):

Aerosole in der Veterinärmedizin.

VEB, Deutscher Landwirtschaftsverlag

JENSEN, P.A., WILLIAM, F.T., GREGG, N.D. UND PASQUALE, V.S. (1992):

Evaluation of Eight Bioaerosol Samplers Challenged with Aerosols of Free Bacteria.

Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 53 (10), 660-667

JONES, B.L., u. J.T. COOKSON (1983):

Natural atmospheric microbial conditions in a typical suburban area.

Appl. Environ. Microbiol. 45, 919-934

zit. nach WEIßENFELS, D., u. P. A. SCHERER (1997)

KANZ, E., u. C. KANZ (1986)

Die Praxis der Krankenhaushygiene - Gestern und Heute, 8. Folge.

Hyg. u. Med. 11, 25-31

KÄMPFER; P., u. W.D. WEIßENFELS (1997):

Luftgetragene Mikroorganismen in Abfallbehandlungsanlagen.

Fachgruppe Mikrobiologie der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie

e.V. VAAM Lieskau, 1997

KIEFER, S. (1992):

Leistungsvergleich verschiedener Keimsammler zum Nachweis luftgetragener Bakterien.

Univ. Stuttgart-Hohenheim, Agr. Fak., Diss.

KÖSTERS, J. (1984):

Die Geflügelhalterlunge.

Dtsch. Geflügelw. Schweineprod. 2, 35

KUTZNER, H. J., u. A. KEMPF (1994):

Emission von Actinomyceten-Sporen in Kompostwerken und anderen Müll verarbeitenden Anlagen.

Bericht des 5. Hohenheimer Seminars (1994). Nachweis und Bewertung von Keimemissionen bei der Entsorgung von kommunalen Abfällen sowie spezielle Hygieneprobleme der Bioabfallkompostierung.

Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V., 76-99

zit. nach MISSEL, 1999

LUTZ, B. (1983):

Adsorption von luftgetragenen Viruspartikeln an organische und anorganische Trägersubstanzen der Stallluft.

Gießen, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

MATTHES, S. (1979):

Art und Zusammensetzung der Luftverunreinigungen in der Nutztierhaltung und ihre Wirkung in der Stallumgebung.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 86, 253-292

MAY, K. R. (1969):

Prolongation of microbiological air sampling by a monolayer on agar gel.

Appl. Environ. Microbiol. 18, 513-514

MAY, K. R., H. A. DRYETT u. L. P. PACKMAN (1969):

Toxicity of open air to a variety of microorganisms.

Nature 221, 1146-1147

MERRETTIG-BRUNS, U. (1997):

Medizinische Relevanz luftgetragener Mikroorganismen im Bereich der Abfallbehandlung und- sortierung.

In: KÄMPFER; P. und W.D. WEIßENFELS: Luftgetragene Mikroorganismen in Abfallbehandlungsanlagen. Fachgruppe Mikrobiologie der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie e.V. VAAM Lieskau, 1997, S.103-132

MISSEL, T. (1999):

Biologische und physikalische Charakterisierung luftgetragener Partikel an Arbeitsplätzen in der Abfallwirtschaft.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

MÖHLE, R. (1998):

Anwohnerschutz bei Intensivtierhaltungen unter dem Gesichtspunkt möglicher Gesundheitsgefahren.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 105, 220-224

MÜLLER, W. (1987):

Origin, quantity and quality of microbial emissions in animal houses.

Dust and microbial emissions from animal production.

In: STRAUCH, D. (ed.): Animal production and environmental health. Elsevier Sci. Pub. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo

MÜLLER, W., u. J. KÖSTERS (1971):

Ein modifizierter Schlitzsammler zur Luftkeimzahlbestimmung in Nutztierställen.

Wiener tierärztl. Mschr. 58, 211-213

MÜLLER, W., u. E. GÄRTTNER (1974):

Ein tragbarer Schlitzsammler zur Luftkeimzahlbestimmung in Nutztierställen.

Berl. Münchn. tierärztl. Wschr. 87, 46-49

MÜLLER, W., u. P. WIESER et al. (1978):

Zur Frage der Ausbreitung von Luftkeimen aus Tierställen.

Zbl. Vet. Med. B 25, 216-224

MÜLLER, W., u. P. WIESER. (1987):

Dust and microbial emissions from animal production.

In: STRAUCH, D. (ed.): Animal production and environmental health. Elsevier Sci. Pub.

Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo

NÄVEKE, R., u. K.-P. TEPPER (1979):

Einführung in die mikrobiologischen Arbeitsmethoden.

G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York

PAHL, O., V.R. PHILLIPS, J. LACEY, J. HARTUNG u. C.M. WHATES (1997):

Comparison of commonly used samplers with a novel bioaerosol sampler with automatic plate exchange.

J. aerosol Sci. 28, 427-435

PLATZ, S. (1979):

Menge und Ausbreitung von aus Geflügelställen emittierten Bakterien und die durch sie verursachte Kontamination der Umwelt.

Berl. tierärztl. Wschr. 92, 297-301

PLATZ, S., S. MATTHES u. H.-CH. LÖLIGER (1979):

Untersuchungen zur Keimemission aus Geflügelintensivhaltungen und zur Tenazität von Bakterien in verschiedenen Bodenarten.

Wien. tierärztl. Monatsschr. 66. Jahrgang Heft 4

RIETSCHER, E. T. (1999):

Bakterielle Endotoxine: Chemische Konstitution und biologische Wirkung

Westdt. Verlag, Opladen

ROLLE, M., u. A. MAYR (1993):

Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre.

6. überarbeitete Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

ROTTER, M., W. KOLLER, H. FLAMM, W. RESCH u. J. SCHEDING (1973):

Sampling of airborne bacteria by Gelatine Filters in an Automatic Sampler.

In: Hers, J. F. u. K. C. Winkler (eds.) Airborn transmission and airborn infection. Oosthoek Publishing Company, Utrecht, The Netherlands, 1973

ROTTER, M. (1976):

Bestimmung der Luftkeimzahl im pharmazeutischen und klinischen Bereich.

Pharm. Ind. 38, Nr. 2a, 122-127

RÜDEN, H., u. H.J. MORISKE (1991):

Bau- und Wohnungshygiene – Mikrobiologische Noxen.

In: Gundermann, K.O.; Rüdén, H.; Sonntag, H.G. (eds.) „Lehrbuch der Hygiene“. G. Fischer Verlag, Stuttgart, 219-222.

RYLANDER, R. (1986):

Lung diseases caused by organic dusts in the farm environment.

Am. J. Ind. Med 10, No 3, 221-227

RYLANDER, R. (1987):

The role of endotoxin for reactions after exposure to cottondust.

Am. J. Ind. Med. 12, 687-697

RYLANDER, R., K. ANDERSSON, L. BELIN, G. BERGLUND, R. BERGSTRÖM, L.

HANSON, M. LUNDHOLM u. I. MATTSBY (1977):

Studies on humans exposed to airborne sewage sludge.

Schweiz. med. Wschr. 107, 182-184

RYLANDER, R., u. Y. PETERSON (1990):

Organic dusts and lung diseases.

Am. J. Ind. Med. 17, 147-148

SALLE, A. J. (1948):

Fundamental principles of bacteriology.

Mc Graw-Hill Book

SARIKAS, G. (1976):

Untersuchungen über Keim- und Staubemissionen aus Geflügelställen.

Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.

SCHIEK, W. (1998):

Keimmessung in der Umgebung einer Hühnermastanlage.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 105, 246

SCHMIDT, R., u. S. HOY (1996):

Untersuchungen zur Staubemission aus Geflügelintensivhaltungen

Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 109, 95-100

SEEDORF, J., u. J. HARTUNG (2001):

Ein Vorschlag für die Berechnung staubförmiger Partikelemissionen aus Ställen der Nutztierhaltung.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 108, 307-310

SEEDORF, J., J. HARTUNG, M. SCHRÖDER, K.-H. LINKERT, S. PEDERSEN, H. TAKAI, J. O. JOHNSEN, J. H. M. METZ, P. W. G. GROOT KOERKAMP, G. H. UENK, V. R. PHILIPPS, M. R. HOLDEN, R. W. SNEATH, J. L. SHORT, R. P. WHITE u. C. M. WATHES (1998):

Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe.

