



Fachberichte LUA NRW 3/2003

Technische Maßnahmen zur
Emissionsminderung in der Intensivtierhaltung
Untersuchungen an Biofiltern und Kombinationsanlagen
- Abschlussbericht -



Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Postfach 10 23 63 · 45023 Essen · Telefon (02 01) 79 95-0
Telefax (02 01) 79 95-14 48
E-mail: poststelle@lua.nrw.de
Internet: www.landesumweltamt.nrw.de
Essen 2003

Der vorliegende Abschlussbericht zum Projekt „**Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Intensivtierhaltung – Untersuchungen an Biofiltern und Kombinationsanlagen**“ beschreibt den derzeitigen Stand des Wissens. Das Projekt wurde vom Labor für Immissionsschutz und Umwelttechnik (LIU) des Fachbereichs „Energie Gebäude Umwelt“ an der Fachhochschule Münster unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Stephan Schirz im Auftrag des Landesumweltamtes NRW durchgeführt und vom LUA NRW fachlich begleitet.

Impressum:

Herausgeber: **Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW)**
Wallneyer Straße 6 • D-45133 Essen
Telefon (0201) 7995-0 • Telefax (0201) 7995-1448
e-mail: poststelle@lua.nrw.de
Essen 2003

Bearbeiter: Prof. Dr.-Ing. Stephan Schirz
Martin Zvoll, Dipl.-Ing.
Andreas Sowa, Dipl.-Ing.
Dirk Badouin, Dipl.-Ing.

Gesamtredaktion: Dipl.-Ing. **Frank Geburek**, Landesumweltamt NRW

ISSN: **Fachberichte LUA NRW 3/2003**

Informationsdienste: **Umweltdaten aus NRW** (Aktuelle Luftqualität, Pegeldata online, Hochwassermeldungen, etc.) sowie **Fachinformationen:**

- Internet unter www.landesumweltamt.nrw.de

Aktuelle Luftqualitätswerte:

- Telefonansagedienst (0201) 19700
- WDR-Videotext, 3. Fernsehprogramm, Tafeln 177 bis 179

Bereitschaftsdienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LUA NRW (24-Std.-Dienst):
Telefon (0201) 714488

Vorwort

des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Die in der Landwirtschaft entstehenden Emissionen treten vermehrt in das öffentliche Interesse, da auch im ländlichen Raum die Empfindlichkeiten gegenüber Immissionen steigen und auch hier die Bevölkerung nicht mehr bereit ist, Belästigungen als unvermeidbar hinzunehmen. Dabei gelten vor allem Betriebe mit Tierhaltung als die Hauptemittenten von Staub, Gasen und Gerüchen.

Darüber hinaus können Emissionen aus Intensivtierhaltungen auch ein mikrobiologisches Risiko durch ihren Gehalt an Bakterien oder Endotoxinen darstellen. Die Abscheidung eines großen Teiles der Stallkeime und Bindung in den Filtern wäre auch für die Gesundheitsvorsorge von Mensch und Tier ein wichtiges Ergebnis. Damit hätte eine erfolgreiche Emissionsminderung auch einen direkten Einfluss auf tierschutzrelevante Fragestellungen. Denn auch die Unterbrechung von Infektionsketten über die Abluftreinigung kann zu einem reduzierten Arzneimittelinsatz bei den Tieren führen und damit auch der Antibiotikaresistenzbildung entgegenwirken.

Als mögliche Maßnahmen zur Emissionsminderung werden geänderte Haltungsbedingungen der Tiere und Entlüftungsverfahren, oft in Kombination mit gezielterer Lüftungstechnik, oder speziell angepasstem Futter eingesetzt. Zunehmend in der Diskussion sind jedoch auch biologische und chemische Abluftreinigungsanlagen, vor allem in Regionen mit hoher Viehdichte.

In einer Studie mit dem Titel „Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Intensivtierhaltung - Untersuchungen an Biofiltern und Kombinationsanlagen“, die das Landesumweltamt NRW im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen an die Fachhochschule Münster vergeben hat, wurden daher neben den auftretenden Geruchsemissionen auch Ammoniakemissionen und der Gehalt von Mikroorganismen in der Abluft vor und nach der Abluftreinigungsanlage von Tierhaltungsanlagen untersucht. Dabei wurden an 10 Anlagen, darunter 7 Biofilter und 3 Kombinationsanlagen (Biowäscher mit dahintergeschaltetem Biofilter), Messungen durchgeführt.

Ziel der Untersuchung war es, zusätzliche Erkenntnisse zur Wirksamkeit von verschiedenen Abluftreinigungsanlagen in der Tierintensivhaltung zu gewinnen. Dabei sollte eine möglichst weitgehende Vergleichbarkeit der Ergebnisse erzielt werden, weshalb nur Biofilter an Anlagen der Schweinehaltung (Zucht / Mast / Ferkelaufzucht) beprobt wurden. Von den untersuchten Kombinationsanlagen wurden zwei in Schweinemastanlagen und eine an einer Trockenkotlagerhalle der Legehennenhaltung betrieben. Außerdem wurden alle Messungen innerhalb eines Monats (Februar 2002) durchgeführt, um die unterschiedlichen Einflüsse der Außentemperatur auf das Stallklima möglichst auszuschalten und die untersuchten Abluftreinigungsanlagen mit möglichst gleichen Luftraten beaufschlagt zu können.

An allen Anlagen haben die Messungen jeweils an einem Tag stattgefunden. Es wurden im Roh- und Reingas parallel die Komponenten Gerüche, Ammoniak und Mikroorganismen erfasst. Daneben wurden auf einem Fragebogen detailliert die Betriebsbedingungen, sowie Angaben zur Anlage selbst (Investitionskosten, Betriebskosten, Wartungsaufwand) erfasst. Bei den Mikroorganismen wurden zwei unterschiedliche Messverfahren an zwei der ausgesuchten Ställe angewendet, um zugleich mögliche Unterschiede der beiden Verfahren erkennen zu können.

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass grundsätzlich mit allen Abluftreinigungssystemen für die drei Komponenten Gerüche, Ammoniak und Mikroorganismen gute bis sehr gute Abscheideleistungen erzielt werden konnten. Bemerkenswert ist, dass auch die untersuchten, technisch und von der Wartung her weniger aufwändigen Biofilter vergleichbar gute und z.T. bessere Minderungseffekte zeigten, als die aufwändigeren Systeme. Gleichzeitig wurde aber auch die Abhängigkeit der Wirksamkeit der Abluftreinigungsanlagen vom Stallbetrieb sowie vom Wartungszustand der Anlage deutlich.

Probleme bereitete insbesondere die Bewertung der Messbefunde zu den Mikroorganismen. Aufgrund der noch nicht normierten Messmethodik und der bekanntlich großen Streubreite mikrobiologischer Messungen können anhand der durchgeführten Messungen keine belastbaren qualitativen Aussagen gemacht werden.

Die Ergebnisse dieser orientierenden Untersuchungen sollten durch weitere Untersuchungen validiert werden. Eine grundsätzliche Forderung von Biofiltern oder Kombianlagen zur Abluftreinigung an Tierställen kann aus den Ergebnissen nicht abgeleitet werden. Ob eine zusätzliche Abluftreinigungseinrichtung notwendig ist, hängt weiter ganz entscheidend von den im Einzelfall vorliegenden Randbedingungen hinsichtlich Art und Größe des Betriebes sowie insbesondere von dessen örtlicher Lage im Hinblick auf die Wohnnachbarschaft oder anderer Schutzgüter ab.

Weiterer Untersuchungsbedarf wird vor allem hinsichtlich folgender Gesichtspunkte gesehen:

- Messungen über das gesamte Jahr während der unterschiedlichen Jahreszeiten und den sich daraus ergebenden Luftraten im Stall wären sinnvoll.
- Eine einheitliche Meßmethode zur Bestimmung der Mikroorganismen sollte festgelegt werden, damit grundsätzlich vergleichbare Ergebnisse gewonnen werden.
- Eine einheitliche Festlegung der bei geforderten Messungen zu bestimmenden und als stalltypisch (evtl. abhängig von Tierart und Haltungsform) zu bezeichnenden Mikroorganismen ist notwendig.
- Weitere Untersuchungen zur Abhängigkeit der Ammoniakabscheidung von der Feuchte im Biofilter sind wünschenswert.

INHALTSVERZEICHNIS:

0 ZUSAMMENFASSUNG.....	9
1 FORMULIERUNG DER MESSAUFGABE.....	11
1.1 Aufgabenstellung	11
1.2 Beteiligung weiterer Institute:	12
1.3 Benennung Verantwortliche Sachverständige	12
2 BESCHREIBUNG DER ANLAGE, GEHANDHABTE STOFFE	13
2.1 Art der Anlagen:	13
2.2 Beschreibung der Anlagen:	13
2.3 Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:	13
2.4 Betriebszeiten:	13
2.5 Einrichtungen zur Erfassung und Minderung der Emissionen:	13
2.5.1 Einrichtungen zur Erfassung der Emissionen:	13
2.5.2 Einrichtungen zur Verminderung der Emissionen:	14
2.5.2.1 Biofilter nach VDI 3477 (Stand 12 / 91).....	14
2.5.2.2 Biowäscher und Rieselbettreaktoren nach VDI 3478 (Stand 6 / 96)	14
2.5.2.3 Kombianlagen aus Wasser-/Säurewäscher und Biofilter	15
3 BESCHREIBUNG DER PROBENAHMESTELLEN.....	16
3.1 Lage der Messquerschnitte	16
4 MESS- UND ANALYSEVERFAHREN, GERÄTE	17
4.1 Ermittlung der Abgasrandbedingungen	17
4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit, Volumenstrom.....	17
4.1.2 Statischer Druck im Abgaskamin.....	17
4.1.3 Luftdruck	17
4.1.3.1 in Höhe der Probenahmestelle.....	17
4.1.3.2 zur Messung im Roh- und Reingas	17
4.1.4 Ablufffeuchte/ Ablufttemperatur, Umgebungsbedingungen	17
4.1.5 Weitere Randbedingungen in diesem Projekt	19
4.2 Gas- und dampfförmige Emissionen	20
4.2.1 Kontinuierliche Messverfahren.....	20
4.2.2 Diskontinuierliche Messverfahren	20
4.2.2.1 Messobjekte	20
4.2.2.2 Messverfahren /VDI Richtlinie, Grundlage des Verfahrens und Durchführung der Probenahme: Ammoniak	20
4.2.2.2.1 Messvorbereitung.....	21
4.2.2.2.2 Messaufbau.....	21
4.2.2.2.3 Beteiligte	21
4.2.2.3 Geräte für die Probenahme: Ammoniak.....	22
4.2.2.4 Analytische Bestimmung: Ammoniak	22
4.2.2.5 Verfahrenskenngrößen und Art der Ermittlung; Maßnahmen zur Qualitätssicherung: Ammoniak ...	23
4.3 Partikelförmige Emissionen	24
4.3.1 Messverfahren Keime	24

Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Intensivtierhaltung
Untersuchungen an Biofiltern und Kombinationsanlage

4.3.1.1	Messverfahren Keime der TiHo	24
4.3.1.1.1	Messvorbereitung (Untersuchung TiHo)	25
4.3.1.1.2	Messaufbau (Untersuchung TiHo)	25
4.3.1.1.3	Beteiligte (Untersuchung TiHo)	25
4.3.1.2	Messverfahren Keime durch ANECO gemäß Ergebnisprotokoll über die Keimmessungen	25
4.3.1.2.1	Messvorbereitung (Untersuchung ANECO)	26
4.3.1.2.2	Messaufbau (Untersuchung ANECO)	26
4.3.1.2.3	Beteiligte (Untersuchung ANECO)	26
4.3.2	Probenahmegeräte: Keimmessungen	26
4.3.2.1	Geräte der Keimmessungen der TiHo	26
4.3.2.2	Geräte der Keimmessungen durch ANECO	27
4.3.3	Aufarbeitung und Auswertung der Abscheidemedien: Keime	27
4.3.3.1	Auswertung der Keimmessungen mittels Impingern durch die TiHo	27
4.3.3.2	Auswertung der Keimmessungen mittels Filtration durch ANECO	28
4.3.3.3	Auswertung der Keimmessungen mittels Impinger durch ANECO	29
4.3.4	Verfahrenskenngrößen und Art der Ermittlung; Maßnahmen zur Qualitätssicherung: Keime (nur Untersuchung TiHo)	30
4.4	Geruchsemissionen	31
4.4.1	Messverfahren, Grundlagen des Verfahrens	31
4.4.2	Probenahmeeinrichtungen	31
4.4.2.1	Vorbereitung	33
4.4.2.2	Aufbau	33
4.4.2.3	Durchführung	33
4.4.2.4	Beteiligte	34
4.4.3	Olfaktometer	34
4.4.4	Beschreibung des Probandenkollektivs nach VDI 3881, Blatt 4	35
4.4.5	Auswertung der Proben	35
4.4.6	Anzahl der Messreihen	35
4.4.7	Darbietungszeiten	35
4.4.8	Pausenzeiten des Probandenkollektivs	35
5	BETRIEBSZUSTAND DER ANLAGEN WÄHREND DER MESSUNGEN	36
5.1	Produktionsanlagen nach Anhang 2, Tabelle A 6.1 bis A 6.4	36
5.2	Abgasreinigungsanlagen nach Anhang 2, Tabelle A 6.5 bis A 6.8	37
6	ZUSAMMENSTELLUNG UND DISKUSSION DER MESSERGEBNISSE	39
6.1	Ammoniakminderung nach Anhang 6, Tabelle A 6.9 und A 6.10	39
6.2	Keime	41
6.3	Keimminderung nach Anhang 6, Tabelle A 6.11 bis A 6.16	41
6.3.1	Ergebnisse TiHo, Impinger-Messungen für Endotoxine, Koloniebildende Einheiten und mesophile Pilze	43
6.3.2	Gemeinsame Untersuchungen TiHo und ANECO von Endotoxinen, Koloniebildenden Einheiten und mesophilen Pilzen	45
6.3.3	Nur von ANECO durchgeführte Untersuchung von Schimmelpilzen, Bakterien und Staphylokokken	49
6.3.4	Qualitative Beschreibungen spezieller pathogener Keime durch die TiHo	51
6.4	Geruchsminderung nach Anhang 6, Tabelle A 6.17 und A 6.18	54
6.5	Plausibilitätsprüfung	57
6.5.1	Ammoniak	57
6.5.2	Keime	57
6.5.2.1	Einleitung und Zielsetzung	57
6.5.2.2	Material und Methoden	58
6.5.2.3	Diskussion der Ergebnisse	58
6.5.2.3.1	Endotoxinbestimmungen in Roh- und Reingas	58

Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Intensivtierhaltung
Untersuchungen an Biofiltern und Kombinationsanlage

6.5.2.3.2 Bestimmung der Mikroflora in Roh- und Reingas.....	58
6.5.2.3.3 Vergleich der Befunde von Filtration und Impingement	59
6.5.2.3.4 Unterschiede bei den Ausbeuten von Staphylococcus aureus	60
6.5.2.4 Fazit.....	60
6.5.2.5 Literatur	62
6.5.3 Geruch	63
7 KOSTEN VON ABLUFTREINIGUNGSANLAGEN	64
8 ANLAGEN (ANHANG 2 UND 6).....	69

0 Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Messbericht zum Projekt **Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Intensivtierhaltung** wurden die Emissionen von Ammoniak, Keimen und Geruchsstoffen von insgesamt zehn ausgeführten Abluftreinigungsanlagen ermittelt. Es handelt sich dabei um sieben Flächenbiofilter nach VDI – Richtlinie 3477 – Biofilter [12/91] und drei Kombinationsanlagen [System Siemers] mit senkrechten Wasch- und Biofilterwänden.

Das Ziel war eine möglichst weitgehende Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erzielen, weshalb nur Biofilter an Anlagen der Schweinehaltung [Zucht / Mast / Ferkelaufzucht] beprobt wurden. Bei den Kombinationsanlagen waren zwei in Schweinemastanlagen und eine an einer Trockenkotlagerhalle der Legehennenhaltung errichtet. Außerdem wurden alle Messungen innerhalb eines Monats [Februar 2002] durchgeführt, um die unterschiedlichen Einflüsse der Außentemperatur auf das Stallklima auszuschalten und die Reinigungsanlagen mit möglichst gleichen Luftraten beaufschlagt zu können.

Die Probenahmen zu den einzelnen Messkomponenten wurden vor Ort so durchgeführt, dass die Proben für NH₃, Keime und Geruch **gleichzeitig** im Roh- und Reingas und **an derselben Stelle** gezogen wurden. Die Probenahmezeit richtete sich dabei nach der Komponente [hier Keime], die die längste benötigte, und war ebenfalls für alle drei Komponenten gleich. Diese aufwändige Vorgehensweise wurde gewählt, weil die Rohgaskonzentrationen im Stall – in Abhängigkeit von der Tieraktivität – stark schwanken - und damit den tatsächlichen Wirkungsgrad der Abluftreinigungsanlage verfälschen können.

Bei der Ermittlung der Keimemissionen wurden außerdem noch an zwei Anlagen verschiedene Probenahmesysteme [Impinger/Filterkopf] verwendet um deren Einfluss auf die Ergebnisse zu ermitteln.

Neben den bei der Messung vorgefundenen Funktions- und Umgebungsbedingungen wurden auch die Betriebs- und Stalldaten und - soweit möglich – die Investitionskosten sowie der Betriebs- und Wartungsaufwand ermittelt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Funktion der Abluftreinigungsanlagen sowohl vom Stallbetrieb als auch vom Wartungszustand der Filteranlagen abhängig sind. Das bedeutet, dass die Abscheideleistungen für die drei gemessenen Komponenten gut bis sehr gut waren, wenn die Abluftreinigungsanlage ordnungsgemäß betrieben wurde. Fehlende Wartung oder nicht ausreichende Befeuchtung der Biofilter führte zu schlechten Reinigungsleistungen. Darüber hinaus gab es Landwirte, deren Stallklima – aufgrund der Fütterung [Molke] bzw. fehlender Stallheizung – so stark mit Ammoniak bzw. Geruchsstoffen belastet war, dass sich die Reinigungsleistung der Filteranlagen zum Zeitpunkt der Messung stark ver-

schlechterte. Bezogen auf Ammoniak- und Geruchsabscheidung insgesamt, lagen die gemessenen Abluftreinigungsanlagen im erwarteten Bereich.

Die vergleichenden Untersuchungen der Keimemissionen ergaben z.T. große Unterschiede bei den absoluten Konzentrationen der ausgewerteten Parameter [Gesamtkeime/Pilze/Endotoxine], jedoch entsprach die Abscheideleistung der Filteranlagen der anderen beiden Komponenten (Geruch und Ammoniak). Damit kann festgestellt werden, dass der größte Teil der Stallkeime in den Abluftreinigungsanlagen abgeschieden wird, d.h. diese eine Senke für die aus den Tierställen ausgetragenen Keimemissionen sein können.

Die Anlagenkosten sind im landwirtschaftlichen Anwendungsbereich sehr stark von der Betriebsgröße [= Anspruch an die technische Ausstattung], den betrieblichen Voraussetzungen [= eigene Wasser- bzw. Stromversorgung] oder der Möglichkeit, Eigenleistungen zu erbringen, abhängig. Aus diesem Grund werden in diesem Bereich sowohl einfache Biofilteranlagen als auch hochtechnisierte Kombianlagen eingesetzt, die auch unterschiedliche Anforderungen erfüllen können. Low-Cost-Anlagen werden hauptsächlich zur Geruchsminde- rung eingesetzt und benötigen für den ordnungsgemäßen Betrieb einen persönlichen Betreuungs- bzw. erhöhten Wartungsaufwand.

High-Tech-Anlagen können voll automatisch jeden Wirkungsgrad zur Ammoniak-, Staub- und Geruchsabscheidung erreichen, wenn das entsprechende Investitionskapital zur Verfügung steht.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Biofilter- und Kombinationsanlagen, an denen im Rahmen dieses Projektes gemessen wurde, zur Abluftreinigung an Tierställen grundsätzlich geeignet sind und auch dem Stand der Technik nach § 3 (6) BImSchG entsprechen. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass sie richtig ausgelegt/dimensioniert sind und ordnungsgemäß betrieben werden.

1 Formulierung der Messaufgabe

1.1 Aufgabenstellung

Bei der landwirtschaftlichen Tierhaltung entstehen vermehrt Emissionen. Da die Empfindlichkeit der Bevölkerung gegenüber Immissionen mit steigendem Umweltbewusstsein stetig zunimmt, werden die von Anlagen ausgehende Emissionen, die früher noch als gegeben hingenommen wurden, heute nicht mehr überall akzeptiert. Aus diesem Grund werden bei Tierhaltungsbetrieben Maßnahmen getroffen, um die anfallenden Emissionen möglichst zu vermeiden, durch gezieltere Lüftungstechnik, Änderung der Haltung- und Entlüftungsverfahren oder Einsatz von speziell angepasstem Futter. Neuerdings wird auch über den gezielten Einsatz von biologischen und chemischen Abluftreinigungsmaßnahmen nachgedacht.

Zu den typischen Emissionen eines Tierhaltungsbetriebes gehören neben den auftretenden Geruchsemissionen auch das Anfallen des Schadgases Ammoniak sowie der Austrag keimbeladener Abluft. Die Bewertung von Geruchsimmissionen gegenüber Wohnnutzungen und von Ammoniak gegenüber Wald gehören schon bisher zum üblichen Genehmigungsumfang.

Von den Keimemissionen sind besonders die dicht mit landwirtschaftlichen Betrieben besiedelte Gebiete betroffen, wie z. B. einige Regionen in NRW und Niedersachsen. Hier gibt es erhebliche Bedenken aus der Bevölkerung gegenüber Keimen aus Stallanlagen, verschiedene Krankheitsbilder wie verstärkte Fälle von Asthma, Pseudokrapp, aber auch Allergien werden den Keimimmissionen zugeschrieben.

Als Mittel zur Gesamtemissionsminderung können heute an Stallanlagen biologische Abluftreinigungssysteme in unterschiedlichen Bauformen, zum Teil mit zusätzlich chemischen Wäschern, installiert werden. Primäre Aufgabe dieser Anlagen ist die Geruchsabscheidung, die heute genehmigungsrechtlich bei Tierhaltungen gefordert wird. Hinsichtlich der Ammoniakminderung werden jedoch nicht selten Auflagen mit zu erreichenden Wirkungsgraden hinsichtlich der Ammoniakelimination erteilt, um z. B. vorhandene Waldränder oder Biotope zu schützen.

Für die Keimemissionen liegen bislang keine statistisch gesicherten Erkenntnisse hinsichtlich der Frachten und deren Auswirkungen vor. Sollten hier aber Frachten gefunden werden, so sind die technischen Möglichkeiten der Minderung durch den Stand der Technik zu überprüfen.

Um aussagekräftige Ergebnisse über die Wirksamkeit der Emissionsminderung bei den oben genannten Parametern durch physikalisch / chemisch / biologische Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung zu erhalten, wurden insgesamt 10 Anlagen dieser Betriebsarten in der landwirtschaftlichen Praxis beprobt.

Um eine gute Vergleichbarkeit der Messergebnisse untereinander zu erhalten, wurden die Messungen der Geruchs-, Ammoniak- und Keimemissionen alle zeitgleich sowohl auf der Rohgas- als auch auf der Reingasseite durchgeführt, besonders auch um schwankende oder unterschiedliche Betriebszustände zu vermeiden. Pro untersuchter Abluftreinigungsanlage wurden jeweils drei Durchgänge dieser Messreihen durchgeführt, um relative Sicherheit gegenüber Messfehlern zu erhalten und einen angenäherten „wahren“ Wert zu erhalten. Um die Aussage der Untersuchungsergebnisse weiter abzusichern, wurden nur Tierhaltungen mit Schweinen beprobt, so dass die Ergebnisse vergleichbar werden. Für alle drei beprobten Parameter wurde eine **Langzeitprobenahme** durchgeführt.

1.2 Beteiligung weiterer Institute:

Für die Keimmessungen:

Tierärztliche Hochschule Hannover
Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie
Institut für Mikrobiologie und Tierseuchen

ANECO - Institut für Umweltschutz GmbH & Co., Mönchengladbach
Mit dem auswertenden Labor Dr. Balfanz - Dr. Lohmeier, Münster

Für die Auswertung der Ammoniakproben:

Fachhochschule Münster
- Fachbereich Chemieingenieurwesen -

1.3 Benennung Verantwortliche Sachverständige

Wissenschaftliche Leitung:

Fachhochschule Münster, Fachbereich Energie Gebäude Umwelt
Labor für Immissionsschutz und Umwelttechnik LIU
Stegerwaldstrasse 39
48565 Steinfurt

Prof. Dr.-Ing. Stephan Schirz

Tel.-Nr.: 02 51. 83 62 –163

Fax Nr.: 02 51. 82 62 - 474

Tel. Home Office: 02 51. 9 24 52 - 05

Fax Home Office: 02 51. 9 24 52 - 09

2 Beschreibung der Anlage, gehandhabte Stoffe

2.1 Art der Anlagen:

Innerhalb dieser Messreihe wurden neun Betriebe mit Schweinebeständen untersucht. Eine weitere Messung erfolgte an einer Trockenkotlagerhalle einer Legehennenaufzucht.

