

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott

Direktor des Instituts für
Hygiene und Umweltmedizin
Universitätsklinikum
Medizinische Fakultät der RWTH Aachen

Pauwelsstrasse 30
D – 52074 Aachen
Tel.: +49 (0) 241-80 88 485
Fax: +49 (0) 241-80 82 477
wolfgang.dott@post.rwth-aachen.de

Hexenberg 18
D – 52074 Aachen
Mobil: +49 (0) 171 42 67 271
dott@air-umwelt.de

12. Juli 2013

Hochschule Osnabrück
z.Hd. Herrn Prof. Dr. Jens Seedorf
Oldenburger Landstrasse 24
D - 49090 Osnabrück



Abschlussbericht:

**Wissenschaftliche Begutachtung der mikrobiologischen
Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit dem Projekt
„BioAluRein“**

Zusammengestellt von

**Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott
Prof. Dr. med. Gerhard Andreas Wiesmüller**

Der Abschlussbericht enthält die Aus- und Bewertung der mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse:

- Teil I: Betriebsdaten der dreistufigen Abluft-Reinigungsanlage der Firma Big Dutchman BioAbluftR-Anlage (Johannes Griep, Am Mühlenacker 2, Scharrel/Saterland über den Untersuchungszeitraum vom 30.03. bis 24.08.2010, Bericht vom 14. Februar 2012)
- Teil II: Aktuelle Betriebsdaten zum Biowäscher und Rieselbettreaktor der Firma DEVRIE (Landwirt Große-Schawe in Osnabrück, Bauerschaft Hickingen aus dem Untersuchungszeitraum vom 24.07.2012 bis 28.05.2013, Vorabbericht vom 10. April 2013)

Im Auftrag des

Projektkonsortium BioAluRein
c/o Hochschule Osnabrück
Oldenburger Landstr. 24
D-49090 Osnabrück

Wissenschaftliche Begutachtung der Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit dem Projekt „BioAluRein“

Gliederung

1. **Zielsetzung und Fragestellung**
2. **Materialien und Untersuchungsmethoden**
 - 2.1 Materialien BioAluRein
 - 2.2 Richtlinien
 - 2.3 Beschreibung der Abluft-Reinigungsanlage und Lage der Betriebe
 - 2.4 Untersuchungsmethoden BioAluRein
3. **Ergebnisse**
 - 3.1 Zusammenfassende Darstellung und Vergleich der (mikro)biologischen Untersuchungsergebnisse aus dem Waschwasser und auf der Filteroberfläche aus der Bioabluft-Reinigungsanlage
 - 3.2 Zusammenfassende Darstellung und Vergleich der (mikro)biologischen Untersuchungsergebnisse aus der Roh- und Reinluft der Bioabluft-Reinigungsanlage
4. **Hygienisch/Umweltmedizinische Bewertung der vorliegenden Ergebnisse**
 - 4.1 Lässt sich auf Basis der vorliegenden Ergebnisse eine Aussage darüber treffen, ob eine Bioabluft-Reinigungsanlage die Ablufthygiene im Vergleich zum Betrieb ohne Bioabluft-Reinigungsanlage signifikant verbessert?
 - 4.2 Lassen sich auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten Aussagen treffen, welche Randparameter günstig bzw. ungünstig auf die Präsenz von Bioaerosolen im Reingas hinwirken?
 - 4.3 Welche Maßnahmen können aufgrund der erhobenen Daten zur weiteren Reduktion von Bioaerosolen im Reingas ergriffen werden?
 - 4.4 Ist es notwendig oder verhältnismäßig nach weiteren Reduktionspotentialen von Bioaerosolen im Reingas zu suchen?
 - 4.5 Ist ein Monitoring der in Tabelle 1 genannten Bioaerosolbestandteile während des Anlagenbetriebes als Routineaufgabe notwendig und wenn ja, wie sollte dieses durchgeführt und kontrolliert werden?
 - 4.6 Sind Personen, die sich im unmittelbaren Roh- und Reinluftbereich von Abluft-Reinigungsanlagen aufhalten, persönliche Schutzmaßnahmen zu empfehlen?
 - 4.7 Welcher Abstand zur Nachbarschaft ist im Sinne des Vorsorgeprinzips für die beiden untersuchten Stallanlagen erforderlich, jeweils bezogen auf eine Situation mit und ohne Abluft-Reinigungsanlage?
 - 4.8 Kann der Mindestabstand durch den Einsatz einer Abluft-Reinigungsanlage vermindert werden?
5. **Zusammenfassende Bewertung**
6. **Unterschrift**
7. **Anhang**

1. Zielsetzung und Fragestellung

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens mit dem Titel "Prüfung und Bewertung der biologischen Sicherheit von biologischen Abluft-Reinigungsanlagen (BioAbluftR) in der Nutztierhaltung" (kurz: BioAluRein) soll beurteilt werden, inwiefern BioAbluftR ein umwelthygienisches Risiko darstellen.

Dabei wird der Frage nachgegangen, ob die Freisetzung von Bioaerosolen in die Umwelt durch den Einsatz von BioAbluftR qualitativ und quantitativ verändert wird. Dazu sollen die Emissionen an Bioaerosolen aus dem Stall (Rohgas) mit den Emissionen aus der BioAbluftR (Reingas) im Hinblick auf umwelthygienische Risiken vergleichend bewertet werden.

Ferner sollte geprüft werden, ob eine Differenzierung zwischen primären Emissionen (typische Mikroorganismen-Flora aus dem Stall) und sekundären Emissionen (aus der BioAbluftR, anlagenspezifische Mikroorganismen) im Hinblick auf die Umwelthygiene möglich ist und wie diese Emissionen ggf. zu beurteilen sind.

Mit dem Schreiben vom 29. Juni 2011 baten Sie Herrn Prof. Dott als Direktor des Institutes für Hygiene und Umweltmedizin der Universität Aachen um die Abgabe eines Angebotes zur Begutachtung des umwelthygienischen Risikos von BioAbluftR im Rahmen Ihres Forschungsvorhabens BioAluRein.

Folgende Fragen sollten beantwortet werden:

1. Lässt sich auf Basis der vorliegenden Ergebnisse eine Aussage darüber treffen, ob eine BioAbluftR die Ablufthygiene im Vergleich zu Betrieben ohne BioAbluftR signifikant verbessert?
2. Lassen sich auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten Aussagen treffen, welche Randparameter günstig bzw. ungünstig auf die Präsenz von Bioaerosolen im Reingas hinwirken?
3. Welche Maßnahmen können aufgrund der erhobenen Daten zur weiteren Reduktion von Bioaerosolen im Reingas ergriffen werden?
4. Ist es notwendig oder verhältnismäßig nach weiteren Reduktionspotentialen von Bioaerosolen im Reingas zu suchen?
5. Ist ein Monitoring der in Tabelle 1 genannten Bioaerosolbestandteile während des Anlagenbetriebes als Routineaufgabe notwendig und wenn ja, wie sollte dieses durchgeführt und kontrolliert werden?
6. Sind Personen, die sich im unmittelbaren Roh- und Reinluftbereich von Abluft-Reinigungsanlagen aufhalten, persönliche Schutzmaßnahmen zu empfehlen?
7. Welcher Abstand zur Nachbarschaft ist im Sinne des Vorsorgeprinzips für die beiden untersuchten Stallanlagen erforderlich, jeweils bezogen auf eine Situation mit und ohne Abluft-Reinigungsanlage?
8. Kann der Mindestabstand durch den Einsatz einer Abluft-Reinigungsanlage vermindert werden?

2. Materialien und Untersuchungsmethoden

2.1 Materialien BioAluRein

- Ausschreibung der Hochschule Osnabrück zum Angebot zum Zwecke der wissenschaftlichen Begutachtung von Untersuchungsergebnissen aus einem Forschungsvorhaben "Prüfung und Bewertung der biologischen Sicherheit von biologischen Abluft-Reinigungsanlagen (BioAbluftR) in der Nutztierhaltung" (kurz: BioAluRein) vom 29. Juni 2011,
- Angebot airUmwelt Nr. 11/8/1 zur o. G. Ausschreibung vom 2. August 2011,
- Excel-Datei „BioAluRein_Keimzahlen_neu.xls (122 KB)“ vom 24. September 2011 (enthält alle Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen einer BioAbluftR-Anlage über den Untersuchungszeitraum vom 30.03. bis 24.08.2010),
- Auftragsbestätigung zum Angebot airUmwelt Nr. 11/8/1 zur o. G. Ausschreibung vom 5. Oktober 2011,
- Kontaktliste des Konsortiums im Projekt BioAluRein und Anlagen Adresse von Dipl. Biol. Maja Decius vom 12. Oktober 2011
- Betriebsbereisung am 14. November 2011:
 1. Dreistufige Abluft-Reinigungsanlage der Firma Big Dutchman, Betrieb: Johannes Griep, Am Mühlenacker 2, Scharrel/Saterland - seinerzeit außer Betrieb (Anlage 1 – Beprobung abgeschlossen)
 2. Einstufige Abluft-Reinigungsanlage der Firma Rimu, Betrieb: Alwin Wegmann, Am Forst 1, Halen/Emstek (Anlage 2 – Beprobung geplant)
 3. Dreistufige Abluft-Reinigungsanlage der Firma Big Dutchman, Betrieb: Heinrich Fröhle Drenkelveh (im Betrieb befindlich, baugleiche Alternativanlage zu Anlage 1)
- Methodenbeschreibung und Probenaufbereitung BioAluRein von Dipl. Biol. Maja Decius vom 2. Dezember 2011
- Protokoll über die Bereisung der im Projekt BioAluRein untersuchten beiden Abluft-Reinigungsanlagen am 14.11.2011 mit Prof. Dr. Wolfgang Dott (Externer Gutachter, Firma AirUmwelt), Prof. Dr. Jens Seedorf (FH Osnabrück), Prof. Dr. Dr. h. c. Jörg Hartung (ITTN, TiHo Hannover), Dr. Marcus Clauß (ITTN, TiHo Hannover), Dipl. Biol. Maja Decius (ITTN, TiHo Hannover) sowie
- Publikation: Hartung, J., J. Stratmann-Selke und M. Clauß: Efficiency of a bioscrubber/biofilter combination to reduce air pollutants from exhaust air of a piggery – techniques, efficiency, costs, CIGR 2011 vom 25. November 2011
- LANUV NRW 2011: <http://www.lanuv.nrw.de/gesundheit/schadstoffe/bioaerosole.htm>; zuletzt aufgerufen am 21.02.2012
- Sachstandsbericht zum Forschungsvorhabens „Prüfung und Bewertung der biologischen Sicherheit von anerkannten Abluftreinigungsanlagen in der Nutztierhaltung“; Förderkennzeichen 2807UM003/018-022 vom 18. Januar 2013
- Dott, W. und G. Wiesmüller: Wissenschaftliche Begutachtung der Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit dem Projekt „BioAluRein“ 14.02.2012.
- Habig, C.: E-Mails von 12.03., 26.04. und 06.06.2013: „Daten zur Sitzung im BioAluRein-Projekt am 11.04.13 in Hannover“, Protokoll der Sitzung vom 11.04., Excel-Datei mit Aktuellen Daten zum Biowäscher, Rieselbettreaktor der Fa. DEVRIE, Vriezenveen aus dem Zeitraum vom 24.07.2012 bis 28.05.2013 sowie DLG-Prüfbericht 5879 mit Anlagenbeschreibung.

2.2 Richtlinien

- VDI 4250 Blatt 1 E: Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen - Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen 2011-11
- VDI 4251 Blatt 1: Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen – Fahnenmessung 2007-02
- VDI 4252 Blatt 2: Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern 2004-06
- VDI 4252 Blatt 3: Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse 2008-08
- VDI 4253 Blatt 2: Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern 2004-06
- VDI 4253 Blatt 3: Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis der Bakterienkonzentration in der Luft – Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten 2008-08
- VDI 4253 Blatt 4 E: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - Bestimmung der Gesamtzellzahl mittels Fluoreszenzanalyse nach Anfärbung mit DAPI 2011-04
- VDI 4256 Blatt 1: Ermittlung von Verfahrenskenngrößen – Zählverfahren basierend auf kulturellem Nachweis 2010-10
- VDI 4255 Blatt 1: Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen – Übersicht 2005-10
- VDI 4255 Blatt 2: Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung – Übersicht 2009-12
- VDI 4257 Blatt 1 E: Emissionsmessungen – Planung und Durchführung 2010-12
- VDI 4257 Blatt 2: Emissionsmessung von Bioaerosolen und biologischen Agenzien – Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung in Flüssigkeiten 2011-09
- DIN CEN/TS 16115-1, DIN SPEC 91221: Messen von Bioaerosolen – Teil 1: Bestimmung von Schimmelpilzen mittels Probenahme auf Filtern und kulturellem Nachweis (Dt. Fassung CEN/TS 16115-1:2011) 2011-07

2.3 Beschreibung der Abluft-Reinigungsanlage und Lage der Betriebe

2.3.1 Dreistufige Abluft-Reinigungsanlage Funktionsprinzip (Anlage 1)

Die Stallabluft (Rohgas) wird mittels Ventilatoren durch drei Filterwände geführt (Abb. 1). Die erste Filterwand (1) wird mit im Kreislauf geführtem Wasser aus einem Wasserreservoir (W1) berieselt und dient vornehmlich der Staubabscheidung und Konditionierung der Abluft. Eine wirkungsvolle Ammoniakabscheidung erfolgt an der zweiten Filterwand (2), an der ein säurehaltiger Wasservorhang die Nasdeposition des Ammoniaks gewährleistet. Auch hier besteht eine Kreislaufführung des Wassers aus einem Speicherbecken (W2), in dem durch Zudosierung von Säure ein pH-Wert von < 5 eingestellt wird. Bestehen die ersten beiden Filterwände i.d.R. aus Kunststoffpackungen, so ist die dritte Filterstufe ihrer Art nach ein Biofilter, bestehend aus Wurzelholz. Eine Frischwasserberieselung schützt ggf. vor Austrocknung des Füllmaterials, um defizitäre Sorptions- und Abbauvorgänge der Luftinhaltsstoffe zu vermeiden. Diese letzte Reinigungsstufe dient vornehmlich der Geruchsminderung, um schließlich Reingas aus der Anlage freizusetzen.

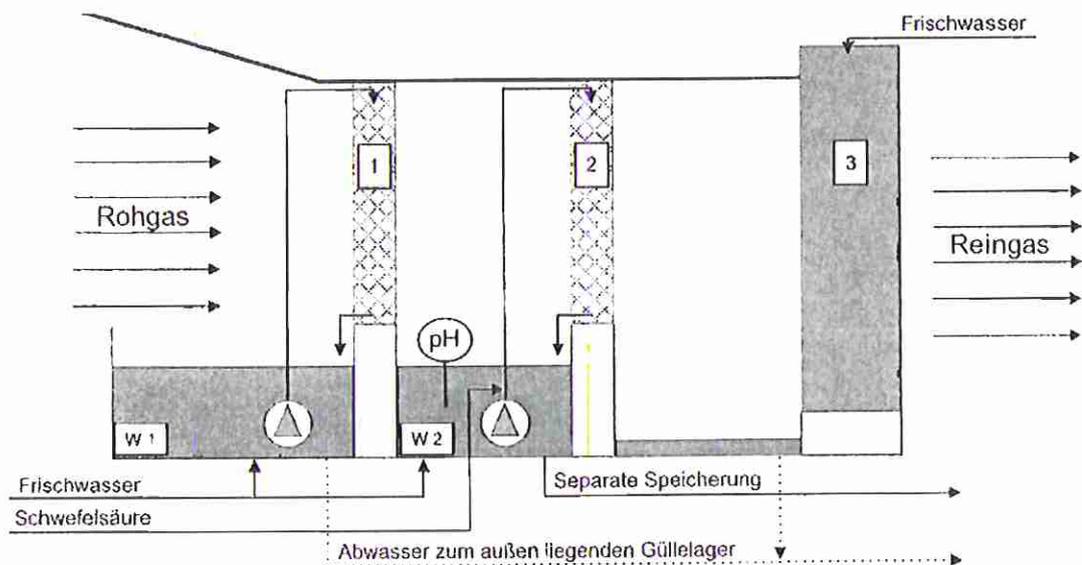


Abb. 1: Aufbauprinzip einer dreistufigen Anlage (nach HAHNE 2006).