J. agric. Engng. Res. 70, 97-109

SENKPIEL, K., u. H. OHGKE (1992):

Beurteilung der „Schimmelpilz“-Sporenkonzentration in der Innenraumluft und ihre gesundheitlichen Auswirkungen, Festlegung eines Erfahrungsrichtwertes.

Gesundheits-Ingenieur-Haustechnik-Bauphysik-Umwelttechnik 113, Heft 1

SPROCKHOFF, H. (1979):

Die Überlebensfähigkeit bestimmter Krankheitserreger unter Umwelteinflüssen.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 86, 33-36

STALDER, K. (1993):

Gesundheitsgefährdung durch Schimmelpilze und Actinomyceten,

In: Stalder, K., Verkoyen, C.: Gesundheitsrisiken bei der Entsorgung kommunaler Abfälle, Beiträge zu einem Symposium des Zentrums Umwelt- und Arbeitsmedizin der Universität Göttingen am 28. und 29. Juni 1993, Die Werkstatt GmbH, 145-155

STALDER, K (1994):

Infektions- und Allergisierungsmöglichkeiten durch Keimemissionen aus kommunalen Abfällen.

5. Hohenheimer Seminar – Nachweis und Bewertung von Keimemissionen bei der Entsorgung von kommunalen Abfällen, 5.-6.10.94 in Stuttgart-Hohenheim, 128-140

TAKAI H., S. PEDERSEN, J. O. JOHNSEN, J. H. M. METZ, P. W. G. GROOT KOERKAMP, G. H. UENK, V. R. PHILIPPS, M. R. HOLDEN, R. W. SNEATH, J. L. SHORT, R. P. WHITE, J. HARTUNG, J. SEEDORF, M. SCHRÖDER, K.-H. LINKERT, S. PEDERSEN, u. C. M. WATHES (1998):

Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe.

J. agri. Engng. Res. 70, 59-77

Technische Anleitung Luft -TA Luft-,

in der vom Bundeskabinett am 26.06.2002 beschlossenen Fassung

TRBA 430 (2001):

Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz.

BArbBl. 8/2001

TRGS 908-14 (1998):

Begründung zur Bewertung von Stoffen der TRGS 907.

14. Strahlenpilzhaltiger Staub (BArbBl. 1/98 S. 52)

VAN EIMERN, J., u. H. HÄCKEL (1979):

Wetter- und Klimakunde.

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

VDI – Richtlinie 3471 (1986):

Emissionsminderung Tierhaltung Schweine

VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf

VDI – Richtlinie 3472 (1986):

Emissionsminderung Tierhaltung Hühner

VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf

VDI – Richtlinie 3473 (1994):

Emissionsminderung Tierhaltung Rinder, Entwurf

VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf

VDI – Richtlinie 3474 (2001):

Emissionsminderung Tierhaltung, Entwurf

VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf

WANNER, H. U., u. A. DEUBER (1969)

Methodische Untersuchungen zum Nachweis von Bakterien in der Luft.

Arch. Hyg. 153, 316-325

WEIßENFELS, W. D., u. P. A. SCHERER. (1997):

Vorkommen luftgetragener Mikroorganismen; In: KÄMPFER; P. u. W. D. WEIßENFELS:  
Luftgetragene Mikroorganismen in Abfallbehandlungsanlagen.

Fachgruppe Mikrobiologie der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie  
e.V. VAAM Lieskau, 1997, S. 11-42

WIESNER, E., u. R. RIBBECK (1991):

Wörterbuch der Veterinärmedizin.

3. neu bearbeitete Auflage, Gustav Fischer Verlag

WIESMANN, E. (1978):

Medizinische Mikrobiologie.

2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart

ZUCKER, B.-A., u. W. MÜLLER (2000):

Untersuchungen zum Luftkeimhaushalt in Tierställen. 3. Mitteilung: Beziehungen zwischen  
einatembarem Endotoxin, einatembarem Staub und luftgetragenen Bakterien in einer  
Legehennenbatterie.

Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 113, 279-283

# ANHANG I

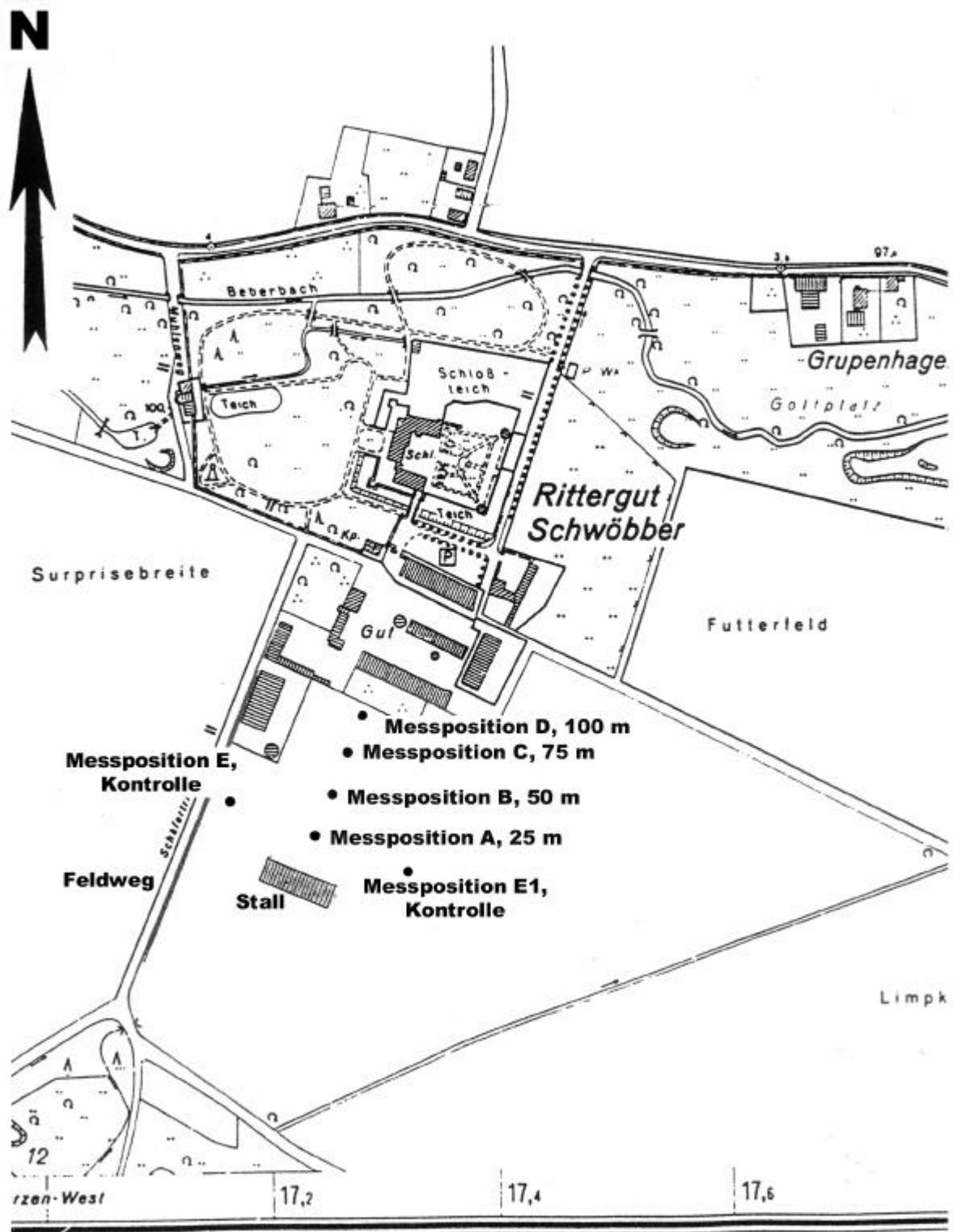


Abb. 1: Messpositionen am 08.05., 22.05., 30.05., 11.06., 14.06. (Messpositionen A-E) und am 26.06. (Messpositionen A-E1) in nordöstlicher Richtung, wie eingezeichnet; Messpositionen am 17.05. und 20.06.2001 (A-E) in südwestlicher Richtung, nicht eingezeichnet  
M. ca. 1:5000