2.2 Beschreibung der Anlagen:

Da innerhalb dieser Messreihe 10 LWB untersucht wurden, sind die Baubeschreibung der einzelnen Anlagen in tabellarischer Form im **Anhang 2** zusammengestellt.

2.3 Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Emittierende Einsatzstoffe sind Tiere und ihre Exkremente, hier in Form von Mastschweinen, Zuchtieren und Ferkelaufzucht, sowie getrockneter Legehennenkot. Neben den Schweinen werden Futtermittel eingesetzt, die in den meisten Fällen als Standardmischungen angeboten wurden.

2.4 Betriebszeiten:

8760 h/a

2.5 Einrichtungen zur Erfassung und Minderung der Emissionen:

Wie unter 1.4 dieses Berichtes aufgeführt, wurden verschiedene Abluftreinigungssysteme untersucht. Da eine Auflistung und textliche Beschreibung aller Anlagen den Berichtsumfang deutlich steigern würden und diese Steigerung nicht zur Übersicht beitragen würde, sind alle nachfolgenden Beschreibungen der Einzelbetriebe tabellarisch im **Anhang 2** aufgeführt.

2.5.1 Einrichtungen zur Erfassung der Emissionen:

Bei den untersuchten Anlagen kann zwischen zwei Systemen der Abluftführung unterschieden werden. Erstens die Raumluftabsaugung aus den Stallabteilen und zweitens die Unterflurabsaugung unter den Spaltenböden.

Im allgemeinen beinhaltet die Unterflurabsaugung eine deutlich größere Fracht, da hier die abgesaugte Luft über die Gülle geleitet wird, wo sie über Verdunstung vermehrt Geruchsstoffe als auch Ammoniak aufnehmen kann.

Welche Abluftführung an welcher Anlage ausgeführt ist, ist der Anlagenbeschreibung im **Anhang 2** zu entnehmen.

2.5.2 Einrichtungen zur Verminderung der Emissionen:

Nachfolgend erfolgt ein prinzipieller Überblick über die untersuchten Anlagen. Hier können drei verschiedene Abluftreinigungssysteme unterschieden werden. Diese Systeme werden zunächst grundsätzlich beschrieben.

2.5.2.1 Biofilter nach VDI 3477 (Stand 12 / 91)

Die Biofiltertechnik ist ein ursprünglich für die Landwirtschaft entwickeltes Verfahren der Abluftreinigung, besonders von Geruchsemissionen. Prinzip dieses Abluftreinigungsverfahrens ist, dass die Gasbestandteile aus der Stallabluft in der flüssigen Phase auf dem Filtermaterial absorbiert und dort von den Mikroorganismen eliminiert werden.

Die in das Filterbett einströmende Abluft muss vor der Reinigung für den einwandfreien Betrieb konditioniert werden. Dazu gehören die Entstaubung und Anfeuchtung der Abluft. In der landwirtschaftlichen Version des Biofilters war zunächst eine Trockenentstaubung vorgesehen, die jedoch bei der Verwendung grober Materialien –z. B. Wurzelholz – überflüssig ist. Die notwendige Materialanfeuchtung erfolgt nicht über einen Abluftwäscher, sondern über dezentrale Materialbefeuchtungseinrichtungen (z. B. Perlregnerschläuche im Filtermaterial, Hochdruckbefeuchtung der Abluft vor Eintritt in die Schüttung)

Das Filterbett besteht aus einer organischen Schüttung, welche eine große Oberfläche für die Besiedlung der Mikroorganismen bieten muss. Hierfür wird z. B. gerissenes Wurzelholz oder Siebüberlauf aus Kompostanlagen oder Mischungen aus beiden eingesetzt. Neben diesen groben Materialien werden auch feinere Schüttungen z. B. aus Rindenprodukten oder Heidekraut verwendet. Die oben genannten groben Schüttgüter bedürfen keiner Staubabscheidung, da es hier nicht zu Verstopfungen der Strömungskanäle kommt. Innerhalb dieser Schüttung müssen bestimmte Betriebsparameter für die Funktion gegeben sein. Wichtigster Parameter ist der Wassergehalt der Schüttung. Nur wenn dieser optimal eingestellt ist kann eine Lösung der Schadstoffe in der flüssigen Phase erfolgen und der Biologie steht ausreichend Lebensraum zur Verfügung.

Durch die Nitrifizierung des Ammoniakgehaltes in der Abluft können sich innerhalb der Filterschüttung Nitrat und Nitrit aufkonzentrieren, was zu einer Hemmung der Reinigungsleistung führt. Daher muss in regelmäßigen Abständen die Filterschüttung gespült werden.

2.5.2.2 Biowäscher und Rieselbettreaktoren nach VDI 3478 (Stand 6 / 96)

Das Prinzip des Biowäschers beruht auf dem intensiven Kontakt der Abluftinhalstoffe mit dem im Kreislauf geführten Waschwasser, wobei die Regeneration des Absorbens durch biologische Oxidation erfolgt. Die Mikroorganismen siedeln –je nach Verfahrensart- in suspendierter Form in einem belüfteten Belebungsbecken (Belebtschlammverfahren) oder in fixierter Form an den Einbauten innerhalb des Wäschers (Tropfkörperverfahren).

Auf die Nitrifikation von Ammoniak (bzw. Ammonium) haben sich auch hier die autotrophen Bakterienarten Nitrosomonas und Nitrobacter spezialisiert, die durch den Oxidationsprozess Energie zur Aufrechterhaltung des zelleigenen Stoffwechsels und zum Aufbau neuer Biomasse gewinnen.

Produkte der Nitrifikation sind salpetrige Säure und Salpetersäure, die zu einem Absenken des pH-Wertes führen können und im Zusammenhang mit einer potentiellen Anhäufung von Nitrit und Nitrat zu einer Hemmung des Nitrifikationsprozesses führen.

Zur Steuerung und Optimierung des Prozesses ist daher eine Überwachung des pH-Wertes und ein regelmäßiger Abzug des mit Nitratsalzen angereicherten Absorbens erforderlich. Das relativ gering mit Stickstoff belastete Abwasser kann im landwirtschaftlichen Bereich der Gülle zugegeben werden.

2.5.2.3 Kombianlagen aus Wasser-/Säurewäscher und Biofilter

Kombianlagen sind mehrstufige Abluftreinigungsverfahren, welche je nach Aufgabenstellung sowohl eine physikalische, als auch eine chemische und eine biologische Stufe enthalten.

Der Aufbau kann, je nach Bedarf und Anlagentyp, aus einer physikalischen (Staub) und einer chemischen Wäscherstufe (Ammoniak) und einer biologischen Stufe (Geruch) bestehen. Die Abluftreinigung erfolgt bei der physikalischen Stufe als Konditionierung des Volumenstromes durch umlaufendes Wasser, wodurch eine Abscheidung von Stäuben und Partikeln vor den nachfolgenden Reinigungsstufen erreicht wird. In der chemischen Stufe wird durch Einsatz von Schwefelsäure im Waschwasser das in der Abluft enthaltene Ammoniak neutralisiert. Die letzte Biofilterstufe dieser Abluftreinigungsart dient der Beseitigung von Restgerüchen in der Abluft durch Mikroorganismen.

Die hier untersuchten Anlagen sind dreistufig aufgebaut. Die Kombination dieser verschiedenen Stufen hat den Vorteil, dass in der letzten Reinigungsstufe keine Staub- und Partikelbelastungen vorhanden sind, die ein Zusetzen des Filters bewirken würden, weiterhin findet keine Ablagerung von Nitratsalzen innerhalb der Biofilterschüttung statt, da das dafür verantwortliche Ammoniak bereits in den vorgeschalteten Reinigungsstufen abgeschieden wird.

Eine tabellarische Übersicht über die Bauweise der oben genannten Anlagen befindet sich in **Anhang 2**.

3 Beschreibung der Probenahmestellen

3.1 Lage der Messquerschnitte

Bei den im Rahmen dieses Projektes erfolgten Untersuchungen von biologischen Abluftreinigungsanlagen wurden Messungen auf der Rohgas- und Reingasseite durchgeführt. Da es sich hierbei um eine Vielzahl von Messungen handelt, erfolgt eine Auflistung der Messquerschnitte in tabellarischer Form. Prinzipiell wurden Messpunkte für eine Rohgasbeprobung immer so gewählt, dass die Messdaten möglichst unmittelbar vor dem Eintritt in die Abluftreinigungsanlage aufgenommen wurden. Für die Reingasmessung wurden Proben und Messdaten unter einer Probenahmehaube genommen (siehe Punkt 4.4.2 dieses Berichtes). Bei den Messungen auf der Reingasseite wurde jeweils in besonderem Umfang darauf geachtet, repräsentative Messpunkte, für die Aufstellung der Probenahmehaube auszuwählen. Dazu wurde vor jeder Messung auf der Reingasseite die Oberfläche der Abluftreinigungsanlage messtechnisch ausgerastert. Unter Berücksichtigung des Rohgasvolumenstromes wurde dann eine der durchschnittlichen Durchströmung entsprechenden Stelle für die Messung ausgewählt.

4 Mess- und Analyseverfahren, Geräte

4.1 Ermittlung der Abgasrandbedingungen

4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit, Volumenstrom

Prandtl'sches Staurohr in Verbindung mit
Differenzdruck-Mikromanometer, Typ „Digima LPU“, Fabrikat SI-Special Instruments,
Gesellschaft für Mess-, Steuer- und Regelgeräte GmbH, Nördlingen
Messbereich: 0 ... 5.000 Pa mit direkt ablesbarer Abluftgeschwindigkeit (nach Einstellung
der Betriebsdichte)

Thermisches Hitzdrahtanemometer und Thermometer, Typ TA4, Volumenstrommessung
mit zeitgleicher Temperaturmessung und Temperaturkompensation
Messbereiche: Geschwindigkeit 0 – 30 m/s, Volumenstrom 0 – 2700 m³/s, Temperaturbe-
reich 0 – 80 °C, Hersteller: AIRFLOW Development, Rheinbach

4.1.2 Statischer Druck im Abgaskamin

entfällt

4.1.3 Luftdruck

4.1.3.1 in Höhe der Probenahmestelle

Präzisionsbarometer, Fa. G. Lambrecht

4.1.3.2 zur Messung im Roh- und Reingas

Differenzdruckmanometer, siehe 4.1.1

4.1.4 Abluftfeuchte/ Ablufttemperatur, Umgebungsbedingungen

Präzisions-Feuchte-/Temperaturfühler

Herst.-Firma: Testo, Lenzkirch

Messkopf: 23 mm, mit perforierter Schutzkappe zum schnellen Ansprechen des Fühlers

Feuchtemessung: kapazitiver Fühler

Messbereich: 0 bis 100 % r. Feuchte

Auflösung: ± 1 % rel. Feuchte

Temperaturmessung: NTC Widerstand

Messbereich: -20...+70°C

Auflösung: ± 0,3 °C

Zur Verwendung an Anzeigegerät: Testo Logger 454, Testo Handgerät 451

Kombinierter Feuchte-/Temperaturfühler

Herst.-Firma: Thies Klima

Feuchtemessung: kapazitiver Sensor

Messbereich: 0- 99 %

Auflösung: ± 2 % rel. Feuchte bei Temp. zwischen 10 .. 50 °C

Temperaturmessung: Pt 100 Widerstandsthermometer nach DIN 43760

Messbereich: -10 °C ...+70 °C

Auflösung: $\pm 0,3$ °C (0 °C)

Zur Verwendung an Anzeigegerät: Digitales Handgerät des Klima Koffers

Testo Klima Koffer mit Handgerät 451

Kombinierter Feuchte-/Temperatursensor

Temperatursensor: NTC

Messbereich: -40...+70°C

Max. Abweichung: $\pm 0,1$ °C (im Bereich von -20...+50 °C)
 $\pm 0,2$ °C (im restlichen Bereich)

Feuchtesensor: kapazitiver Sensor

Messbereich: 0...100 % rel. Feuchte

Max. Abweichung: ± 2 % r.F. (0...98% r.F.)

Auflösung: 0,1

Mobile Klein-Windmessanlage, tragbar

Schalenanemometer auf Teleskopstativ, mit Windfahne und Kompass

Hersteller: Thies Klima, Göttingen

Messbereich Schalenanemometer: 0,3...35 m/s

Genauigkeit: ± 2 % vom Endwert

Messdauer: 1 s oder 10 s, wählbar mit interner Mittelwertbildung

Betriebstemperatur: 0...60°C

Windfahne mit 0...360° in 10 ° Skalierung, auszurichten über Kompass

Zur Verwendung am Handgerät: Thies Klima Handgerät Windgeschwindigkeitsmessung,

Geräte Typ.: 4.3404.22.000

Gerät Nr.: 0197112

4.1.5 Weitere Randbedingungen in diesem Projekt

Als weitere Randbedingungen (auszugsweise) dieser Messreihe können angesehen werden

1. Landwirtschaftliche Nutzung
2. Spezifikationen des Stalles
 - 2.1. Haltungsart
 - 2.2. Fütterungsart
 - 2.3. Entmistungsart
3. Besatz des Stalles
 - 3.1. Anzahl der Tiere
 - 3.2. Gewicht der Tiere
4. Ablufführung
 - 4.1. Art der Absaugung
5. Bauart der Abluftreinigung
 - 5.1. Ermittlung des Wartungszustandes der Anlage
 - 5.2. Kosten der Abluftreinigung
 - 5.2.1. Baukosten
 - 5.2.2. Betriebskosten
6. Umgebungsbedingungen
 - 6.1. Temperatur
 - 6.2. Rel. Feuchte
 - 6.3. Niederschlag

Alle genannten Punkte dienen zur Überprüfung der Plausibilität der Werte. Sie werden nur dann in diesem Bericht aufgeführt, wenn dieses zur Diskussion der Ergebnisse nötig ist.

Die Punkte 1 – 5 werden mit Hilfe des Fragebogens ermittelt, welches Bestandteil des Messprotokolls ist. Darin niedergeschriebene Antworten zu Fragestellungen wurden von den Landwirten bzw. von den Betreibern der Anlage freiwillig gemacht und beruhen auf deren eigenen Einschätzung, bzw. deren subjektiver Meinung.

In der verwendeten Handakte zu jedem Landwirt wurden zusätzlich zu dem Protokoll ein Lageplan, Ergebnisse aus vorangegangenen Messungen und spezifische Unterlagen wie z. B. Bauzeichnungen, Auslegungen der Abluftreinigungsanlage, Gutachten zur Immissionssituation und Genehmigungsbescheide beigeheftet, sofern sie uns hierfür zur Verfügung standen.

4.2 Gas- und dampfförmige Emissionen

4.2.1 Kontinuierliche Messverfahren

Entfällt

4.2.2 Diskontinuierliche Messverfahren

4.2.2.1 Messobjekte

Abluftreinigungsanlagen an Tierställen

Abluftreinigung nach einer Geflügeltrockenkotlagerhalle

4.2.2.2 Messverfahren /VDI Richtlinie, Grundlage des Verfahrens und Durchführung der Probenahme: Ammoniak

Als Bestimmung des Ammoniakgehaltes in der zu untersuchenden Abluft wurde das Waschflaschenverfahren eingesetzt.

Die Grundlage dieses Verfahrens ist, das Ammoniak aufgrund des stark hydrophilen Charakters und der großen Löslichkeit beim Durchgang durch die Waschflüssigkeit einfach gebunden werden kann. Beim Auswaschen des Ammoniaks aus der Abluft erfolgt in der Waschflüssigkeit die Umwandlung zu Ammonium ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4 + \text{OH}^-$).

Bei dem benutzten Waschflaschensystem werden bei jedem Durchgang zwei hintereinander geschaltete Waschflaschen mit Abgas durchströmt. Eine dritte nachgeschaltete Waschflasche dient als Tropfenfänger vor der Vakuumpumpe.

Bei diesem System wurde die zu untersuchende Abluft in die Waschflüssigkeit der ersten Waschflasche über ein vertikales Glasrohr eingedüst. Hierbei wurde bereits der größte Teil des Ammoniaks ausgewaschen. Die so vorgereinigte Abluft strömt anschließend über eine feinporige Fritte in die Waschflüssigkeit der zweiten Waschflasche ein. Durch diesen Fritteneinsatz kam es zu einer gleichmäßigen und feinperligen Blasenbildung, welche bewirkte, dass auch die in der Abluft noch verbliebenden geringen NH_3 -Konzentrationen sicher ausgewaschen wurden.

In Absprache mit dem chemischen Labor, welches die Auswertungen durchführte, wurde als Waschflüssigkeit ausschließlich doppelt destillierte Wasser (Bi-Destillat) verwendet.

Auf der Rohgasseite als auch auf der Reingasseite wurden mittels Pumpen definierte Luftvolumenströme von 6 l/min über eine Messdauer von ca. 30 Minuten abgezogen, die dann durch die 3 in Reihe geschaltete Waschflaschen geleitet wurden. Unmittelbar nach Beendigung der Probenahme wurden die Waschflascheneinsätze herausgenommen und die Flaschen mit den eingeschliffenen Stopfen wieder verschlossen. Der Transport der Proben erfolgte dann in Kühlboxen, die mit 12 V betrieben wurden. Durch die Kühlung der Wasch-

flüssigkeit wurde eine Ausstrippen des im Wasser gebundenen Ammoniums als Ammoniak unterbunden.

4.2.2.2.1 Messvorbereitung

Vor der eigentlichen Messung wurden mittels Dräger-Röhrchen die zu erwartenden Konzentrationen an Ammoniak ermittelt. Ebenso wurden die Randparameter Temperatur und Feuchte der zu untersuchenden Abluft und der Umgebung aufgenommen. Diese Daten wurden wie auch der ermittelte Volumenstrom der Abluftreinigungsanlage zum Zeitpunkt der Messung in das vorbereitete Messprotokoll eingetragen.

Bereits die Vormessungen wurden an den Stellen durchgeführt an denen auch später die eigentliche Probenahme stattgefunden hat. Auf der Rohgasseite war dieses der Abluftkanal unmittelbar vor der Abluftreinigung. Auf der Reingasseite fand die Probenahme in der unter Punkt 4.4.2 beschriebenen Aktivhaube statt, die auf einer für den Filter repräsentativen Fläche aufgestellt bzw. aufgebracht wurde. Bei Messungen, die gemeinsam mit ANE-CO durchgeführt wurden, wurde deren Probenahmehaube verwendet.

Bis zum Zeitpunkt der Messung waren alle Waschflaschen mit eingeschliffenen Stopfen luftdicht verschlossen, so dass Verunreinigungen hier ausgeschlossen werden können.

4.2.2.2.2 Messaufbau

Die Aufstellung der Waschflaschen erfolgte in unmittelbarer Nähe zu den oben beschriebenen Messorten, um die Wege des zu untersuchenden Abluftstromes möglichst kurz zu halten. Auf der Saugseite, also die Verbindung Abluft bis zu den Waschflaschen, wurde ausschließlich Teflonmaterial eingesetzt.

Nach den Waschflaschen kam Schlauchmaterial aus Silikon oder PE zum Einsatz. Für die Messung sind Pumpen verwendet worden, die sich für den Betrieb an Waschflaschen eignen, da sie einen gleichbleibenden Volumenstrom auch bei unterschiedlichen Druck- und Strömungsverhältnissen gewährleisten.

Sowohl auf der Rohgasseite, als auch auf der Reingasseite wurden identische Geräte verwendet, so dass systematische Fehler aufgrund der Technik auszuschließen sind.

Alle auf der Saugseite der Waschflaschen eingesetzten Schläuche wurden mit einer Isolierung ausgestattet, so dass Kondensation und eine evtl. Auswaschung von Ammoniak sicher unterbunden wurde.

4.2.2.2.3 Beteiligte

Die Probenahme wurde von der Fachhochschule Münster vor Ort durchgeführt. Beratend begleitet hat die Probenahme Andreas Sowa als Leiter einer Messstelle nach § 26 BImSchG.

4.2.2.3 Geräte für die Probenahme: Ammoniak

Dräger Handpumpe, Typ Accuro

Dräger Prüfröhrchen Ammoniak

Typen:

0,25 / a Röhrchen

Messbereich 0,25 – 3 ppm bei 10 Hüben a 100 ml Luftvolumen

Standardabweichung +/- 10 – 15 %

Farbumschlag: gelb → blau

2 / a Röhrchen ,

Messbereich 0 – 30 ppm bei 5 Hüben a 100 ml Luftvolumen

Standardabweichung +/- 10 – 15 %

Farbumschlag: gelb → blau

Waschflaschensets

In Reihe geschaltete, saugseitig betriebene Waschflaschen,

Spezifikationen des Waschflaschensets:

- Erste Waschflasche ohne Fritte aufgrund der Staubbelastung der Abluft
- Zweite Waschflasche mit Fritte
- Dritte Waschflasche ohne Fritte, als Tropfenabscheider
- Alle Waschflaschen mit einem Inhalt von 500 ml, die ersten beiden Waschflaschen gefüllt mit jeweils 200 ml Bidestillat.

Pumpe für den zu untersuchenden Abluftstrom durch die Waschflaschen:

Schwarzer Präzisionspumpen

230 V, 36 W Spaltpolmotor

Förderleistung: konstant 6 l/min, bei Druck bis 1,3 bar und bei Vakuum bis 800 mbar

Schläuche und Verbinder

Saugseitig aus Teflon

Nach Durchgang durch die Waschflaschen PE

4.2.2.4 Analytische Bestimmung: Ammoniak

Die Proben wurden zur Bestimmung der Konzentration an das Labor der Chemietechnik der Fachhochschule Münster weitergegeben, denen die Analyse der Waschflaschen verantwortlich oblag.

Um den gesamten NH_3 -Anteil der untersuchten Abluft chemisch bestimmen zu können, mussten die Waschflüssigkeiten der beiden Waschflaschen eines jedes Durchganges wieder vermischt werden. Um einer Verfälschung der Ergebnisse vorzubeugen, wurden die

Proben vor dem Vermengen geschüttelt, damit eventuell ausgestripptes Ammoniak wieder in die Waschflüssigkeit eingebunden wird.

Als Auswertemöglichkeit wurde die konduktometrische Titration genutzt. Grundlage dieses Verfahrens ist die Neutralisation einer Lauge mit einer Säure bzw. umgekehrt. Dabei wird die elektrische Leitfähigkeit gemessen und diese zur Auswertung genutzt, da die an der Reaktion beteiligten Ionen unterschiedliche Beweglichkeiten in der Lösung und damit eine unterschiedliche Stromleitfähigkeit haben. Je nach Zusammensetzung hat ein Elektrolyt einen charakteristischen Leitwert L , welcher der Kehrwert der Ohmschen Widerstandes ist. Zur Messung der Leitfähigkeit wurde ein hochfrequenter Wechselstrom genutzt, so dass damit Elektrolyseeffekte vermieden wurden. Diese Geräte messen die Änderung der Stromstärke während der Neutralisation. Die Stromstärke ist abhängig von der Ionenkonzentration, der Ionenladung und der Ionenbeweglichkeit. Damit ist somit auch eine Messung in einer farbigen oder trüben Lösung möglich, so dass Staubbelastungen der zu untersuchenden Abluft keine Rolle spielen.

4.2.2.5 Verfahrenskenngrößen und Art der Ermittlung; Maßnahmen zur Qualitätssicherung: Ammoniak

- Verwendung von Bi-Destillat → hohe Qualität, keine Verfälschungen
- Verwendung von Glasmaterialien bei den Flaschen → Diffusionsdicht
- Verwendung von Teflonleitungen → Diffusionsdicht, glatte Oberfläche
- Verwendung von isolierten Leitungen → damit keine Kondensation, keine Auswaschungen
- Verwendung von eingeschliffenen Stopfen → Dichtigkeit
- Kühlung der Proben → kein Ausstrippen

Im chemischen Labor:

- Verwendung von selbst zertifizierten Titrationsflüssigkeiten → höchste Genauigkeit

4.3 Partikelförmige Emissionen

Als partikelförmige Emissionen wurden hier nur Keimmessungen durchgeführt. Da diese von zwei Instituten mittels unterschiedlicher Technik durchgeführt wurden, wird jedes Unterkapitel zur besseren Übersicht doppelt aufgeführt.