Die untersuchte Bioabluft-Reinigungsanlage wirkt nach dem Prinzip einer zweimaligen Luftwäsche über weitmaschige Kontaktflächen aus Polypropylen-Packungen (Filterwände 1 und 2) im Querstromverfahren mit getrennter Waschwasser-Zirkulation und pH-Regulierung ($\text{pH} \leq 5$) im zweiten Wasserkreislauf. Danach erfolgt zur Vermeidung von Aerosolen eine Tropfenabscheidung an einer Filterwand (3) bestehend aus locker gepackten, grob gerissenen Wurzelholzstücken (Biofilter), die mit Frischwasser berieselt werden und zusätzliche Kontaktflächen zur Adsorption von Geruchsstoffen bietet.

Die wesentliche Aufgabe und Funktion derartiger Anlagen besteht in der Entfernung von Grobstaub, Ammoniumverbindungen und anderen Geruchsstoffen.

Derartige Anlagen sind nicht mit Luftfiltern aus raumlufttechnischen-Anlagen (RLT-Anlagen) zu vergleichen, die eigens ausgelegt sind, neben den Grobstäuben auch Feinstäube und somit neben Pollen auch Mikroorganismen (Pilze, Bakterien und Viren) mit einer Reduktionsrate von über 99,999% herauszufiltern. Dabei werden Filter der Partikelfilter-Klassen eingesetzt, die gemäß DIN EN 779 nach Partikelgröße (Grobstaub-Klasse G1 bis G4 und Feinstaub-Klasse von F5 bis F9) klassifiziert sind.

2.3.2 Rieselbettreaktor Funktionsprinzip (Anlage 2)

Die Stallabluft (Rohgas) wird in einem Sprühwasserturm ausgewaschen (Abb. 2). Ein im Luftstrom eingebauter Füllkörper (1) dient zusätzlich als Aufwuchsfläche für Biofilme, um die mikrobiellen Abbauvorgänge gegenüber den Luftinhaltsstoffen des Rohgases zu gewährleisten. Zur Vermeidung eines übermäßigen Austrages von Wasseraerosolen mit dem Reingas befindet sich im Bereich des Reingas-Auslasses ein Tropfenabscheider (2). Ein an der Basis des Turmes befindliches Prozesswasserbecken sammelt die abtropfenden Wassermassen aus dem Turm. Auch hier sorgt ein biofilmbewachsender Füllkörper (3) für die notwendige Mineralisation der Stofffrachten. Im Umlaufverfahren wird das Prozesswasser immer wieder über einen Düsenstock im Turm versprüht. Eine Niveauregelung (4) sorgt für ein Auffüllen des Prozesswasserbeckens mit Frischwasser, wenn Abwasserabgänge und Flüssigkeitsverluste durch Verdunstungen und Austräge aus dem Turm das notwendige Rezirkulationsvolumen des Waschwassers unterschreiten.

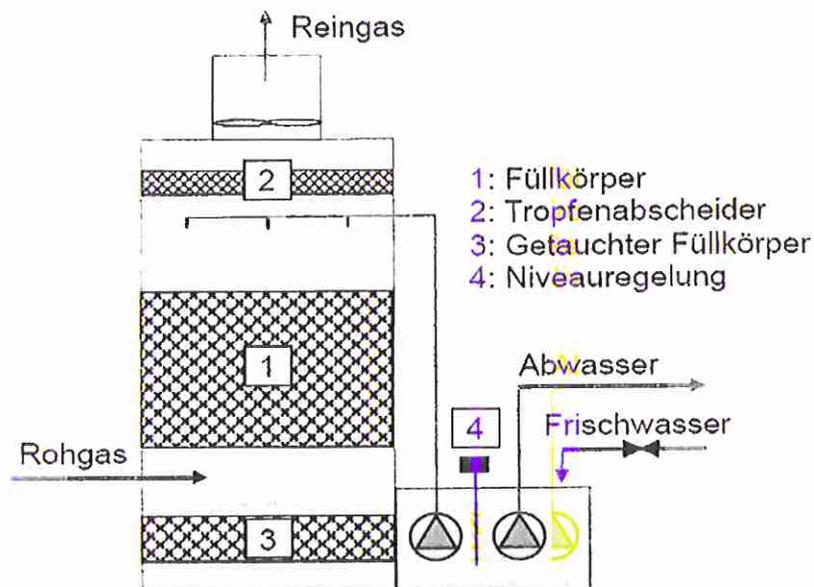


Abb. 2: Aufbauprinzip eines Rieselbettreaktors (nach HAHNE 2006).

Die Funktionsweise der zweiten Anlage ist ähnlich, jedoch mit dem Unterschied, dass die Luftwäsche im Gegenstrom betrieben wird und als Tropfenabscheider keine Wurzelholzstücke dienen.

2.3.3 Rieselbettreaktor der Fa. DEVRIE, Vriezenveen (Anlage 3)

Mit dem Änderungsbescheid vom 26.06.12 wurde daher das Projekt auf Antrag um ein Jahr bis zum 15.06.2013 verlängert und ein weiterer Rieselbettreaktor (Fa. DEVRIE, Vriezenveen) beim Landwirt Große-Schawe in Osnabrück in die Untersuchung einbezogen. Die erste Probemessung (Sommer) erfolgte am 24.07.2012. Aufgrund von anfänglichen Problemen mit dem pH-Wert (zu niedrig) konnten die für den 21.08.12, 04.09.12 und 18.09.12 vorgesehenen Messungen nicht durchgeführt werden. Der pH-Wert in der Druckleitung zum Wäscher war deutlich unterhalb des pH-Optimums (6.5-6.8) und schwankte um pH 6. Außerdem wurden deutlich erhöhte Stickoxid-Werte (>10 ppm) im Reingas gemessen. Es wurde versucht, die Leitfähigkeit im Waschwasser herabzusetzen, um die Nitrit-Konzentration zu reduzieren und mit kohlensaurem Kalk den pH-Wert anzuheben. Beide Maßnahmen erwiesen sich jedoch als nicht ausreichend, wie mit Messung am 04.09.12 festgestellt wurde. Die Inaugenscheinnahme der Aufkalkungseinrichtung ergab, dass die zu dosierten Mengen für eine ausreichende Anhebung des pH-Wertes zu gering waren und auch ein nicht optimales Kalkprodukt eingesetzt worden war. Daher wurde eine zweite Dosiereinrichtung für Kalilauge eingerichtet, um zusätzlich den pH-Wert zu stabilisieren.

Seit dem 25.09.12 läuft die Anlage ordnungsgemäß und stabil, so dass die weiteren Messungen bisher termingerecht realisiert werden konnten. Seither konnten 10 vollständige Messkampagnen durchgeführt werden. Weitere 10 Messtermine waren seinerzeit bis Ende Mai 2013 geplant. Insgesamt lagen bis zum 6. Juli Messdaten aus 22 Untersuchungen zur Befundung vor.

Es soll an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass sowohl der Landwirt Herr Große-Schawe als auch der Anlagenbetreuer Herr Dekker von der Fa. DEVRIE sehr kooperativ sind und damit wesentlich zum Erfolg der Messungen beigetragen haben.

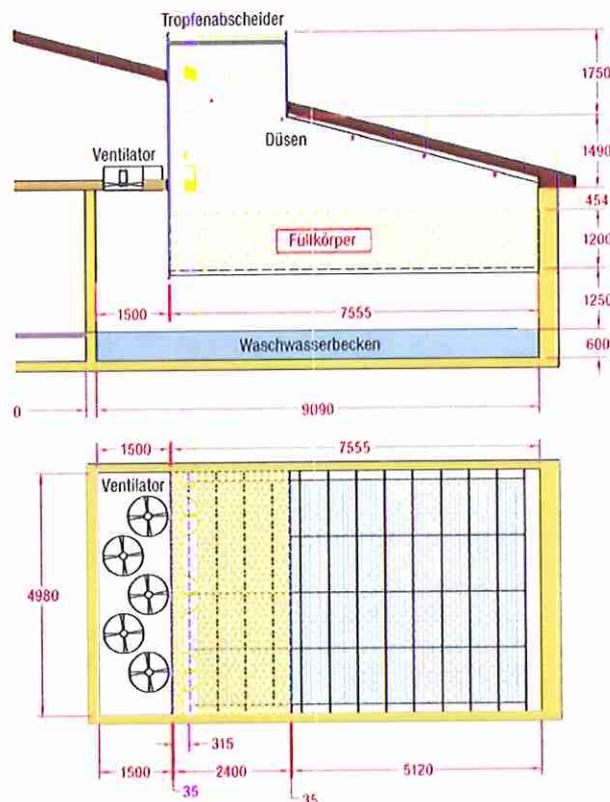


Abb. 2: Aufbauprinzip eines Rieselbettreaktors (Fa. DEVRIE, Vriezenveen).

2.4 Untersuchungsmethoden BioAluRein

Im Forschungsvorhaben sollten ursprünglich zwei verschiedene Typen von Abluft-Reinigungsanlagen, die Abluft (Rohgas) aus konventionell betriebenen Mastschweine-Ställen behandeln, untersucht werden. Bei der Anlage 1 handelte es sich um eine 3-stufige Abluft-Reinigungsanlage, die von März bis August 2010 beprobt wurde. Die Anlage 2 ist nach dem Prinzip eines Rieselbettreaktors aufgebaut (siehe Anhang). Die Datenerhebungen haben bislang noch nicht stattgefunden.

Beide Anlagen und deren Lage wurden von Prof. Dott am 14. November 2011 besichtigt:

- Anlage 1 (Beprobung abgeschlossen): dreistufige Abluft-Reinigungsanlage der Firma Big Dutchman, Betrieb: Johannes Griep, Am Mühlenacker 2, Scharrel/Saterland war seinerzeit außer Betrieb. Daher wurde eine im Betrieb befindlich baugleiche Anlage (Betrieb: Heinrich Fröhle, Drenkelveh) besichtigt.
- Anlage 2 (Beprobung für 2012 geplant): Einstufige Abluft-Reinigungsanlage der Firma Rimu Betrieb: Alwin Wegmann, Am Forst 1, Halen/Emstek.

2.4.1 Untersuchungsparameter

In den Tabellen 1 bis 3 sind die mikrobiellen und chemisch-physikalischen Messparameter sowie die erhobenen Betriebsparameter im BioAluRein-Projekt benannt. Alle mikrobiologischen Untersuchungen wurden vom ITTN (Tierärztliche Hochschule Hannover) durchgeführt.

Tabelle 1: Übersicht der mikrobiologischen Messparameter in den BioAbluftR

Mikroorganismen	Nachweisprinzip
Gesamtkoloniezahl	Kulturell (1)
Streptokokken	Kulturell (1)
Actinomyceten (mesophil, thermophil)	Kulturell (1)
Staphylokokken	Kulturell (1)
MRSA	Molekularbiologische Differenzierung (1)
Enterokokken	Kulturell (1)
Pseudomonaden	Kulturell, molekularbiol. Differenzierung (1)
Pilze	Kulturell (1)
Enterobacteriaceae	Kulturell (1) nur bei dem Rieselbettreaktor
Endotoxine	LAL-Test (1)

(1) diskontinuierlich

Tabelle 2: Übersicht der chemisch-physikalischen Messparameter in den BioAbluftR

Chemisch-physikalische Messparameter	Messmodalität
Gesamtstaub	Filtration (1)
PM10	Filtration (1)
PM2,5	Filtration (1)
Ammoniak	Infrarotspektroskopie (2)
Geruch	Olfaktometrie (1)
pH-Wert, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit, gelöst. O ₂ , chem. O ₂ -bedarf, BSB ₅ , TS suspendiert, abfiltrierbare Stoffe, NH ₄ , Nitrit, Nitrat, Kjeldahl-N, Ortho-Phosphat, Gesamt-P, Gesamt-Fe, Sulfat	Chemisch-analytisch (1)
	Durchflussmessung (2)

(1) diskontinuierlich, (2) kontinuierlich, TS: Trockensubst., BSB₅: biochem. O₂-Bedarf in 5 d

Die Parameter Gesamtstaub, PM10, sowie PM2,5 in Roh- und Reingas wurden vom TÜV, Ammoniak und Geruch in Roh- und Reingas von der LUFA (landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt) gemessen. Die Analytik des Prozesswassers wurde vom vTI (Johann Heinrich von Thünen-Institut) durchgeführt.

Tabelle 3: Übersicht Betriebsparameter BioAbluftR

Betriebsparameter	Messmodalität
Frischwasserverbrauch der zweiten Waschstufe	Durchflussmessung (2)
	Filtration (1)
Temperatur	Elektrosensoren (2)
Druckverhältnisse	Differenzdruckmessung (2)
Abluftfeuchte	Elektrosensoren (2)
Außenbedingungen (Luftdruck, Temperatur, Niederschlag, Wolkenbedeckung, Luftfeuchte)	Wetterstation (2)
Energieverbrauch der Gesamtanlage	Zähler (1)
Frischwasserverbrauch	Zähler (1)
Säureverbrauch	Gravimetrie (1)

(1) diskontinuierlich, (2) kontinuierlich

Die Betriebsparameter wurden von der DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) erfasst, parallel dazu wurde auf die Aufzeichnungen der Betriebssteuerung zurückgegriffen.

2.4.2 Probenaufarbeitung

Zur mikrobiologischen Probennahme wurde ein Impingement-Verfahren für die Luftproben (Roh- und Reingas) verwendet; aus dem Prozesswasser, von Filterwänden und vom Füllkörper (Biofilme) wurden Flüssig- bzw. Festproben für die mikrobielle Bestimmung entnommen.

Impinger

Je drei mit dem Impinger gewonnene Parallelen (30 min Messdauer) aus Roh- und Reingas werden zusammengegeben (die Messungen im Roh- und Reingas erfolgen zeitlich parallel 3 x 30 min). Die Mischproben werden direkt oder als Verdünnung ausplattiert (pro Probe erfolgen zwei Verdünnungsstufen, die jeweilige Verdünnung basiert auf Erfahrungswerten).

Wand

10 ausgestanzte Plättchen werden in 10 ml PBS + Tween 20 gegeben und mit einem Vortex-Gerät zerkleinert, anschließend werden die Proben 5 min im Ultraschallbad behandelt. Die Proben werden entweder direkt oder als Verdünnung ausplattiert (pro Probe erfolgen zwei Verdünnungsstufen).

Becken

Die Wasserproben werden direkt oder als Verdünnung ausplattiert (pro Probe erfolgen zwei Verdünnungsstufen).

Staub

0,1 g Staub werden in 10 ml PBS + Tween 20 überführt. Die Proben werden 30 min bei 25 °C im Wasserbad geschüttelt und anschließend 4 min im Vortex gemixt. Die Staubproben werden direkt oder als Verdünnung ausplattiert (pro Probe erfolgen zwei Verdünnungsstufen).

Je 0,1 ml der aufgearbeiteten Proben (direkt bzw. verdünnt) werden auf dem jeweiligen Selektivmedium ausplattiert (drei Selektivplatten pro Probe).

Die Platten werden in dem entsprechenden Brutschrank für 48 h bebrütet. Nach 48 h werden die Platten ausgewertet.

Impaktor als alternatives Sammelverfahren:

Gegen den Einsatz des Impaktors sprach, dass Bakterien in der Luft von Tierställen so gut wie nie einzeln vorliegen, sondern in Aggregaten mit teilweise hunderten von Einzelzellen. Bei einer direkten Impaktion auf Nährböden würde auch aus solch einem Partikel nur eine einzige auszählbare Kolonie wachsen. Der Impaktor als Sammelverfahren hätte somit eine hohe Fehlerwahrscheinlichkeit.