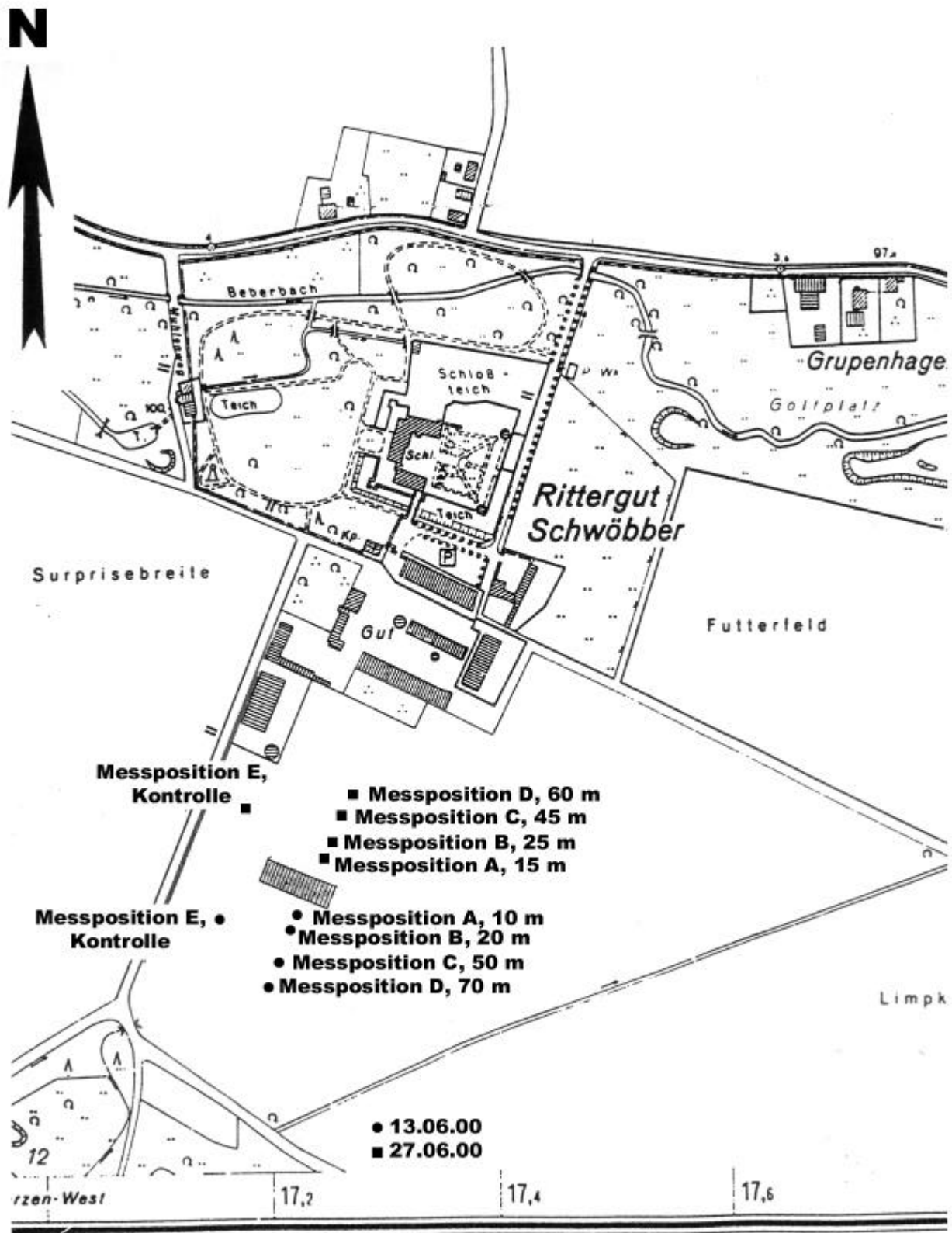


Abb. 2: Messpositionen am 13.06. und 27.06.2000

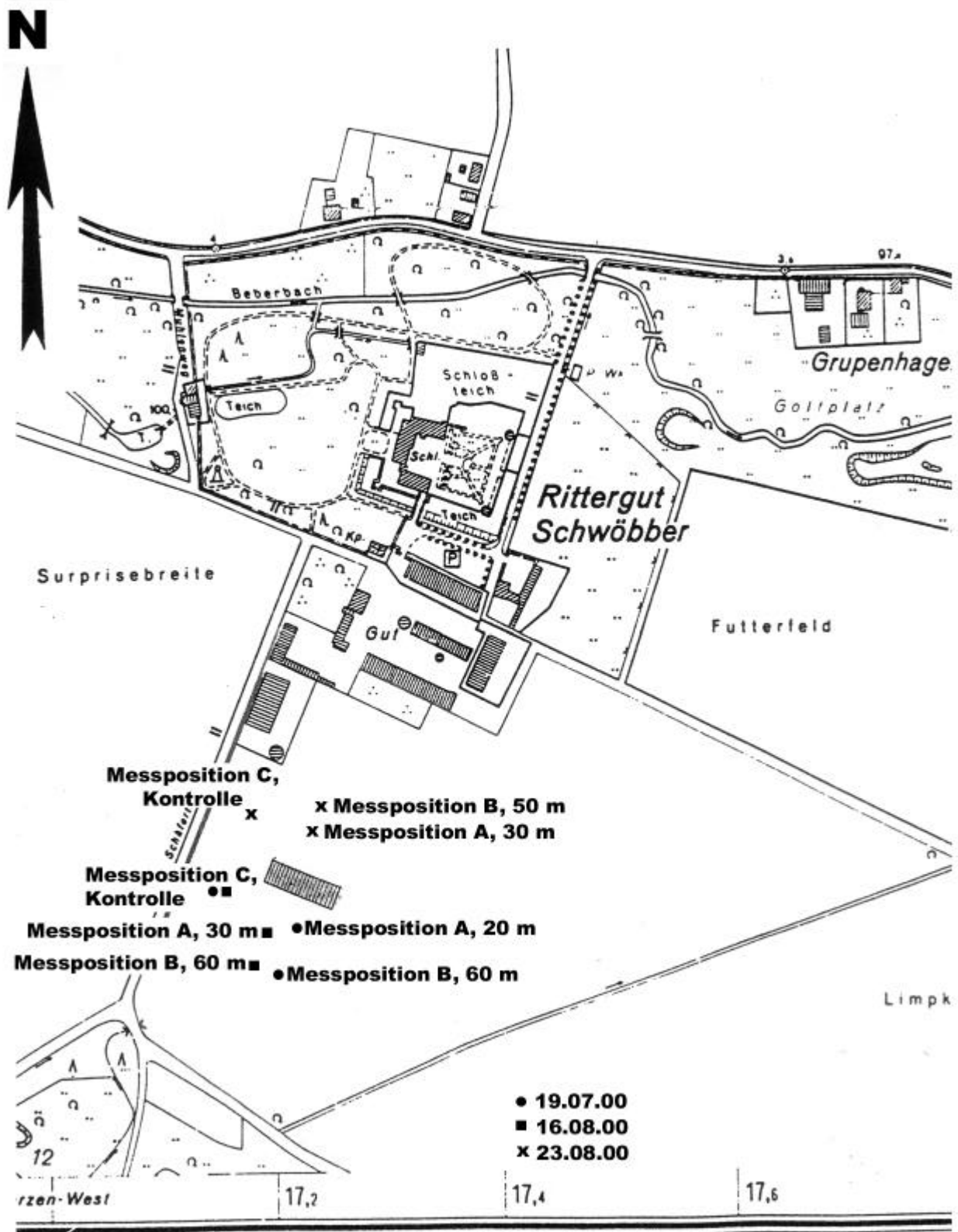


Abb. 3: Messpositionen am 19.07., 16.08. und am 23.08.2000 (Impingement)