4.3.1 Messverfahren Keime

4.3.1.1 Messverfahren Keime der TiHo

Für die Bestimmung der luftgetragenen Keime und Endotoxine wurde als Messverfahren das sog. Impinger-Verfahren eingesetzt. Bei diesem Verfahren wird der Abluftstrom mittels einer speziellen Waschflasche durch eine Nährlösung geleitet. Durch die feine Düse am vertikalen Rohr der Waschflasche werden sehr große Luftgeschwindigkeiten erreicht, so dass eine Verdüsung der Luft in der Flasche feinporig ist und somit ein hoher Abscheidegrad erzielt wird. Das Verfahren wurde nach den Vorgaben der Tierärztlichen Hochschule (TiHo) Hannover durchgeführt.

Diese Form der Keimbestimmung ist entwickelt worden zur Ermittlung der Arbeitsplatzkonzentrationen und zeichnet sich dadurch aus, dass die Ansaugöffnung sowohl von der Form als auch von der Krümmung in etwa der menschlichen Nasenöffnung entsprechen. Da sowohl der Düsenquerschnitt als auch der Luftvolumenstrom während der Messung vorgegeben ist, kann eine isokinetische Beprobung des Abluftstromes hier nicht durchgeführt werden.

Bei den Abluftreinigungsanlagen wurden jeweils zeitgleich die Messungen der Rohgas- und der Reingasseite durchgeführt. Bei der Beprobung wurde die Abluft für jeweils 20 Minuten durch sterilisierte Impinger-Flaschen des Typs „All-Glas-Impingern 30 (AGI-30)“ gesogen. Nachgeschaltete Vakuum-Pumpen sorgen hierbei für einen konstanten Volumenstrom von 12,5 l/min, mit dem die Abluft durch die gekühlte Nährlösung geleitet wurde. Als Waschflüssigkeit für die Impinger-Messmethode wurden 50 ml gepufferte isotonische NaCl Lösung verwendet. Nach erfolgter Probenahme wurden die Anschlüsse der Impinger-Flaschen abgeflämmt, steril verschlossen und unter Berücksichtigung einer geschlossenen Kühlkette schnellstmöglich zur weiteren Auswertung nach Hannover zur TiHo gebracht. Um einen Falscheintrag von Keimen durch Lagerung, Transport oder eventuelle Verunreinigungen überprüfen zu können, wurden bei jedem Transport und bei jeder Messungen von den vorhandenen Impinger-Flaschen willkürlich Ausgewählte als Blindproben zurückgestellt, deren Analyse eine eventuelle Verunreinigungen aufgedeckt hätte.

4.3.1.1.1 Messvorbereitung (Untersuchung TiHo)

Die Impinger Flaschen wurden vor der Messung von der TiHo Hannover befüllt, verschlossen und steril verpackt. Diese wurden dann zum Labor für Immissionsschutz und Umwelttechnik gebracht und ohne Unterbrechung der Kühlkette bis zum Messeinsatz gelagert. Die Probenahme bei der Keimmessung hat ebenfalls an den oben ermittelten Stellen der Ammoniakmessung stattgefunden.

Auch hier wurden die Randparameter Temperatur und Feuchte der zu untersuchenden Abluft und der Umgebung aufgenommen. Diese Daten wurden wie auch der ermittelte Volumenstrom der Abluftreinigungsanlage zum Zeitpunkt der Messung in das vorbereitete Messprotokoll eingetragen.

4.3.1.1.2 Messaufbau (Untersuchung TiHo)

Vor Ort erfolgte die Aufstellung an den zuvor ausgewählten Messpunkten (Siehe Ammoniak). Zur Aufstellung der Impinger wurden Flaschenhalterungen aus dem Chemiebereich genutzt und dazugehörige Stative verwendet, so dass ein sicherer und senkrechter Stand der Flaschen gewährleistet war. Nach Anschluss der Pumpe wurden die Volumenströme eingeregelt und festgestellt und die Impinger Flaschen saugseitig angeschlossen. Dazu musste die von der TiHo zum sterilen Verschluss der Probenahmeflaschen angelegte Aluminiumfolie hier bereits entfernt werden. Zu einem Eintrag von Keimen kann es durch die einseitige Öffnung der Waschflaschen nach Aussage der TiHo nicht kommen, da dadurch kein Luftvolumen in die Flasche eingetragen werden kann. Erst unmittelbar vor Beginn der Probenahme wurde auch die Probenahmeöffnung der Impinger geöffnet. Somit wurden ungewollte Keimeinträge in die Nährlösung bis zum Messbeginn vermieden.

4.3.1.1.3 Beteiligte (Untersuchung TiHo)

Beteiligt waren an der Keimmessung in der Vorbereitung die TiHo. Die Probenahme wurde von der Fachhochschule Münster. Für die Probenahme mittels der Impinger Methode erfolgte durch die TiHo eine Einweisung in die Technik.

4.3.1.2 Messverfahren Keime durch ANECO gemäß Ergebnisprotokoll über die Keimmessungen

Bei dem Filtrationsverfahren wird die zu untersuchende Luft isokinetisch aus dem Abluftstrom durch einen Polycarbonatfilter gezogen. Dieser sitzt in einer vor jeder Messung sterilisierten Probenahmeverrichtung wie sie in der VDI Richtlinie 2066, Blatt 7, dargestellt und beschrieben ist. Diese Form der Untersuchung ist die anreichernde Filtration. Die Filter haben eine Maschenweite von 0,8 µm und je nach verwendetem Typ einen Durchmesser von 25 mm, 37 mm oder 50 mm. Eingesetzt wurden bei dieser Messung Filter mit einem Durchmesser von 50 mm.

Zur Erfassung des aus der Biofilteroberfläche austretenden Abgases wurde eine Probenahmehaube mit einer an der Basis 1,5 m² großen Öffnung auf die Oberfläche aufgesetzt. Der Rahmen der Probenahmehaube ist so gestaltet, dass eine ausreichende Abdichtung sichergestellt ist. Auf der Haube befindet sich eine kreisförmige, kaminartige Messstrecke, mit einem Durchmesser von 0,15 m und einer Länge von 1 m, durch der das aus der Flächenquelle austretenden Abgas nach oben abgeleitet wird.

Auf der Rohgasseite wurde am gleichen Ort gemessen an dem auch die Ammoniakprobenahme durchgeführt wurde.

4.3.1.2.1 Messvorbereitung (Untersuchung ANECO)

Vor Beginn der Probenahme erfolgte eine Dichtigkeitsprüfung der Entnahmesonde. Dabei durfte die Volumensflussrate bei an der Sondenspitze verschlossenen Probenahmeapparatur und maximalen Unterdruck 0,05 m³/h nicht überschreiten.

Vor dem Einsetzen der Filter in den zu beprobenden Luftstrom wurden die Filterköpfe sterilisiert und die sterilen Polycarbonatfilter eingesetzt.

4.3.1.2.2 Messaufbau (Untersuchung ANECO)

Nach dem Aufstellen der Probenahmehaube erfolgte der Anschluss des modularen Probenahmesystems für die Keimmessung. Zur Einstellung der Absaugleistung wurde innerhalb der Messstrecke die Abluftgeschwindigkeit aufgenommen und danach die Absaugleistung eingeregelt.

4.3.1.2.3 Beteiligte (Untersuchung ANECO)

Beteiligt an der Keimmessung mittels Filterköpfen waren die Mitarbeiter der Firma ANECO Dipl.-Ing. von Kries und Dipl.-Ing. Wild.

4.3.2 Probenahmegeräte: Keimmessungen

4.3.2.1 Geräte der Keimmessungen der TiHo

Impinger Flaschen, nach AGI 30 Standard, gefüllt mit Nährlösung

Pumpe für den zu untersuchenden Abluftstrom durch die Waschflaschen:

2 in Reihen geschaltete Membranpumpen, 230 V (Eigentum: TiHo, Spezifikationen: nicht bekannt)

Schläuche und Verbinder:

Nach Durchgang durch Impinger Flaschen PE

Einstellung des Volumenstromes:

Über Bypass zu den Saugschläuchen und Durchflussregler an den Saugschläuchen (feststellbar)

Gerät zur Einstellung des Volumenstromes:
 Schwebekörperdurchflussanzeiger
 Durchfluss: 0 – 17 l/min bei 20 °C und Normdruck
 Bailey, Fischer & Porter, 37070 Göttingen
 Gerät Bezeichnung.: G10A6142FAC1X
 9603N1824A4

4.3.2.2 Geräte der Keimmessungen durch ANECO

¹

Sonmet Planfilterköpfe Durchmesser 50 mm
 Material Planfilterköpfe: Titan
 Material Entnahmesonden: Titan
 Absaugrohr aus Edelstahl, Länge 0,5 m

Filter: Polycarbonatfilter, Porenweite 0,8 µm, Durchmesser 50 mm

Teilstromentnahmesystem:

Modulares System bestehend aus Absaugschläuchen, Kondensatabscheider aus Edelstahl, Trockenturm, Rotameter (0 – 4 m³/h), Pumpe (Firma Rietschle, Typ VTE 6) mit Bypassregelung, Thermoelement (0-70 °C) zur Bestimmung der Teilgastemperatur und Gasuhr (Firma Pipersberg, Typ BK 2,5, Ablesegenauigkeit 0,2l).

4.3.3 Aufarbeitung und Auswertung der Abscheidemedien: Keime

4.3.3.1 Auswertung der Keimmessungen mittels Impingern durch die TiHo

²

Die Auswertung der Proben wurde ausschließlich von der TiHo Hannover übernommen.

Ausgewertet auf Keimzahlen werden die Impinger durch Herstellung von Verdünnungsreihen, von denen jeweils 0,1 ml auf Nährböden ausgespatelt und anschließend bebrütet werden.

Je nach zu untersuchenden Keimen werden verschiedene Nährböden und Bebrütungstemperaturen verwendet, diese sind in der nachfolgenden **Tabelle 4.3.3.1 -1** aufgeführt. Als Ergebnis der aeroben Bebrütung werden nach 24 h bis zu 14 Tagen die koloniebildenden Einheiten (KBE) ausgezählt.

¹ Daten stammen aus dem Bericht von ANECO im Anhang 7

² Auszug aus TiHo Messbericht.

Tabelle 4.3.3.1 –1: Nährböden und Bebrütungstemperaturen der Keimmessungen

Untersuchungsparameter	Nährboden	Bebrütungstemperatur °C
Mesophile Gesamtkeime	Blutagar	36
Staphylokokken	Staph.-Selektionsagar	36
Mesophile Pilze	DG 18	25
Mesophile Aktinomyceten	AC	32
Thermophile Pilze	DG 18	40

Die Auswertung der Endotoxine erfolgt mit Hilfe des Limulus-Amöbozyten-Lysat Testes (LAL-Test), welche nach der chromogen-kinetischen Methode photometrisch quantifiziert werden. Das Ergebnis wird als Endotoxin Unit (EU) angegeben. Endotoxinbezogene Massenangaben können näherungsweise errechnet werden durch: 1 ng \cong 8 EU.

Alle Proben wurden sofort nach Anlieferung ausgewertet.

Die von der Fachhochschule Münster beim Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztier-technologie eingereichten Impinger Proben

„wurden als Flüssigkeit zur qualitativen Untersuchung auf *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Aspergillus niger* übersandt.

Das zur Verfügung stehende Untersuchungsmaterial wurde auf Columbiaagar mit 5% Schafsblutzusatz (Oxid, Wesel), Gaßneragar (Oxid, Wesel) und Kimming Nährboden, mod. (Oxid, Wesel) fraktioniert ausgestrichen und für insgesamt 48 h bei 37°C bebrütet.

Parallel zum oben genannten Direktaufstrich erfolgte eine Anreicherung in Nährbouillon (Oxid, Wesel) für 24 h / 37°C und anschließendem Überimpfen eines Alliquots auf Columbia- und Gaßneragar. Die festen Nährböden wurden 24 h bei 37°C inkubiert.

Die Ablesung der Kulturen erfolgte jeweils nach 24 h. Verdächtige Kolonien wurden nach Bisping und Amtsberg, Farbatlas zur Diagnose bakterieller Infektion der Tiere, Paul Parey, 1988 differenziert.

Zur Identifizierung von Schimmelpilzen wurde ein Tesafilmpräparat mit Lactophenolwasserblau angefertigt. Die Gattungsdiagnose erfolgte anhand der Fruchtförmigen nach Friedrich Burkhardt, Mikrobiologische Diagnostik, Thieme Verlag 1992.“ (aus dem Schreiben der TiHo, Institut für Mikrobiologie und Tierseuchen 2002)

4.3.3.2 Auswertung der Keimmessungen mittels Filtration durch ANECO

³

Die Bestimmung der luftgetragenen Schimmelpilze erfolgte gemäß der TRBA 405/430, sowie der BIA Richtlinie 9420. Die Proben wurden sofort nach Probeneingang bearbeitet, so

³ aus Auswertebereicht ANECO, geschrieben vom auswertenden Labor Dr. Balfanz – Dr. Lohmeyer, Münster

dass sich mögliche Schädigungen der Pilzsporen in den Impingern (durch Auskeimen mit anschließenden Vortexen) auf ein Mindestmaß reduzieren.

Die Bestimmung der luftgetragenen Bakterien erfolgte gemäß der BIA Richtlinie 9430. Die Proben wurden unmittelbar nach Probeneingang bearbeitet.

Die Bestimmung der luftgetragener Staphylococcen erfolgte nach Angabe des auswertenden Labors gemäß einschlägiger Fachliteratur. Als Nährboden wurde Baird-Parker-Agar eingesetzt. Die Nährböden wurden mit der Tropfplattentechnik beimpft, ggf. wurde 1 ml der Bakterienlösung auf eine Platte gegeben, die erst nach Abtrocknung unter der Laminar flow-Bank inkubiert wurde. Die Inkubation erfolgte bei 36 °C für 48 Stunden. Staphylococcus aureus wurde anhand charakteristischer Hofbildung im Agar identifiziert.

Die Bestimmung luftgetragener Endotoxine erfolgte in Anlehnung an die BIA Richtlinie 9450 im Microplate Maßstab mit Hilfe des chromogenkinetischen LAL Tests. Bis zur Verarbeitung der Proben wurden diese bei 4 °C gelagert.

Die beschickten Polycarbonatfilter wurden in 250 ml Laborflaschen mit 10 ml physiologischer Kochsalzlösung gevortext. Die Pilzfilter wurden vorher 15 Minuten in einem 36 °C warmen Schüttelwasserbad bei 120 Umdrehungen pro Minuten inkubiert. Dann wurden dezimale Verdünnungsreihen angelegt und entsprechend der Vorschrift für Nährböden beschickt.

Die Bestimmung der luftgetragenen Actinomyceten erfolgte gemäß einschlägiger Fachliteratur (KAN Bericht 13, Kommission Arbeitsschutz und Normung, Mikroorganismen in der Arbeitsplatzatmosphäre – Actinomyceten). Die Proben wurden sofort nach Probeneingang bearbeitet. Als Nährboden wurde Glycerin-Arginin-Agar eingesetzt. Die Inkubation erfolgte bei 30 °C für 14 Tage.

Für alle Parameter, die auf den Filtern ausgewertet wurden, wurden Filter als „Blindproben“ ausgepackt, in die Filterköpfe eingesetzt und anschließend wieder eingepackt.

Die Extraktion der beschickten Filter wurden 250 ml Laborflaschen mit 10 ml physiologischer Kochsalzlösung 4 Minuten gevortext. Pilzfilter wurden vorher 15 Minuten in einem 36 °C warmen Schüttelwasserbad bei 120 UpM inkubiert. Dann wurden dezimale Verdünnungsreihen angelegt und entsprechend der Vorschrift die Nährböden beschickt.

4.3.3.3 Auswertung der Keimmessungen mittels Impinger durch ANECO

Parallel zu den Messungen mittels Filtern wurden zwei Messdurchgänge mit Impinger Flaschen durch die Fachhochschule Münster gemacht. Von diesen Impingern wurde dann jeweils die Flaschen eines Durchganges (Probe Rohgas, Probe Reingas) an die TiHo zur Analyse gegeben, die Flaschen des zweiten Durchganges wurden ANECO zur Analyse überlassen.

Vor der Auswertung der beschickten Impinger wurden diese dann 60 Sekunden gevortext. Für die Pilzbestimmung wurden 10 ml genommen, mit Tween 80 versetzt (0,01 % Endkonzentration), gevortext und anschließend sofort verarbeitet. Für die Bakterienbestimmung wurden die Impinger direkt verarbeitet.

4.3.4 Verfahrenskenngrößen und Art der Ermittlung; Maßnahmen zur Qualitätssicherung: Keime (nur Untersuchung TiHo)

- Kühlkette geschlossen, von der Anlieferung über die Probenahme bis zur Abgabe bei der TiHo
- Abflämmen der Flaschen vor und nach der Untersuchung → keine Beeinflussung durch Fremdkeime dadurch möglich
- Feststellung Regelventile für die Einstellung der Volumenströme
- Auswahl von willkürlich ausgewählten Impingern als Blindproben, welche bei allen Transportwegen und allen Handhabungen mitgeführt wurden
- Herstellung und Auswertung der Flaschen in einer Hand

4.4 Geruchsemissionen

4.4.1 Messverfahren, Grundlagen des Verfahrens

Die Probenahme erfolgte nach VDI-Richtlinie 3881 Bl. 1 bis 4 „Olfaktometrie - Geruchsschwellenbestimmung“.

Olfaktometrie nach Richtlinie VDI 3881 Blatt 1, Olfaktometrie: Geruchsschwellenbestimmung; Grundlagen, Ausg. 05.86

Olfaktometrie nach Richtlinie VDI 3881 Blatt 2, Olfaktometrie: Geruchsschwellenbestimmung; Probenahme, Ausg. 01.87

Olfaktometrie nach Richtlinie VDI 3881 Blatt 3, Olfaktometrie: Geruchsschwellenbestimmung: Olfaktometer mit Verdünnung nach dem Gasstrahlprinzip, Ausg. 11.86

Olfaktometrie nach Richtlinie VDI 3881 Blatt 4, Olfaktometrie: Geruchsschwellenbestimmung; Anwendungsvorschriften und Verfahrenskenngrößen, Entwurf 12.89

4.4.2 Probenahmeeinrichtungen

Nalophan Beutel, Kaliber: 250 mm

Die Rohgas- und Reingasprobenahme wurden mit Schlauchpumpen mit Teflonpumpenkopf der Fa. Cole-Parmer durchgeführt (vgl. Abbildung 1). Diese haben nachfolgend aufgeführte Spezifikationen.

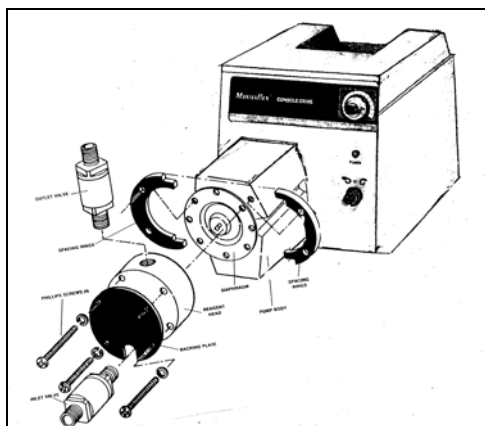


Abbildung 1: Schlauchpumpe mit Teflonpumpenkopf

Daten Probenahmepumpe

Fabrikat/Typ:	Masterflex L/S™ Model 7518-10
Herst.-Firma:	Cole-Parmer Instrument Co., Illinois U.S.A.
Pumpenkopf:	Teflonmembran
Einstellung Fördermenge:	10-Gang Potentiometer
Förderrate:	max. 600 U/min \cong 80 - 800 ml/min
Genauigkeit:	\pm 3% Linearitätskontrolle

Schläuche und Verbinder:

Vollständig aus Teflon

Zur Reingasprobenahme kam eine Probenahmehaube für aktive Flächenquellen zum Einsatz (vgl. Abbildung 2).

Bei der Probenahmehaube handelt sich hierbei um eine pyramidenförmige Haube aus Aluminiumblech mit einer Grundfläche von 1 m². Nach oben mündet die Haube in einem 2 m langen Rohr mit einem Durchmesser von 150 mm.

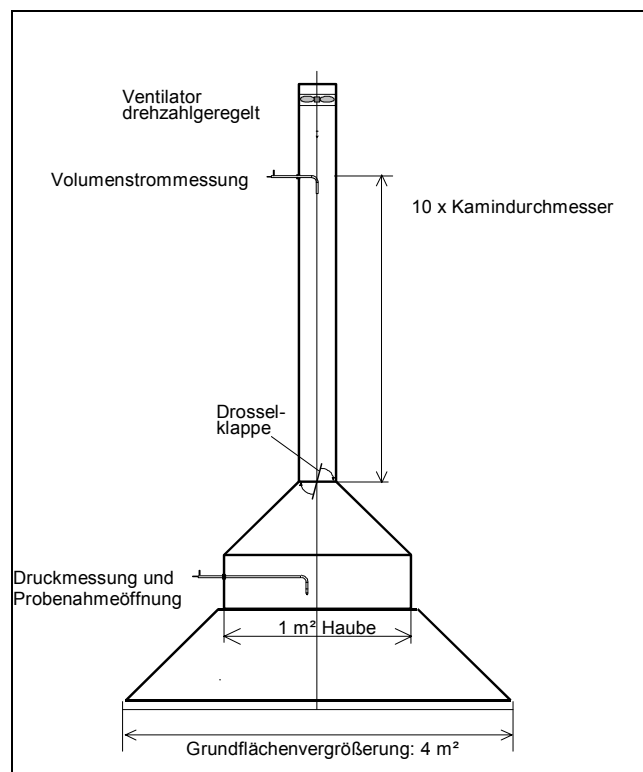


Abbildung 2: Haube zur Gasentnahme von Aktivquellen

Wichtig bei der Probenahme von aktiven Quellen ist, dass die originalen Strömungsverhältnisse nicht verändert werden. Dies wird durch die dargestellte Haube gewährleistet, indem nach Aufsetzen der Haube auf die zu beprobende Fläche der statische Druck in der Haube durch den Ventilator auf 0 Pa (digitales Mikromanometer) geregelt wird. Dieser Zustand stellt sicher, dass die Haube auf dem abgedeckten Filterflächenbereich keinen zu-

sätzlichen Druckverlust zu dem des Filtermaterials verursacht. Eine Beeinträchtigung der Strömungsverhältnisse wird somit ausgeschlossen.

Die Drosselklappe, die sich am unteren Ende des Rohres befindet, dient im Bedarfsfall zur Feinabstimmung des abzuführenden Luftvolumens und kommt lediglich bei sehr kleinen Abluftvolumina zum Einsatz.

Nachdem der statische Druck unter der Haube auf 0 Pa geregelt wurde, wird der Volumenstrom im Kamin gemessen (Prandtl'sches Staurohr, bzw. Hitzdrahtanemometer). Die dafür vorgesehene Messstelle liegt nach einer Beruhigungsstrecke mit 10-fachem Rohrdurchmesser. Die Einstellung des abzusaugenden Volumens erfolgt über dem oben im Kamin installierten Ventilator, dieser kann über eine Phasenanschnittsteuerung stufenlos eingeregelt werden.

Unter dieser Probenahmehaube wurden sowohl der Schlauch für die Geruchsprobenahme, als auch der Schlauch zu den Waschflaschen der Ammoniakmessung fixiert. Weiterhin wurde in dieser Haube die Impinger Flasche aufgestellt.

4.4.2.1 Vorbereitung

Zu der, in der Messung des Volumenstromes, ermittelten Messstelle auf der Rohgasseite wurde ein Teflonschlauch geführt und fixiert. Ein weiterer Teflonschlauch wurde in der Probenahmehaube fixiert. Die verwendeten Pumpen wurden vor der Messung so eingestellt, dass der zu fördernde Volumenstrom den Probenahmebeutel innerhalb von 30 Minuten füllt.

Die Pumpen wurden bereits vor dem Anschluss der Probenahmebeutel eingeschaltet, damit alle Schläuche mit der zu untersuchenden Abluft gespült waren.

Weiterhin wurden alle Schläuche, soweit sie in einer kühlen Umgebung waren, während der Geruchsmessung mit einer Isolierung versehen, so dass Kondensation und eine daraus resultierenden Auswaschung von Geruchsstoffen sicher unterbunden wurde.

4.4.2.2 Aufbau

Beide Teflonschläuche wurden auf möglichst kurzem Wege an jeweils eine Schlauchpumpe mit Teflonpumpenkopf angeschlossen.

Nach den Pumpwerken wurde dann das geförderte Probenvolumen unmittelbar in die Nalophanbeutel geleitet.

4.4.2.3 Durchführung

Zeitgleich zur Ammoniak- und Keimmessung wurde auch die Geruchsmessung gestartet. Unmittelbar nach Beendigung der Probenahme wurden die Probenahmebeutel luftdicht verschlossen, so dass hier keine Beeinträchtigung der Proben stattgefunden hat.