2.4.3 (Mikro-)biologische Untersuchungsmethoden

Zur Interpretation insbes. der mikrobiologischen Parameter sind die Modalitäten der Probennahme und die detaillierten Untersuchungsmethoden wichtig. Daher sind diese nachstehend nochmal zusammengefasst.

2.4.3.1 Methode zur Endotoxinanalyse mittels LAL-Test

In einer Schottflasche wird je ein Filter mit 10 ml endotoxinfreiem Wasser (Fa. LONZA) 1 h bei 20 °C auf einem Horizontalschüttler extrahiert. Aus dem Überstand wird eine Verdünnungsreihe hergestellt und die entsprechende Verdünnung auf Endotoxine (ET) mit dem Limulus-Amöbozyten-Lysat-Test (LAL-Test) untersucht. Für die Impinger- und Waschwasserproben entfällt der Extraktionsschritt. Die erforderliche Verdünnung wird mit endotoxinfreiem Wasser erstellt und ebenfalls mit dem Limulus-Amöbozyten-Lysat-Test (LAL-Test) auf Endotoxine (ET) untersucht.

Der Endotoxingehalt wird nach dem in der BIA-Arbeitsmappe (Kennzahl 9450, Stand 28. Lfg IV/02) beschriebenen Verfahren mit dem chromogen-kinetischen KQCL-Test (Fa. LONZA) bestimmt. Das verwendete Kontroll-Standard-Endotoxin (CSE) wird am Referenz-Standard-Endotoxin (RSE) E. coli-6 der amerikanischen Food and Drug Administration (FDA) kalibriert. Die Angabe der Endotoxinaktivität erfolgt in Endotoxin-Einheiten (Endotoxin Units = EU); 8 EU entsprechen 1 ng Endotoxin. Die Angabe EU entspricht I.E. = Internationale Einheit.

2.4.3.2 Selektivmedien

Streptokokken

Azid Blood Agar Base (Oxoid GmbH, Art.-Nr. CM 259) + defibriertes Schafsblut (Oxoid GmbH, Art.-Nr. SR 51)

Natriumazid wirkt auf die meisten gramnegativen Mikroorganismen bakteriostatisch, lässt jedoch das Wachstum grampositiver Bakterien wie Streptokokken zu. Durch die Zugabe von defibriertem Schafsblut lässt sich gleichzeitig der Hämolysestatus bestimmen. Kolonien, die Hämolyse zeigen, werden gezählt.

Um eine bessere Selektivität zu erreichen, werden die Selektivplatten unter anaeroben Bedingungen bebrütet (CO₂-Schrank).

Staphylokokken

Mannitol Salt Agar (Oxoid GmbH, Art.-Nr. CM 85)

Das Medium dient zur Isolierung von präsuntiven und pathogenen Staphylokokken. Das Wachstum der meisten anderen Bakterien wird durch die sehr hohe Salzkonzentration gehemmt. Koagulase-positive Staphylokokken bilden Kolonien mit einem hellgelben Hof, während andere Staphylokokken einen rötlich violetten Hof bilden. Die Platten werden bei 36°C bebrütet.

MRSA

CHROMagar MRSA Fertigplatten (Mast Diagnostica GmbH, Art.-Nr. 201402)

Durch den Einsatz von Hemmstoffen wird die Begleitflora weitgehend eingeschränkt, sodass die gesuchten MRSA morphologisch und farblich erfasst werden können.

Die Kolonien sind nach einer Bebrütungszeit von 24-48 h bei 36°C leicht bis dunkel rosa gefärbt und bilden einen Hof.

Schimmelpilze

Dichloran-Glycerin-(DG18)- Agar Basis (Oxoid GmbH, Art.-Nr. Cm 729)

Der Nährboden enthält Dichloran, um die Ausbreitung mycelbildender Pilze zu hemmen und die Kolonigröße anderer Pilzarten zu reduzieren.

Das Medium ist gut für die Keimzählung geeignet. Bei Pilzen, die normalerweise nur kleine Kolonien bilden, wird ein ungehindertes Wachstum zugelassen.

Die Platten werden bei 25°C ca. sieben Tage bebrütet und dann ausgewertet.

Enterokokken

Enterococcus Selektivagar(BAA) (Galle Äsculin Azid Agar) (Oxoid GmbH, Art.-Nr. PO5062A)

Enterococcus Selektivagar dient zur Isolierung, präsuntiven Identifizierung und Keimbestimmung von fäkalen Bakterien der Gruppe D. Bakterien dieser Gruppe sind in der Lage, Äsculin in Äsculetin und Glucose zu spalten. Äsculetin bildet mit Eisen(III)ammoniumcitrat einen Komplex, der zur Ausbildung des braun-schwarzen bis schwarzen Hofes um die Bakterienkolonie führt. Diese werden dann nach 48 h Bebrütung bei 36°C auf dem Selektivagar gezählt.

Pseudomonaden

Pseudomonas-CFC-Selektivnährboden (Oxoid GmbH, Art.-Nr. PO5132A)

Jegliches Wachstum nach 48 h bei 25°C und bei 36°C auf Pseudomonas-Selektivnährboden (C-F-C) lässt auf vorhandene *Pseudomonas* spp. schließen.

Actinomyceten

Difco™ Actinomyces Isolation Agar (Becton Dickinson GmbH, Art.-Nr. 2121689)

Actinomyceten sind Bakterien, die wie Pilze verzweigte hyphenartige Fäden, Mycele und Sporen bilden können. Um die gewachsenen Actinomyceten-Kolonien bildet sich ein durchsichtiger Hof. Die Platten werden bei 25°C und bei 50°C für sieben Tage bebrütet.

3. Ergebnisse

Die Rohdaten der Untersuchungsergebnisse von beiden Anlagen wurden den Gutachtern in Form von Excel-Tabellen zugestellt. Zur besseren Übersicht wurden die Daten der einzelnen mikrobiologischen Untersuchungsparameter über den Untersuchungszeitraum jeweils graphisch zusammenfassend dargestellt und die Ergebnisse für beiden Anlagen in den folgenden Kapiteln 3.1 und 3.2 gegenübergestellt.

Die Abbildungen 3 – 22 enthalten die Ergebnisse der verschiedenen (mikro)biologischen Untersuchungsparameter aus der dreistufigen Abluft-Reinigungsanlage der Firma Big Dutchman über den zeitlichen Verlauf vom 30.03. bis 27.08.2010 (siehe auch Bericht vom 14. Februar 2012).

Die Abbildungen 3b – 22b zeigen die Ergebnisse der aus dem Rieselbettreaktor der Fa. DEVRIE, Vriezenveen über den zeitlichen Verlauf vom 24.07.2012 bis 28.05.2013 (siehe auch Vorabbericht vom 10. April 2013).

3.1 Zusammenfassende Darstellung und Vergleich der (mikro)biologischen Untersuchungsergebnisse aus den Waschwässern und auf den Filteroberflächen der dreistufigen Bioabluft-Reinigungsanlage und dem Rieselbettreaktor

Die Gesamtzahl der Mikroorganismen in den Waschwässern und auf den Filteroberflächen der Anlage 1 steigt über den Untersuchungszeitraum stetig an. Am deutlichsten wird dies für die Waschwässer der beiden Becken, die zu Beginn zwischen $2,0 \times 10^5$ und $1,6 \times 10^6$ und gegen Ende zum Teil über 4×10^8 KBE/ml aufweisen. Durchschnittlich finden sich im Waschwasser $4,2 \times 10^7$ (Becken 1) bzw. $3,2 \times 10^6$ (Becken 2) KBE / ml und im Biofilm auf den Filteroberflächen $2,1 \times 10^7$ (Filterwand 1) bzw. $2,3 \times 10^6$ (Filterwand 2) KBE/cm². Die Oberflächenbesiedlung der beiden Filterwände steigt ebenfalls über die Zeit an und pegelt sich zu Versuchsende auf einem Niveau von ca. 10^8 KBE/cm² ein (Abb. 3).

Schaut man sich die Ergebnisse für die verschiedenen Bakteriengruppen an, so fällt auf, dass die KBE-Werte für die Streptokokken im Schnitt bei 10^4 KBE pro ml Waschwasser bzw. cm² Filteroberfläche liegen, für die Staphylokokken um 10^4 , die Enterokokken um 10^3 und MRSA unter 10^1 .

Für das Waschwasser aus Becken 2 kann des Weiteren beobachtet werden, dass die KBE-Zahlen für Streptokokken und Staphylokokken signifikant (zwei Zehnerpotenzen) abnehmen. Die Enterokokken-KBE-Zahlen liegen im Waschwasser des Beckens 2 in der Regel drei Zehnerpotenzen, die der Actinomyceten-Zahlen bis zu zwei Zehnerpotenzen niedriger als in Becken 1. Hier scheint der saure pH-Wert einen möglichen Einfluss zu haben, zumal der Biofilm auf beiden Filterwänden vergleichbar ist.

Die Zahl der thermophilen Actinomyceten liegt mit 10^1 und 10^2 KBE / ml bzw. cm² deutlich niedriger als die der mesophilen Actinomyceten mit KBE-Zahlen zwischen 10^4 und 10^5 (Abb. 8 und 9).

Der Biofilm auf den beiden Filteroberflächen enthält an Gesamtzahl von Mikroorganismen ca. 10^7 KBE/cm², für die Streptokokken maximal 10^5 und für die Enterokokken am häufigsten bei 10^3 KBE/cm².

Der Biofilm auf den beiden Filteroberflächen enthält etwa gleiche Zahlen an Actinomyceten (5×10^1 thermophile und 5×10^4 mesophile KBE / cm²).

Die Schimmelpilze und Pseudomonaden stellen ebenfalls keine typische Besiedlung für das Waschwasser und für die Filteroberfläche dar und liegen in der Regel relativ niedrig unter 10^4 KBE / ml bzw. cm^2 . Tendenziell sind die Schimmelpilzzahlen sowohl im Beckenwasser 2 als auch auf der Filterwand 2 höher als in der ersten Filterstufe.

Die Konzentrationen der Endotoxine sowohl im Waschwasser als auch im Biofilm auf den Filteroberflächen liegen mit ca. 10.000 EU deutlich über den entsprechenden Konzentrationen aus den Luftproben. Dies bedeutet, dass sowohl in den Waschwässern als auch in dem Biofilm auf den Filterwänden überwiegend Mikroorganismen enthalten sind, die der Gruppe der gramnegativen Bakterien zuzuordnen sind (Abb. 12). Die Werte deuten darauf hin, dass sich diese Mikroorganismen unter diesen Bedingungen im wässrigen Milieu vermehren.

Die Gesamtzahl der Mikroorganismen in den Wasch-/Beckenwässern der Anlage 3 (Rieselbettreaktor) schwankt zwischen 10^5 und 10^7 KBE/ml. Die Zahlen liegen damit in der gleichen Größenordnung wie bei den Waschwässern der Anlage 1.

Auffallend ist, dass die Besiedlung des Rieselbetts (Filterwand) bei den ersten Probennahmen noch nicht nachweisbar und ab der dritten Probennahme August 2012 mit 2×10^5 KBE/ cm^2 kontinuierlich zunimmt bis zum Ende Januar 2013 auf 10^8 KBE/ cm^2 , gefolgt von einem Abfall über März und April auf Zahlenwerte zwischen 10^5 und 10^6 , um dann ab Mai wieder über 5×10^7 bis zum Versuchsende anzusteigen. Die i.d.R. bis zu zwei Zehnerpotenzen höheren Bakterienzahlen im Biofilm des Rieselbettreaktors und auch der zeitliche Verlauf (Anstieg nach Inbetriebnahme) ist typisch für das Einlaufen eines Rieselbettreaktors, bei dem sich auf dem Filterwandmaterial ein entsprechender Biofilm ausbildet (Abb. 3b).

Schaut man sich die Ergebnisse für die anderen Bakteriengruppen an, so fällt auf, dass die KBE-Werte für die Streptokokken (Abb. 4b) in den Waschwässern zwischen 10^3 und 10^4 pendeln, auch mit einem Abfall um eine Zehnerpotenz in den Monaten Februar und März verbunden. In dem Biofilm des Rieselbettreaktors selbst konnten Streptokokken erst ab August mit etwa 10^2 KBE/ cm^2 nachgewiesen werden. Die Zahl steigt jedoch ebenfalls kontinuierlich über den Versuchsverlauf auf bis ca. 4×10^5 KBE/ cm^2 an. Da die Streptokokken keine normale Flora eines Biofilms darstellen, kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund ihrer längeren Überlebenszeit in dem System sie sich auf der Filterwand anreichern.

Die Gesamtzahl der Enterokokken (Abb. 7b) zeigt im Vergleich dazu einen ähnlichen Verlauf, nur sowohl in den Waschwässern als auch auf dem Rieselbettreaktormaterial um eine Größenordnung niedriger.

Die Gesamtzahl der Staphylokokken in den beiden Becken schwanken zwischen 10^2 und 10^3 KBE/ cm^2 . Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Becken ist nicht zu verzeichnen, da es sich im Gegensatz zu Anlage 1 auch um einen Wasserkreislauf handelt. Die Staphylokokken auf dem Rieselbett selbst liegen etwa in der gleichen Größenordnung wie im Beckenwasser, was dafür spricht, dass keine Anreicherung im Biofilm des Rieselbetts stattfindet (Abb. 5b).

Die Zahl der antibiotikaresistenten Staphylokokken (MRSA) liegt sowohl in den Beckenwässern als auch in dem Biofilm i.d.R. < 10 KBE/ml bzw. cm^2 .

Im Gegensatz zu Anlage 1 finden sich in den Wasch-/Beckenwässern und in dem Biofilm deutlich weniger mesophile Actinomyceten (ca. 10/ml bzw. 10/ cm^2) und im Biofilm nur vereinzelt max. 10 thermophile Actinomyceten. Da Actinomyceten keine typischen Emissionen aus Intensiv-

tierhaltungen darstellen, sondern eher durch den verwendeten Einstreu (aerob kompostiertes Pflanzenmaterial) bedingt sind, kann man davon ausgehen, dass bei den Anlagen möglicherweise unterschiedliche Tierhaltungsbedingungen vorliegen.

Für die Schimmelpilze (Abb. 10b) ist festzuhalten, dass die KBE-Zahlen i.d.R. <100/ml liegen. Die beiden Becken unterscheiden sich nur unwesentlich. Eine Anreicherung der Schimmelpilze im Biofilm über die Zeit von nicht nachweisbar bis in Größenordnungen von 1.000 KBE/m² zeugt von deren besseren Überlebensfähigkeit, möglicherweise in Form von Sporen und deren Rückhaltung. Insgesamt liegen die Zahlen an Schimmelpilzen auch deutlich niedriger als in der Anlage 1.

Die Waschwässer wie auch der Biofilm stellt kein wachstumsförderndes Biotop für Staphylokokken, Schimmelpilze, mesophile und thermophile Actinomyceten dar.

Endotoxine konnten in dem Wasser der beiden Becken und in dem Biofilm in der Größenordnung von 10.000 EU/ml bzw. cm² analog wie in Anlage 1 nachgewiesen werden.