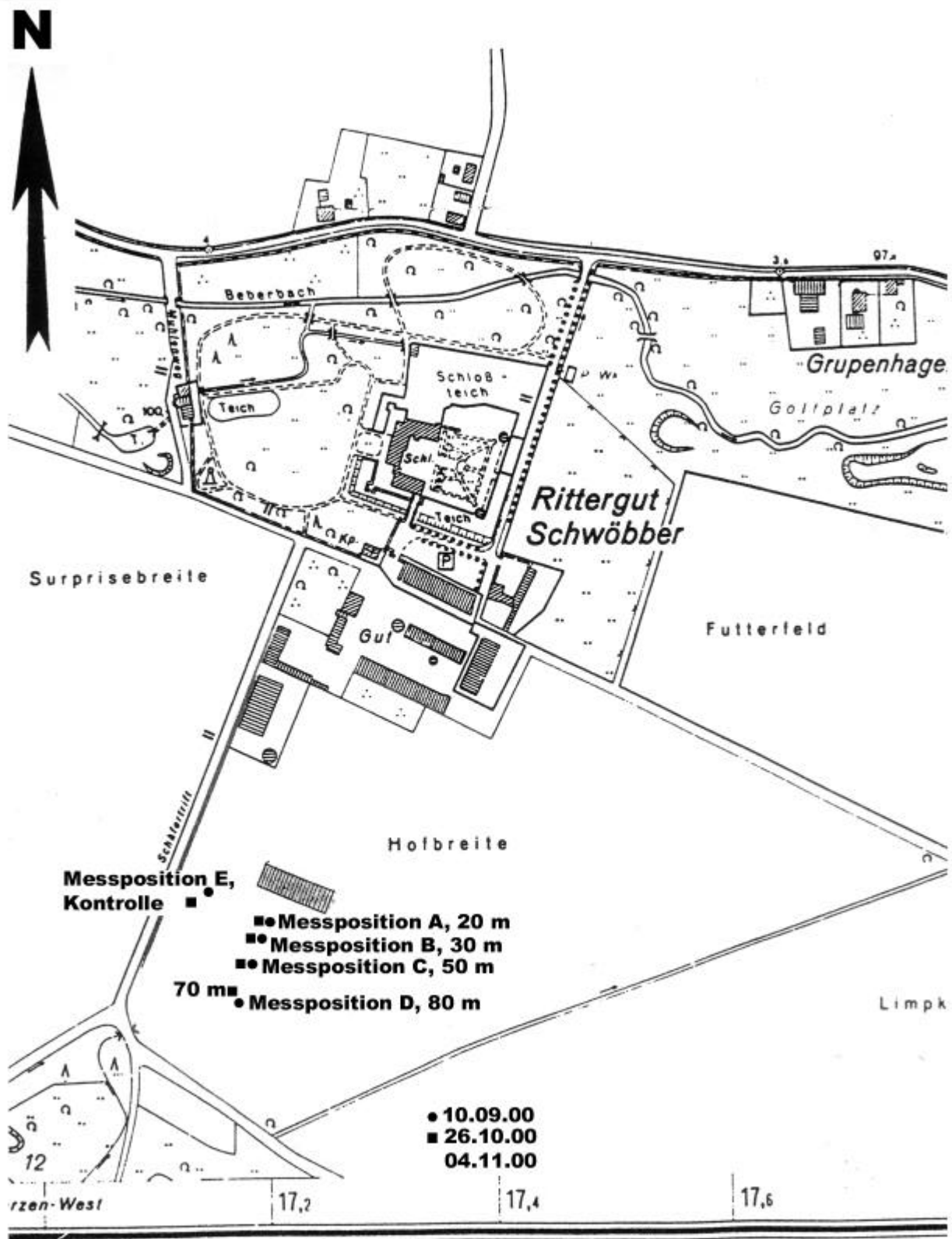


Abb. 4: Messpositionen am 10.09., 26.10. und 4.11.2000

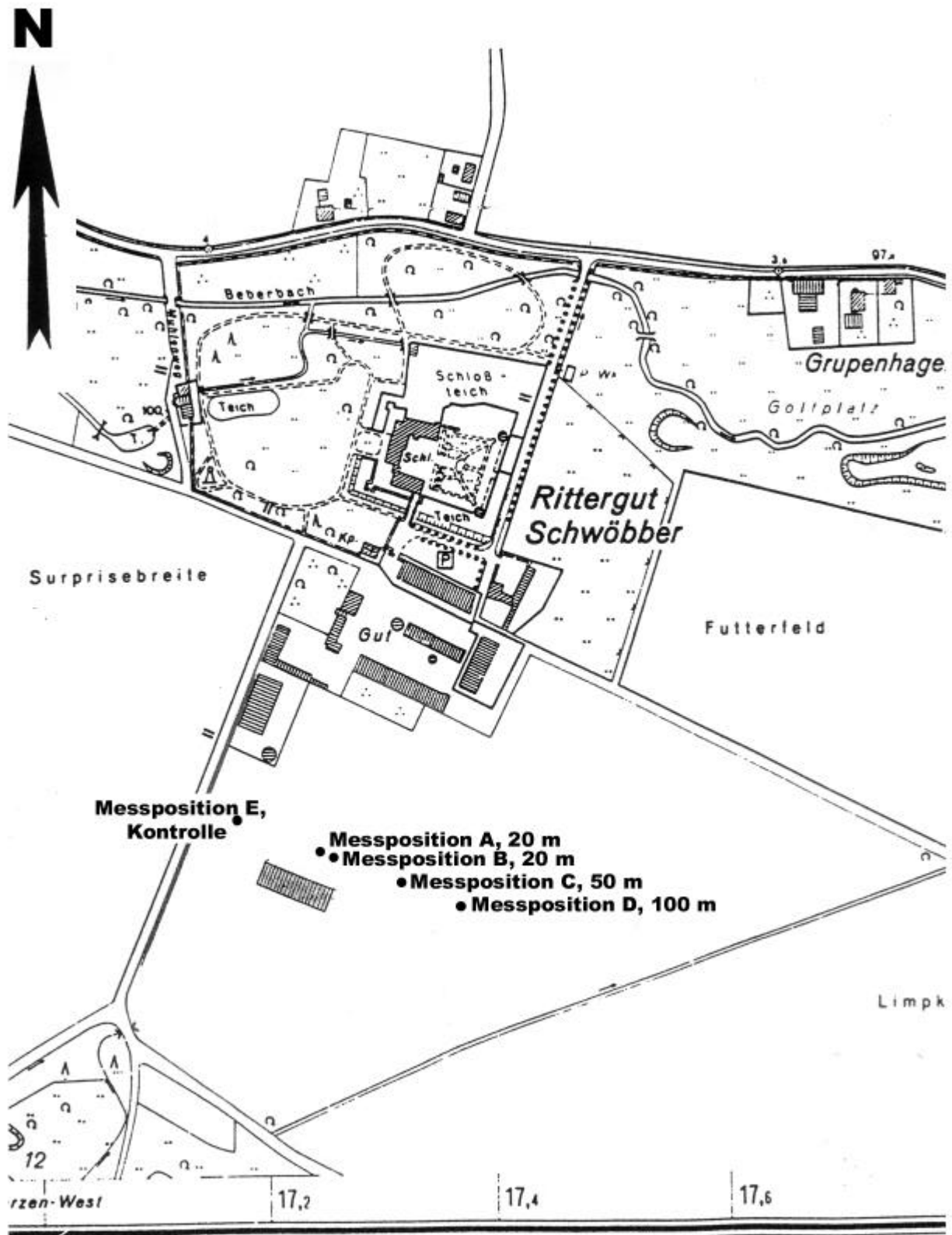


Abb. 5: Messpositionen am 27.11., 05.12. und 14.12.2000

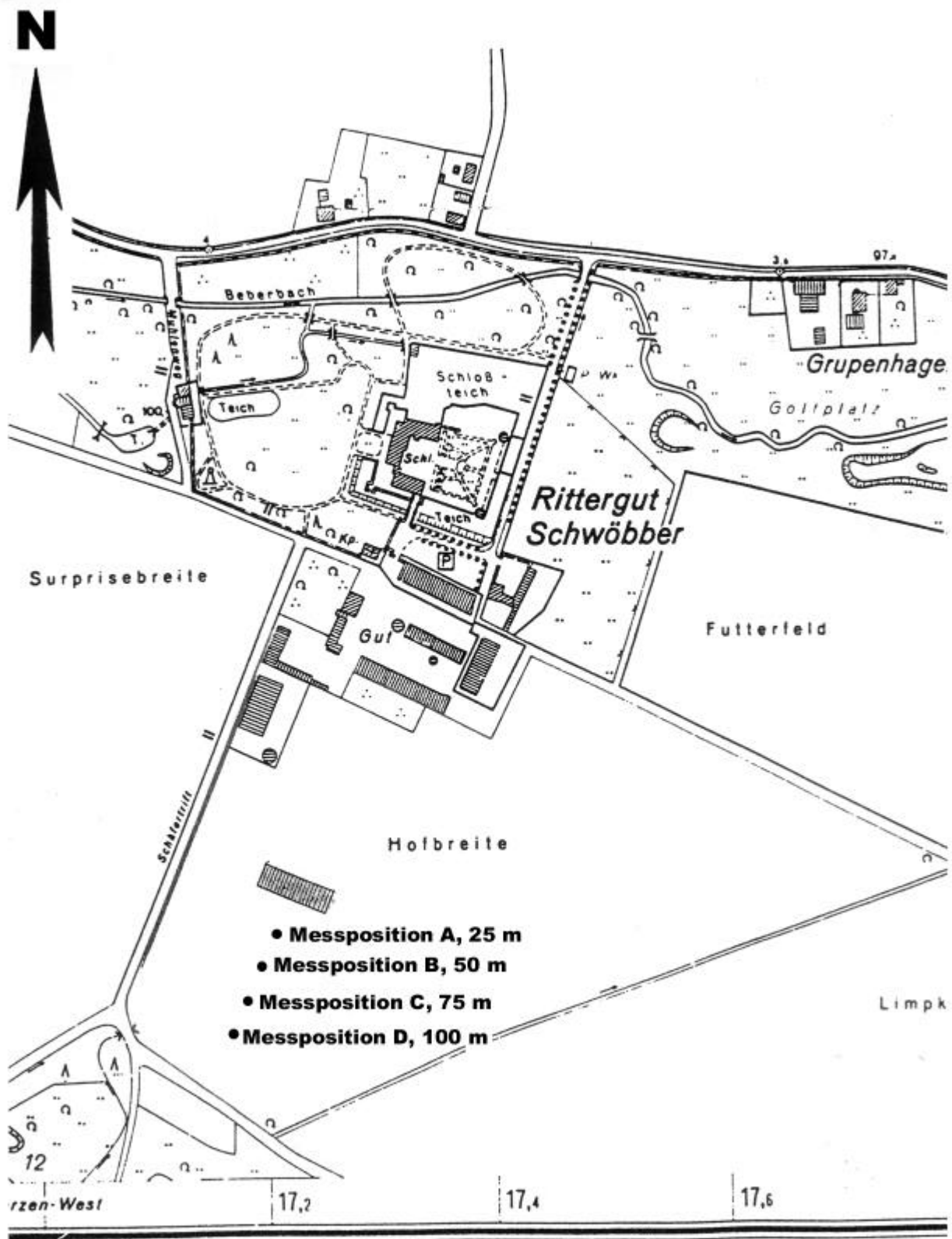


Abb. 6: Messpositionen am 11.01., 21.01. und am 25.01.2001

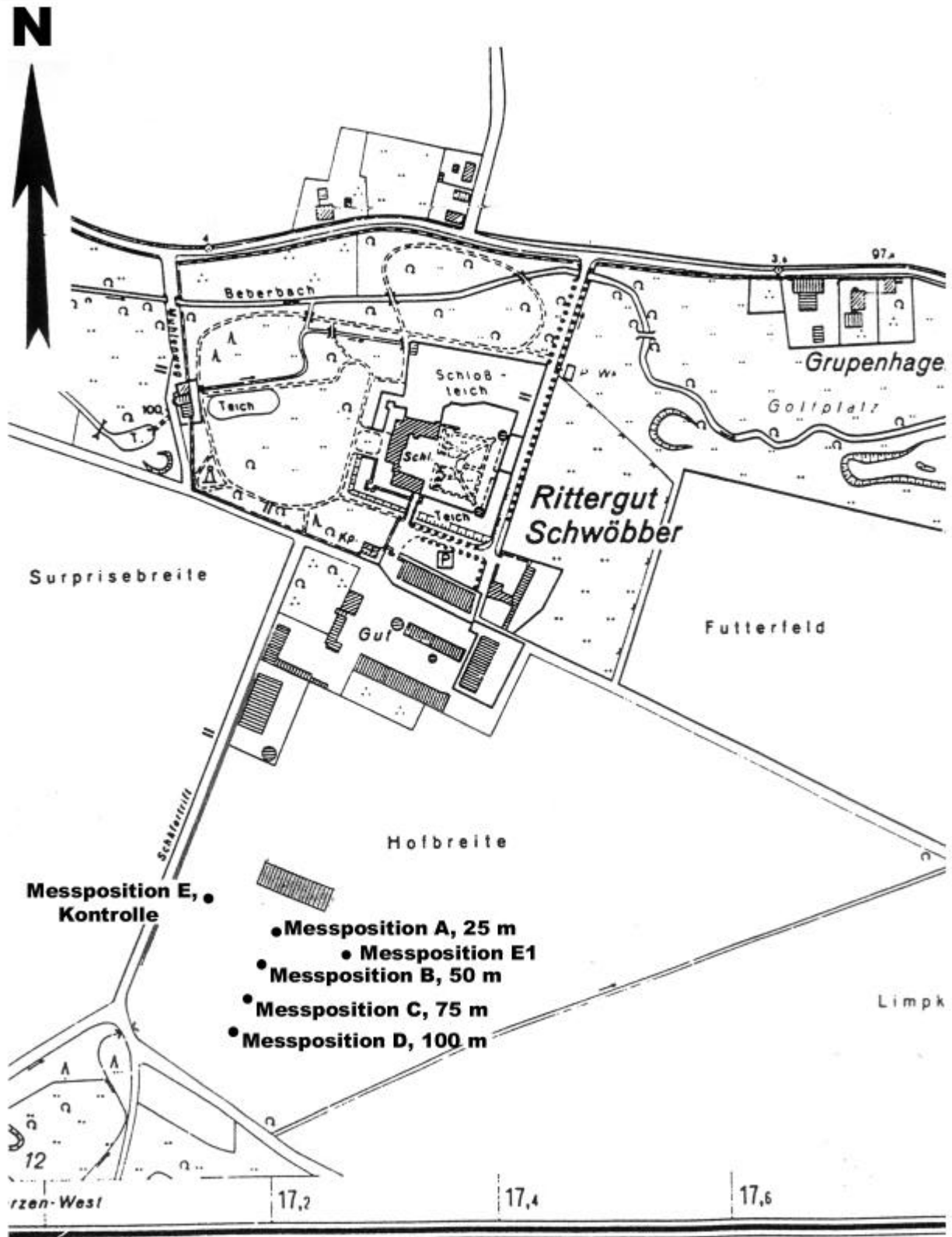


Abb. 7: Messpositionen am 08.02. und 13.02. (mit Stalleinfluss: A -E in südwestlicher Richtung wie eingezeichnet, ohne Stalleinfluss: A -D in nordöstlicher Richtung, nicht eingezeichnet) sowie am 27.02.2001 (ohne Stalleinfluss: A -D und E1 in südwestlicher Richtung wie eingezeichnet, mit Stalleinfluss: A-D in nordöstlicher Richtung, nicht eingezeichnet)