4.4.2.4 Beteiligte

Die Probenahme wurde von der Fachhochschule Münster durchgeführt, Herr Andreas Sowa war als Leiter einer Messstelle nach § 26 BImSchG in der Messplanung und Messüberwachung beteiligt.

4.4.3 Olfaktometer

Als Auswertegerät für die Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration wurde ein Olfaktometer entsprechend folgender Spezifikation verwendet.

Fabrikat:	Mannebeck, Kiel
Typ:	TO 7-SIH
Baujahr:	1995
Verdünnungsprinzip	
Integrierte Vorverdünnung:	Ja
Regelmechanismus der Volumenströme:	Gasstrahlpumpe, Nadelventil
Optische Kontrolle der Verdünnungsstufeneinstellung:	Rotameter; Verdünnungen : 640 - 40 und 20 - 2,5
Überschussauslaß für Probenluft	Ja
Anzahl der Ausgänge für Riechproben:	4
Anzahl der Probanden, die gleichzeitig am Gerät arbeiten:	4
Riechrohr	15 mm Ø
Material der Maske:	Edelstahl
Volumenstrom der Riechprobe (je Platz bei Geruchsprobe):	1,25 m³/h
Größte einstellbare Verdünnungszahl ohne / mit Vorverdünnung:	640 / 128.000
Kleinste einstellbare Verdünnungszahl ohne / mit Vorverdünnung:	2,5 / 250
Datum der letzten Kalibrierung der Mischeinrichtung:	Dezember 2001
Befeuchtungseinrichtung für Neutralluft:	Nein
Befeuchtungseinrichtung für Riechprobe:	Nein
Ansprechzeit:	< 1,0 s
Einstellzeit:	< 1,5 s

4.4.4 Beschreibung des Probandenkollektivs nach VDI 3881, Blatt 4

Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden die Probanden bei jeder Messung mit H₂S und n-Butanol durch ein Olfaktometer (TO 7) entsprechend der VDI-Richtlinie 3881, Blatt 1, überprüft.

Zu Geruchsmessungen wurden nur die Probanden eingesetzt, deren Geruchsschwellenwerte innerhalb des von der Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) genannten Bereiches lagen.

4.4.5 Auswertung der Proben

Die Auswertung erfolgte am Probenahmetag im Geruchslabor der Fachhochschule Münster, Steinfurt.

Eingesetzt wurde das Olfaktometer TO 7

Gemessen wurde nach den Anforderungen einer Messstelle nach §26 BImSchG.

4.4.6 Anzahl der Messreihen

Anzahl der Proben pro Probandenkollektiv:

- max. 8 Geruchsproben pro Tag,
- zusätzlich Referenzproben (n-Butanol und H₂S) vor und nach der Auswertung

Messreihen:

- pro Probe wurden 12 Messungen durchgeführt, diese 12 Messungen setzten sich aus 3 Durchgängen mit je 4 Probanden zusammen.

Bei mehr als 8 Geruchsproben wurde ein zweites Probandenteam eingesetzt. Auch diese mussten dann die Referenzproben durchlaufen.

4.4.7 Darbietungszeiten

Die Darbietungszeiten der gezogenen Proben war in der Regel zwischen 18:00 Uhr und 21:00 Uhr.

4.4.8 Pausenzeiten des Probandenkollektivs

Pausenzeiten des Probandenkollektivs:

- 1 Minute nach jedem Durchgang
- 3 Minuten zwischen den verschiedenen Proben
- 30 Minuten nach jeweils 4 Proben

5 Betriebszustand der Anlagen während der Messungen

5.1 Produktionsanlagen nach Anhang 2, Tabelle A 6.1 bis A 6.4

Alle Daten über den landwirtschaftlichen Betrieb (LWB) und die Abluftreinigungsanlagen und deren Betriebszustand während der Messungen sind im **Anhang 2** zusammengestellt und können dort miteinander verglichen werden. Auf vorgefundene Besonderheiten wird nachfolgend hingewiesen.

Die Produktionsanlagen, also in dieser Messreihe die landwirtschaftlichen Betriebe (LWB) und die Kotlagerhalle waren in einem normalen Betriebszustand, d. h. an keiner Anlage waren zum Zeitpunkt der Messungen Störungen des normalen Betriebes zu verzeichnen. Bei den **LWB Nr. 5 und Nr. 8** war ein geringerer Tierbesatz als der genehmigte eingestallt, alle anderen Stallanlagen waren zumindest mit der genehmigten Tierzahl belegt. Bei den **LWB Nr. 1 und Nr. 10** war geringer Überbesatz festzustellen. Da die Mitarbeiter vor Ort die Stallanlagen in den meisten Fällen nicht betreten konnten, mussten zum Tierbesatz die Landwirte selbst befragt werden.

Bei der untersuchten Abluftreinigung an der **Kotlagerhalle Nr. 2** konnte festgestellt werden, dass zum Zeitpunkt der Messung die Halle überdurchschnittlich befüllt war.

Aufzuführen ist hier, dass es sich um eine Wintermessung handelt, so dass die Lüftungsraten der Produktionsanlagen, außer **LWB Nr. 9**, nur mit 20 % - 30 % der Sommerlüftrate liefen. Da die Kotlagerhalle mit einer nicht regelbaren Lüftung ausgestattet ist, war hier der Lüftungstechnische Betriebszustand als über das Jahr gesehen normal einzustufen.

Bedingt durch die geringe „Luftwechselrate“ in den Produktionsanlagen war eine Aufkonzentrierung an Ammoniak und Geruch in der Rohluft zu erwarten. Andererseits verlängert sich dadurch die Verweilzeit in den Abluftreinigungsanlagen, da diese auf Sommerlüftrate ausgelegt sind.

Zu beachten ist hier weiterhin, dass die LWB Unterschiede in den baulichen Ausführungen, z. B.

- die Abluftführung als Raum- oder Unterflurabsaugung
- die Isolierung des Stalles
- die Ausstattung des Stalles mit Heizungen und Klimatechnik,

usw. aufweisen, so dass Schwankungen der Abluftparameter auftreten können.

Ebenso muss beachtet werden,

- dass die Sauberkeit in den Ställen nicht überall gleichmäßig war.
- dass verschiedene Fütterungen vorhanden sind. Sowohl von der Futterzusammensetzung als auch von der Art der Fütterung gibt es hier Unterschiede.

5.2 Abgasreinigungsanlagen nach Anhang 2, Tabelle A 6.5 bis A 6.8

Nachfolgend aufgeführte **Tabelle 5.2-1** listet die Bemerkungen zu den Abgasreinigungsanlagen auf, so dass hier ein Überblick über die Verhältnisse während der Messungen gegeben wird.

Landwirtschaftlicher Betrieb Nummer, Abluftreinigungsverfahren	Bemerkungen	Erwartete Auswirkungen
Nr. 1, Biofilter (Teilbeet 1a)	- Biofiltermaterial sehr nass nach Regenereignis	- gute Reinigungsleistungen durch erhöhte Absorption
Nr. 2, Kombianlage Kotlagerhalle	- pH Wert der sauren Wäsche nicht eingeregelt	- erhöhte NH ₃ Werte im Reingas
Nr. 3, Biofilter	- Biofiltermaterial stellenweise am Rand trocken	- keine optimalen Reinigungsleistungen
Nr. 4, Biowäscher	- Hier fehlte zum Messzeitpunkt der Tropfenabscheider auf der Reingasseite, so dass mit dem Luftstrom das ammoniumgesättigte Wasser ausgetragen wurde.	- Messung verworfen, da Anlage nicht Stand der Technik.
Nr. 5, Kombianlage	- pH Wert der sauren Wäsche nicht eingeregelt	- erhöhte NH ₃ -Werte im Reingas
Nr. 6, Kombianlage	- pH Wert der sauren Wäsche nicht eingeregelt - Tiere während der Messung unruhig	- erhöhte NH ₃ -Werte im Reingas - erhöhte Geruchsfrachten im Reingas
Nr. 7, Biofilter	- keine Bemerkungen	
Nr. 8, Biofilter	- keine Bemerkungen	
Nr. 9, Biofilter	- geringe Verweilzeit bei nur 0,2 m dicker aktiver Biofilterschicht - Erhöhte Luftrate trotz Winterbetrieb wegen Stallheizung	- erhöhte NH ₃ -Werte im Reingas
Nr. 10, Biofilter	- Biofiltermaterial trocken	- verminderte Reinigungsleistung

Tabelle 5.2-1: Auflistung der Bemerkungen zum Betriebszustand der Anlagen zum Messzeitpunkt und daraus zu erwartende Auswirkungen

Die zu untersuchenden Abluftreinigungsanlagen in der Bauform Biofilter waren überwiegend in einem „normalen“ Zustand. Bei den meisten LWB konnte festgestellt werden, dass die Mindestanforderungen an Wartung und Pflege berücksichtigt werden, z. B. das Entfernen von Bewuchs und die Einstellung eines passenden Wassergehaltes in der Biofilterschüttung. Als Ausnahme kann **LWB Nr. 10** genannt, dessen Biofilter einen deutlich zu geringen Wassergehalt zeigte.

Die Art des Filtermaterials und deren Schichtung war unterschiedlich. **LWB Nr. 1, Nr. 3** und **Nr. 10** hatten ca. 0,5 m grobes Wurzelholz in unteren Bereich und ca. 0,6 m – 0,7 m Siebüberlauf aus der Grünschnittkompostierung als Aktivschicht. **LWB Nr. 3** und **LWB Nr. 7** hatten ca. 1,0 m bis 1,2 m grobes gerissenes Wurzelholz. **LWB Nr. 9** hatte im unteren Bereich ca. 0,8 m grobes Holzstücke als Luftverteiler und darauf 0,2 m bis 0,3 m Weidenhackschnitzel als Aktivschicht.

Bei den untersuchten Kombianlagen bei **LWB Nr. 2, Nr. 5 und Nr. 6** zeigte sich, dass diese zum Zeitpunkt der Messungen nicht in einem optimalen Bereich liefen. So wurden allen Anlagen nicht, wie vom Anlagenhersteller gefordert, kontinuierlich mit einem pH Wert < 6 im Waschwasser betrieben.

Beim untersuchten Biowäscher **LWB Nr. 4** konnte festgestellt werden, dass dieser nicht dem Stand der Technik entsprach. Aufgrund dieser Feststellung wurde diese Untersuchung verworfen.

Bei Messungen an Tierhaltungen ist immer mit Unterschieden im Verhalten der Tiere zu rechnen. Während der meisten Messungen waren die Tiere im Stall sehr ruhig, bei **LWB Nr. 6** war während eines Messdurchganges erhöhte Aktivität, bedingt durch Fütterung der Tiere, feststellbar.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass bei jedem LWB immer drei aufeinanderfolgende Messdurchgänge stattgefunden haben. Das bedeutet, dass Schwankungen in den Abluftwerten auf die Tagesganglinie der Ställe, in Abhängigkeit von der Tieraktivität, zurückzuführen sind.

Zu berücksichtigen ist auch, dass diese Messungen mit den Landwirten terminlich abgesprochen waren, d. h. zum Messzeitpunkt Veränderungen an den Abluftreinigungen hätten durchgeführt werden können, wie z. B. die Einstellung eines optimalen Wassergehaltes im Biofiltermaterial, Reinigung der Anlage, Austausch des Waschwassers bei den Kombianlagen, etc..

Ob die gefundenen Betriebszustände der Abluftreinigungsanlagen, welche in den meisten Fällen als zufriedenstellend zu bezeichnen waren, dann auch täglich Praxis sind, kann durch eine solche Untersuchung nicht ermittelt werden.

6 Zusammenstellung und Diskussion der Messergebnisse

Wegen des Umfangs der Untersuchungen kann die Auswertung nur tabellarisch erfolgen. Zunächst wurden daher zu allen Untersuchungsparametern Tabellen angefertigt, die die jeweiligen Ergebnisse enthalten. Eine vollständige Übersicht der Ergebnisse ist im **Anhang 6** dieses Berichtes zu finden. Diese Tabellen sind nach Biofiltern und Kombianlagen sortiert, wobei jeder der drei Messparameter separat dargestellt ist.

Des Weiteren werden für die Diskussion der nachfolgenden Einzelparameter Mittelwerttabellen erstellt, die einen besseren Vergleich der verschiedenen Abluftreinigungssysteme ermöglichen.

6.1 Ammoniakminderung nach Anhang 6, Tabelle A 6.9 und A 6.10

Aus den drei Durchgängen der Messung bei jedem LWB wird jeweils ein Mittelwert für die Rohgas- und für die Reingaskonzentration gebildet. Diese werden dann zur Berechnung des jeweiligen Wirkungsgrades der untersuchten Anlage herangezogen. Aus diesen Mittelwerten erfolgt dann eine Berechnung des Mittelwertes aus allen Messungen.

Es wurde, wie oben beschrieben, eine Unterscheidung nach den verschiedenen Anlagentypen durchgeführt.

Die in den Tabellen **6.1-1** und **6.1-2** aufgeführten Minimal- und Maximalwerte, sowohl bei den ermittelten Konzentrationen als auch bei den Wirkungsgraden, sind Angaben aus der gesamten Messreihe, d. h. die Minimal- und Maximalkonzentrationen zusammen mit den Wirkungsgraden nicht einer Einzelmessung zugeordnet werden.

**Tabelle 6.1 – 1: Ammoniakkonzentrationen und Wirkungsgrad aus sechs Biofiltern
 (Anhang 6.9)**

Messobjekt: Biofilter Nr. 1, 3, 7, 8, 9, 10	Rohgas Konzentration ppm NH ₃	Reingas Konzentration ppm NH ₃	Wirkungsgrad %
Mittelwert ⁴	15,6	2,6	83
Max. Wert	21,5	3,5	93
Min. Wert	10,9	1,5	68

**Tabelle 6.1 – 2: Ammoniakkonzentration und Wirkungsgrad aus drei Kombianlagen⁴
 (Anhang 6.10)**

Messobjekt: Kombianlagen Nr. 2, 5, 6	Rohgas Konzentration ppm NH ₃	Reingas Konzentration ppm NH ₃	Wirkungsgrad %
Mittelwert ⁴	14,9	3,1	79
Max. Wert	16,5	3,8	82
Min. Wert	13,4	2,7	77

Betrachtet man die Ammoniakwerte der Rohgasseite, so sind diese als einheitlich einzustufen. Die Rohgaswerte aller Anlage liegen im Mittel bei ca. 15 ppm (Schwankung +/- 30 %). Sowohl bei den Biofiltern als auch bei den Kombianlagen sind die Rohgaswerte im Schnitt gleich. Im Allgemeinen kann bei beiden Anlagentypen kein Zusammenhang zwischen der Ammoniakkonzentration im Rohgas und der Tierzahl, Haltungssystem und Entlüftungstechnik festgestellt werden.

Auf den ersten Blick sind die Reinigungsleistungen bei den **Biofiltern** besser als bei den Kombianlagen. Dieses resultiert aber ausschließlich aus der Messung beim **LWB Nr. 1**. Vor der Messung waren auf der Wetterseite des Stalles erhebliche Niederschläge zu verzeichnen, so dass große Mengen frisches Wasser in den Biofilter eingebracht wurden. Dieses frische Wasser hat zunächst eine hohe Absorptionskapazität gegenüber Ammoniak, so dass der hohe Maximalwert der Reinigungsleistung errechnet werden konnte und daraus resultierend dann der o.g. Mittelwert entstand. Klammert man die Betriebe mit den minimalen und maximalen Wirkungsgraden aus, so liegen alle errechneten Wirkungsgrade zwischen 80 % und 84 %, so dass insgesamt der mittlere Wirkungsgrad wie oben genannt, bei den Biofiltern passt.

⁴ Hier erfolgt keine Unterscheidung zwischen Schweinehaltung und Kottlagerhalle, da die Konzentrationen bei dieser Messung vergleichbar waren.

Da alle Biofilter (**Ausnahme: LWB Nr. 10**) in einem ordentlichen Betriebszustand waren und die Lüftungsrate bedingt durch die Wintermessung sehr gering war, sind die oben aufgeführten Werte plausibel. Bei **LWB Nr. 10** reichte die Erhöhung der Verweilzeit aus um einen vergleichbaren Wirkungsgrad zu erreichen.

Im Gegensatz zu den Biofiltern wurden bei den **Kombianlagen**, bedingt durch die chemische Ammoniakabscheidung, deutlich bessere Wirkungsgrade erwartet. Allerdings waren bei den untersuchten Kombianlagen an den Ställen die pH Werte der Säuredosierungen nicht im Optimum von < 6 eingestellt. Bei **LWB Nr. 5** lag der pH Wert während der Messung bei 7,4, so dass hier nicht die volle Ammoniakabscheidung durch die Säurebindung eintrat. Bei den **LWB Nr. 2** und **Nr. 6** hingegen wurde die Säuredosierung vor der Messung manuell in Betrieb genommen und auf maximale Dosiermenge eingestellt. Dieses führte bei **LWB Nr. 6** zwar innerhalb der Messzeit zu einem Absinken des pH Wertes vor der Messung von 7,4 auf 3,3 bis nachher auf 4,6, brachte aber nicht sofort eine Reduzierung des Ammoniakgehaltes in der Abluft, da zunächst nur das im Wasser gelöste Ammonium gebunden wurde. Im Allgemeinen hätte durch die Säuredosierung eine deutlich verbesserte Abscheideleistung erzielt werden müssen.

6.2 Keime

Da diese Messungen vollständig fremdvergeben wurden, werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen nur im **Anhang 6** aufgeführt. In den Tabellen **A 6.11** bis **A 6.16** werden die verschiedenen Mikroorganismen auf der Roh- und Reingasseite in absolute Zahlen dargestellt. Für die unterschiedlichen Auswerteverfahren gibt es verschiedene Nachweisgrenzen, z. B. allein bei ANECO

64 KbE/m³ Nachweisgrenze: Filter auf mesophile Pilze,

667 KbE/m³ Nachweisgrenze: Impinger auf Schimmelpilze,

200 KbE/m³, bzw. 229 KbE/m³ Nachweisgrenzen: Impinger auf Staphylococcus sp.,

345 kbE/m³, bzw. 420 KbE/m³ Nachweisgrenzen: Filter auf Staphylococcus sp..

Um die Abscheidgrade bei den einzelnen Fraktionen errechnen zu können, wurden die Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenzen in den Tabellen auf 0 gesetzt.

6.3 Keimminderung nach Anhang 6, Tabelle A 6.11 bis A 6.16

Die Daten der Einzelproben wurden direkt aus den Berichten der im Unterauftrag arbeitenden Institute entnommen. Für die Darstellung der Ergebnisse wurden alle Nachkommastellen, genau wie in den Analyseberichten der TiHo und ANECO aufgeführt, verwendet. Weitere Informationen sind aus der Stellungnahme zu dem Messbefund der TiHo –Kapitel 6.5.2- zu entnehmen.

Die nachfolgenden Zusammenfassungen wurden von der Fachhochschule vorgenommen:

1. Da die Streuung der Messergebnisse sehr groß ist, wird neben den arithmetischen Mittelwerten auch der Median der Ergebnisse angegeben, weil dieser einen aussagekräftigeren Wert als der arithmetische Mittelwert darstellt. Zunächst werden nur die **Ergebnisse der TiHo in den Tabellen 6.3.1 - 1 bis 6.3.1- 6 dargestellt**, da diese Proben von 5 Anlagen ausgewertet und damit eine größere statistische Sicherheit darstellen. Die Daten der TiHo werden weiterhin aufgeteilt nach Biofiltern und Kombianlagen.
2. Anschließend wird auf die gemeinsam durchgeführten **Messungen mit ANECO an den Biofiltern der LWB Nr. 9 und Nr. 10 eingegangen. Hier sind in den Tabellen 6.3.2 – 1 bis 6.3.2 - 3 die Ergebnisse aller Einzelmessungen mit den Ergebnissen der TiHo gegenübergestellt**, damit ein direkter Vergleich zwischen den Impinger- und der Filtermesstechnik möglich wird. Auch aus diesen Messwerten erfolgt dann wieder eine Mittelwertbildung und eine Berechnung der Abscheideleistung.
3. Weiterhin werden für spezielle Keime, die nur von ANECO mit der Impinger- und Filtermethode untersucht wurden, in den Tabellen **6.3.3 – 1 bis 6.3.3 – 4** die Ergebnisse aufgeführt.
4. Die Analysen der speziellen Keime durch die TiHo erfolgt durch ausschließlich beschreibende Tabellen **6.3.4 – 1 bis 6.3.4 - 6**, in denen dann auch wieder angegeben ist, welches Abluftreinigungssystem verwendet wurde.

Zur Berechnung der Abscheideleistung wird jeweils der aus den Einzelwerten berechnete Mittelwert verwendet. Dabei werden Proben unterhalb der Nachweisgrenze mit Null angesetzt.

Die jeweiligen Nachweisgrenzen sind in den Fußnoten, welche in den Tabellen angegeben sind, aufgeführt.

Neben den Ergebnistabellen mit allen Daten der Keimmessungen sind im Anhang 6 auch Diagramme aufgeführt, die einen Vergleich zwischen den Messinstituten und den Verfahren grafisch darstellen.

6.3.1 Ergebnisse TiHo, Impinger-Messungen für Endotoxine, Koloniebildende Einheiten und mesophile Pilze

**Tabelle 6.3.1 – 1 : Endotoxinkonzentrationen und Minderung bei 6 Biofiltern
 (Anhang 6.11)**

Messobjekt: Biofilter (Nr. 1, 3, 7, 8, 9 und 10)	Rohgas Konzentration Endotoxine ET EU/m ³ ⁵	Reingas Konzentration Endotoxine ET EU/m ³	Minderung %
Mittelwert	7,46	0,02	99,9
Max. Wert	19,43	0,63	100
Min. Wert	1,53	0,00	96,7
Median	2,92	0,05	98,5

Quelle: TiHo

**Tabelle 6.3.1 – 2: Endotoxinkonzentrationen und Minderung bei einer Kombianlage
 (Anhang 6.12)**

Messobjekt: Kombianlage (Nr. 5)	Rohgas Konzentration Endotoxine ET EU/m ³	Reingas Konzentration Endotoxine ET EU/m ³	Minderung %
Ermittelte Werte	1,15	0,83	27

Quelle: TiHo

**Tabelle 6.3.1 – 3: Koloniebildende Einheiten und Minderung bei 6 Biofiltern
 (Anhang 6.11)**

Messobjekt: Biofilter (Nr. 1, 3, 7, 8, 9 und 10)	Rohgas Konzentration Koloniebildende Einheiten KbE/m ³	Reingas Konzentration Koloniebildende Einheiten KbE/m ³	Minderung %
Mittelwert	173.228	3.389	98
Max. Wert	409.133	14.200	100
Min. Wert	8.200	0	89
Median	119.233	1333	96

Quelle: TiHo

⁵ 8 ET EU/m³ entsprechen ca. 1 ng/m³ Endotoxine. Eine Umrechnung in ng/m³ erfolgt hier nicht, ist aber im Anhang 6 aufgeführt.

**Tabelle 6.3.3.1 – 4: Koloniebildende Einheiten und Minderung bei der Kombianlage
 (Anhang 6.12)**

Messobjekt: Kombianlage (Nr. 5)	Rohgas Konzentration Koloniebildende Einheiten KbE/m ³	Reingas Konzentration Koloniebildende Einheiten KbE/m ³	Minderung %
Ermittelte Werte	24.400	10.267	58

Quelle: TiHo

**Tabelle 6.3.1 – 5: Mesophile Pilze (+25 °C) und Minderung bei 6 Biofiltern
 (Anhang 6.13)**

Messobjekt: Biofilter (Nr. 1, 3, 7, 8, 9 und 10)	Rohgas Konzentration Mesophile Pilze KbE/m ³	Reingas Konzentration Mesophile Pilze KbE/m ³	Minderung %
Mittelwert	908	100	89
Max. Wert	2.600	300	100
Min. Wert	0	100	n.b.
Median	650	100	93

Quelle: TiHo

**Tabelle 6.3.1 – 6: Mesophile Pilze (+25 °C) und Minderung bei der Kombianlage
 (Anhang 6.14)**

Messobjekt: Kombianlage (Nr. 5)	Rohgas Konzentration Mesophile Pilze KbE/m ³	Reingas Konzentration Mesophile Pilze KbE/m ³	Minderung %
Ermittelte Werte	1.000	n.n.⁶	100

Quelle: TiHo

Für den Untersuchungsparameter „Thermophile Pilze (+40°C) kann auf eine tabellarische Darstellung verzichtet werden, da diese in keiner Untersuchung nachgewiesen werden konnten. (= Wintermessung)

⁶ n.n. = nicht nachweisbar

6.3.2 Gemeinsame Untersuchungen TiHo und ANECO von Endotoxinen, Koloniebildenden Einheiten und mesophilen Pilzen

An den Anlagen von **LWB Nr. 9** und **Nr. 10** wurden sowohl Proben für die TiHo und für ANECO entnommen. Die TiHo wertete weiterhin die kontaminierten Impinger Flaschen aus und die **Firma ANECO wertete über ein nachgeschaltetes biologisches Labor neben den Filterproben auch Impinger Proben aus.**

Bei der doppelten Beprobung erfolgte die Probenahme mit Impingern auf der Reingasseite unter der Messhaube von ANECO. Die Probenahme auf der Rohgasseite fand in unmittelbarer Nähe zueinander statt.