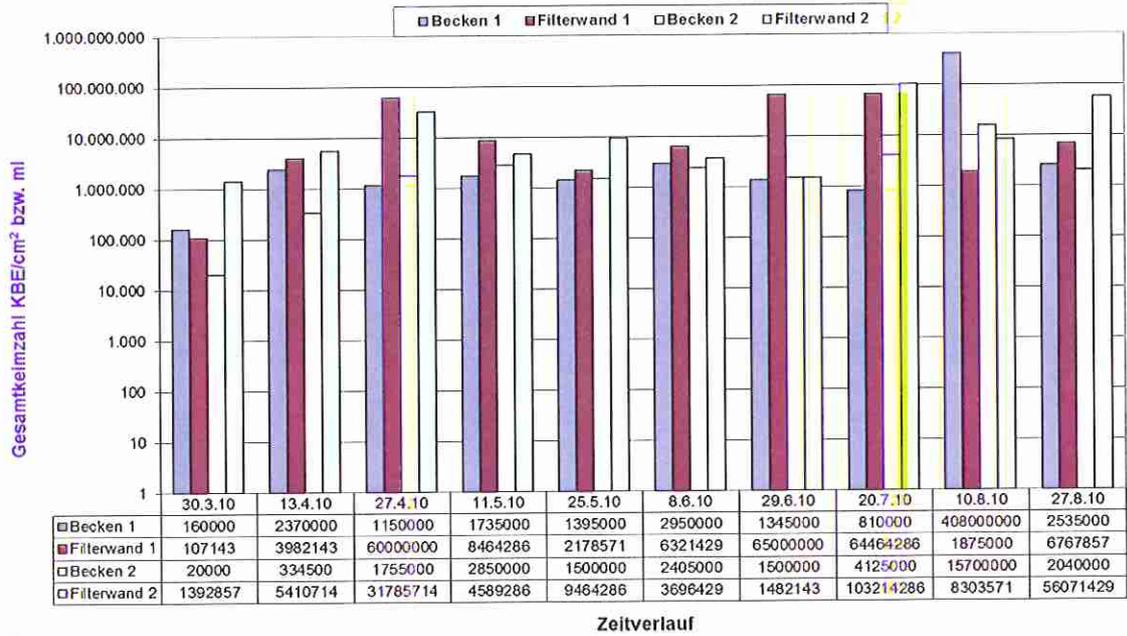
Ein in diesem Zusammenhang interessanter Befund stellt der seltenere Nachweis, und wenn nur mit geringen Zahlen, an Enterobacteriaceae (ca. 10¹/ml) im Wasser oder im Biofilm (10¹/cm²) dar (Abb. 12c). Dies ist insofern nicht eindeutig, da die Endotoxine immer als indirekter Nachweis auch für gramnegative Bakterien insbes. Enterobacteriaceae gesehen werden, die anscheinend bei der Immission aus der Intensivtierhaltung der Anlage 3 keine Bedeutung haben.

Erstaunlich ist auch, dass Pseudomonaden in den Beckenwässern und im Biofilm nur sporadisch mit niedrigen KBE-Zahlen (+/- 10¹/ml bzw. cm²) nachgewiesen wurden. Insbesondere für die Biofilmproben aus dem Rieselbettreaktor stellt dies eine Besonderheit dar, da die Biofilmflora i.d.R. von Pseudomonaden dominiert wird. Der Befund lässt sich aber auch durch die angewendete Nachweismethodik erklären: das verwendete Pseudomonas-Selektivmedium gemäß der DIN EN 12780 und der DIN ISO 1320 ist selektiv für fluoreszierende Pseudomonaden, insbesondere *Pseudomonas aeruginosa* aus klinischem Material und Wasser.

Durch die zwei hintereinander geschalteten Luftwäscher mit getrenntem Wasserkreisläufen nimmt die Beladung mit luftgetragenen Mikroorganismen vom Beckenwasser 1 zu 2 deutlich ab was sich auch bei nahezu allen untersuchten mikrobiologischen Parametern widerspiegelt.

Aus diesen Untersuchungsergebnissen kann abgeleitet werden, dass die Abluft-Reinigungsanlagen ihre Funktion als Luftwäscher erfüllen.

Auf den Filteroberflächen bildet sich über die Zeit stabiler ein Biofilm aus, in dem die emissionsrelevanten grampositiven Mikroorganismen aus der Nutztierhaltung in ihrem Wachstum nicht gefördert und zurückgehalten werden. In Abhängigkeit ihrer Überlebensrate unter diesen Bedingungen findet man über den Untersuchungszeitraum eine Ab- bzw. Anreicherung im Biofilm.



Die e

Abb 3: Gesamtzahl an Mikroorganismen im Waschwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

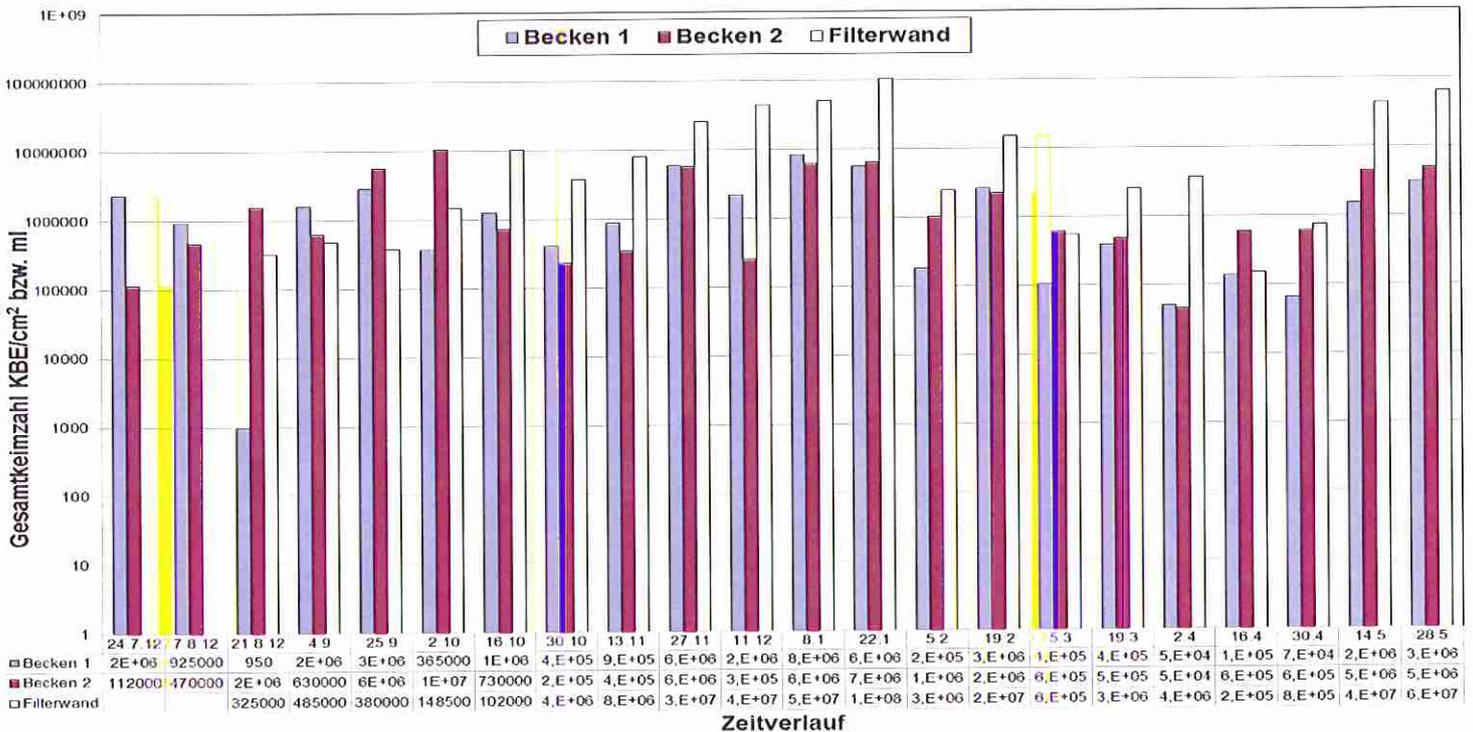


Abb 3b: Gesamtzahl an Mikroorganismen im Waschwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

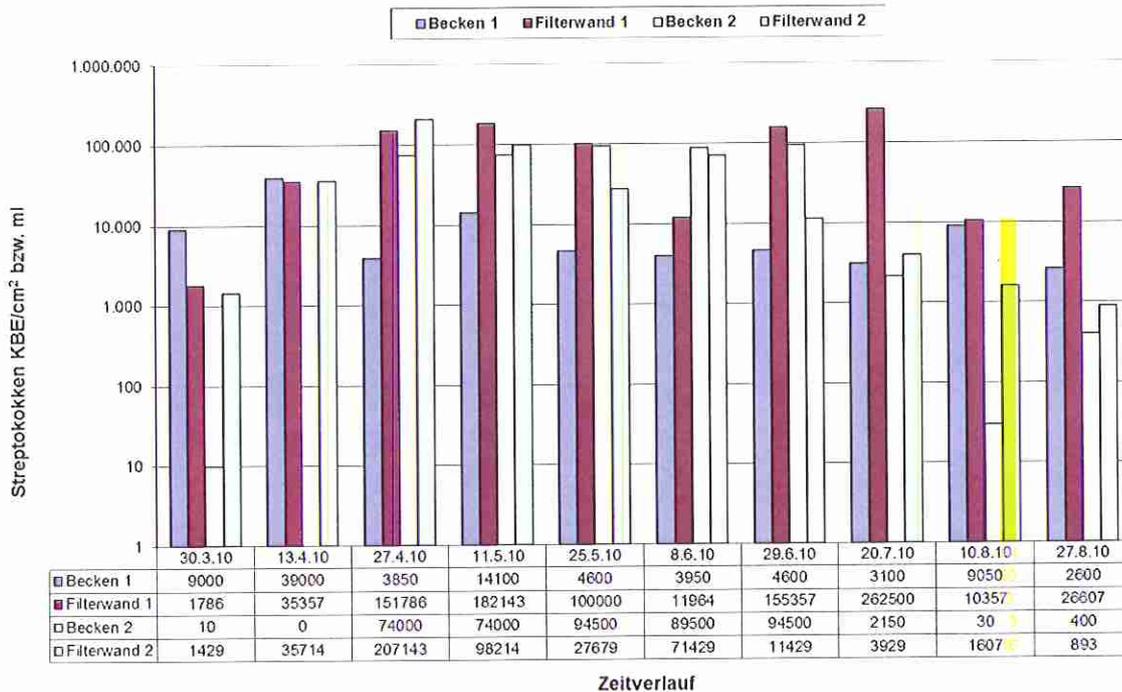


Abb. 4: Gesamtzahl an Streptokokken im Waschwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

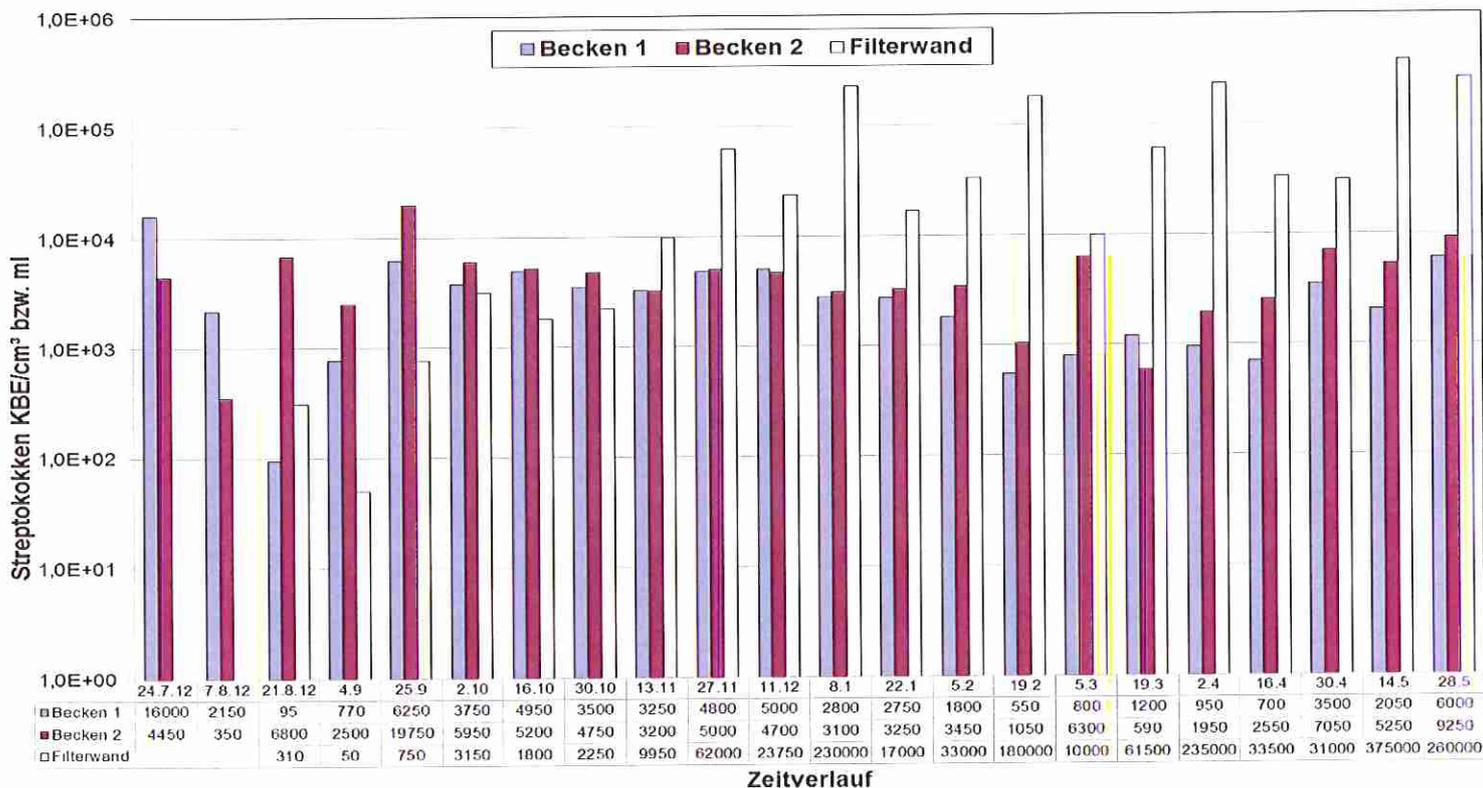


Abb. 4b: Gesamtzahl an Streptokokken im Waschwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

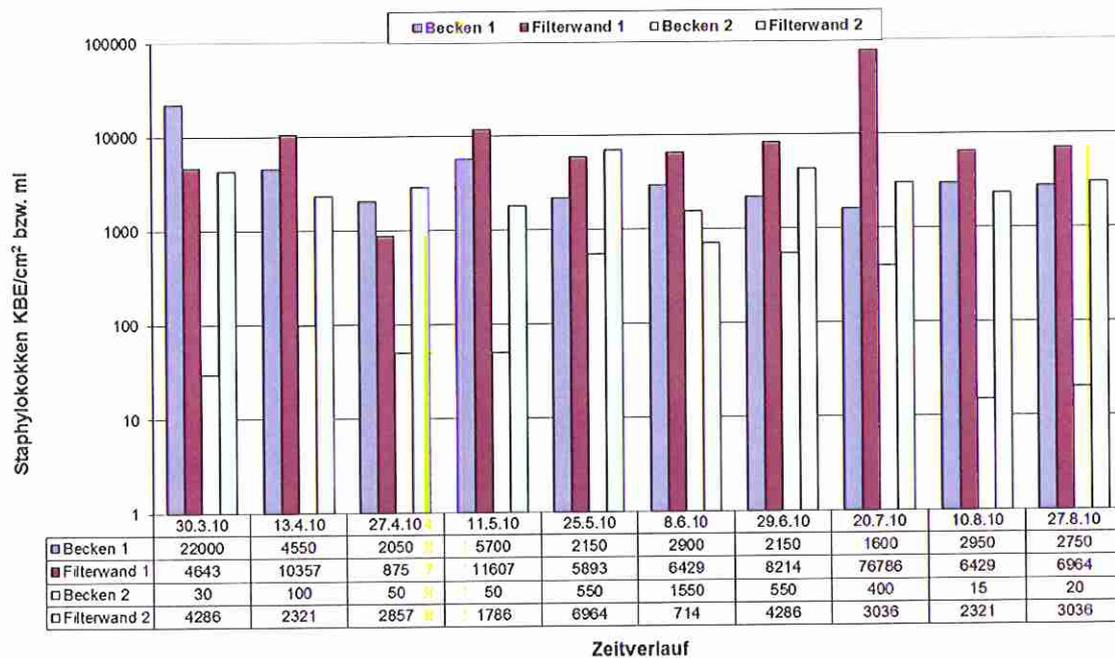


Abb. 5: Gesamtzahl an Staphylokokken im Washwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010) 0)