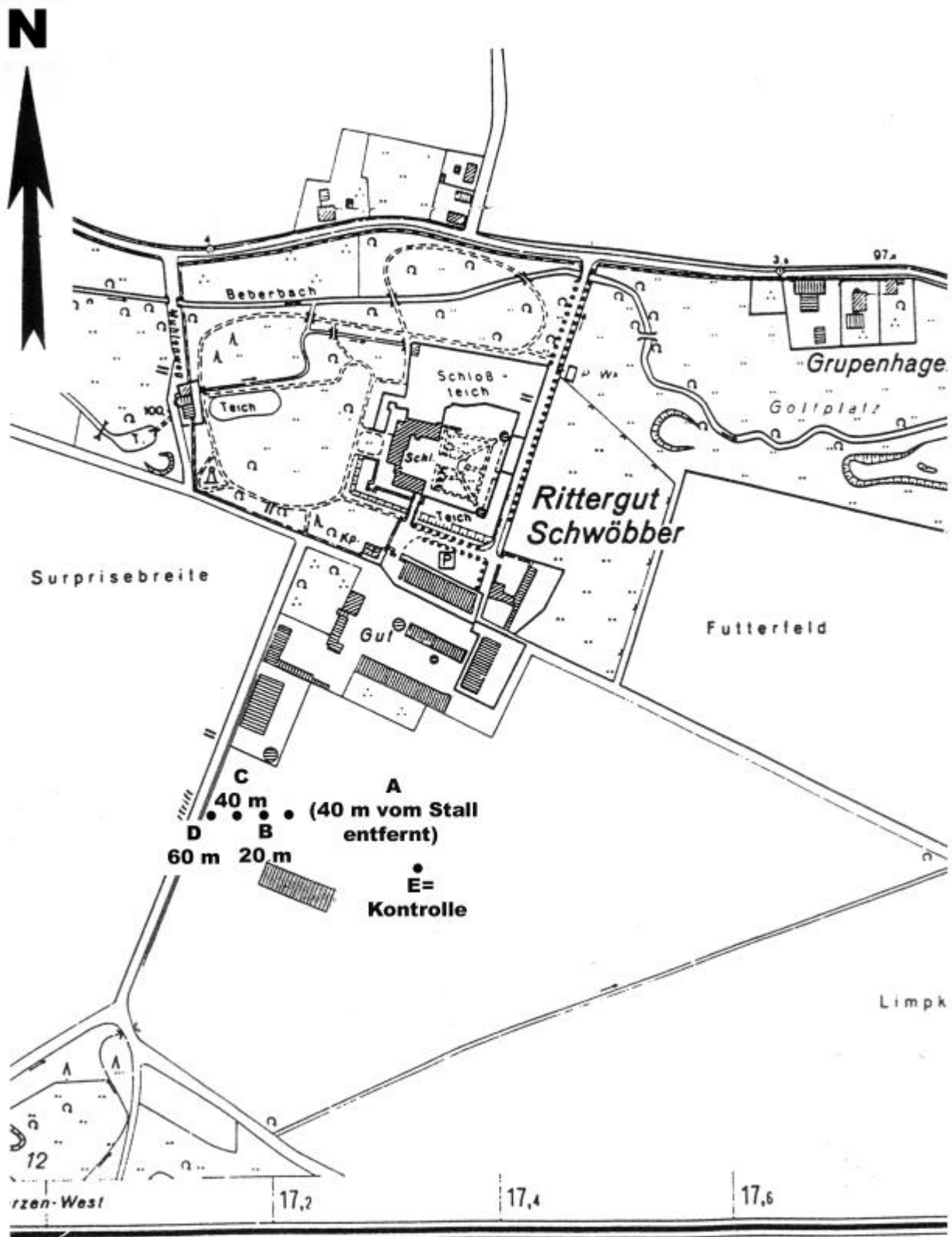


Abb. 8: Messpositionen am 03.07., 06.07.2001 (A-E in nördlicher Richtung, wie eingezeichnet) und am 10.07.2001 (A-E in südlicher Richtung, nicht eingezeichnet)

## ANHANG II

Tab. 1: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 8.05.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	n.n.	282	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	42
A	0,70	2778	275	n.n.	275	n.n.	n.n.	11
B	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12
B	0,70	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	21
C	1,30	545	268	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
C	0,70	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
D	1,30	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	23
D	0,70	275	n.n.	n.n.	558	n.n.	n.n.	5
E	1,30	1081	268	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25
E	0,70	833	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	19
A1	1,30	275	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	38
A1	0,70	275	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	36
B1	1,30	n.n.	268	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	3
B1	0,70	275	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
C1	1,30	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	21
C1	0,70	n.n.	275	n.n.	275	n.n.	n.n.	10
D1	1,30	275	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
E1	1,30	275	558	n.n.	275	n.n.	n.n.	14
E1	0,70	262	532	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.

n.n.: nicht nachweisbar

n.a.: nicht auswertbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab. 2: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 17.05.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	268	4333	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	18
A	0,70	1894	5146	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
B	1,30	n.n.	3892	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
B	0,70	275	5833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	7
C	1,30	275	2500	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	558	4442	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D	1,30	n.n.	5558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	19
D	0,70	n.n.	7225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
E	1,30	275	5000	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
E	0,70	558	2225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
A1	1,30	750	4545	n.n.	n.n.	n.n.	825	31
A1	0,70	1523	3023	n.n.	2273	n.n.	n.n.	n.n.
B1	1,30	n.n.	3325	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	22
B1	0,70	5825	2500	825	825	n.n.	n.n.	87
C1	1,30	n.n.	3023	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	28
C1	0,70	n.n.	3023	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	48
D1	1,30	n.n.	6250	n.n.	688	n.n.	n.n.	38
D1	0,70	n.n.	4854	n.n.	688	n.n.	n.n.	16
E1	1,30	1117	2217	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25
E1	0,70	550	3883	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15

n.n.: nicht nachweisbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab. 3: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 22.05.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	n.n.	1667	n.n.	n.n.	n.n.	303	9
A	0,70	n.n.	813	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
B	1,30	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,70	545	545	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	9
C	1,30	833	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
C	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	1,30	1108	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	262	262	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	17
E	1,30	558	1392	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
E	0,70	275	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
A1	0,70	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.	303	n.n.
B1	1,30	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12
B1	0,70	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
C1	1,30	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	22
C1	0,70	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	1,30	n.n.	275	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	1392	1392	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	24
E1	1,30	n.n.	833	n.n.	558	n.n.	n.n.	6
E1	0,70	1709	573	n.n.	282	n.n.	n.n.	5

n.n.: nicht nachweisbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab 4: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 30.05.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	1942	1108	n.n.	275	n.n.	614	10
A	0,70	4442	833	n.n.	275	n.n.	n.n.	16
B	1,30	833	1392	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	7
B	0,70	1392	6942	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
C	1,30	275	1392	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	9
C	0,70	262	1849	n.n.	262	n.n.	n.n.	6
D	1,30	1667	833	n.n.	n.n.	n.n.	303	32
D	0,70	7775	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	32
E	1,30	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	19
E	0,70	833	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
A1	1,30	2775	1392	n.n.	275	n.n.	614	29
A1	0,70	7225	1392	n.n.	n.n.	n.n.	614	62
B1	1,30	275	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
B1	0,70	3892	3608	n.n.	n.n.	275	n.n.	10
C1	1,30	1108	1667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	18
C1	0,70	275	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.	15
D1	1,30	3058	2225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	9167	1667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	29
E1	1,30	275	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	23
E1	0,70	1108	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	17

n.n.: nicht nachweisbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab. 5: Keimkonzentrationen ( KBE/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 13.06.2000

Mess- position	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Entero- bakterien	Mesophile Pilze	Thermot. Pilze	Staphylo- kokken	Strepto- kokken	Mesophile Aktinomyzeten	Thermot. Aktinomyzeten
A	1,30	3385	n.n.	1563	n.n.	1823	781	573	n.n.
A	0,70	27688	n.n.	3495	n.n.	2419	n.n.	2292	n.n.
B	1,30	10484	n.n.	2151	269	538	403	n.n.	n.n.
B	0,70	29435	n.n.	806	n.n.	269	n.n.	296	n.n.
C	1,30	1897	n.n.	3252	n.n.	1355	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	n.n.	n.n.	5278	n.n.	278	n.n.	n.n.	n.n.
D	1,30	1626	n.n.	1355	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	833	n.n.	1389	n.n.	n.n.	n.n.	305	n.n.
E	1,30	555	n.n.	1111	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	556	n.n.	1667	n.n.	556	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	29839	n.n.	1075	n.n.	1344	n.n.	1774	n.n.
A1	0,70	33065	n.n.	2419	n.n.	538	n.n.	1183	n.n.
B1	1,30	18889	n.n.	1944	n.n.	n.n.	n.n.	305	n.n.
B1	0,70	9167	n.n.	2500	n.n.	n.n.	n.n.	611	n.n.
C1	1,30	1389	n.n.	1111	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1	0,70	1111	n.n.	2500	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	1,30	813	n.n.	1084	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	278	n.n.	1389	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	1,30	1389	n.n.	1389	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	0,70	833	n.n.	555	n.n.	417	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Thermot.: Thermotolerante