Nachfolgend sind diese Ergebnisse gegenübergestellt. Bei eng nebeneinanderliegenden Ergebnissen ist bei der Abscheideleistung die erste Nachkommastelle mit angegeben. Da hier die Verfahren der Probenahme und deren Auswertung genauer betrachtet werden sollen, erfolgt hier die Angabe der Einzelwerte.

**Tabelle 6.3.2 -1: Vergleich Endotoxine
(Anhang 6.11)**

Untersuchter Betrieb		LWB Nr. 9		LWB Nr. 10	
Bauform Abluftreinigung		Biofilter		Biofilter	
Auswertung durch		TiHo	ANECO	TiHo	ANECO
Verfahren der Probenahme		Impinger	Filter	Impinger	Filter
Kontrolle	ET EU/m ³	0	0	0	0
Roh 1	ET EU/m ³	1,11	1.022,73	22,68	1.672,24
Roh 2	ET EU/m ³	1,52	1.145,83	6,90	1.871,35
Roh 3	ET EU/m ³	1,92	486,73	17,32	7.179,49
Rein 1	ET EU/m ³	0 ⁷	4,30	0,72	19,70
Rein 2	ET EU/m ³	0	1,28	0	30,76
Rein 3	ET EU/m ³	0	2,60	0,63	197,62
Mittelwert Roh	ET EU/m ³	1,53	885,10	15,63	3.574,36
Mittelwert Rein ⁸	ET EU/m ³	0	2,72	0,45	82,69
Abscheideleistung	%	100	99,7	97,1	97,7

Der Vergleich der beiden Probenahmemethoden zeigt große Unterschiede bei den absoluten Werten, die nach Meinung der TiHo auf die Systematik der Probenahme zurückzuführen sind. Beim Impingment werden feste Durchflussraten eingestellt und beim Planfilterverfahren werden die Proben mit unterschiedlichen Durchflussmengen gewonnen. Ein weite-

⁷ 0,05 ET EU/m³ ist die Nachweisgrenze bei der Auswertung von Impinger Flaschen.

⁸ Wenn Proben unterhalb der Nachweisgrenze liegen, wurde für die Mittelwertbildung Null angesetzt.

rer Grund kann in der unterschiedlichen Rückhaltefähigkeit der wässrigen Phase und der Planfilter liegen.

Da es sich hier um Systemunterschiede handelt, müssen jedoch die Abscheideleistungen vergleichbar sein. Das wird durch die Ergebnisse bestätigt.

**Tabelle 6.3.2 – 2: Vergleich Koloniebildende Einheiten
 (Anhang 6.11)**

Untersuchter Betrieb		LWB 9		
Bauform Abluftreinigung		Biofilter		
Auswertung durch		TiHo	ANECO	ANECO
Verfahren der Probenahme		Impinger	Impinger	Filter
Kontrolle	KbE/m ³	0	0	0
Roh 1	KbE/m ³	174.000	347.000	1.470.000
Roh 2	KbE/m ³	124.000	307.000	632.000
Roh 3	KbE/m ³	222.000	200.000	1.780.000
Rein 1	KbE/m ³	0 ⁹	667	1.750
Rein 2	KbE/m ³	2.000	6.670	917
Rein 3	KbE/m ³	600	0 ¹⁰	817
Mittelwert Roh	KbE/m ³	173.333	284.667	1.294.000
Mittelwert Rein	KbE/m ³	867	2.446	1.161
Abscheideleistung	%	99,5	99,1	99,9

⁹ Nachweisgrenze bei der TiHo für diesen Parameter nicht bekannt.

¹⁰ 667 KbE/m³ ist die Nachweisgrenze bei den Auswertungen der Impinger durch ANECO.

Untersuchter Betrieb		LWB 10		
Bauform Abluftreinigung		Biofilter		
Auswertung durch		TiHo	ANECO	ANECO
Verfahren der Probenahme		Impinger	Impinger	Filter
Kontrolle	KbE/m ³	0	0	0
Roh 1	KbE/m ³	226.000	167.000	1.160.000
Roh 2	KbE/m ³	229.000	308.000	531.000
Roh 3	KbE/m ³	646.000	400.000	889.000
Rein 1	KbE/m ³	18.000	33.300	280
Rein 2	KbE/m ³	2.600	8.000	3.300
Rein 3	KbE/m ³	22.000	6.670	7.590
Mittelwert Roh	KbE/m ³	367.000	153.828	431.862
Mittelwert Rein	KbE/m ³	14.200	15.990	3.723
Abscheideleistung	%	96,1	89,6	99,1

Tabelle 6.3.2 – 3: Vergleich mesophile Pilze (+25°C)
(Anhang 6.13)

Untersuchter Betrieb		LWB 9		
Bauform Abluftreinigung		Biofilter		
Auswertung durch		TiHo	ANECO	ANECO
Verfahren der Probenahme		Impinger	Impinger	Filter
Kontrolle	KbE/m ³	0	0	0
Roh 1	KbE/m ³	0	0	181
Roh 2	KbE/m ³	0	0	175
Roh 3	KbE/m ³	0	0	174
Rein 1	KbE/m ³	0	0	513
Rein 2	KbE/m ³	300	0	143
Rein 3	KbE/m ³	0	0	235
Mittelwert Roh	KbE/m ³	0	0	177
Mittelwert Rein ¹¹	KbE/m ³	100	0	297
Abscheideleistung	%	Nicht bestimmbar	Nicht Bestimmbare	- 68

¹¹ Proben unterhalb der Nachweisgrenze wurden für die Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.

Untersuchter Betrieb		LWB 10		
Bauform Abluftreinigung		Biofilter		
Auswertung durch		TiHo	ANECO	ANECO
Verfahren der Probenahme		Impinger	Impinger	Filter
Kontrolle	KbE/m ³	0	0	0
Roh 1	KbE/m ³	300	0	2.025
Roh 2	KbE/m ³	2.400	0	1.075
Roh 3	KbE/m ³	300	0	993
Rein 1	KbE/m ³	0	0	59
Rein 2	KbE/m ³	300	0	0 ¹²
Rein 3	KbE/m ³	0	0	0
Mittelwert Roh	KbE/m ³	1.350	0	1.364
Mittelwert Rein	KbE/m ³	100	0	20
Abscheideleistung	%	92,6	0	98,5

Die Ergebnisse bei den mesophilen Pilzen sind uneinheitlich, was auf die Ergebnisse knapp oberhalb der Bestimmungsgrenzen zurückzuführen ist.

¹² 64 KbE/m³ ist die Nachweisgrenze bei der Auswertung von Filtern auf mesophile Pilze durch ANECO.

6.3.3 Nur von ANECO durchgeführte Untersuchung von Schimmelpilzen, Bakterien und Staphylokokken

An den Anlagen von **LWB Nr. 9** und **Nr. 10** wurden sowohl Proben mit Impingern als auch mit Planfilter entnommen und von demselben Labor (Dr. Balfanz - Dr. Lohmeyer) ausgewertet.

**Tabelle 6.3.3. – 1: Vergleich Schimmelpilze
 (Anhang 6.15)**

Untersuchter Betrieb		LWB Nr. 9		LWB Nr. 10	
Bauform Abluftreinigung		Biofilter		Biofilter	
Auswertung durch		ANECO			
Verfahren der Probenahme		Impinger	Filter	Impinger	Filter
Kontrolle	KbE/m ³	0	0	0	0
Roh 1	KbE/m ³	0 ¹³	272	1.330	3.740
Roh 2	KbE/m ³	667	262	1.330	2.960
Roh 3	KbE/m ³	0	261	0	3.400
Rein 1	KbE/m ³	667	308	6.670	7.550
Rein 2	KbE/m ³	0	96	667	7.510
Rein 3	KbE/m ³	667	376	0	4.650
Mittelwert Roh	KbE/m ³	222	265	887	3.367
Mittelwert Rein ⁸	KbE/m ³	445	260	2446	6.570
Abscheideleistung	%	-100	2	- 176	- 95

Die Ergebnisse sind sehr uneinheitlich. Bei **LWB Nr. 9** liegen sie an der Nachweisgrenze, d. h. kein Unterschied zwischen Roh- und Reingas. Bei **LWB Nr. 10** liegt der Reingaswert doppelt so hoch wie der Rohgaswert.

¹³ 667 KbE/m³ ist die Nachweisgrenze für die Auswertung von Impingern auf Schimmelpilze durch ANECO.

Tabelle 6.3.3 – 2: Vergleich Bakterien
(Anhang 6.15)

Untersuchter Betrieb		LWB Nr. 9		LWB Nr. 10	
Bauform Abluftreinigung		Biofilter		Biofilter	
Auswertung durch		ANECO			
Verfahren der Probenahme		Impinger	Filter	Impinger	Filter
Kontrolle	KbE/m ³	0	0	0	0
Roh 1	KbE/m ³	347.000	1.470.000	167.000	1.160.000
Roh 2	KbE/m ³	307.000	632.000	308.000	531.000
Roh 3	KbE/m ³	200.000	1.780.000	400.000	889.000
Rein 1	KbE/m ³	667	1.750	33.300	280
Rein 2	KbE/m ³	6.670	917	8.000	3.300
Rein 3	KbE/m ³	0 ¹⁴	817	6.670	6.670
Mittelwert Roh	KbE/m ³	284.667	1.294.000	291.667	860.000
Mittelwert Rein ⁸	KbE/m ³	2.446	1.161	15.990	3.417
Abscheideleistung	%	99,1	99,9	94,5	99,6

Tabelle 6.3.3 – 3: Vergleich Staphylococcus sp.
(Anhang 6.16)

Untersuchter Betrieb		LWB Nr. 9		LWB Nr. 10	
Bauform Abluftreinigung		Biofilter		Biofilter	
Auswertung durch		ANECO			
Verfahren der Probenahme		Impinger	Filter	Impinger	Filter
Kontrolle	KbE/m ³	0	0	0	0
Roh 1	KbE/m ³	18.000	36.900	8.200	120.000
Roh 2	KbE/m ³	9.000	25.900	17.200	98.000
Roh 3	KbE/m ³	10.000	57.100	17.600	75.000
Rein 1	KbE/m ³	0 ¹⁵	202	600	0 ¹⁶
Rein 2	KbE/m ³	0	0 ¹⁷	1.800	1.180
Rein 3	KbE/m ³	200	490	700	0
Mittelwert Roh	KbE/m ³	12.333	39.967	14.333	97.667
Mittelwert Rein ⁸	KbE/m ³	67	231	1.800	393
Abscheideleistung	%	99,5	99,4	87,4	99,6

¹⁴ 667 KbE/m³ ist die Nachweisgrenze für die Auswertung von Impingern auf Bakterien durch ANECO.¹⁵ 200 KbE/m³, bzw. 229 KbE/m³ sind in Abhängigkeit vom Probenvolumen die Nachweisgrenzen bei der Auswertung von Impingern auf Staphylococcus sp. durch ANECO.¹⁶ 345 kbE/m³, bzw. 420 KbE/m³ sind in Abhängigkeit vom Probenvolumen die Nachweisgrenzen für die Auswertung von Filtern auf Staphylococcus sp. durch ANECO:¹⁷ 229 KbE/m³ ist die Nachweisgrenze bei der Auswertung von Filtern auf Staphylococcus sp. durch ANECO.

**Tabelle 6.3.3 – 4: Vergleich Staphylococcus aureus
(Anhang 6.16)**

Untersuchter Betrieb		LWB Nr. 9		LWB Nr. 10	
Bauform Abluftreinigung		Biofilter		Biofilter	
Auswertung durch		ANECO			
Verfahren der Probenahme		Impinger	Filter	Impinger	Filter
Kontrolle	KbE/m ³	0	0	0	0
Roh 1	KbE/m ³	3.400	9.090	10.000	200
Roh 2	KbE/m ³	1.400	5.260	n.b. ¹⁸	1.600
Roh 3	KbE/m ³	1.400	14.300	4.170	1.600
Rein 1	KbE/m ³	0 ¹⁹	0 ²⁰	0 ²¹	200
Rein 2	KbE/m ³	0	0	0	0 ²²
Rein 3	KbE/m ³	0	0	0	0
Mittelwert Roh	KbE/m ³	2.067	9.550	7.085	1.133
Mittelwert Rein ⁸	KbE/m ³	0	0	0	67
Abscheideleistung	%	100	100	100	94,1

Bei den Vergleichen bei den Bakterien und Staphylokokken sind die Unterschiede zwischen den beiden Probenahmemethoden nicht so groß wie bei den anderen Parametern.

Entscheidend ist auch hier eine vergleichbar gute Abscheideleistung beider Biofiltertypen.

6.3.4 Qualitative Beschreibungen spezieller pathogener Keime durch die TiHo

Untersucht wurden eine Reihe ausgewählter Keime durch das Institut für Mikrobiologie und Tierseuchen der TiHo. Dazu zählen auch

- Staphylococcus aureus
- Psuedomonas aeruginosa
- Aspergillus niger

¹⁸ n.b. = nicht bestimmt

¹⁹ 200 KbE/m³ ist die Nachweisgrenze bei der Auswertung von Impingern auf Staphylococcus aureus durch ANECO.

²⁰ 202 KbE/m³ ist die Nachweisgrenze bei der Auswertung von Filtern auf Staphylococcus aureus durch ANECO.

²¹ 236 KbE/m³, 345 KbE/m³, bzw. 420 KbE/m³ sind die Nachweisgrenzen bei der Auswertung von Impingern in Abhängigkeit vom verwendeten Probenvolumen auf Staphylococcus aureus durch ANECO.

²² 200 KbE/m³, bzw. 100 KbE/m³ sind die Nachweisgrenzen bei der Auswertung von Filtern in Abhängigkeit von der verwendeten dezimalen Verdünnung auf Staphylococcus aureus durch ANECO.

Die nachfolgenden Angaben wurden aus dem Bericht des auszuwertenden Institutes zusammengestellt.

Tabelle 6.3.4 - 1: Spezielle Keime LWB 1

Betrieb:	LWB 1	Bauform:	Biofilter
Roh	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an hämolysierenden und anhamölysierenden koagulasenegativen Staphylokokken. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		
Rein	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an koagulasenegativen Staphylokokken. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		

Tabelle 6.3.4 - 2: Spezielle Keime LWB 5

Betrieb:	LWB 5	Bauform:	Kombianlage
Roh	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an koagulasenegativen Staphylokokken und Staphylococcus aureus. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		
Rein	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an hämolysierenden koagulasenegativen Staphylokokken. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		

Tabelle 6.3.4 - 3: Spezielle Keime LWB 7

Betrieb:	LWB 7	Bauform:	Biofilter
Roh	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an hämolysierenden koagulasenegativen Staphylokokken und Acinetobacter species. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		
Rein	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an Bacillus specius. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		

Tabelle 6.3.4 - 4: Spezielle Keime LWB 8

Betrieb:	LWB 8	Bauform:	Biofilter
Roh	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an Moraxella species, Acinetobacter species und koagulasennegativen Staphylokokken. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		
Rein	Kulturell kein bakterieller Keimgehalt nachweisbar. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		

Tabelle 6.3.4 - 5: Spezielle Keime LWB 9

Betrieb:	LWB 9	Bauform:	Biofilter
Roh	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an koagulasennegativen Staphylokokken, Bacillus species und Moraxella species. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		
Rein	Kulturell kein bakterieller Keimgehalt nachweisbar. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		

Tabelle 6.3.4 - 6: Spezielle Keime LWB 10

Betrieb:	LWB 10	Bauform:	Biofilter
Roh	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an Schimmelpilzen (nicht näher zu bestimmen, Aspergillus niger ausgeschlossen), koagulasennegativen Staphylokokken und Bacillus species. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar.		
Rein	Kulturell geringgradiger Keimgehalt an α -hämolyisierenden Streptokokken. Staphylococcus aureus nicht nachweisbar. Pseudomonas aeruginosa nicht nachweisbar. Aspergillus niger nicht nachweisbar.		

Ein Vergleich dieser Befunde mit den Ergebnissen von Tabelle 6.3.3-1 bis 6.3.3-4 ist nicht möglich, da die Auswertebedingungen der beiden beteiligten Labore nicht bekannt sind.

6.4 Geruchsminderung nach Anhang 6, Tabelle A 6.17 und A 6.18

Aus den drei Durchgängen der Messung bei jedem LWB wird jeweils der geometrische Mittelwert für die Berechnung der mittleren Rohgas und Reingaskonzentration errechnet. Aus diesen wird dann der Wirkungsgrad der Anlage berechnet.

Aus allen berechneten Mittelwerten wird dann für die Roh- und Reingaskonzentration das arithmetische Mittel als Mittelwert der Gesamtmessung berechnet, die dann nach Anlagentypen in den Tabellen 6.4 – 1 bis 6.4 –3 zusammengestellt sind.

Aus den berechneten Mittelwerten der Einzelmessungen wird der technische Wirkungsgrad der Anlagen ermittelt, der jedoch nur eine Hilfsgröße darstellt, weil sich durch die biologische Umsetzung der Abluft im Filter die Geruchsqualität und die Hedonik des Reingases gegenüber den entsprechenden Eigenschaften des Rohgases verändert. Die Wirkleistung einer Abluftreinigungsanlage ist daher nach weiteren Kriterien zu beurteilen.

Nach der VDI Richtlinie 3477 – Biologische Abluftreinigung Biofilter (Gründruck 01 / 2002) ist die Bewertung zur Funktion eines Biofilters abhängig von drei Kriterien:

1. Die Reingaskonzentration darf 300 GE/m³ nicht überschreiten.
2. Im Reingas ist kein Rohgasgeruch wahrnehmbar.
3. Der biogene Geruch der Abluftreinigungsanlage ist in einem Abstand von ca. 100 m nicht mehr zu ermitteln.

Der Grund für diese Regelung liegt darin, dass bei biologischen Abluftreinigungsanlagen der Technische Wirkungsgrad keine verlässliche Aussage über die tatsächliche Geruchsminderung auf der Immissionsseite zulässt. Durch die biologischen Umsetzungsprozesse wird der Rohgasgeruch in einen sog. biogenen Geruch umgesetzt, der als weniger belästigend eingestuft wird und sich in kürzeren Entfernungen im Gelände unter die Geruchsschwelle verdünnt.

Zur Überprüfung wurde daher neben der olfaktometrischen Auswertung der Geruchsstoffkonzentration auch die Geruchsart der Proben bestimmt. An den Anlagen selbst wurden vor oder nach den Messungen keine Begehungen durchgeführt.

Zum Punkt 1 ist zu sagen, dass die 300 GE/m³ Grenze einen „Wunschmittelwert“ darstellt. Daher ist neben dem Wert der Geruchsstoffkonzentration auch die Wiederholbarkeit der Messungen mit zu berücksichtigen. **Bei guten olfaktometrischen Messungen liegt dieser bei Werten von $\leq \pm 1,5$ dB_{OD}, wobei auch Reingaskonzentrationen von 200 GE/m³ und 450 GE/m³ noch akzeptable Ergebnisse sind.**

Je kleiner der Wert für die Differenz der Wiederholbarkeit ist, umso genauer ist die Aussage zur Geruchsstoffkonzentration in der untersuchten Probe. Dieser Wert stellt daher ein Faktor für die Auswertegenauigkeit der Messung (des eingesetzten Probandenteams) dar

und soll nach DIN EN 13 725 (Entwurf 01/00) den Wert von +/- 3,0 dB_{OD} nicht überschreiten. Dieser Wert sollte bei guten Laboren \leq +/- 2,0 dB_{OD} betragen.

Die nachfolgenden Tabellen stellen die Mittelwerte aller Messungen, die im Anhang 6.17 und 6.18 dokumentiert sind, zusammen.

Tabelle 6.4- 1: Geruchsstoffkonzentrationen und Abscheideleistungen bei 7 Biofiltern²³

Messobjekt: Biofilter Nr. 1a, 1b, 3, 7, 8, 9, 10	Rohgas Geruchsstoffkonzentration	Wiederholbarkeit	Reingas Geruchsstoffkonzentration	Wiederholbarkeit	Technischer Wirkungsgrad ²⁴	Bemerkung zur Geruchsqualität des Reingases
	GE/m ³	+/- dB _{OD}	GE/m ³	+/- dB _{OD}	%	
Mittelwert ²⁵	1358	1,4	124	1,3	(91)	KRW ²⁶ „erdig, waldig“ Ausnahme LWB 10 : „Rohgasgeruch“
Max. Wert	2678	1,5	328	1,5	(99)	
Min. Wert	500	1,2	20	1,0	(54)	

²³ Bei LWB Nr. 1 wurden 2 Abteile untersucht, so dass hier doppelte Ergebnisse vorliegen.

²⁴ Der technische Wirkungsgrad ist nur ein Anhaltswert. Es gelten die Bedingungen der Abstandsregelung NRW (siehe Punkt 6.3).

²⁵ Arithmetisches Mittel aus allen Messungen. Berechnet aus dem geometrischen Mittel der drei Einzelmessungen.

²⁶ KRW = kein Rohgasgeruch wahrnehmbar

Tabelle 6.4 - 2: Geruchsstoffkonzentrationen und Abscheideleistungen bei 2 Kombianlagen an Schweinehaltungen

Messobjekt: Kombi- anlagen Nr. 5, 6	Rohgas Geruchsstoffkonzentration	Wiederholbarkeit	Reingas Geruchsstoffkonzentration	Wiederholbarkeit	Technischer Wirkungsgrad ³	Bemerkung zur Geruchsqualität des Rein-gases
	GE/m ³	+/- dB _{OD}	GE/m ³	+/- dB _{OD}	%	
Mittelwert ⁴	2637	1,7	1117	1,3	(57)	i.A. KRW „erdig, holzig“ Ausnahme LWB Nr.6 „Rohgasgeruch“
Max. Wert	3789	1,7	1789	1,4	(71)	
Min. Wert	1485	1,6	435	1,1	(53)	

Tabelle 6.4 - 3: Geruchsstoffkonzentrationen und Abscheideleistungen der Kombianlagen an einer Kotlagerhalle

Messobjekt: Kombi- anlage Nr. 2	Rohgas Geruchsstoffkonzentration	Wiederholbarkeit	Reingas Geruchsstoffkonzentration	Wiederholbarkeit	Technischer Wirkungsgrad ³	Bemerkung zur Geruchsqualität des Rein-gases
	GE/m ³	+/- dB _{OD}	GE/m ³	+/- dB _{OD}	%	
Ermittelte Werte	428	1,1	101	1,0	(76)	KRW „erdig“

6.5 Plausibilitätsprüfung

6.5.1 Ammoniak

Alle gefundenen bzw. errechneten Werte der Messungen zeigen keine Auffälligkeiten. Die auf der Rohgasseite festzustellenden Ammoniakkonzentrationen sind bedingt durch die geringe Lüftungsrate im Schnitt über den Werten, die man an Tierhaltungen erwartet.

Da die Kombianlagen, wie beschrieben, nicht im Optimum betrieben wurden, liegen die Reinigungsleistungen hier nicht so hoch wie erwartet. Da aber dieses auf die Einstellung der Säuredosierung zurückzuführen sind, erscheinen diese Werte ebenfalls plausibel.

Bei allen untersuchten Anlagen sind die Rohgaswerte im Schnitt gleich. Im Allgemeinen kann bei beiden Anlagentypen daher kein Zusammenhang zwischen der Ammoniakkonzentration im Rohgas und der Tierzahl, Haltungssystem und Entlüftungstechnik festgestellt werden.

Unter den im Punkt 5 beschriebenen Betriebszuständen der emittierenden Anlagen und der Abluftreinigungssysteme erscheinen die hier ermittelten Ergebnisse plausibel.

6.5.2 Keime

Die Auswertung der Keimmessungen wurden vollständig fremd vergeben. Dieses Kapitel enthält daher die Stellungnahme der Tierärztlichen Hochschule Hannover (TiHo) zu den Ergebnissen der Messungen.