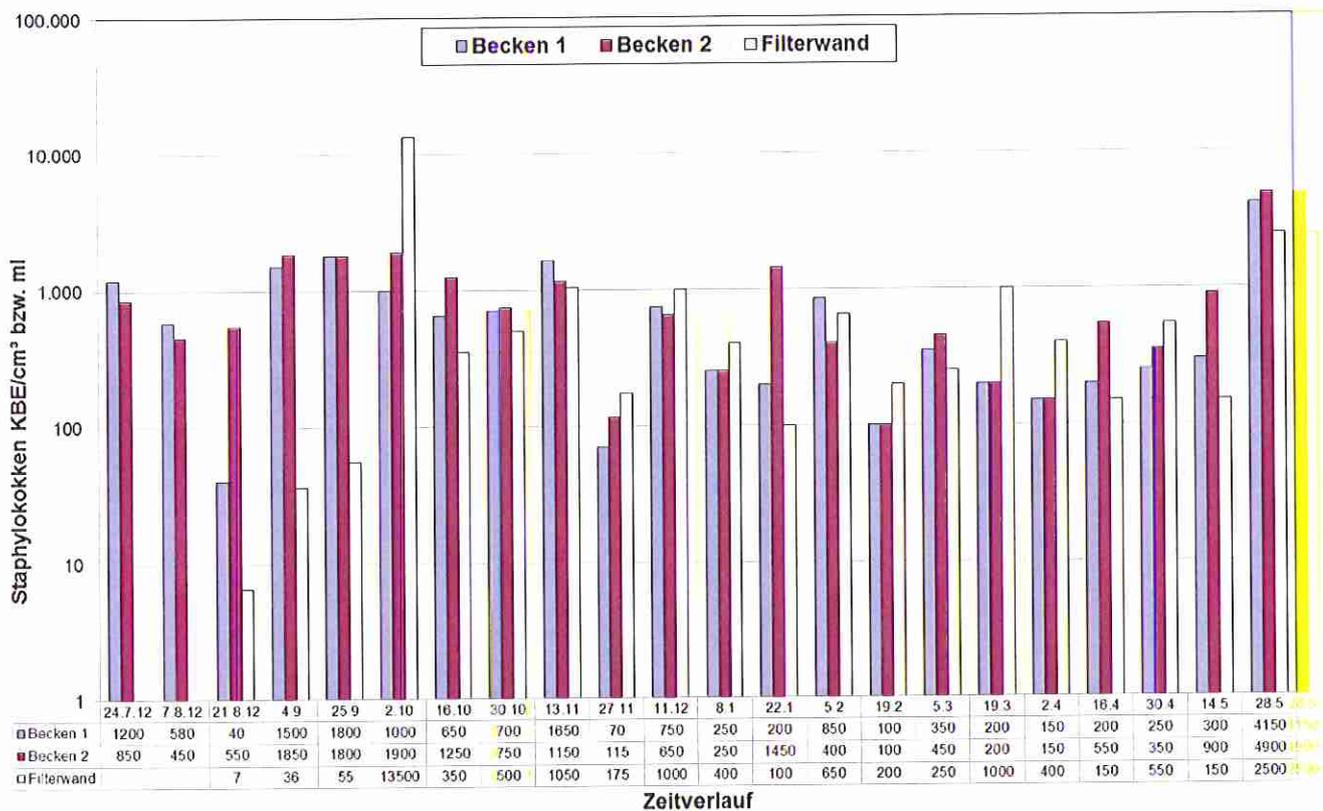


Abb. 5b: Gesamtzahl an Staphylokokken im Washwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

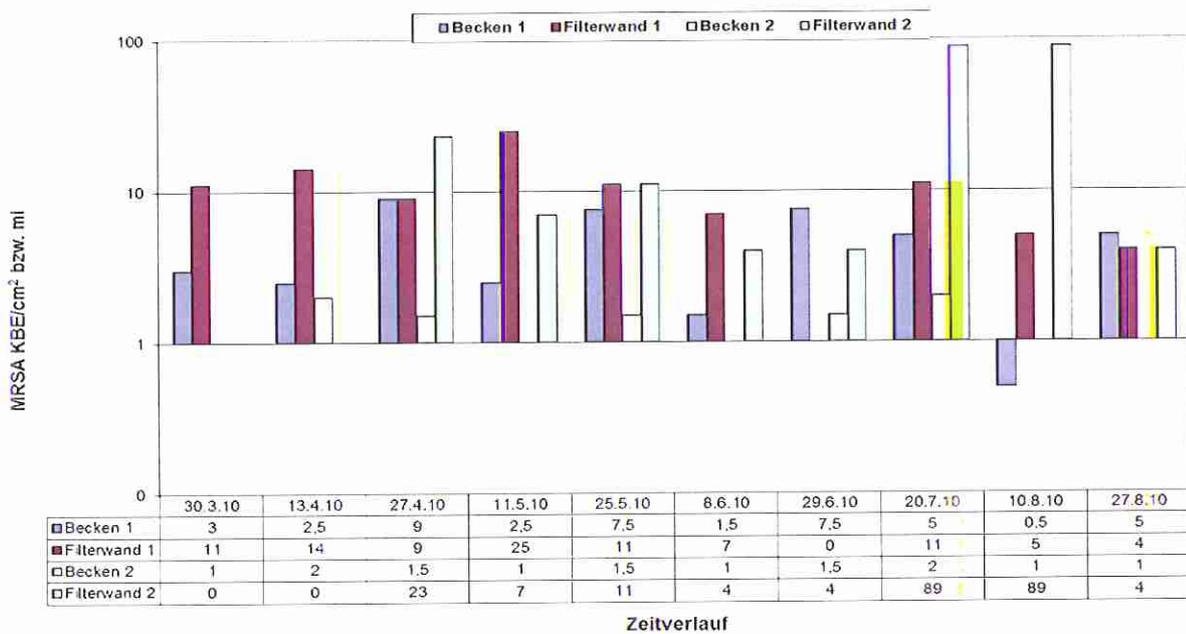


Abb. 6: Gesamtzahl an antibiotikaresistenten Staphylokokken (MRSA) im Waschwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

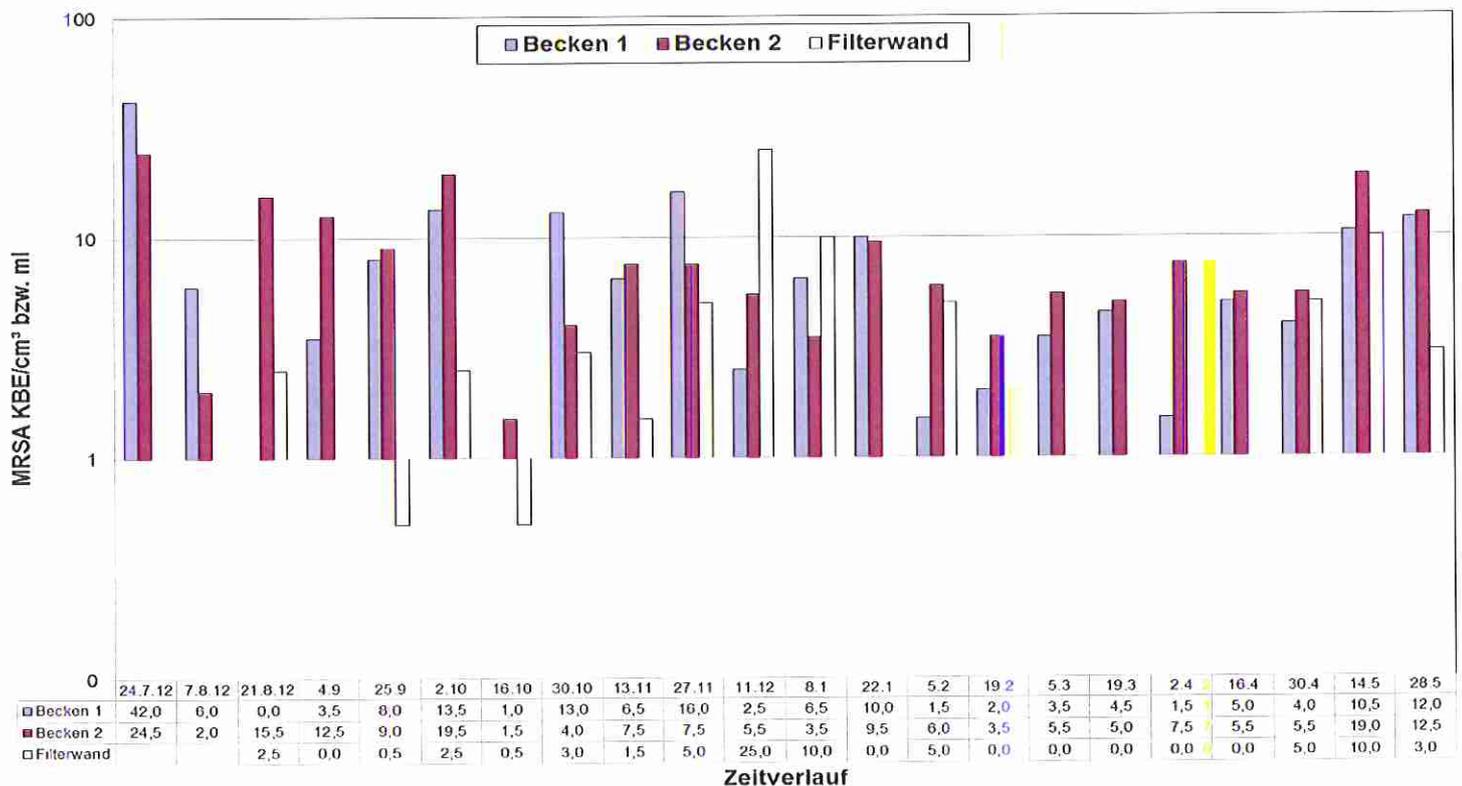


Abb. 6b: Gesamtzahl an antibiotikaresistenten Staphylokokken (MRSA) im Waschwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

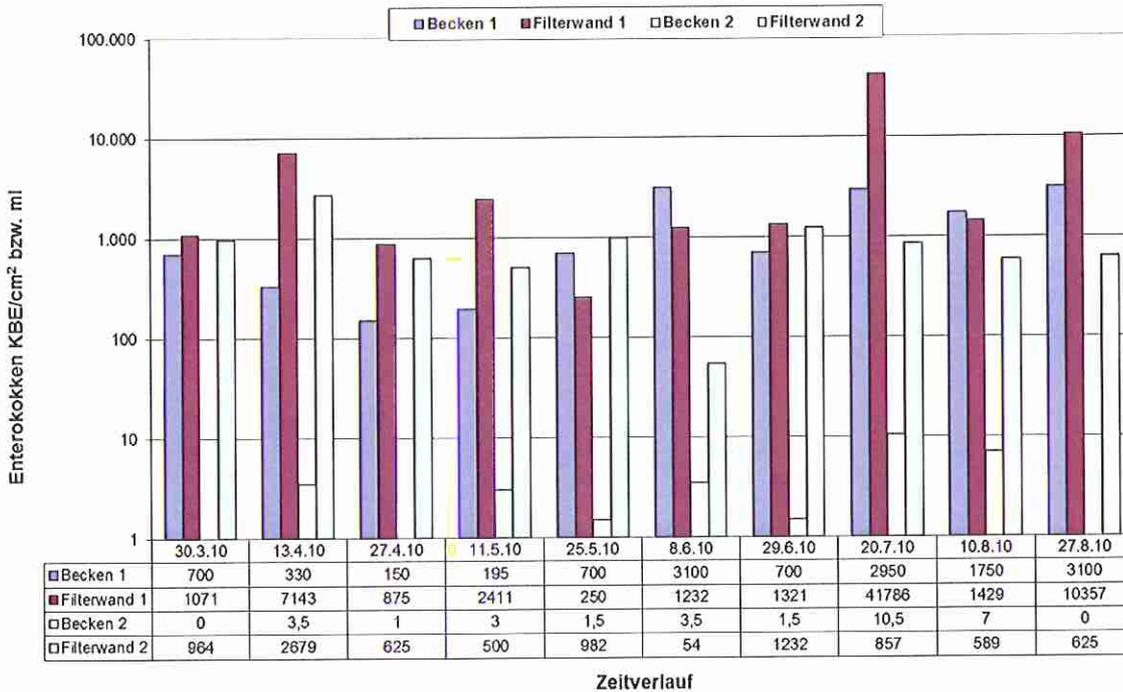


Abb. 7: Gesamtzahl an Enterokokken im Washwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

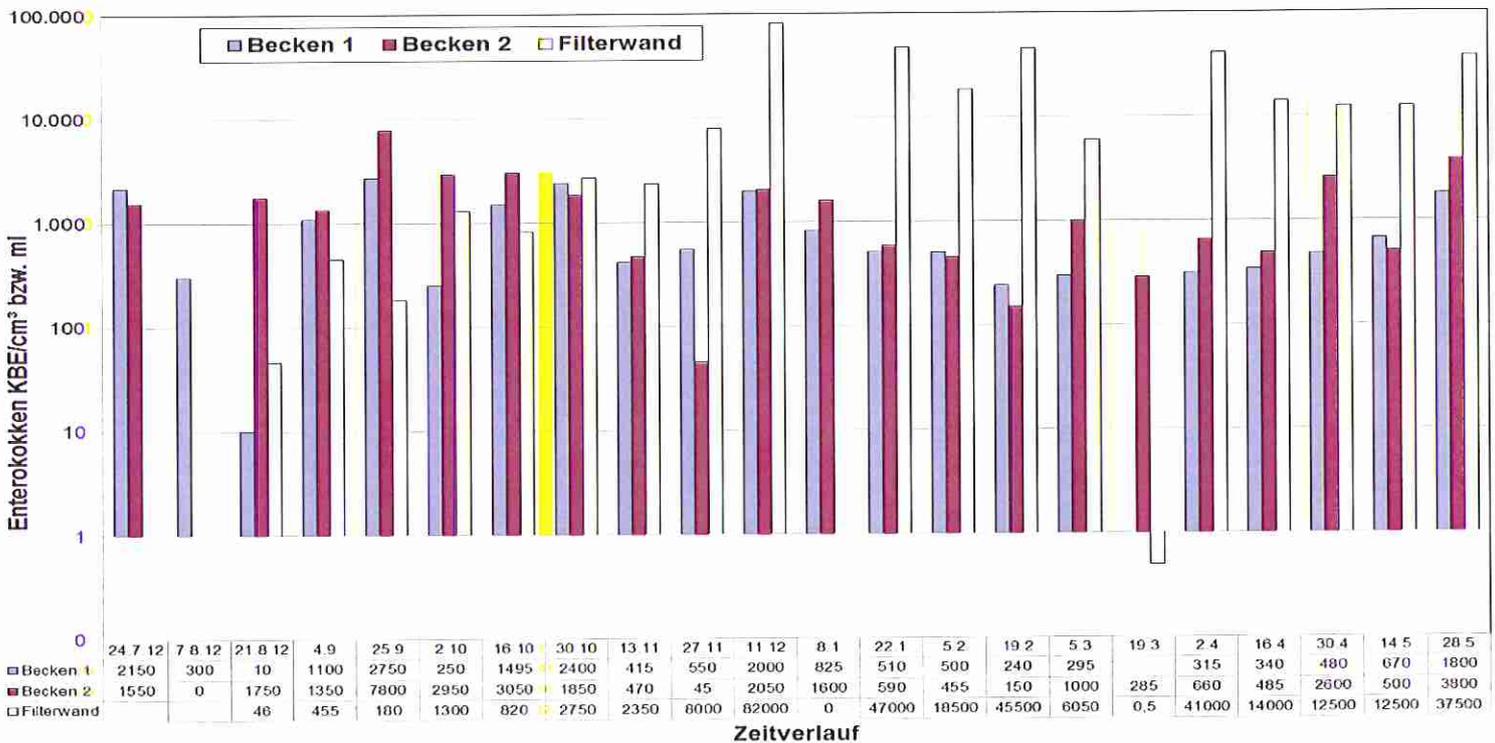


Abb. 7b: Gesamtzahl an Enterokokken im Washwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