Tab. 6: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 27.06.2000

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Eba.	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Thermotolerante Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	2083	n.n.	1042	n.n.	521	n.n.	n.n.	n.n.	42
A	0,70	7143	n.n.	2976	n.n.	2381	n.n.	295	n.n.	45
B	1,30	13281	n.n.	3646	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	36
B	0,70	31250	n.n.	4808	n.n.	2404	267	n.n.	n.n.	81
C	1,30	9050	n.n.	5279	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	43
C	0,70	29412	n.n.	5022	n.n.	478	n.n.	263	n.n.	26
D	1,30	8095	n.n.	3810	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	28
D	0,70	n.n.	n.n.	8333	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
E	1,30	855	n.n.	1994	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11
E	0,70	556	n.n.	3056	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
A1	1,30	15000	n.n.	833	n.n.	3333	278	306	n.n.	25
A1	0,70	30278	n.n.	1667	278	2222	n.n.	n.n.	n.n.	25
B1	1,30	n.a.	n.n.	1111	n.n.	556	n.n.	306	n.n.	19
B1	0,70	1944	n.n.	833	n.n.	n.n.	278	611	n.n.	26
C1	1,30	1111	n.n.	2500	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
C1	0,70	5556	n.n.	4167	n.n.	1667	278	n.n.	n.n.	17
D1	1,30	269	n.n.	2688	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	38
D1	0,70	2688	n.n.	6720	n.n.	n.a.	n.n.	887	n.n.	7
E1	1,30	2778	n.n.	1944	n.n.	278	n.n.	n.n.	n.n.	12
E1	0,70	1944	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	24

n.n.: nicht nachweisbar

Eba.: Enterobakterien

n.a.: nicht auswertbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab. 7: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messposition A bis D und der Kontrollposition E am 11.06.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	5558	2225	n.n.	6667	n.n.	n.n.	16
A	0,70	5556	855	n.n.	5128	n.n.	n.n.	11
B	1,30	8829	1991	n.n.	3846	n.n.	n.n.	14
B	0,70	6098	3797	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	32
C	1,30	n.n.	3333	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	13
C	0,70	3521	1894	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	19
D	1,30	3333	6392	n.n.	275	n.n.	n.n.	25
D	0,70	1392	4442	n.n.	275	n.n.	n.n.	21
E	1,30	558	4442	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	18
E	0,70	1081	2707	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	1392	2225	275	558	n.n.	n.n.	5
A1	0,70	2381	794	n.n.	2913	n.n.	n.n.	19
B1	1,30	1392	2775	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25
B1	0,70	1392	2225	275	15000	1667	n.n.	25
C1	1,30	1392	1942	n.n.	n.n.	n.n.	303	20
C1	0,70	1894	1081	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
D1	1,30	3520	2707	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	9
D1	0,70	545	1626	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	1,30	1108	2500	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	0,70	794	3175	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab. 8: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 14.06.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	1942	833	n.n.	275	n.n.	n.n.	14
A	0,70	9167	1667	n.n.	275	n.n.	n.n.	12
B	1,30	2500	4442	275	1108	n.n.	n.n.	24
B	0,70	3892	4442	n.n.	1667	275	n.n.	35
C	1,30	282	2564	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
C	0,70	833	5000	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	25
D	1,30	275	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D	0,70	1108	3058	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.
E	1,30	1232	4009	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	16
E	0,70	282	1137	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	16
A1	1,30	558	2775	n.n.	275	n.n.	n.n.	9
A1	0,70	833	2775	n.n.	275	n.n.	n.n.	12
B1	1,30	2500	2775	n.n.	558	n.n.	n.n.	37
B1	0,70	8333	3892	n.n.	275	275	n.n.	n.a.
C1	1,30	833	2225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.
C1	0,70	275	2775	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
D1	1,30	833	1667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D1	0,70	n.n.	4725	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	13
E1	1,30	1082	3520	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11
E1	0,70	n.n.	1942	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6

n.n.: nicht nachweisbar

n.a.: nicht auswertbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab. 9: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 20.06.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	833	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.
A	0,70	1108	5000	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	1,30	558	1667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
B	0,70	2439	6772	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
C	1,30	558	5275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	558	7500	n.n.	275	n.n.	n.n.	10
D	1,30	n.n.	9167	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	1942	8058	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	1081	1081	n.n.	1358	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	275	4167	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	32
A1	1,30	275	3608	n.n.	558	n.n.	n.n.	7
A1	0,70	1108	3892	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.
B1	1,30	545	1626	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B1	0,70	833	3333	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	18
C1	1,30	275	6942	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11
C1	0,70	268	9211	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	18
D1	1,30	n.n.	10833	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	558	17775	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15
E1	1,30	n.n.	7225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E1	0,70	268	6236	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.a.

n.n.: nicht nachweisbar

n.a.: nicht auswertbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab.10: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 26.06.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	2282	2282	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
A	0,70	558	4442	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	1,30	3608	18608	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	29
B	0,70	6942	27500	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	42
C	1,30	n.n.	3892	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	n.n.	20000	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	47
D	1,30	n.n.	13333	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	833	4167	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	n.n.	4725	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	833	4725	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
A1	1,30	275	9422	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	30
A1	0,70	558	6667	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.
B1	1,30	3333	7500	n.n.	6108	275	303	28
B1	0,70	4167	11667	n.n.	1108	n.n.	n.n.	58
C1	1,30	n.n.	5833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1	0,70	n.n.	11667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	1,30	833	3333	n.n.	n.n.	n.n.	303	7
D1	0,70	558	9725	275	n.n.	n.n.	n.n.	90
E1	1,30	n.n.	3058	n.n.	275	n.n.	n.n.	64
E1	0,70	268	8675	n.n.	n.n.	n.n.	295	7

n.n.: nicht nachweisbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab. 11: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 10.09.2000

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Enterobakterien	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Thermotolerante Aktinomyzeten
A	1,30	556	n.n.	2500	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.
A	0,70	8611	n.n.	1944	n.n.	32775	n.n.	n.n.	n.n.
B	1,30	2564	n.n.	3889	n.n.	1427	n.n.	310	n.n.
B	0,70	5278	n.n.	5000	n.n.	29167	n.n.	614	n.n.
C	1,30	570	n.n.	4274	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	2779	n.n.	5833	n.n.	1 083	n.n.	275	n.n.
D	1,30	2564	n.n.	3987	n.n.	573	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	1389	n.n.	5833	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.
E	1,30	285	n.n.	2564	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	0,70	n.a.	n.n.	2222	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	9167	n.n.	1111	n.n.	10558	n.n.	n.n.	n.n.
A1	0,70	11667	n.n.	3889	n.n.	12500	n.n.	275	n.n.
B1	1,30	3134	n.n.	3134	n.n.	17667	n.n.	310	n.n.
B1	0,70	12195	n.n.	4336	n.n.	14366	n.n.	n.n.	n.n.
C1	1,30	1355	n.n.	2168	n.n.	813	n.n.	295	n.n.
C1	0,70	570	n.n.	2279	n.n.	282	n.n.	n.n.	n.n.
D1	1,30	278	n.n.	4167	n.n.	1108	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	556	n.n.	4167	n.n.	558	n.n.	275	n.n.
E1	1,30	n.a.	n.n.	833	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.
E1	0,70	4722	n.n.	1944	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

n.a.: nicht auswertbar

A-E: 1. Messdurchgang

A1-E1: 2. Messdurchgang

Tab. 12: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 26.10.2000 (3 Messdurchgänge)

Mess- position	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	2775	1108	n.n.	2500	n.n.	n.n.	90
A	0,70	1108	1392	275	1108	n.n.	n.n.	5
B	1,30	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
B	0,70	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
C	1,30	2225	558	n.n.	558	n.n.	n.n.	20
C	0,70	1667	275	n.n.	275	n.n.	n.n.	6
D	1,30	558	833	n.n.	558	n.n.	n.n.	7
D	0,70	4725	833	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	558	2775	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	30
E	0,70	1667	1108	n.n.	833	n.n.	n.n.	24
A1	1,30	275	1942	275	n.n.	n.n.	n.n.	8
A1	0,70	417	558	n.n.	275	n.n.	n.n.	6
B1	1,30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
B1	0,70	275	558	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.
C1	1,30	275	1392	n.n.	1942	n.n.	n.n.	n.n.
C1	0,70	833	1942	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.
D1	1,30	558	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D1	0,70	833	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
E1	1,30	3058	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	33
E1	0,70	6392	1667	n.n.	558	n.n.	n.n.	39
A2	1,30	1667	2225	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
A2	0,70	833	558	275	275	n.n.	n.n.	5
B2	1,30	1942	558	n.n.	1667	n.n.	n.n.	7
B2	0,70	n.a.	2500	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	13
C2	1,30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
C2	0,70	n.n.	1108	n.n.	558	n.n.	n.n.	5
D2	1,30	1081	1358	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	22
D2	0,70	n.n.	1108	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
E2	1,30	558	1667	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	35
E2	0,70	3892	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	28