6.5.2.1 Einleitung und Zielsetzung

In Abstimmung mit dem Landesumweltamt (LUA) Nordrhein-Westfalen führte das Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie (ITTN) der Tierärztlichen Hochschule Hannover laborgestützte Roh- und Reingasanalysen luftgetragener Bakterien, Pilze und Endotoxine aus biologischen Abluftreinigungsanlagen der Nutztierhaltung durch. Die Probenahmen selbst wie auch Hin- und Abtransport nicht exponierter und exponierter Proben oblag dem LIU. Zweck dieser Bestimmungen war es, Aussagen über Wirkungsgrade der beprobten Abluftreinigungsanlagen für biogene Partikel zu erhalten und dabei auch die erhobenen Absolutbefunde auf Plausibilität hin zu bewerten.

Auf Wunsch des LUA wurde zudem das Institut für Umweltschutz GmbH & Co. (ANECO), Mönchengladbach, beauftragt, an zwei ausgewählten Anlagen Beprobungen mit der Filtrationstechnik und dem Impingement durchzuführen, wobei fertig befüllte Impinger von Seiten des ITTN hierfür zur Verfügung gestellt worden sind. Anlass dieser Vergleichsmessungen war es, die Tauglichkeit und Sammeleffizienz beider Probenahmetechniken einschät-

zen zu können und ggf. Befundabweichungen zwischen den nachgeordneten mikrobiologischen Analysen im ITTN und dem Mikrobiologischen Labor Dr. Balfanz zu interpretieren.

6.5.2.2 Material und Methoden

Die Beschreibung der angewandten Probenahme- und Analyseverfahren sind in Kapitel 4 zu finden.

6.5.2.3 Diskussion der Ergebnisse

Auf Grundlage des Ergebnisprotokolls des Instituts ANECO und des Messberichtes des LIU, in dem die Befunde aus Mikrobiologie und Endotoxinanalysen des ITTN eingeflossen sind, können die folgenden Stellungnahmen seitens der TiHo abgegeben werden.

6.5.2.3.1 Endotoxinbestimmungen in Roh- und Reingas

Die mit dem chromogen-kinetischen LAL-Test durchgeführten Endotoxinanalysen zeigten bei sechs untersuchten Anlagen eine durchschnittliche Rohgaskonzentration von $7,46 \text{ EU/m}^3$, die gegenüber den Reingasgehalten um Faktor 22 höher lagen (Tab. 6.3.1.1). Vergleiche mit anderen veröffentlichten Ergebnissen zeigen eine deutliche Minderkonzentration der Endotoxine in den Proben der sechs hier untersuchten Anlagen auf. Größenordnungsmäßig konnten gegenüber den Befunden von SEEDORF und HARTUNG (1999) um bis zu Faktor 379 und 2165 geringere Gehalte in Roh- und Reingas gefunden werden. Die während der winterlichen Probenahmen geringere mikrobiologische Aktivität könnte hier folgerichtig zu einem entsprechend geringeren Endotoxinaufkommen geführt haben. Einen weiteren wichtigen Punkt stellt die Anlagenkonfiguration dar. Bei dem vom LIU beprobten Abluftreinigungsanlagen handelte es sich im Gegensatz zu der Abluftreinigungsanlage bei Seedorf und Hartung um Biofilter ohne vorgeschaltete Nassabscheidung. Mit Nassabscheidung aber werden aufgrund des üblicherweise rezirkulierenden Prozesswassers erhebliche Mengen an Mikroorganismen und Endotoxinen produziert, die als Aerosole im Nassabscheider das Rohgas zusätzlich dotieren können und so nicht unerheblich zur Aufkonzentrierung auch auf der Reingasseite beitragen.

6.5.2.3.2 Bestimmung der Mikroflora in Roh- und Reingas

Die durchschnittlichen Rohgaskonzentrationen mesophiler Gesamtbakterien in den sechs untersuchten Betrieben entsprechen in etwa den erwarteten Gehalten, wobei auch hier die winterliche Beprobungsperiode als Grund für geringere Luftgehalte angeführt werden kann. Eigene Untersuchungen an anderen Biofilter konnten beispielsweise bei über das Jahr verteilt durchgeführten Probenahmen im Mittel etwa 2-mal höhere Konzentrationen im Rohgas wiederfinden. Neben dem besagten saisonalen Einfluss kann die mit durchschnittlich 3389 KBE/m^3 im Reingas gefundene Gesamtbakterienzahl (Tabelle 6.3.1-3) auch auf eine effiziente Rückhaltung von Mikroorganismen im Biofilter hinweisen. Dabei spielt neben den Temperaturen vermutlich auch die Durchströmungsgeschwindigkeit durch das Biofilterbett

eine Rolle. Bedingt durch die niedrigeren erforderlichen Luftraten in der kalten Jahreszeit könnten strömungsmechanisch verursachte Ablösungen sessiler Mikroorganismen weniger relevant sein und damit eine Sekundärkontamination der Reingluft minimiert haben. Werden aus eigenen Untersuchungen im Jahresdurchschnitt etwa 10^5 KBE/m³ im Reingas von Biofiltern gefunden und bedenkt dabei eine Biofiltersubstratbesiedlung von bis zu 10^7 KBE/g, so sind strömungsbedingte Keimanreicherungen im Reingas, die nicht primär auf die anfängliche Rohgasbeladung zurückzuführen sind, nicht gänzlich auszuschließen. Allerdings lassen sich Differenzierungen hinsichtlich des Ursprunges der im Reingas noch vorhandenen Keime nicht durch die hier eruierten mikrobiologischen Summenparameter herausstellen, um anteilig zwischen Primär und Sekundärbeladung des Reingases unterscheiden zu können.

Die ermittelten Gehalte an mesophilen Pilzen sind nicht auffällig und entsprechen durchaus Ergebnissen, die an anderen Biofiltern gewonnen wurden (SEEDORF und HARTUNG 1999).

6.5.2.3.3 Vergleich der Befunde von Filtration und Impingement

Die in Kapitel 6.3.2 aufgeführten Befundvergleiche zwischen den Erhebungen von ITTN und ANECO weisen zum Teil deutliche Unterschiede in den Konzentrationen von Endotoxinen und Luftkeimen in den Biofilteranlagen der LWB Nr. 9 und 10 auf. Besonders bei den Endotoxinen sind beispielsweise bei den Reingasbeprobungen bis etwa Faktor 1000 höhere Konzentrationen mit der Filtrationsmethode als mit dem Impingement bestimmt worden. Mögliche Gründe hierfür könnten allein durch die unterschiedlichen Sammelprinzipien gegeben sein. Kommt es bei der Filtration zu einer direkten und bleibenden Impaktion auf die Filterscheibe, so werden beim Impingement die Partikel der Luftprobe in ein Flüssigmedium suspendiert. Bedingt durch die hohe mechanische Aktivität im Impinger und aufgrund des angelegten Unterdruckes kommt es zu einer Aerosolbildung im Impinger. Dies führt dem Druckgefälle im Probenahmesystem entsprechend zur teilweisen Evaporation des wässrigen Flüssigmediums im Impinger. Dies kann zu einer bevorzugten „Verflüchtigung“ kleinster Partikel aus dem Impinger führen. Kleine Partikel besitzen eine relativ größere Oberfläche als große Partikel, wodurch unter Umständen auch größere Mengen an Endotoxinen verloren gehen können, die an der Partikeloberfläche haften. Da Partikelgrößen bis 10 µm etwa 80 bis 90 % der Gesamtpartikelgrößenzusammensetzung im Stall ausmachen können, scheint dies ein Erklärungsansatz für die Unterschiede zwischen Impingement und Filtration zu sein. Allerdings widerspricht dies Beobachtungen von DUCHAINE et al. (2001) und ZUCKER et al. (2000), die die Sammeleffizienz vom Impingern für Endotoxine gleichberechtigt neben der der Filtration sehen. Inwieweit andere Begleitumstände (z.B. Transport, Lagerung u.ä.) ursächlich an den Konzentrationsgradienten zwischen Filtration und Impingement beteiligt waren, lässt sich im Nachgang der Untersuchungen nicht mehr eruieren.

Trotzdem soll ein weiterer wichtiger Punkt nicht unerwähnt bleiben. Bei der Sichtung der Rohgaswerte fällt auf, dass die Filtrationsmethode nicht nur bei den Endotoxinen, sondern auch bei den Bakterien und Pilzen grundsätzlich höhere Ausbeuten lieferte. Dies war in dieser Konsequenz nicht bei den Reingaswerten der Anlagen Nr. 9 und 10 zu beobachten gewesen. Hier konnten durchaus mit dem Impingement höhere Konzentrationen ermittelt werden als mit der Filtration, dies betraf z.B. auch die von ANECO selbst durchgeführten Methodenvergleiche zwischen Impinger und Filtration (siehe Tabellen 6.3.3) Gründe hierfür dürften in der isoaxialen und isokinetischen Probenahme mit einem Planfilterkopf gemäß VDI-Richtlinie 2066 liegen. Eine solche strömungsgerechte Anpassung existierte für die Impinger nicht. Es kann daher mit erheblichen Einbußen bei der Partikelkumulation im Impinger gerechnet werden, wenn die Teilstromentnahme nicht gradlinig zur Strömungsrichtung des Rohgases erfolgte und auch die Isokinetik nicht eingehalten werden konnte, da der Impinger üblicherweise mit konstanten Flussraten betrieben wird und der Impinger-Glaseinsatz mit definierten Öffnungsquerschnitt betrieben wird. Die mit dem Impingement erhaltenen Minderausbeuten auf der Rohgasseite scheinen dies zu bestätigen.

6.5.2.3.4 Unterschiede bei den Ausbeuten von *Staphylococcus aureus*

Das Institut ANECO hat die Anlagen Nr. 9 und 10 quantitative Angaben zu den ermittelten Gehalten an *Staphylococcus aureus* gemacht, die im Rohgas teilweise mehr als 10^4 KBE/m³ betragen. Dagegen konnte ITTN keine dieser Bakterienart nachweisen. Hier wird sicherlich ein Methodenvergleich notwendig sein, um diese widersprüchlichen Ergebnisse aufklären zu können. Da dem ITTN in diesem Punkt keine detaillierte Arbeitsvorschrift seitens ANECO vorliegt, lässt sich dieser Punkt nicht abschließend erörtern.

6.5.2.4 Fazit

Die hier gemachten Untersuchungen waren zeitlich eingegrenzte Stichprobenuntersuchungen, die primär einen Screening-Charakter besaßen, um erste Anhaltspunkte über die Roh- und Reingasbefrachtungen von Endotoxinen und Mikroorganismen für ausgewählte Biofilteranlagen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung zu bekommen. Besonders die auf die winterliche Jahreszeit begrenzte Beprobung sollte auf andere Jahreszeiten ausgedehnt werden, um nicht nur verschiedenen Betriebsbedingungen einer Tierhaltungsanlage samt nachgeschaltetem Biofilter mit zu erfassen (z.B. variierende Luftraten) sondern auch der temperaturabhängigen biologischen Aktivität der Mikroflora gerecht zu werden. Es ist daher auch nicht ausgeschlossen, die von ITTN nicht nachweisbaren Keime *Pseudomonas aeruginosa* und *Aspergillus niger* dennoch in Proben während anderer Jahreszeiten nachweisen zu können. Gesondert behandelt werden müssten die Nachweise für *Staphylococcus aureus*. Hier ist ein Klärungsbedarf zu sehen, nach welcher Arbeitsvorschrift zukünftige Nachweise getätigt werden sollten. Dies hat natürlich aus Gründen der laborbezogenen Qualitätssicherung zwangsläufig auch Konsequenzen für die Bestimmungsroutinen für

Pseudomonas aeruginosa und *Aspergillus niger* wie auch aller anderen Keimarten die je nach Fragestellung untersucht werden sollen.

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen unter Berücksichtigung der Jahreszeit durchaus Größenordnungen wie sie bei anderen Untersuchungen ebenfalls bestimmt worden sind. Schwankungen zwischen den Replikaten einer Probenahme wie aber auch zwischen denen, die in der Literatur gefunden werden, sind nicht nur auf Anlagenunterschiede oder Variabilitäten der Begleitumstände von Probenahmen zurückzuführen, sondern nicht zuletzt auch in der Probenahme selbst und im kulturellen Nachweisverfahren von Mikroorganismen zu sehen. Es ist nämlich nicht feststellbar, ob eine wachsende Kolonie aus einer Zelle oder mehreren dicht zusammenliegenden Keimen entstanden ist. Hinzu kommt das als „great plate count anomaly“ bezeichnete Phänomen der Maskierung, das zu einer erheblichen Unterschätzung der tatsächlichen Keimzahl durch gegenseitige „Abschirmung“ dicht beieinander liegender Keime führt. Der Fehler kann bei einer Koloniedichte von 1 bis 10 Bakterien pro cm² und einer Koloniengröße von 5 mm 50 % betragen (CHANG et al. 1994). Sowohl das Aufbrechen von Keimaggregaten in viele vermehrungsfähige Einzelzellen als auch ein m.o.w. großer Maskierungseffekt kann damit zufällig sehr hohe aber auch sehr geringe koloniebildende Einheiten selbst bei ein und der selben Probe erbringen. Diese Umstände führen u.a. dazu, dass neben der fehlenden Standardisierung der mikrobiologischen Probenahme die Befunde immer nur für das jeweilige Zeitintervall der Probenahme Geltung haben und durch die Umstände der Messung bestimmt werden (BÖHM et al. 1998).

Hinsichtlich der Beprobung mittels Impingement wäre zu eruieren, inwiefern dieses Sammelssystem für die Rohgasbeprobung in strömender Abluft angepasst werden kann, um so dann eine Vergleichbarkeit mit der Filtrationsmethode in Anlehnung an die VDI 2066 vornehmen zu können. Dies scheint zudem ein nicht unwesentlicher Punkt zu sein, da bei Nassabscheider/Biofilterkombinationen unter Umständen auf das Impingement wegen der hohen Feuchtigkeit im zu beprobenden Gas zurückgegriffen werden muss.

Für zukünftige Untersuchungsvorhaben ist dringend angeraten, den gesamten Probenahme- und Analyseablauf in die Verantwortung eines Institutes bzw. Labors zu legen. Nur so lässt sich garantieren, dass Fehlerbetrachtungen nicht allein auf die rein laborinterne mikrobiologische Analytik beschränkt bleiben, sondern aus der Kenntnis der vor Ort angetroffenen Probenahme- und Messumstände mögliche Fehlerquellen der Befundungen sehr viel besser diskutiert werden können und nicht durch eine spekulative Argumentation ersetzt werden müssen, wie dies hier zum Teil in der Diskussion zum Ausdruck kommen musste.

6.5.2.5 Literatur

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

Aktuelle Bewertung der Luftkeimbelastung in Abfallbehandlungsanlagen.

In: Abfall-Wirtschaft. Neues aus Forschung und Praxis, M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, 180 S.

DUCHAINE, C.; THOERNE, P.S.; MERIEUX, A.; GRIMARD, Y.; WHITTEN, P.; CORMIER, Y. (2001):

Comparison of endotoxin assessment by bioaerosol impinger and filter-sampling methods. Appl. Environ. Microbiol., 67, 2775-2780.

CHANG, C.W.; HWANG, Y.H.; GRINSHPUN, S.A.; MACHER, J.M.; WILLEKE, H. (1994):

Evaluation of counting error due to colony masking in bioaerosol sampling.

Appl. Environ. Microbiol., 60, 3732-3738.

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

Untersuchungen zum Rückhaltevermögen eines Biofilters und eines Biowäschers für Bioaerosole an zwei Schweineställen.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr., 112, 444-447.

ZUCKER, B.-A.; DRAZ, A.M.; MÜLLER, W. (2000):

Comparison of filtration and impingement for sampling airborne endotoxin.

J. Aerosol Sci., 31, 751-755.

6.5.3 Geruch

Diese Ergebnisse der Messungen an den Biofiltern wurden durch die optischen Eindrücke der Anlagen zum Untersuchungstermin bestärkt. Alle Anlagen, bis auf die des **LWB Nr. 10** waren in einem zufriedenstellenden Zustand, so dass die ermittelten Werte insgesamt plausibel sind.

Da bei den Kombianlagen die pH-Wert Einstellung nicht im Optimum betrieben wurde, sind die ermittelten Abscheideleistungen und Geruchsminderungsgrade plausibel. Betrachtet man weiterhin die hohe Geruchsstoffkonzentration im Rohgas des **LWB Nr. 6**, so kann daraus geschlossen werden, dass diese Reinigungsanlage, aufgrund der Betriebsweise des LWB, überbelastet war. Daraus resultierend sinkt dementsprechend der Wirkungsgrad.

Die Ergebnisse sind unter den im Punkt 5 dieses Berichtes beschriebenen Zustand der emittierenden Anlagen und der Abluftreinigungsanlage als plausibel zu betrachten.

7 Kosten von Abluftreinigungsanlagen

Die Kosten von Abluftreinigungsanlagen in der Landwirtschaft hängen im Wesentlichen

- **von der Möglichkeit Eigenleistungen zu erbringen ab, und von**
- **den zu beseitigenden Abluftkomponenten**
 Verfahren, die nur Geruch abzuscheiden brauchen, sind einfacher/kostengünstiger zu konstruieren und zu betreiben als solche, die eine NH₃ – und Geruchsabscheidung benötigen.
- **den betrieblichen Voraussetzungen.**
 Eine eigene Wasserversorgung [Brunnen] sowie Stromversorgung [Windrad] und ausreichender Lagerraum für Abwasser, z.B. Jauche – oder Güllebehälter, senken die Betriebskosten erheblich.
- **dem Betriebskomfort / Wartungsaufwand**
 kostengünstige Low-cost-Anlagen erfordern eine höhere Betriebs- und Wartungsaufwand, da die für die gesicherte Funktion wichtigsten Betriebsparameter regelmäßig übergeprüft, eingestellt und gewartet werden müssen.

Nachfolgend werden die Investitions- und Betriebskosten für die drei derzeit verfügbaren Verfahrenstypen zusammengestellt. Sie wurden aus den Unterlagen errichteter Anlagen und neuerer Firmenangaben ermittelt. Die gemeinsamen Vorgaben sind zur besseren Vergleichbarkeit:

- Neubau für 1000 Mastschweineplätze = 100.000 m³/h Abluft bei Sommerlufttrate
- Ohne Ventilatoren und Lüftungseinrichtungen im Stall
- Eigenwasserversorgung über Brunnen
- Keine Eigenleistung
- 10 Jahre Abschreibung auf die Investitionskosten
- 3-facher Umtrieb pro Mastplatz
- Kostenangaben inkl. Mehrwertsteuer

1. Flächenbiofilter an Stalllängswand

Investitionskosten

Inkl. 364 m³ gerissenes Wurzelholz als Filtermaterial und Befeuchtungseinrichtung

28,00 € / Mastplatz

	0,93 € / erzeugtes Schwein
+ 16 % MwSt.	0,15 € / erzeugtes Schwein
Summe	1,08 € / erzeugtes Schwein

Betriebskosten:

Inkl. Strommehrkosten und Wartung

	1,70 € / erzeugtes Schwein
+ 16 % MwSt.	0,27 € / erzeugtes Schwein
Summe	1,97 € / erzeugtes Schwein

Gesamtkosten: 3,05 € / erzeugtes Schwein

2. Biowäscher in Kompaktbauweise mit zentraler Abluftzuführung

Investitionskosten

Inkl. gemauertem Gehäuse und 3 m Kaminaufsatz mit Abspannung

53,00 € / Mastplatz

	1,83 € / erzeugtes Schwein
+ 16 % MwSt.	0,29 € / erzeugtes Schwein
Summe	2,12 € / erzeugtes Schwein

Betriebskosten:

Inkl. Strommehrkosten und Wartung

	1,70 € / erzeugtes Schwein
+ 16 % MwSt.	0,27 € / erzeugtes Schwein
Summe	1,97 € / erzeugtes Schwein

Gesamtkosten: 4,09 € / erzeugtes Schwein

3. Kombinationsanlage aus senkrechter Wäscherwand [Wasser], Wäscherwand [Säure] und Biofilterwand an einer Stalllängswand

Investitionskosten:

Inkl. gemauertem Gehäuse, Säuredosierung, Steuerung und Alarmanlage, sowie Abwassertank

65,00 € / Mastplatz

	2,17 € / erzeugtes Schwein
+ 16 % MwSt.	0,35 € / erzeugtes Schwein
Summe	2,52 € / erzeugtes Schwein

Betriebskosten:

Inkl. Strommehrkosten und Wartung

	2,15 € / erzeugtes Schwein
+ 16 % MwSt.	0,34 € / erzeugtes Schwein
Summe	2,49 € / erzeugtes Schwein

Gesamtkosten: 5,01 € / erzeugtes Schwein

Die Angaben, die die Landwirte im Rahmen der Messung gemacht haben, waren nur teilweise für die Kostenkalkulation verwendbar. In allen Fällen waren die Baukosten in den Kosten für die Stallerrichtung enthalten. Lediglich die Lieferkosten für die Technik bei den Kombianlagen ließen sich ermitteln. Hier waren jedoch auch Sonderkonditionen wegen einer „Versuchsanlage“ ausgehandelt worden. Einige Landwirte hatten ihre Biofilterkosten durch Eigenleistung extrem reduziert. **LWB Nr. 1** z. B. baute den Filter ohne gemauerte Umrandung selbst. Die Roste aus verzinktem Stahl stammen vom Alteisenhändler und das Filtermaterial wurde günstig vom Kompostwerk bezogen. **LWB Nr. 8** mauerte die Umrandung „mit zwei Rentnern“ und bezog von Berufskollegen aus der Umgebung Betonspaltenböden die durch Stallumbauten übrig waren.

LWB Nr. 9 baute die Filterumrandung aus alten Leitplanken die der Straßenbau zum Schrottpreis abgegeben hatte und bezog den aktiven Teil des Filtermaterials aus dem Herbstschnitt von Kopfweiden in der Umgebung.

LWB Nr. 10 hingegen baute konventionell mit Unternehmer und vertat sich zunächst im Filtermaterial, das im oberen Bereich kein Wurzelholz, sondern Holzhackschnitzel waren. Dadurch bekam er im darauffolgenden Sommer Probleme mit der Stalllüftung, da der Druckverlust im Filtermaterial zu groß war. Die Filterschüttung musste erneuert werden.

Aus diesen Gründen lassen sich die Anlagenkosten für Biofilter allgemein und bei Biowäschern und Kombianlagen -bezogen auf den Bauanteil- nicht normieren. Alle Kostenkalku-

lationen aus der Literatur basieren auf Annahmen aus einem bestimmten Segment von Praxisbeispielen. Diese spiegeln dann meist die Intentionen der Autoren wider.

In diesem Fall wurden Einzelangaben von verschiedenen Landwirten auf die vorgegebene Größenordnung der jeweiligen Abluftreinigungsanlage –hier 1000 Mastschweine- hochgerechnet. Dabei wurde ab dem Übergabepunkt der Stallluft in die Reinigungsanlage gerechnet. Bei den meisten Kalkulationen aus der Literatur, wird die Stalllüftungsanlage komplett mitgerechnet. Hierin liegen jedoch große Unterschiede je nachdem ob es sich um einen Neubau oder Umbau handelt.

- Bei Neubauten kann die Stalllüftungsanlage an das gewählte Abluftreinigungssystem angepasst werden. Bei einem Kammsystem für Mastschweine ställe genügt ein Wandventilator je Abteil, wenn ein Biofilter angeschlossen wird. Soll ein Biowäscher / Kombianlage installiert werden, kann z. B. die gesamte Stallluft zentral unter oder über dem Versorgungsgang, zu einem der Giebel abgesogen werden, an den der Wäscher gebaut werden soll.
- Bei nachträglicher Installation einer Abluftreinigungsanlage, egal ob ein Biofilter an einer Stallwand oder ein Biowäscher auf dem Scheunenboden installiert wird, muss die gesamte Abluft dort hingeführt werden. Die Kosten hierfür liegen unter Umständen in gleicher Höhe wie die für die komplette Reinigungsanlage.

Letztendlich spielt neben den baulichen Vorgaben und der möglichen Eigenleistung der Technikanspruch des Landwirtes eine entscheidende Rolle für die Kostenkalkulation.

- In kleineren Betrieben wird mehr über Eigenleistung abgewickelt und Technik durch persönliche Kontrollen ersetzt. Das heißt, dass kleinere Biofilter / Biowäscher fast keine Regelungstechnik besitzen.
- Da größere Ställe auch mehr Stalltechnik benötigen und in solchen Betrieben keine Kontroll- und Wartungszeiten übrig sind, wird dort mehr Steuerungs- und Regelungstechnik verlangt. So sind z. B. bei **LWB Nr. 1** die thermostatgesteuerten Ventilatoren die einzige „Regelung“ ab Biofilter, während **LWB Nr. 5** alle Daten auf seinem Computer aufrufen kann und sich nur dann um die Reinigungsanlage kümmert, wenn etwas „auf Störung“ geht.