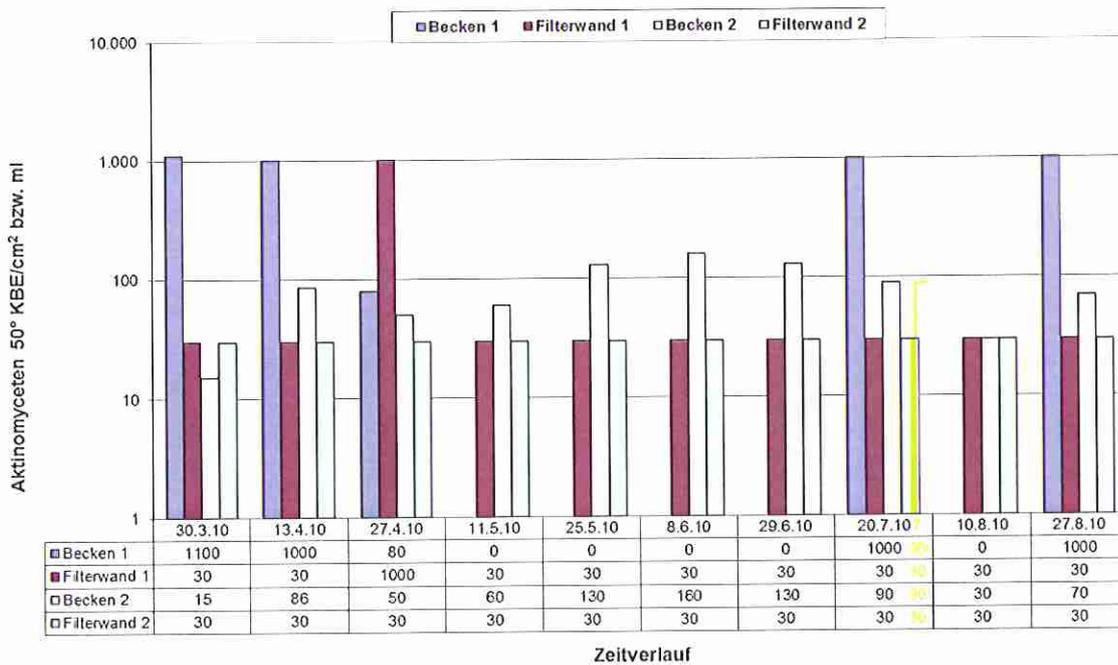


Abb. 8: Gesamtzahl an thermophilen Actinomyceten (50°C) im Washwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

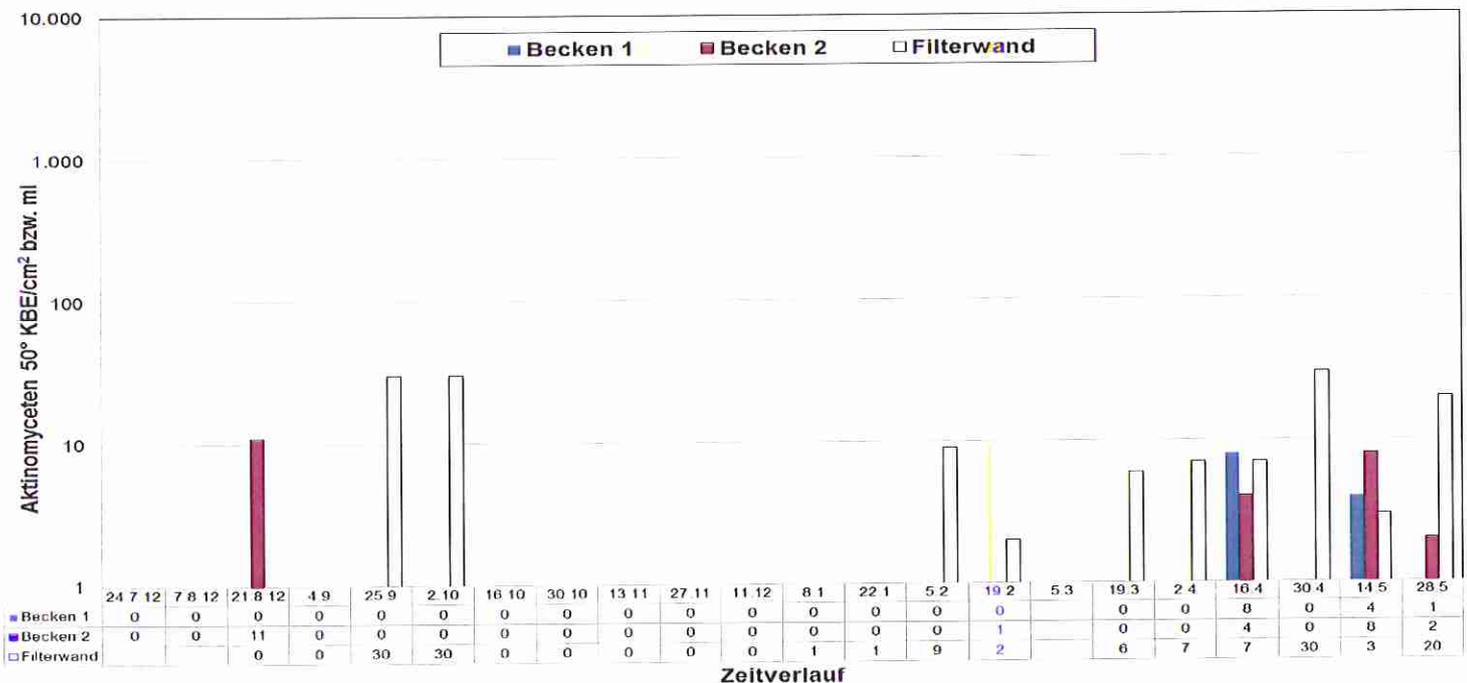


Abb. 8b: Gesamtzahl an thermophilen Actinomyceten (50°C) im Washwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

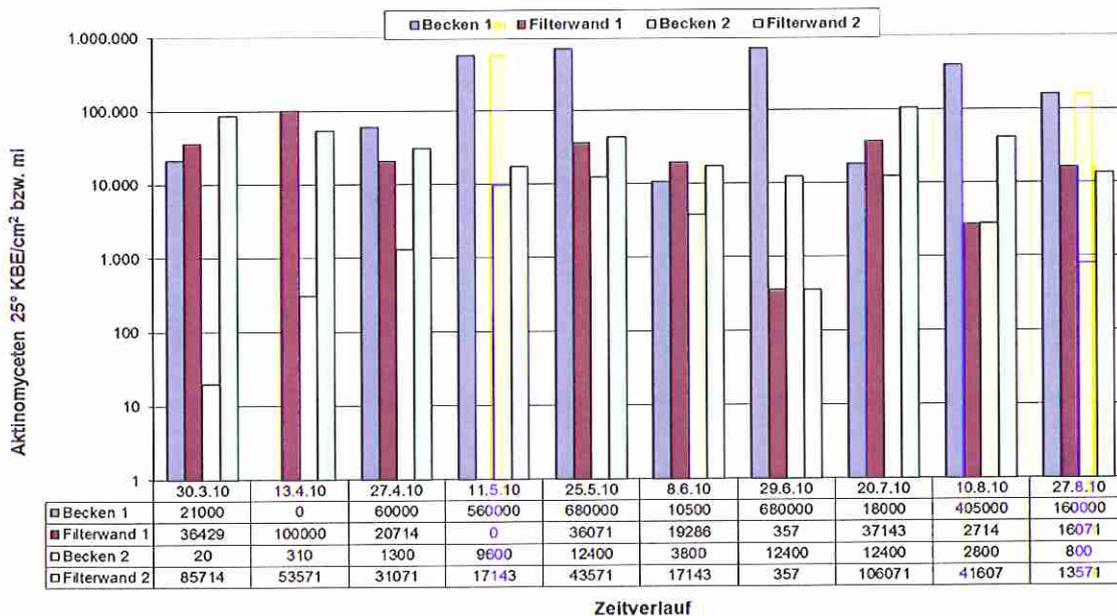


Abb. 9: Gesamtzahl an mesophilen Actinomyceten (25°C) im Waschwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

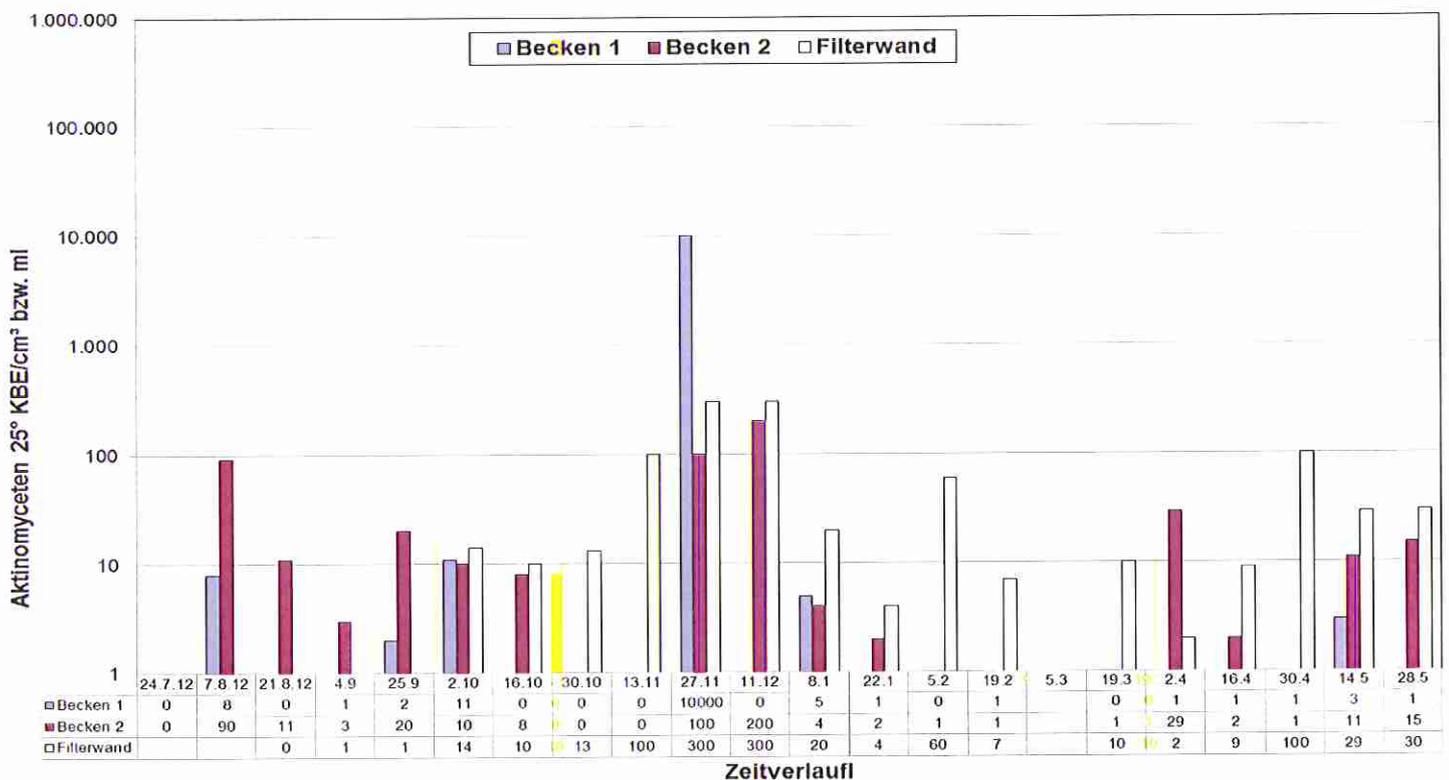


Abb. 9b: Gesamtzahl an mesophilen Actinomyceten (25°C) im Waschwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

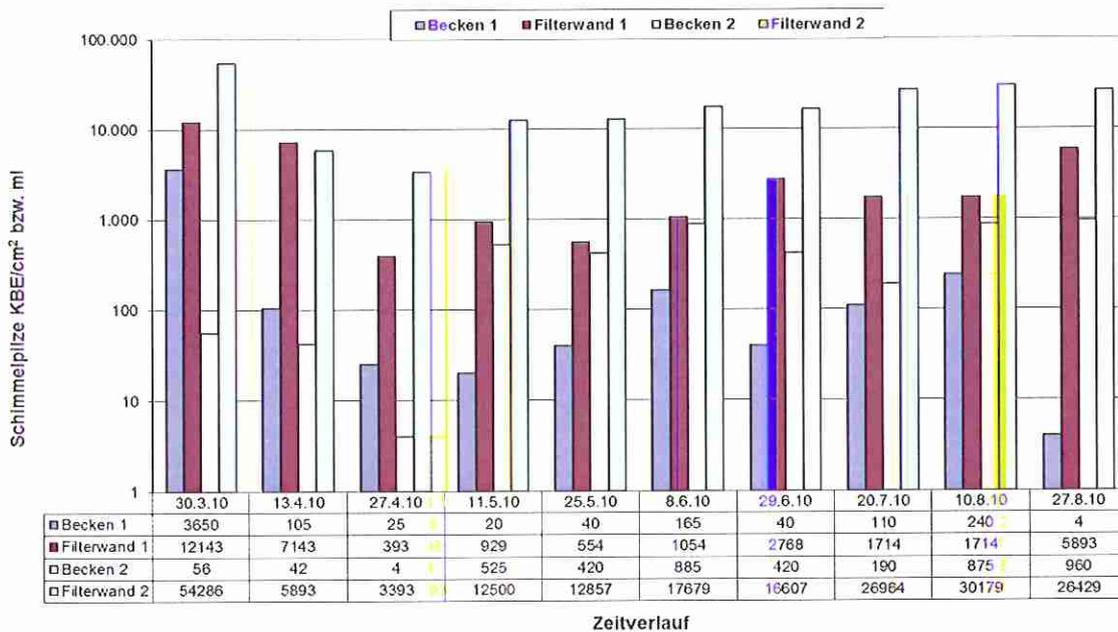


Abb. 10: Gesamtzahl an Schimmelpilzen im Waschwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

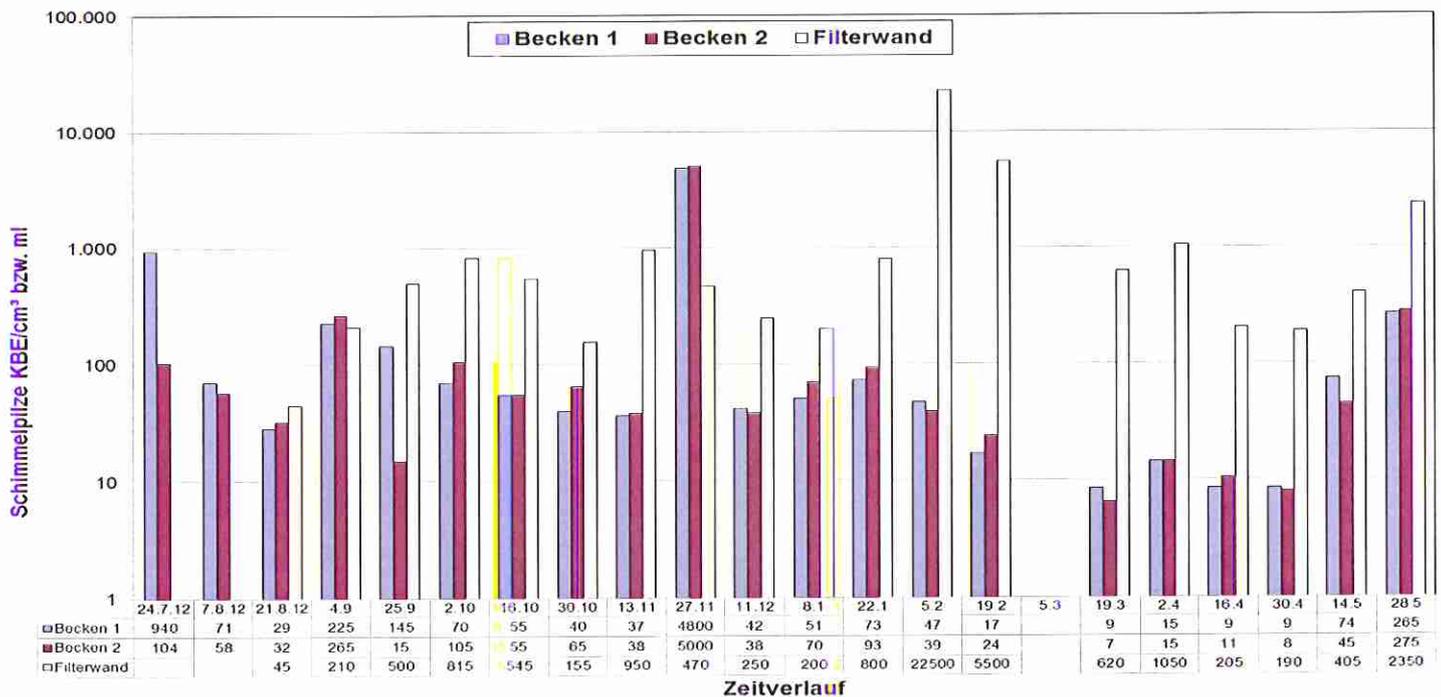


Abb. 10b: Gesamtzahl an Schimmelpilzen im Waschwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