Tab. 13: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 04.11.2000 (3 Messdurchgänge)

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	n.a.	275	n.n.	275	n.n.	n.n.	18
A	0,70	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	1,30	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	22
B	0,70	833	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.	6
C	1,30	1667	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	41
C	0,70	4725	558	n.n.	833	n.n.	n.n.	22
D	1,30	833	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.	91
D	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E	1,30	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12
E	0,70	n.n.	275	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	10
A1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11
B1	1,30	558	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	28
B1	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	11
C1	1,30	558	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.	43
C1	0,70	2447	447	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	38
D1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	275	n.n.	n.n.	5
E1	1,30	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	19
E1	0,70	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A2	1,30	833	558	n.n.	1667	n.n.	n.n.	41
A2	0,70	833	833	n.n.	1392	n.n.	n.n.	12
B2	1,30	1358	545	n.n.	268	n.n.	n.n.	14
B2	0,70	545	268	n.n.	1081	n.n.	n.n.	34
C2	1,30	275	558	n.n.	275	n.n.	n.n.	31
C2	0,70	2171	268	n.n.	1894	n.n.	n.n.	32
D2	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	9
D2	0,70	n.n.	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
E2	1,30	n.n.	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
E2	0,70	1626	813	n.n.	268	n.n.	n.n.	9

Tab. 14: Keimkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A und B sowie der Kontrollposition C am 19.07.2000 (Impingement, 6 Messdurchgänge)

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Enterobakterien	Mesophile Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Thermot. Aktinomyzeten
A1.1.	0,70	4846	n.n.	1385	n.n.	4431	n.n.	n.n.	n.n.
C1.1.	0,70	138	n.n.	969	n.n.	n.n.	277	n.n.	n.n.
A1.2.	0,70	8966	n.n.	3905	n.n.	8532	145	132	n.n.
C1.2.	0,70	708	n.n.	3114	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1.3.	1,30	5785	n.n.	1880	n.n.	1157	n.n.	n.n.	n.n.
C1.3.	1,30	142	n.n.	1415	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B2.1.	0,70	415	n.n.	692	n.n.	831	n.n.	n.n.	n.n.
C2.1.	0,70	434	n.n.	2603	n.n.	145	n.n.	132	n.n.
B2.2.	0,70	289	n.n.	2169	n.n.	434	n.n.	n.n.	n.n.
C2.2.	0,70	295	n.n.	1182	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B2.3.	1,30	280	n.n.	1120	n.n.	420	n.n.	n.n.	n.n.
C2.3.	1,30	425	n.n.	991	142	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

Thermot.: Thermotolerante

Tab.15: Keimkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A und B sowie der Kontrollposition C am 16.08.2000 (Impingement, 6 Messdurchgänge)

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Enterobakterien	Mesophile Pilze	Thermot. Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Thermot. Aktinomyzeten
A1.1.	0,70	434	n.n.	5495	n.n.	n.n.	n.n.	132	n.n.
C1.1.	0,70	1012	n.n.	3905	n.n.	145	277	n.n.	n.n.
A1.2.	0,70	5237	n.n.	7785	n.n.	n.n.	n.n.	129	n.n.
C1.2.	0,70	n.n.	n.n.	4338	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1.3.	1,30	868	n.n.	4338	145	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1.3.	1,30	n.n.	n.n.	3037	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B2.1.	0,70	3760	n.n.	4483	n.n.	723	n.n.	n.n.	n.n.
C2.1.	0,70	708	n.n.	5237	n.n.	142	n.n.	n.n.	n.n.
B2.2.	0,70	4628	n.n.	6363	n.n.	145	n.n.	n.n.	n.n.
C2.2.	0,70	443	n.n.	3397	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B2.3.	1,30	290	n.n.	2748	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C2.3.	1,30	434	n.n.	7375	n.n.	145	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

Thermot.: Thermotolerante

Tab. 16: Keimkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A und B sowie der Kontrollposition C am 23.08.2000 (Impingement, 6 Messdurchgänge)

Mess- position	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Entero- bakterien	Mesophile Pilze	Thermot. Pilze	Staphyloken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Thermot. Aktinomyzeten
A1.1.	0,70	406	n.n.	812	n.n.	n.n.	135	n.n.	n.n.
C1.1.	0,70	271	n.n.	948	n.n.	271	n.n.	n.n.	n.n.
A1.2.	0,70	n.a.	n.n.	2078	n.n.	277	n.n.	n.n.	n.n.
C1.2.	0,70	278	n.n.	831	n.n.	138	n.n.	n.n.	n.n.
A1.3.	1,30	140	n.n.	1680	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1.3.	1,30	n.n.	n.n.	886	n.n.	n.n.	148	n.n.	n.n.
B2.1.	0,70	n.n.	n.n.	283	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C2.1.	0,70	678	n.n.	135	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B2.2.	0,70	425	n.n.	991	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C2.2.	0,70	n.n.	n.n.	566	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B2.3.	1,30	283	n.n.	849	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C2.3.	1,30	1274	n.n.	2123	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

n.a.: nicht auswertbar

Thermot.: Thermotolerante

Tab. 17: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 21.01.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	558	275	n.n.	k. A.	275	n.n.	13
A	0,70	n.n.	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	16
B	1,30	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
B	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	38
C	1,30	275	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
C	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
D	1,30	558	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
D	0,70	n.n.	268	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
A1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
A1	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
D1	1,30	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

A-D: 1. Messdurchgang

A1-D1: 2. Messdurchgang

Tab. 18: Keim- und Endotoxinkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> bzw. EU/m<sup>3</sup>) an den Messpositionen A bis D und der Kontrollposition E am 25.01.2001

Messposition	Höhe (m)	Mesophile Gesamtkeime	Mesophile Pilze	Thermotolerante Pilze	Staphylokokken	Streptokokken	Mesophile Aktinomyzeten	Endotoxine
A	1,30	833	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	12
A	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
B	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C	0,70	275	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D	1,30	282	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
D	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1	1,30	833	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
A1	0,70	275	558	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	6
B1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	8
B1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4
C1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
C1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D1	1,30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5
D1	0,70	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar

A-D: 1. Messdurchgang

A1-D1: 2. Messdurchgang

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. J. Hartung danke ich herzlich für die Übertragung des Themas sowie für die freundliche Unterstützung und die Anregungen bei der Durchführung der Arbeit.

Weiterhin möchte ich Herrn Dr. J. Seedorf für die beratenden Gespräche und die Hinweise zur Durchführung der Untersuchungen danken.

Außerdem gilt mein herzlicher Dank allen Institutsangehörigen, die durch Rat und Tat in irgendeiner Form zur Vollendung dieser Arbeit beigetragen haben. Besonderer Dank gilt Maria Slaby, Maria Sember und Karin Pavanetto-Born, die mich im Labor zu jeder Zeit voll unterstützten und immer ein offenes Ohr hatten.

Bedanken möchte ich mich auch beim Betriebseigentümer und seinen Mitarbeitern, für die Hilfsbereitschaft und die Möglichkeit auf dem Betrieb die Messungen durchzuführen.

Herrn Dr. M. Beyerbach und Frau Wandt vom Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung der Tierärztlichen Hochschule Hannover danke ich für die Hilfe bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Dank gebührt meinem Mann Christoph, der mich mit viel Verständnis und Ermutigungen während des Studiums und der Doktorarbeit begleitet hat.

Danken möchte ich auch meiner Schwester Tanja, die mir ebenfalls immer zur Seite stand.

Außerdem gilt mein Dank meinen Eltern die mich während des Studiums und bei der Anfertigung der Arbeit jederzeit unterstützten.

Die Untersuchungen wurden mit finanzieller Unterstützung der Niedersächsischen Geflügelwirtschaft (NGW) durchgeführt, wofür an dieser Stelle gedankt sei.

Zum Schluß noch ein Dankeschön besonders an Andreas, sowie an Kerstin, Katrin und an alle anderen „Mitdoktoranden“.

Zu guter Letzt noch ein kleiner Dank an Minchen.