Aus diesen Gründen gibt es „low-cost“ und „high-tec“ Anlagen in der Landwirtschaft. Solche Unterschiede sind im industriellen Bereich unbekannt, da dort mittlerweile einfachere Biofilteranlagen auf einem entsprechenden hohen technischen Niveau angekommen sind.

8. Anlagen

Anhang 2:
Baubeschreibung der untersuchten
Abluftreinigungsanlagen

und

Anhang 6:
Tabellarische Übersicht der Ergebnisse

Anhang 2: Baubeschreibung der untersuchten Abluftreinigungsanlagen

Nummer des LWB		Nr.	1a	1b	3	7	8	9	10
Daten zum Gesamtbetrieb nach Betreiberangaben									
Nutzung	LW Nutzung	Haupt-/Nebenerwerb	Haupterwerb	Haupterwerb	Haupterwerb	Haupterwerb	Haupterwerb	Haupterwerb	Haupterwerb
Tierplatzzahlen	Mastschweine	Stück					1975	80	1165
	Eber	Stück			1	12			
	Zuchtsauen	Stück	300	300	46	1942		300	
	Ferkel (bis 15 kg)	Stück							
	Ferkel (bis 25 kg)	Stück	1250	1250	110	1792		1500	
	Summe GV	GV	115,00	115,00	16,30	622,04	256,75	130,40	151,45
Nachbarschaftsituation	Abstand zum nächsten Nachbarn	m	70	70	100	100	250	80	100
	in Richtung	Richtung	NO	NO	NO	N	O	SW	SW
	vorherrschende Hauptwindrichtung	aus Richtung	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW
Beschwerdesituation	jetzt	ja/keine	ja	ja	keine	keine	keine	keine	keine
	früher, vor Abluftreinigung	ja/keine	ja	ja	keine	keine	ja	keine	keine
Langfristige Entwicklung	Erweiterung (bis zu welcher Tierplatzzahl)	ja / nein	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein

Nummer des LWB		Nr.	2	5	6
Daten zum Gesamtbetrieb nach Betreiberangaben					
Nutzung	LW Nutzung	Haupt- / Nebenerwerb	Legehennen Nachzucht	Haupterwerb	Haupterwerb
Tierplatzzahlen	Mastschweine	Stück		750	900
	Eber	Stück			
	Zuchtsauen	Stück			140
	Ferkel (bis 15 kg)	Stück			
	Ferkel (bis 25 kg)	Stück		1305	360
	Summe GV	GV	Trockenkot	123,60	166,20
Nachbarschaftssituation	Abstand zum nächsten Nachbarn	m	150	150	50
	in Richtung	Richtung	W	N	SO
	vorherrschende Hauptwindrichtung	aus Richtung	SW	SW	SW
Beschwerdesituation	jetzt	ja/keine	keine	keine	keine
	früher, vor Abluftreinigung	ja/keine	ja	keine	keine
Langfristige Entwicklung	Expansion (bis zu welcher Tierplatzzahl)	ja / nein	ja	ja	ja

Nummer des LWB		Nr.	1a	1b	3	7	8	9	10
Daten nach Betreiberangaben zum Stall an dem Abluftreinigung betrieben wird									
Baujahr des Stalles		Jahr	1999	1999	1999	2001	1950	1994	1999
Haltungssystem		Mehrabteil- / Einabteil- / Kammstall	Mehrabteil-stall	Mehrabteil-stall	Mehrabteil-stall	Einabteilstall	Einabteilstall	Mehrabteil-stall	Kammstall
Haltungsverfahren		Rein-Raus / Kontinuierlich	Rein-Raus	Rein-Raus	gemischt	Zuchtsauen-stall	kontinuierliche Mast	Rein-Raus	Rein-Raus
Tierzahlen genehmigt	Mastschweine	Stück					209		120
	Eber	Stück			1	12			
	Zuchtsauen	Stück	75		46	712		300	
	Ferkel (bis 15 kg)	Stück							
	Ferkel (bis 25 kg)	Stück		160	110			1500	
	Summe GV	GV	22,50	3,20	16,30	217,20	27,17	120,00	15,60
Tierzahlen zum Messzeitpunkt	Mastschweine	Stück					163		160
	Eber	Stück			1	12			
	Zuchtsauen	Stück	75		46	720		260	
	Ferkel (bis 15 kg)	Stück							
	Ferkel (bis 25 kg)	Stück		160	110			1000	
	Summe GV	GV	22,50	3,20	16,30	219,60	21,19	98,00	20,80
Stallboden		Voll-/Teilspalten	Vollspalten	Vollspalten	Teilspalten	Vollspalten	Teilspalten	Voll-/Teilspalten 50/50	Vollspalten
	Spaltenanteil	%	-	-	60	-	60	30	-
Fütterung		automatisch/manuell	automatisch	automatisch	manuelle	automatisch	automatisch	manuelle	automatisch
Futterzusammensetzung		Eigen/Ram/Sonstiges	Eigen	Eigen	Eigen N und P reduziert	Eigen	Standard	Standard	Eigen
Entmistung	Verfahren	Stau / Schieber / Lagerung im Stall	Stau	Stau	Stau	Stau	Stau	Stau	Stau
Zuluft	Zuluftführung		Lüfterklappen	Rieseldecke	Lüfterklappen Rieseldecke	Lüftungsschlitze	Rieseldecke	Rieseldecke	Rieseldecke
	Heizung	Ja/Nein	ja	ja	ja	ja	nein	ja	ja
Abluftmengen (nach installierter Ventilatorleistung)	Abluftführung		Wandventilator	Wandventilator	Wandventilator	Unterflur	Wandventilator	Wandventilator	Wandventilator
	max. Volumenstrom pro Abteil	m³/h	5400	5400	16000	25200	8500	25500	13500
	Anzahl Ventilatoren pro Abteil	Stück	2	1	1	8	3	4	1
	max. Volumenstrom gesamt	m³/h	10800	5400	16000	201600	25500	102000	13500
Grund für die Installation einer Abluftreinigung			Baugenehmigungs-verfahren	Baugenehmigungs-verfahren	Baugenehmigungs-verfahren	Genehmigungs-verfahren BImSchG	Genehmigungs-verfahren BImSchG	Genehmigungs-verfahren BImSchG	Baugenehmigungs-verfahren

Nummer des LWB		Nr.	2	5	6
Daten nach Betreiberangaben zum Stall an dem Abluftreinigung betrieben wird					
Baujahr des Stalles		Jahr	1997	2001	1973
Haltungssystem		Mehrabteil- / Einabteil- / Kammstall	Kottlagerhalle	Kammstall	Mehrabteil
Haltungsverfahren		Rein-Raus / Kontinuierlich	Legenhennen- aufzucht	Ferkel- aufzucht	konti. Mast
Tierzahlen genehmigt	Mastschweine	Stück	-		238
	Eber	Stück	-		
	Zuchtsauen	Stück	-		
	Ferkel (bis 15 kg)	Stück	-		
	Ferkel (bis 25 kg)	Stück	-	1305	
	Summe GV	GV		26,10	30,94
Tierzahlen zum Messzeitpunkt	Mastschweine	Stück	-		238
	Eber	Stück	-		
	Zuchtsauen	Stück	-		
	Ferkel (bis 15 kg)	Stück	-		
	Ferkel (bis 25 kg)	Stück	-	600	
	Summe GV	GV		12,00	30,94
Stallboden		Voll- / Teilspalten	-	Vollspalten	Vollspalten
	Spaltenanteil	%			
Fütterung		automatisch /manuell	-	automatisch	automatisch
Futterzusammensetzung		Eigen / RAM / Sonstiges	-	4 Phasen	Eigen
Entmistung	Verfahren	Stau- /Schieber- / Lagerung im Stall	-	Stauverfahren	Rein-Raus
Zuluft	Zuluftführung		Lüfterklappen	über Dachraum in den Stall	Lüfterklappen
	Heizung	ja/nein	nein	ja	nein
Abluft (nach installierter Ventilatorleistung)	Abluftführung		Wandventilator	Unterflur	Raumluft- absaugung
	max. Volumenstrom pro Abteil	m³/h	10560	6300	15477
	Anzahl Ventilatoren pro Abteil	Stück	1	5	3
	max. Volumenstrom gesamt	m³/h	10560	31500	46431
Abluftreinigung, Auslegung	Geruchsminderung	%	80	80	80
	Ammoniakminderung	%			
Grund für die Installation einer Abluftreinigung			BImSchG Genehmigungs- verfahren	BImSchG Genehmigungs- verfahren	BImSchG Genehmigungs- verfahren

spezifische Datenaufnahme BIOFILTER

Nummer des LWB		Nr.	1a	1b	3	7	8	9	10
Baujahr der Abluftreinigung		Jahr	1999	1999	1999	2001	2001	1995	1999
Hersteller		selbst / Firma	selbst	selbst	selbst	selbst	selbst	selbst	selbst
bauliche Abmessungen (vor Ort gemessene Daten)	Summe der Segmente	Stück	4	8	1	1	1	2	1
	Länge des Segmentes	m	9,65	4,82	11,02	54,32	16,86	10	9
	Breite des Segmentes	m	4,9	4,9	3,01	6	3,49	7	6
	Schüthöhe	m	0,8	0,8	1	1,2	1	1	0,7
	Abzug, z. B. für Luftereisungen	m ²	1	1	1	8	1,5		1,2
	Teilfläche	m ²	46,3	22,6	32,2	317,9	57,3		52,8
	Teilvolumen	m ³	37,0	18,1	32,2	381,5	57,3		37,0
	Gesamtfläche	m ²	185,1	180,9	32,2	317,9	57,3		140,0
	Gesamtvolumen	m ³	148,1	144,8	32,2	381,5	57,3		140,0
Filterbelastungen	rechnerische Filterflächenbelastung bei Sommerluft rate	m ³ /m ² *h	113	16	469	633	439	794	274
	rechnerische Filtervolumenbelastung bei Sommerluft rate	m ³ /m ³ *h	141	20	469	527	439	794	391
Verweilzeit	rechnerische Verweilzeit im Biofilter bei Sommerluft rate	s	6,4	22,0	7,7	6,8	8,2	2,3	9,2
Aufbau des Biofilters	Einfassung	Holz / Mauer / Beton nur angeschüttet	nur angeschüttet	nur angeschüttet	Mauer	Beton	Beton	Leitplanken	Mauer
	Boden		Kunststoff- spalten	Kunststoff- spalten	Kunststoff- spalten	Rinderspalten	Schweine- spalten	Q-Matten	Scheinespalten
	Filtermaterial	Siebüberlauf / Wurzelholz / Sonstiges	Siebüberlauf Kompost	Siebüberlauf	Wurzelholz	Wurzelholz	Wurzelholz mit Siebüberlauf	Weiden- häcksel 0,2m grobes Holz 0,8 m	Siebüberlauf Kompost
Neu- und Nachschüttung	letzter vollständiger Wechsel	Monat / Jahr	1999	1999	1999	2001	2001	November 01	1999
	letzte Nachschüttung	Monat / Jahr	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
Abluftkonditionierung		Luftbefeuchter / Staubabscheidung / Keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
	letzte Wartung der Abluftkonditionierung	Monat / Jahr	-	-	-	-	-	-	-
Befeuchtung des Filtermaterials		Rasensprenger / Perlregner / Spühschlauch / Düsen / Keine	Sprühschlauch	Sprühschlauch	Perlregner	Industrie- regner	keine	Perrot- regner	keine
Bemerkungen:			Biofilter sehr nass	stellenweise trocken	normale Feuchte	normale Feuchte	normale Feuchte	20 cm Weide feucht	Biofilter sehr trocken

spezifische Datenaufnahme Kombianlagen		Nr.	2	5	6
Nummer des LWB					
Hersteller		Jahr	2001	2001	2001
Baujahr			Dr. Siemers Umwelttechnik GmbH	Dr. Siemers Umwelttechnik GmbH	Dr. Siemers Umwelttechnik GmbH
bauliche Abmessungen Filterwände	Länge Filterwand	m	4,40	8,40	6,00
	Höhe Filterwand	m	1,85	2,00	1,80
	Anzahl Filterwände	Stück	2	2	2
	Filterfläche	m ²	8,14	16,80	10,80
	Filtervolumen (Wäscherwände)	m ³	1,63	3,36	2,16
	Filteroberfläche gesamt	m ²	716,32	1478,4	864
	Filterflächenbelastung (Sommerluft rate)	m ³ /m ² *h	1297	1439	2653
	Filteroberflächenbelastung(Sommerluft rate)	m ³ /m ² *h	15	16	33
	rechnerische Verweilzeit in der Filterwand (Sommer)	s	0,56	0,50	0,27
	Biofilter	Schichtdicke	m	0,40	0,40
Höhe Filterwand		m	2,00	2,20	1,85
Breite Filterwand		m	5,00	8,70	6,30
Filtermaterial			Wurzelholz mittel	Wurzelholz mittel	Wurzelholz grob
errechnete Werte	Fläche Biofilter	m ²	10,00	19,14	11,66
	Volumen Biofilter	m ³	4,00	7,66	4,66
	Filterflächenbelastung (Sommerluft rate)	m ³ /m ² *h	1056	1263	2458
	Filtervolumenbelastung(Sommerluft rate)	m ³ /m ³ *h	2640	3157	6146
	rechnerische Verweilzeit im Biofilter (Sommer)	s	1,36	1,14	0,59
Waschwasservorlage	Becken 1	m ³	2,96	8,7	5,36
	Becken 2	m ³	2,35	8,7	3,15
	Becken 3	m ³	2,78	4,35	
Optionen	Säuredosierung	ja/nein	ja	ja	ja
	eingestellter pH-Wert	1	4	6	4,5
	ist pH Wert	1	4,83	7,39	3,9
	verwendete Säure		H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄
	Konzentration	%	96	96	96
	Reinigung der Filterwände	ja/nein	nein	nein	nein
	Intervall	h	-	-	-
	Biofilterbefeuchtung	ja/nein	ja	ja	ja
	eingestellter Druck	bar	0,8	1,1	1
	Intervall	h	immer	immer	immer
	Anzeige Druckverlust Wand 1	ja/nein	nein	nein	ja
	Anzeige Druckverlust Wand 2	ja/nein	nein	nein	ja
	Wasserverbrauchsanzeige	ja/nein	nein	nein	ja

LWB Nr.		1a	1b	3	7	8	9	10	
Daten der Randbedingungen									
Umgebung vor der Messung	Temperatur	°C	7,2	7,2	8,5	5,0	11,0	11,2	8,2
	rel. Feuchte	%	57,0	57,0	71,2	52,1	45,1	80,9	70,0
	Windgeschwindigkeit	m/s	1,5	1,5	4,0	2,4	0,3	3,5	4,5
	Windrichtung	Richtung	W	W	SW	O	NNW	SW	WSW
	Niederschlagsereignisse	ja/nein	am Messtag	am Messtag	am Messtag	-	-	am Messtag	Vortag
	Bedeckungsgrad	Achtel	8	8	7	0	0	8	8
Umgebung nach der Messung	Temperatur	°C	6,0	6,0	9,2	1,4	9,0	11,2	8,0
	rel. Feuchte	%	73,4	73,4	69,6	89,2	52,3	82,5	71,1
	Windgeschwindigkeit	m/s	1,0	1,0	2,1	0,4	0,0	4,0	3,9
	Windrichtung	Richtung	W	W	SW	O	-	SW	WSW
Abluftbedingungen vor Messung									
Roh	Temperatur	°C	19,8	23,2	19,1	12,8	18,5	19,6	20,9
	rel. Feuchte	%	62,5	56,0	68,0	99,9	28,9	74,4	60,2
Rein	Taupunkttemperatur	°C	12,4	13,1	13,0	12,8	12,7	17,2	12,8
	Temperatur	°C	13,2	13,2	13,1	7,3	12,1	15,0	11,7
	rel. Feuchte	%	99,9	99,9	91,6	96,4	68,0	99,9	99,9
	Taupunkttemperatur	°C	13,2	13,2	11,5	7,0	6,4	15,0	11,7
Abluftbedingungen nach Messung									
Roh	Temperatur	°C	19,9	24,0	18,9	11,9	19,0	17,5	siehe
	rel. Feuchte	%	63,0	63,0	69,5	99,9	71,2	60,3	Logger
	Taupunkttemperatur	°C	12,7	16,5	12,2	11,9	13,6	9,7	Datei
Rein	Temperatur	°C	13,3	13,4	12,7	8,0	15,6	8,2	11,7
	rel. Feuchte	%	99,9	99,9	95,4	99,9	83,4	92,3	99,9
	Taupunkttemperatur	°C	13,3	13,4	11,2	8,0	12,4	7,0	11,7
Ventilatorleistung	Einstellung an der Lüftungsregelung	%	40	40	10	25	10	50	20
	entspricht einem Luftvolumen	m³/h	4320	2160	1600	50400	2550	51000	2700
Bemerkungen			-	-	-	-	-	-	-

LWB Nr.		2	5	6	
Daten der Randbedingungen					
Umgebung vor der Messung	Temperatur	°C	10,0	10,3	11,9
	rel. Feuchte	%	72,3	69,5	71,0
	Windgeschwindigkeit	m/s	4,5	2,8	5,5
	Windrichtung	Richtung	SW	S	S
	Niederschlagsereignisse	ja/nein	-	Vortag	Vortag
	Bedeckungsgrad	Achtel	4	8	
Umgebung nach der Messung	Temperatur	°C	10,0	8,7	12,4
	rel. Feuchte	%	70,4	71,0	65,0
	Windgeschwindigkeit	m/s	3,0	7,0	6,5
	Windrichtung	Richtung	SW	S	W
Abluftbedingungen vor Messung					
Roh	Temperatur	°C	11,7	19,6	21,2
	rel. Feuchte	%	86,0	82,9	68,5
	Taupunkttemperatur	°C	8,8	16,5	15,2
Rein	Temperatur	°C	10,7	17,5	17,3
	rel. Feuchte	%	95,0	99,9	96,3
	Taupunkttemperatur	°C	9,8	17,5	16,7
Abluftbedingungen nach Messung					
Roh	Temperatur	°C	12,5	17,6	22,8
	rel. Feuchte	%	86,2	88,6	65,9
	Taupunkttemperatur	°C	10,2	15,4	16,2
Rein	Temperatur	°C	10,8	14,4	15,0
	rel. Feuchte	%	95,3	99,9	99,9
	Taupunkttemperatur	°C	10,1	14,4	15,0
Ventilatorleistung	Einstellung an der Lüftungsregelung	%	100	5	15
	entspricht einem Luftvolumen	m³/h	10560	1575	6965
Bemerkungen			Lagerhalle war voller als normal	keine Auffälligkeiten	erhöhte Aktivität der Tiere, Fütterung

Anhang 6: Tabellarische Übersicht der Ergebnisse

LWB Nr.			1a	1b	3	7	8	9	10
Ammoniakmessungen									
Messdurchgang 1	Beginn	Uhrzeit	11:20		12:04	16:10	12:30	11:30	11:10
	Ende	Uhrzeit	11:50		12:34	16:40	13:00	12:00	11:40
	Probenahmedauer	Min	30		30	30	30	30	30
	Probenahmevervolumen ROH	l	180,00		180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
	Probenahmevervolumen REIN	l	180,00		180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
Messdurchgang 2	Beginn	Uhrzeit	12:23		13:10	17:40	13:12	12:15	12:34
	Ende	Uhrzeit	12:53		13:40	18:10	13:42	12:45	13:04
	Probenahmedauer	Min	30		30	30	30	30	30
	Probenahmevervolumen ROH	l	180,00		180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
	Probenahmevervolumen REIN	l	180,00		180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
Messdurchgang 3	Beginn	Uhrzeit	13:00		13:50	18:25	13:58	13:00	14:08
	Ende	Uhrzeit	13:30		14:20	18:55	14:28	13:30	14:38
	Probenahmedauer	Min	30		30	30	30	30	30
	Probenahmevervolumen ROH	l	180,00		180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
	Probenahmevervolumen REIN	l	180,00		180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
für die Titration benötigte Menge Säure	ROH Durchgang 1	ml	3,4		1,35	2,50	3,20	2,30	2,50
	ROH Durchgang 2	ml			2,1	2,85	2,90	2,10	2,50
	ROH Durchgang 3	ml				1,65	1,80	2,40	2,50
	ROH Mittelwert der Titrationsmenge (Durchgänge 1 - 3)	ml	3,40		1,73	2,33	2,63	2,27	2,50
für die Titration benötigte Menge Säure	REIN Durchgang 1	ml	0,58		1,8	0,90	1,10	1,10	1,10
	REIN Durchgang 2	ml			1,3	0,90	1,00	1,15	1,25
	REIN Durchgang 3	ml			1,1	1,05	0,90	1,10	1,15
	REIN Mittelwert der Titrationsmenge (Durchgänge 1 - 3)	ml	0,58		1,40	0,95	1,00	1,12	1,17
ROH Mittelwert NH ₃ in der Messlösung Durchgang 1 - 3	mg	2,93		0,99	2,01	2,27	1,95	2,15	
REIN Mittelwert NH ₃ in der Messlösung Durchgang 1 - 3	mg	0,20		0,48	0,33	0,34	0,38	0,40	
ROH Mittelwert NH ₃	ppm	21,5		10,9	14,7	16,6	14,3	15,8	
REIN Mittelwert NH ₃	ppm	1,5		3,5	2,4	2,5	2,8	2,9	
Wirkungsgrad NH ₃ Abscheidung	%	93,2		67,5	83,7	84,8	80,3	81,3	

LWB Nr.		2	5	6	
Ammoniakmessungen					
Messdurchgang 1	Beginn	Uhrzeit	12:30	11:30	10:38
	Ende	Uhrzeit	13:00	12:00	11:08
	Probenahmedauer	Min	30	30	30
	Probenahmenvolumen ROH	l	180,00	180,00	180,00
	Probenahmenvolumen REIN	l	180,00	180,00	180,00
Messdurchgang 2	Beginn	Uhrzeit	13:10	12:30	11:30
	Ende	Uhrzeit	13:40	13:00	12:00
	Probenahmedauer	Min	30	30	30
	Probenahmenvolumen ROH	l	180,00	180,00	180,00
	Probenahmenvolumen REIN	l	180,00	180,00	180,00
Messdurchgang 3	Beginn	Uhrzeit	13:50	13:15	12:10
	Ende	Uhrzeit	14:20	13:45	12:40
	Probenahmedauer	Min	30	30	30
	Probenahmenvolumen ROH	l	180,00	180,00	180,00
	Probenahmenvolumen REIN	l	180,00	180,00	180,00
für die Titration benötigte Menge Säure	ROH Durchgang 1	ml	2,63	2,60	
	ROH Durchgang 2	ml	1,05	2,65	2,40
	ROH Durchgang 3	ml	2,7	2,60	2,30
	ROH Mittelwert der Titrationsmenge (Durchgänge 1 - 3)	ml	2,13	2,62	2,35
	REIN Durchgang 1	ml	1,3	1,00	0,95
für die Titration benötigte Menge Säure	REIN Durchgang 2	ml		1,60	1,20
	REIN Durchgang 3	ml	1,04	1,90	1,05
	REIN Mittelwert der Titrationsmenge (Durchgänge 1 - 3)	ml	1,17	1,50	1,07
	ROH Mittelwert NH ₃ in der Messlösung Durchgang 1 - 3	mg	1,83	2,26	2,03
	REIN Mittelwert NH ₃ in der Messlösung Durchgang 1 - 3	mg	0,40	0,52	0,37
ROH Mittelwert NH ₃	ppm	13	17	15	
REIN Mittelwert NH ₃	ppm	3	4	3	
Wirkungsgrad NH ₃ Abscheidung	%	78	77	82	