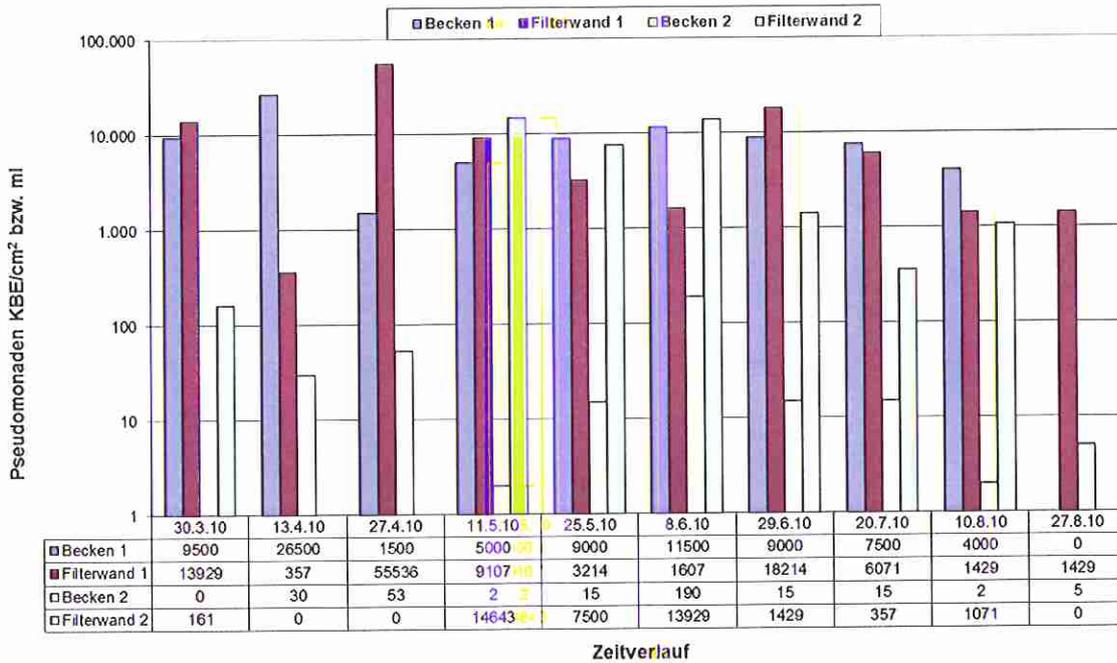


Abb. 11: Gesamtzahl an Pseudomonaden im Washwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

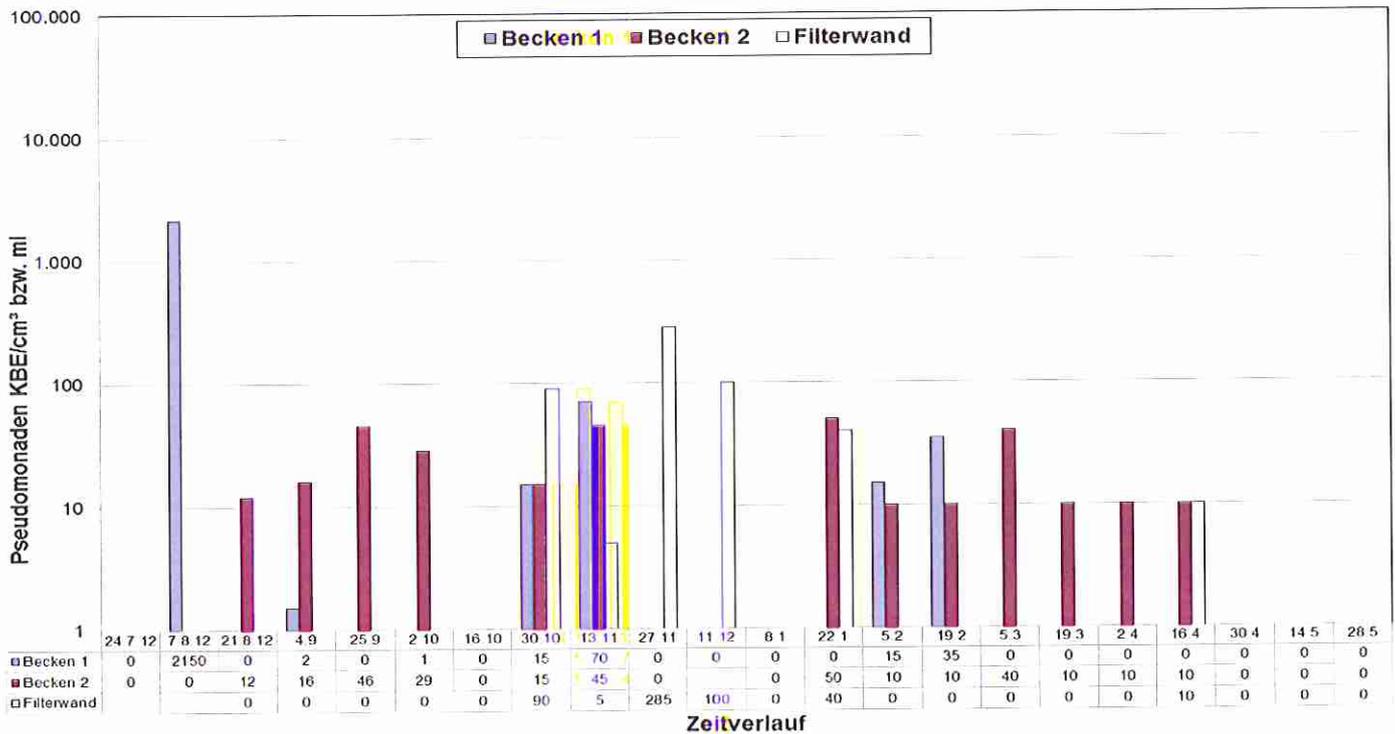


Abb. 11b: Gesamtzahl an Pseudomonaden im Washwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

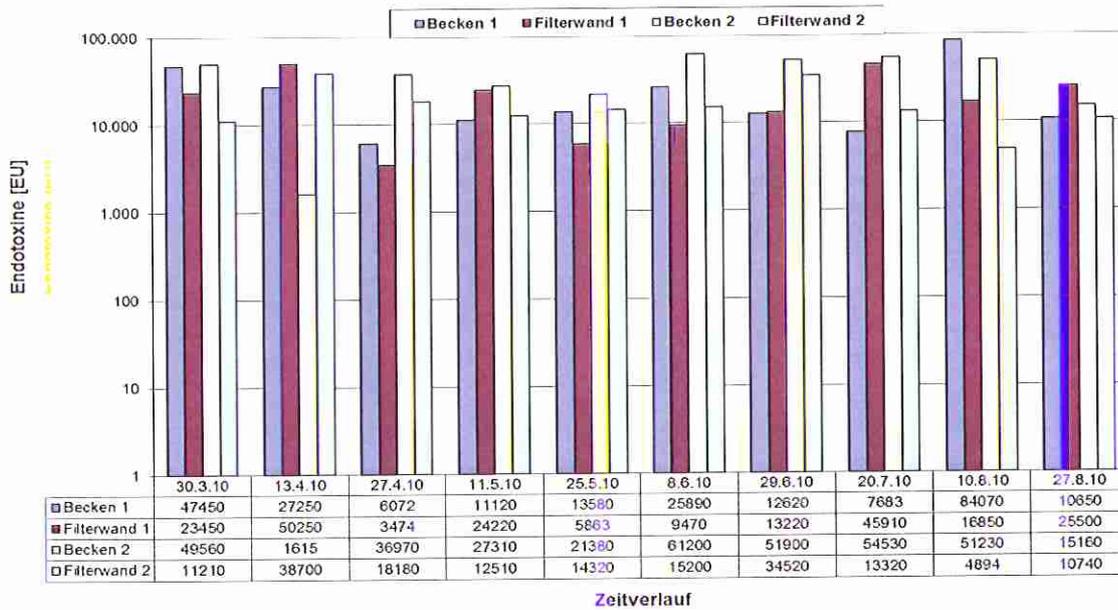


Abb. 12: Endotoxine [EU] (gramnegative Bakterien) im Washwasser und auf der Filteroberfläche der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

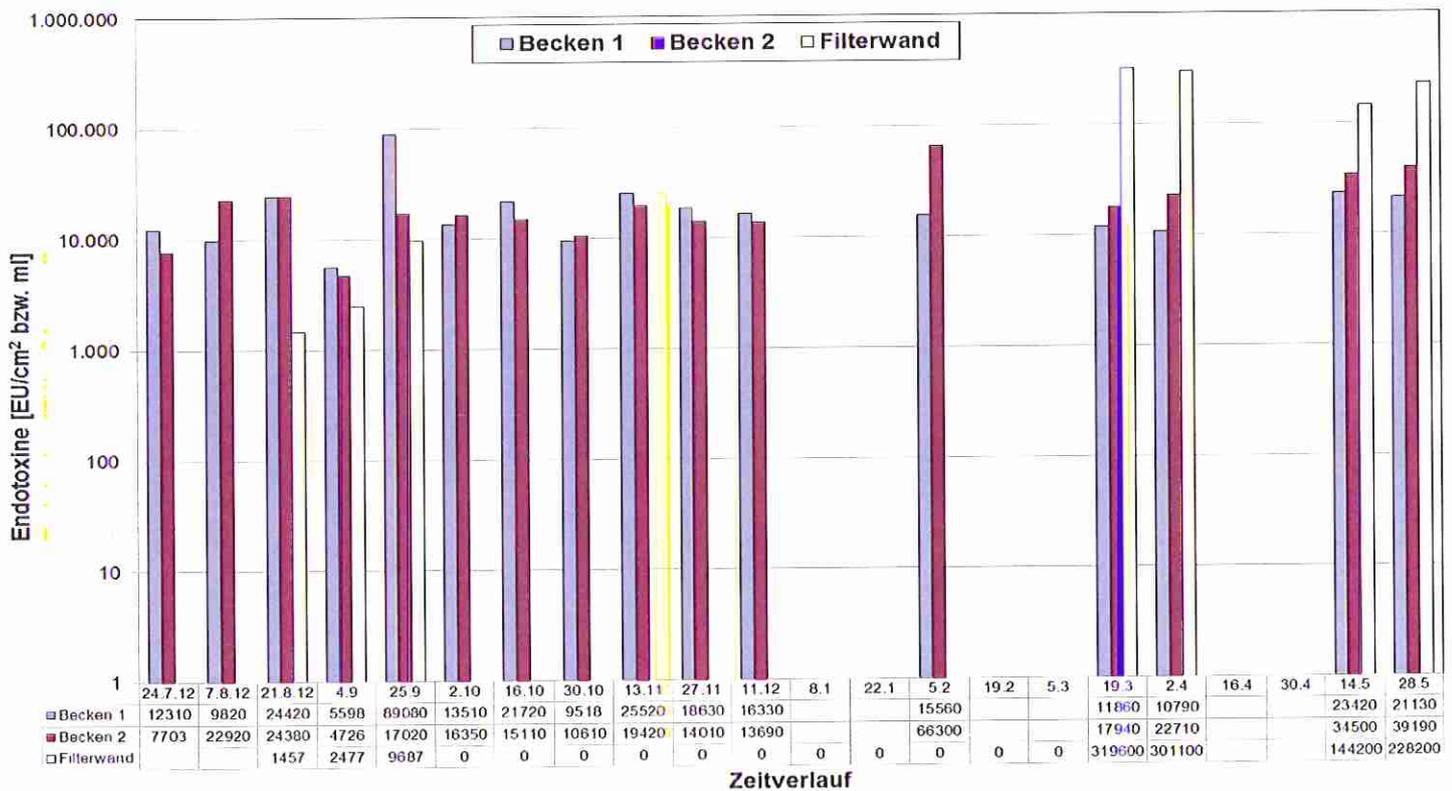


Abb. 12b: Endotoxine [EU] (gramnegative Bakterien) im Washwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

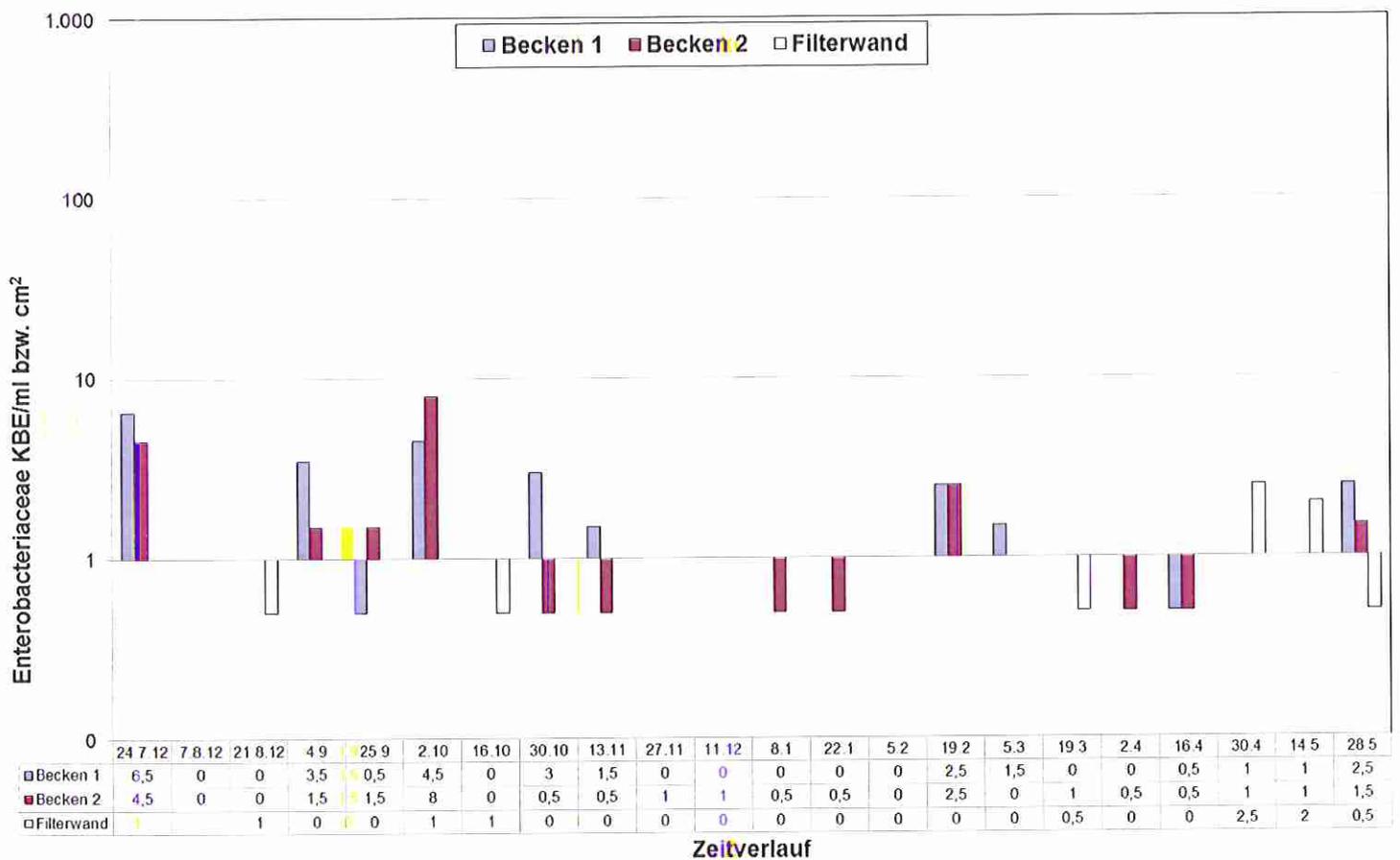


Abb. 12c: Enterobacteriaceae im Waschwasser und auf der Filteroberfläche aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

3.2 Zusammenfassende Darstellung und Vergleich der (mikro-)biologischen Untersuchungsergebnisse aus der Roh- und Reingluft der beiden Bioabluft-Reinigungsanlagen

Die Gesamtzahl der Mikroorganismen in der Luft wird durch die dreistufige Bioabluft-Reinigungsanlage (Anlage 1) durchschnittlich um eine Zehnerpotenz von $8,0 \times 10^4$ auf $8,5 \times 10^3$ KBE/m³ reduziert (Abb. 13, Rohgas, Reingas).