Nummer	Nr.	1	3	7	8	9	9	9	10	10	10	
	Durch Verfahren	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger	
Auswertung Endotoxine	Kontrolle	ET EU/m³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	ROH 1	ET EU/m³	7,20	3,26	5,35	3,31	1,11	1022,73	22,68	1672,24		
	ROH 2	ET EU/m³		1,41	2,82	3,21	1,55	1145,83	6,90	1871,35		
	ROH 3	ET EU/m³	31,66		1,80	1,02	1,92	488,73	17,32	7179,49		
	REIN 1	ET EU/m³	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	4,30	0,72	19,70		
	REIN 2	ET EU/m³	0,99	0,00	0,32	0,00	0,00	1,28	0,00	30,76		
	REIN 3	ET EU/m³	0,28		0,00	0,00	0,00	2,60	0,63	197,62		
	Mittelwert ROH	ET EU/m³	19,430	2,335	3,323	2,513	1,527	885,097	15,633	3574,360		
	Mittelwert REIN	ET EU/m³	0,627	0,000	0,107	0,000	0,000	2,727	0,450	82,693		
	Minderung Endotoxine	%	96,8	100,0	96,8	100,0	100,0	99,7		97,1	97,7	
	8 ET EU/m³ entsprechen ca. 1 ng/m³ Endotoxine. (Aussage TiHo)	Kontrolle	ET ng/m³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		ROH 1	ET ng/m³	0,90	0,41	0,67	0,41	0,14	127,84	2,84	209,03	
		ROH 2	ET ng/m³		0,18	0,35	0,40	0,19	143,23	0,86	233,92	
ROH 3		ET ng/m³	3,96	0,00	0,23	0,13	0,24	60,84	2,17	897,44		
REIN 1		ET ng/m³	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,09	2,46		
REIN 2		ET ng/m³	0,12	0,00	0,04	0,00	0,00	0,16	0,00	3,85		
REIN 3		ET ng/m³	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,08	24,70		
Mittelwert ROH		ET ng/m³	2,429	0,195	0,415	0,314	0,191	110,637	1,954	448,795		
Mittelwert REIN		ET ng/m³	0,078	0,000	0,013	0,000	0,000	0,341	0,056	10,337		
Minderung Endotoxine		%	96,8	100,0	96,8	100,0	100,0	99,7		97,1	97,7	

Nummer	Nr.	1	3	7	8	9	9	9	10	10	10	
	Durch Verfahren	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger	
Auswertung Summe der Koloniebildende Einheiten bei ANECO: Summe Keimgehalte mesophiler Pilze und Bakterien	Kontrolle	KbE/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ROH 1	KbE/m³	353.400	110.000	13.400	8.600	174.000	1.470.000	347.000	226.000	1.160.000	167.000
	ROH 2	KbE/m³	0	85.400	44.000	0	124.000	632.000	307.000	229.000	531.000	308.000
	ROH 3	KbE/m³	874.000	0	36.600	16.000	222.000	1.780.000	200.000	646.000	889.000	400.000
	REIN 1	KbE/m³	0	2.600	3.400	600	0	1.750	667	18.000	280	33.300
	REIN 2	KbE/m³	0	2.600	600	600	2.000	917	6.670	2.600	3.300	8.000
	REIN 3	KbE/m³	0	0	1.400	1.400	600	817	0	22.000	7.590	6.670
	Mittelwert ROH	KbE/m³	409.133	65.133	16.567	8.200	173.333	1.294.000	284.667	387.000	860.000	291.667
	Mittelwert REIN	KbE/m³	0	2.600	1.800	867	867	1.161	2.446	14.200	3.723	15.990
	Minderung Koloniebildende Einheiten	%	100,0	96,0	89,1	89,4	99,5	99,9	99,1	96,1	99,6	94,5

Nummer		Nr.	5
			TiHo Impinger
Auswertung Endotoxine 8 ET EU/m ³ entsprechen ca. 1 ng/m ³ Endotoxine. (Aussage TiHo)	Kontrolle	ET EU/m ³	< 0,05
	ROH 1	ET EU/m ³	0,47
	ROH 2	ET EU/m ³	1,81
	ROH 3	ET EU/m ³	1,17
	REIN 1	ET EU/m ³	0,39
	REIN 2	ET EU/m ³	1,16
	REIN 3	ET EU/m ³	0,98
	Kontrolle	ET ng/m ³	< 0,006
	ROH 1	ET ng/m ³	0,06
	ROH 2	ET ng/m ³	0,23
	ROH 3	ET ng/m ³	0,15
	REIN 1	ET ng/m ³	0,05
	REIN 2	ET ng/m ³	0,15
	REIN 3	ET ng/m ³	0,12
	Mittelwert ROH	ET EU/m ³	1,150
	Mittelwert REIN	ET EU/m ³	0,843
	Minderung Endotoxine	%	27
	Mittelwert ROH	ET ng/m ³	0,144
	Mittelwert REIN	ET ng/m ³	0,105
	Minderung Endotoxine	%	27
Nummer		Nr.	5
			TiHo Impinger
Auswertung Koloniebildende Einheiten	Kontrolle	KbE/m ³	n.n.
	ROH 1	KbE/m ³	18600
	ROH 2	KbE/m ³	32000
	ROH 3	KbE/m ³	22600
	REIN 1	KbE/m ³	10000
	REIN 2	KbE/m ³	9400
	REIN 3	KbE/m ³	11400
	Mittelwert ROH	KbE/m ³	24400
	Mittelwert REIN	KbE/m ³	10267
	Minderung Koloniebildende Einheiten	%	58

Nummer		Nr. Durch Verfahren	1 TiHo Impinger	3 TiHo Impinger	7 TiHo Impinger	8 TiHo Impinger	9 TiHo Impinger	9 ANECO Filter	9 ANECO Impinger	10 TiHo Impinger	10 ANECO Filter	10 ANECO Impinger
Auswertung Pilze (+25 °C)	Kontrolle	KbE/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ROH 1	KbE/m³	600	2.600	300	300	0	181	0	300	2.025	0
	ROH 2	KbE/m³		2.600	300	300	0	175	0	2.400	1.075	0
	ROH 3	KbE/m³	1.400	0	0	300	0	174	0	300	993	0
	REIN 1	KbE/m³	0	1.400	300	0	0	513	0	0	59	0
	REIN 2	KbE/m³	0	0	300	0	300	143	0	300	0	0
	REIN 3	KbE/m³	0	0	300	0	0	235	0	0	0	0
	Mittelwert ROH	KbE/m³	1.000	1.733	200	300	0	177	0	1.350	1.364	0
	Mittelwert REIN	KbE/m³	0	467	300	0	100	297	0	100	19	0
	Minderung PILZE (+25°C)	%	100,0	73,1	-50,0	100,0		-68,1		92,6	98,6	

Nummer		Nr. Durch Verfahren	1 TiHo Impinger	3 TiHo Impinger	7 TiHo Impinger	8 TiHo Impinger	9 TiHo Impinger	9 ANECO Filter	9 ANECO Impinger	10 TiHo Impinger	10 ANECO Filter	10 ANECO Impinger
Auswertung Pilze (+40 °C)	Kontrolle	KbE/m³	0	0	0	0	0			0		
	ROH 1	KbE/m³	0	0	0	0	0			0		
	ROH 2	KbE/m³	0	0	0	0	0			0		
	ROH 3	KbE/m³	0	0	0	0	0			0		
	REIN 1	KbE/m³	0	0	0	0	0			0		
	REIN 2	KbE/m³	0	0	0	0	0			0		
	REIN 3	KbE/m³	0	0	0	0	0			0		
	Mittelwert ROH	KbE/m³	0	0	0	0	0			0		
	Mittelwert REIN	KbE/m³	0	0	0	0	0			0		
	Minderung PILZE (+40 °C)	%	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.		

Nummer		Nr.	5
			TiHo Impinger
Auswertung Pilze (+25 °C)	Kontrolle	KbE/m ³	n.n.
	ROH 1	KbE/m ³	n.n.
	ROH 2	KbE/m ³	1000
	ROH 3	KbE/m ³	n.n.
	REIN 1	KbE/m ³	n.n.
	REIN 2	KbE/m ³	n.n.
	REIN 3	KbE/m ³	n.n.
	Mittelwert ROH	KbE/m ³	1000
	Mittelwert REIN	KbE/m ³	n.n.
	Minderung PILZE (+25°C)	%	100

Nummer		Nr.	5
			TiHo Impinger
Auswertung Pilze (+40 °C)	Kontrolle	KbE/m ³	n.n.
	ROH 1	KbE/m ³	n.n.
	ROH 2	KbE/m ³	n.n.
	ROH 3	KbE/m ³	n.n.
	REIN 1	KbE/m ³	n.n.
	REIN 2	KbE/m ³	n.n.
	REIN 3	KbE/m ³	n.n.
	Mittelwert ROH	KbE/m ³	n.n.
	Mittelwert REIN	KbE/m ³	n.n.
	Minderung PILZE (+40 °C)	%	n.b.

Nummer	Nr.	1	3	7	8	9	9	9	10	10	10
	Durch Verfahren	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger
Auswertung Schimmelpilze	Kontrolle	KbE/m³					0	0		0	0
	Roh 1	KbE/m³					272	0		3.740	1.330
	Roh 2	KbE/m³					262	667		2.960	1.330
	Roh 3	KbE/m³					261	0		3.400	0
	Rein 1	KbE/m³					308	667		7.550	6.670
	Rein 2	KbE/m³					96	0		7.610	867
	Rein 3	KbE/m³					378	667		4.650	0
	Mittelwert ROH	KbE/m³					265	222		3.367	887
	Mittelwert REIN	KbE/m³					260	445		6.570	2.446
	Minderung Schimmelpilze	%					1,9	-100,0		-95,1	-175,8

Nummer	Nr.	1	3	7	8	9	9	9	10	10	10
	Durch Verfahren	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger
Bakterien	Kontrolle	KbE/m³					0	0		0	0
	Roh 1	KbE/m³					1.470.000	347.000		1.160.000	167.000
	Roh 2	KbE/m³					632.000	307.000		531.000	308.000
	Roh 3	KbE/m³					1.780.000	200.000		889.000	400.000
	Rein 1	KbE/m³					1.750	667		280	33.300
	Rein 2	KbE/m³					917	6.670		3.300	8.000
	Rein 3	KbE/m³					817	0		6.670	6.670
	Mittelwert ROH	KbE/m³					1.294.000	284.667		860.000	291.667
	Mittelwert Rein	KbE/m³					1.161	2.446		3.417	15.990
	Minderung Bakterien	%					99,9	89,1		88,8	84,5

Nummer	Nr.	1	3	7	8	9	9	9	10	10	10
	Durch Verfahren	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger
Staphylococcus sp.	Kontrolle	KbE/m ³					0	0		0	0
	Roh 1	KbE/m ³					36.900	18.000		120.000	8.200
	Roh 2	KbE/m ³					25.900	9.000		98.000	17.200
	Roh 3	KbE/m ³					57.100	10.000		75.000	17.600
	Rein 1	KbE/m ³					202	0		0	800
	Rein 2	KbE/m ³					0	0		1.180	1.800
	Rein 3	KbE/m ³					490	200		0	700
	Mittelwert ROH	KbE/m ³					39967	12333		97667	14333
	Mittelwert Rein	KbE/m ³					231	67		393	1800
	Minderung Staphylococcus sp.	%					99,4	99,5		99,6	87,4

Nummer	Nr.	1	3	7	8	9	9	9	10	10	10
	Durch Verfahren	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger	TiHo Impinger	ANECO Filter	ANECO Impinger
Staphylococcus aureus	Kontrolle	KbE/m ³					0	0		0	0
	Roh 1	KbE/m ³					9.090	3.400		10.000	200
	Roh 2	KbE/m ³					5.260	1.400		0	1.600
	Roh 3	KbE/m ³					14.300	1.400			1.600
	Rein 1	KbE/m ³					0	0		0	200
	Rein 2	KbE/m ³					0	0		0	0
	Rein 3	KbE/m ³					0	0		0	0
	Mittelwert ROH	KbE/m ³					9550	2067		5000	1133
	Mittelwert Rein	KbE/m ³					0	0		0	70
	Minderung Staphylococcus aureus	%					100,0	100,0		100,0	93,8

LWB Nr.		1a	1b	3	7	8	9	10	
GERUCH									
Messdurchgang 1	Beginn	Uhrzeit	11:20	14:45	12:04	16:10	12:30	11:30	11:10
	Ende	Uhrzeit	11:50	15:15	12:34	16:40	13:00	12:00	11:40
	Probenahmedauer	Min	30	30	30	30	30	30	30
Messdurchgang 2	Beginn	Uhrzeit	12:23	15:15	13:10	17:40	13:12	12:15	12:34
	Ende	Uhrzeit	12:53	15:45	13:40	18:10	13:42	12:45	13:04
	Probenahmedauer	Min	30	30	30	30	30	30	30
Messdurchgang 3	Beginn	Uhrzeit	13:00	15:45	13:50	18:25	13:58	13:00	14:08
	Ende	Uhrzeit	13:30	16:15	14:20	18:55	14:28	13:30	14:38
	Probenahmedauer	Min	30	30	30	30	30	30	30
Olfaktometrie									
ROH Durchgang 1	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	2500	2500	1800	1600	660	590	890
	Geruchspegel	dB _{OP}	34,0	34,0	32,6	32,0	27,5	27,7	29,5
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,7	1,9	1,6	1,7	1,0	1,5	1,3
ROH Durchgang 2	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	1000	3200	1400	2700	890	470	710
	Geruchspegel	dB _{OP}	30,0	35,1	31,5	34,3	29,5	26,7	28,5
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,0	1,4	1,2	1,0	1,6	1,3	1,2
ROH Durchgang 3	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	2200	2400	750	1800	500	450	590
	Geruchspegel	dB _{OP}	33,4	33,8	28,8	32,6	27,0	26,5	27,7
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,8	1,2	1,8	1,3	1,0	1,6	1,2
REIN Durchgang 1	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	71	140	160	17	22	63	300
	Geruchspegel	dB _{OP}	18,5	21,5	22,0	12,3	13,4	18,0	24,8
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,6	1,3	1,0	1,7	1,6	1,4	1,0
REIN Durchgang 2	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	120	120	180	27	18	80	250
	Geruchspegel	dB _{OP}	20,8	20,8	22,6	14,3	12,6	19,0	24,0
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
REIN Durchgang 3	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	180	160	190	21	20	57	470
	Geruchspegel	dB _{OP}	22,6	22,0	22,8	13,2	13,0	17,6	26,7
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,3	1,4	0,9	1,6	1,0	1,9	1,3
errechneter Wert	ROH Mittelwert Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	1765	2678	1236	1981	629	500	720
	rechn. Geruchspegel	dB _{OP}	32,5	34,3	30,9	33,0	28,0	27,0	28,6
	mittlerer Vertrauensbereich der Messungen	+/- dB _{OP}	1,5	1,5	1,5	1,3	1,2	1,5	1,2
errechneter Wert	REIN Mittelwert Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	115	139	176	21	20	66	328
	rechn. Geruchspegel	dB _{OP}	20,6	21,4	22,5	13,3	13,0	18,2	25,2
	mittlerer Vertrauensbereich der Messungen	+/- dB _{OP}	1,5	1,1	1,0	1,4	1,2	1,4	1,2
errechneter Wert	Wirkungsgrad	%	93,5	94,8	85,7	98,9	98,8	86,8	84,4
sensorische Prüfung der Proben	Geruchsart ROH		Schweine	Schweine	Schweine	Schweine	Schweine / Minze	Schweine	Schweine
	Geruchsart REIN		Erdig	Erdig	Muffig	Wald	Minze	Erdig	Schweine

LWB Nr.	2	5	6
---------	---	---	---

GERUCH

Messdurchgang 1	Beginn	Uhrzeit	12:30	11:30	10:38
	Ende	Uhrzeit	13:00	12:00	11:08
	Probenahmedauer	Min	30	30	30
Messdurchgang 2	Beginn	Uhrzeit	13:10	12:30	11:30
	Ende	Uhrzeit	13:40	13:00	12:00
	Probenahmedauer	Min	30	30	30
Messdurchgang 3	Beginn	Uhrzeit	13:50	13:15	12:10
	Ende	Uhrzeit	14:20	13:45	12:40
	Probenahmedauer	Min	30	30	30

Olfaktometrie

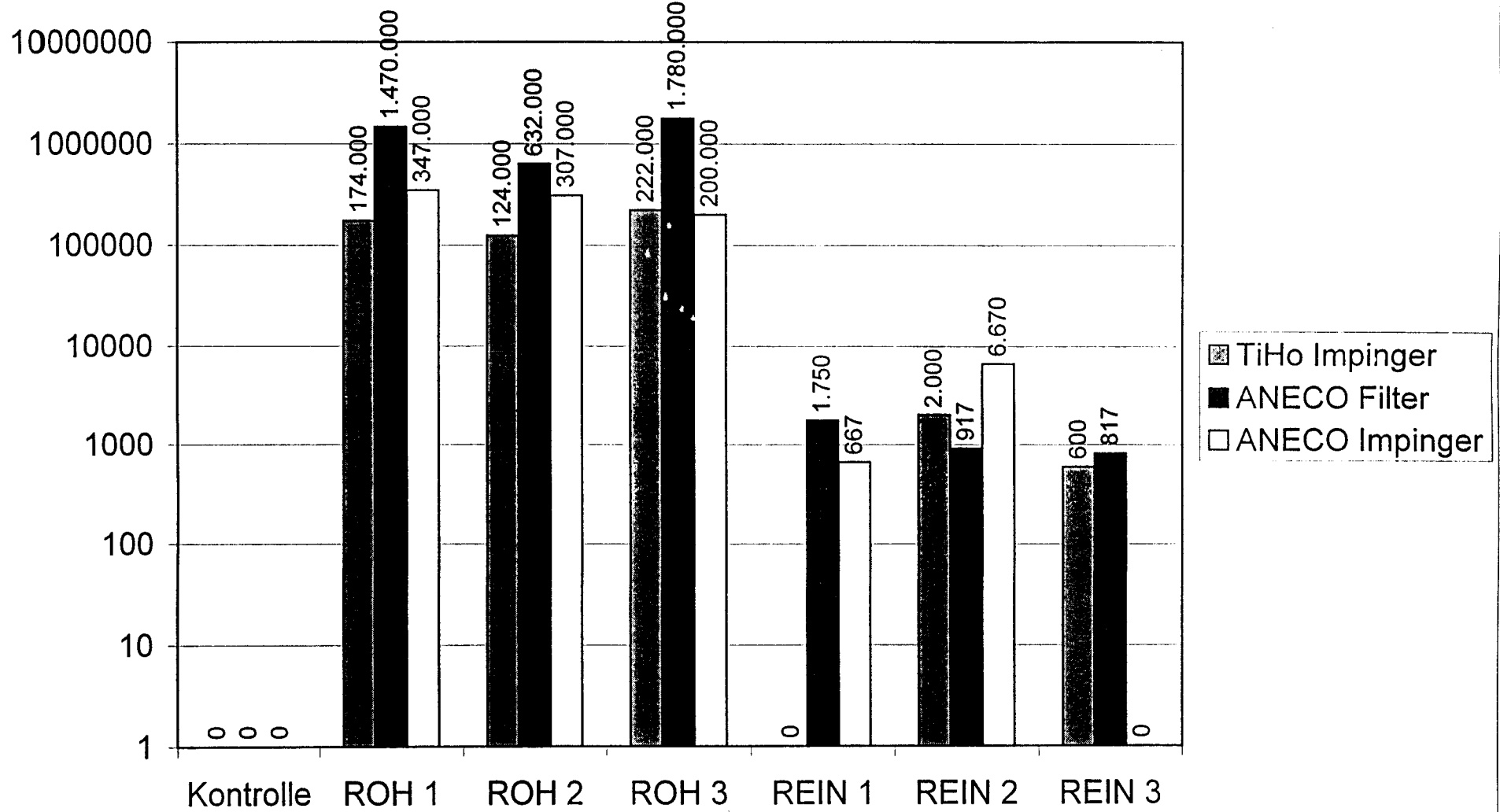
ROH Durchgang 1	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	270	1400	5300
	Geruchspegel	dB _{OP}	24,3	31,5	37,2
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	0,9	1,9	2,2
ROH Durchgang 2	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	1000	1800	2700
	Geruchspegel	dB _{OP}	30,0	32,6	34,3
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,4	1,6	1,6
ROH Durchgang 3	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	290	1300	3800
	Geruchspegel	dB _{OP}	24,6	31,1	35,8
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,0	1,3	1,3
REIN Durchgang 1	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	76	350	1700
	Geruchspegel	dB _{OP}	18,8	25,4	32,3
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,0	1,2	1,7
REIN Durchgang 2	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	150	470	1800
	Geruchspegel	dB _{OP}	21,8	26,7	32,6
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,0	1,0	1,6
REIN Durchgang 3	Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	90	500	1900
	Geruchspegel	dB _{OP}	19,5	27,0	32,8
	Vertrauensbereich	+/- dB _{OP}	1,0	1,0	1,0

errechneter Wert	ROH Mittelwert Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	428	1485	3789
	rechn. Geruchspegel	dB _{OP}	26,3	31,7	35,8
	mittlerer Vertrauensbereich der Messungen	+/- dB _{OP}	1,1	1,6	1,7

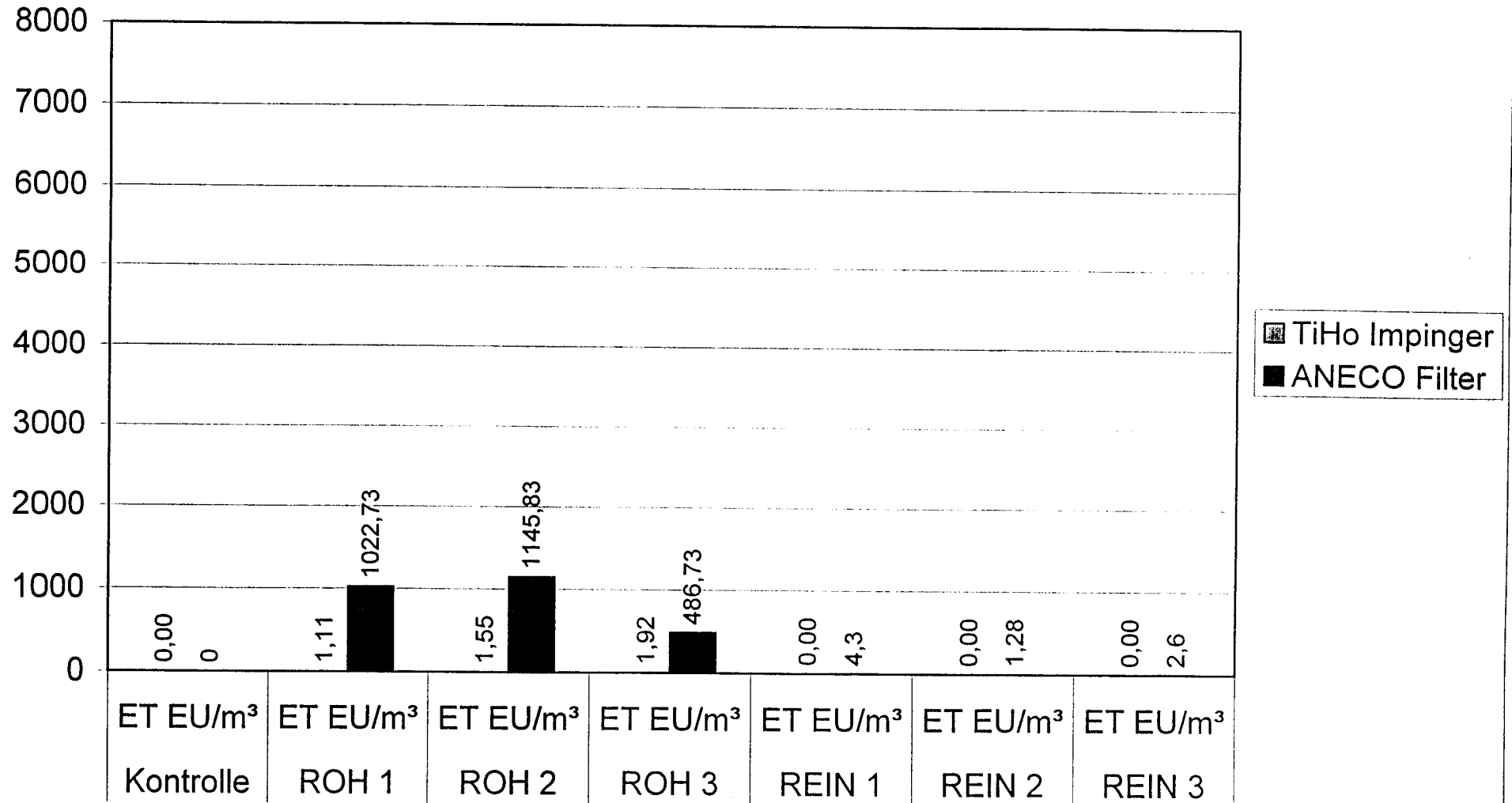
errechneter Wert	REIN Mittelwert Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	101	435	1798
	rechn. Geruchspegel	dB _{OP}	20,0	26,4	32,5
	mittlerer Vertrauensbereich der Messungen	+/- dB _{OP}	1,0	1,1	1,4

errechneter Wert	Wirkungsgrad	%	76,4	70,7	52,5
sensorische Prüfung des Proben	Geruchsart ROH		Geflügel	Schweine	Schweine
	Geruchsart REIN		Erdig	Holzig	Schweine

Vergleich KBE/m³ LWB Nr. 9



Vergleich ENDOTOXINE LWB Nr. 9



Vergleich ENDOTOXINE LWB Nr. 10