Für die Streptokokken und Staphylokokken liegen die Zahlen eine Größenordnung niedriger, d. h. im Rohgas bei 10^4 und im Reingas bei 10^3 KBE/m³ Luft. Die Reduktionsraten für die Streptokokken, Staphylokokken und Enterokokken, die als Hauptbelastungskomponenten aus dem Bereich der grampositiven Bakterienflora anzusehen sind, liegen auch bei einer Zehnerpotenz: Rohluft $10^4 - 10^5$, Reingas $10^3 - 10^4$ KBE pro m³ (Abb. 14, 15 und 17).

Die emissionsrelevante mikrobielle Belastung der Abluft aus Schweinemastbetrieben korreliert nicht mit den zahlenmäßig am häufigsten nachgewiesenen Bakteriengruppen (z.B. Gesamtkeimzahl).

D. h. je höher die Indikatorfunktion der Mikroorganismen für eine spezifische Emission einer Nutztierhaltung ist, umso geringer ist ihre Nachweishäufigkeit im System.

So finden sich Enterokokken und Antibiotika-resistente Staphylokokken (MRSA) im Rohgas mit 10^3 bzw. 10^2 KBE/m³ und eine Reduktion im Reingas um eine Zehnerpotenz. Streptokokken und Staphylokokken konnten in vier von neun Untersuchungstagen im Reingas nicht mehr nachgewiesen werden.

Interessant sind die unterschiedlichen Zahlenwerte für die thermophilen und die mesophilen Actinomyceten (10^2 und 10^3 KBE/m³) im Rohgas und deren unterschiedliche Reduktion-(Rate) in der Bioabluft-Reinigungsanlage auf unterhalb der Nachweisgrenze für die thermophilen bzw. auf nur 50% bei den mesophilen Arten.

Den in der Luft an einigen Untersuchungstagen nachgewiesenen Pseudomonaden (ca. 10^2 KBE/m³) kommt keine Bedeutung als spezifischer Indikator für Emissionen aus der Nutztierhaltung zu. Gleiches gilt für die Schimmelpilze, die sowohl im Rohgas als auch im Reingas in der gleichen Größenordnung von etwa 10^2 KBE / m³ nachzuweisen waren und letztendlich auch nicht über den Hintergrundwert in der Außenluft angesiedelt sind.

Die Endotoxin-Konzentrationen liegen sowohl im Rohgas als auch im Reingas (Abb. 22) mit ≤ 10 EU zwischen drei und vier Zehnerpotenzen niedriger als in den Waschwässern und den Biofilmproben.

Auch durch die Luftbehandlung durch den Riesenbettreaktor (Anlage 3) reduziert die Gesamtzahl der luftgetragenen Mikroorganismen um eine Zehnerpotenz, durchschnittlich $1,0 \times 10^5$ auf $1,3 \times 10^4$ (Abb. 13b). Im Vergleich zu der Anlage 1 liegen die Gesamtzahlen der Mikroorganismen sowohl im Reingas als auch im Rohgas jedoch um eine Zehnerpotenz höher; für die Streptokokken um eine Größenordnung niedriger, d.h. im Rohgas $1,1 \times 10^4$ und im Reingas bei $5,6 \times 10^3$ /m³ Luft.

Die KBE-Zahlen der Staphylokokken und Enterokokken liegen nochmals um eine Größenordnung niedriger, d.h. im Rohgas bei $4,3 \times 10^3$ bzw. $2,5 \times 10^3$ und im Reingas bei $4,0 \times 10^2$ bzw. $2, \times 10^2$. Das bedeutet, dass die Reduktionsraten für die Hauptbelastungskomponenten aus der Tierzucht,

nämlich Streptokokken, Staphylokokken und Enterokokken etwa bei einer Zehnerpotenz liegen (Abb. 14b, 15b und 17b).

Thermophile Actinomyceten konnten nicht nachgewiesen werden; mesophile fanden sich in Größenordnung von 10^2 KBE/m³ nur sporadisch im Rein- und Rohgas.

Die KBE-Zahlen für Schimmelpilze lagen in einer Größenordnung von 3×10^2 sowohl im Roh- als auch im Reingas und damit ebenfalls im Bereich einer normalen Hintergrundbelastung für Aussenluft.

~~Pseudomonaden wurden im Reingas nicht; im Rohgas nur zwei Mal nachgewiesen.~~

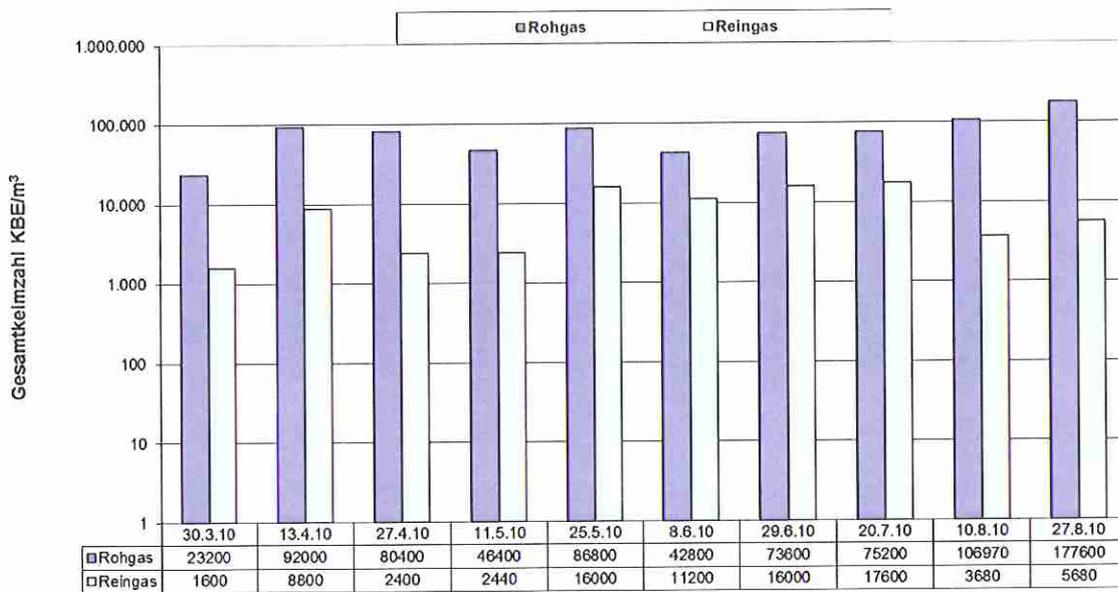
~~Bei drei Reingasproben lagen die KBE-Zahlen für Enterobacteriaceae bei durchschnittlich $4,4 \times 10^2$ KBE/m³; nur in einer Rohgasprobe fanden sich Enterobacteriaceae ($1,2 \times 10^2$ KBE/m³) (siehe Korrigendum im Anhang)~~

Enterobacteriaceae wurden im Reingas nicht; im Rohgas nur einmal nachgewiesen ($1,2 \times 10^2$ KBE/m³).

Bei drei Reingasproben lagen die KBE-Zahlen für Pseudomonaden bei durchschnittlich $4,4 \times 10^2$ KBE/m³; in zwei Rohgasproben fanden sich Pseudomonaden.

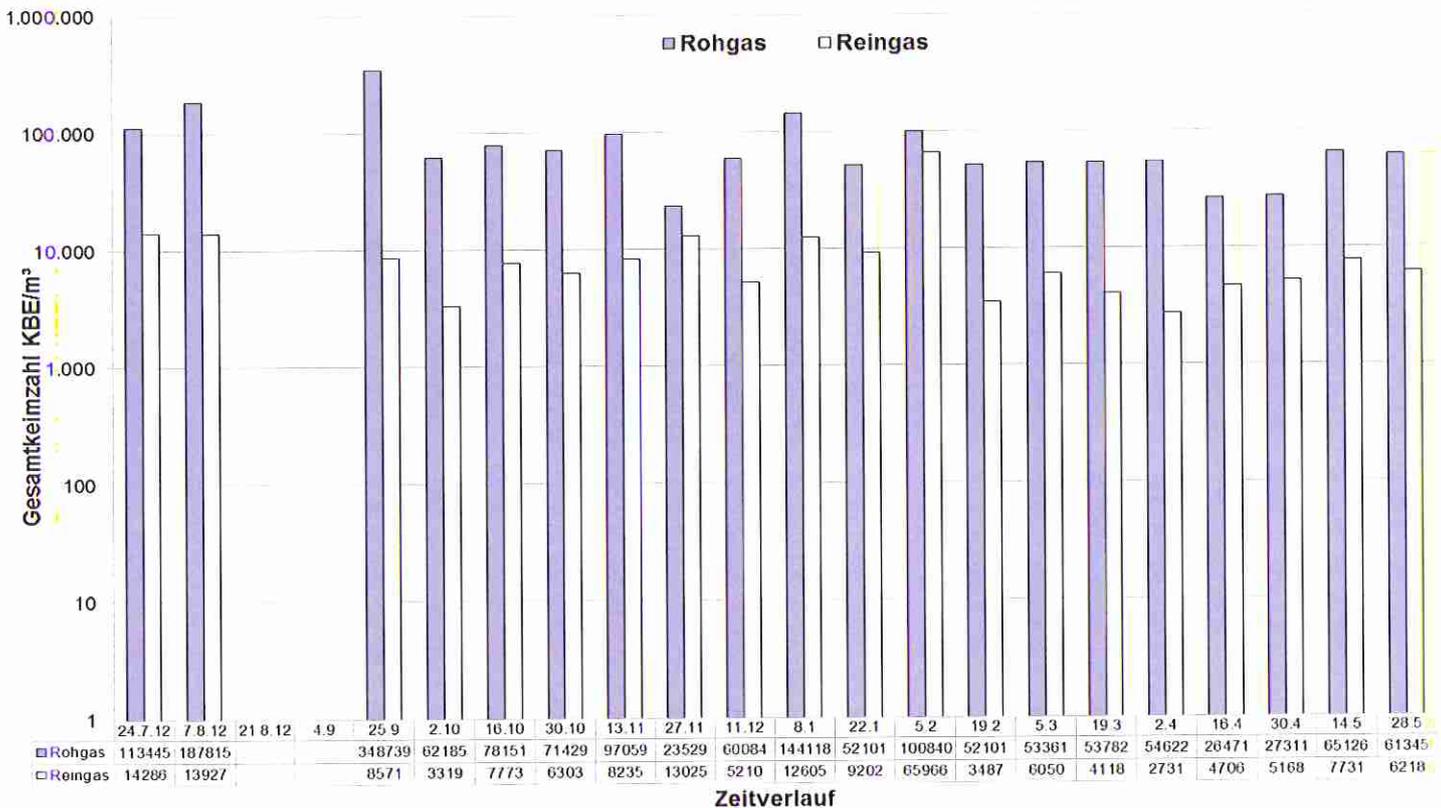
Demgegenüber auch wieder auffällig ist der Nachweis der Endotoxine in allen 14 untersuchten Proben, wohingegen Endotoxine im Reingas nur in 4 Proben auch deutlich um eine Zehnerpotenz niedriger nachgewiesen wurden.

Die Variation des Tierbestandes über den Untersuchungszeitraum hat keinen messbaren Effekt auf die Zahl der emittierten Mikroorganismen (Abb. 23).



Zeitverlauf

Abb. 13: Gesamtzahl an Mikroorganismen im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)



Zeitverlauf

Abb. 13b: Gesamtzahl an Mikroorganismen im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

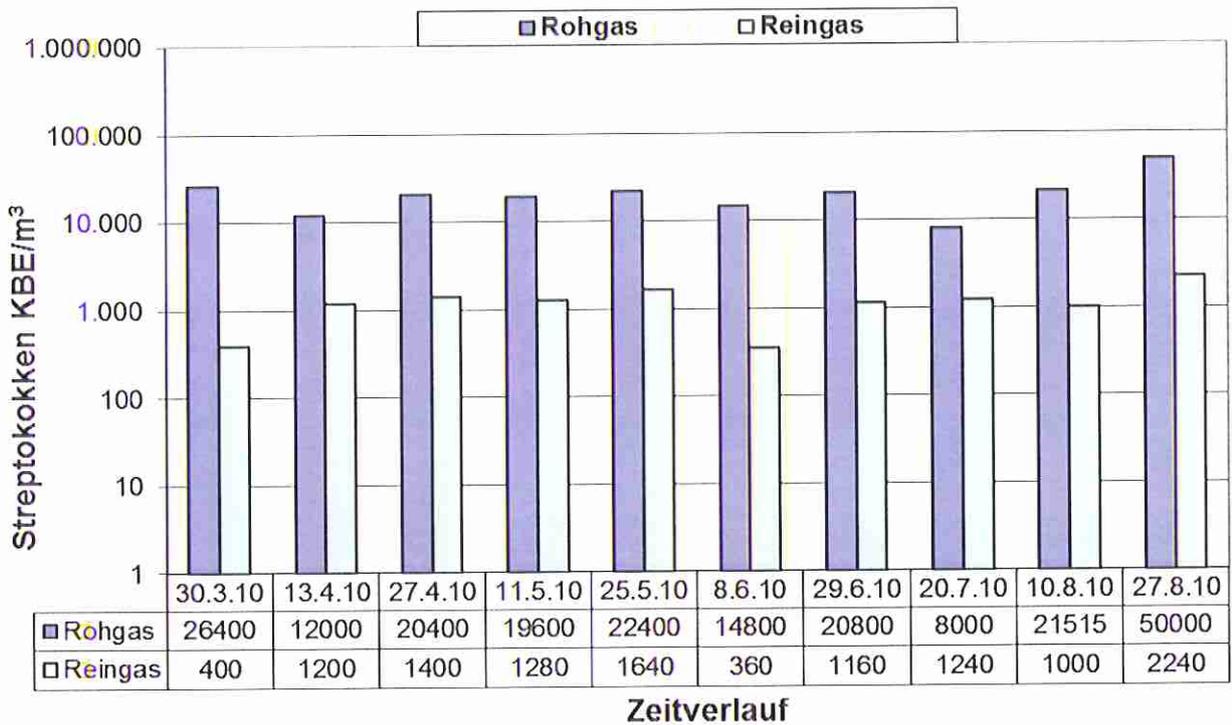


Abb. 14: Gesamtzahl an Streptokokken im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

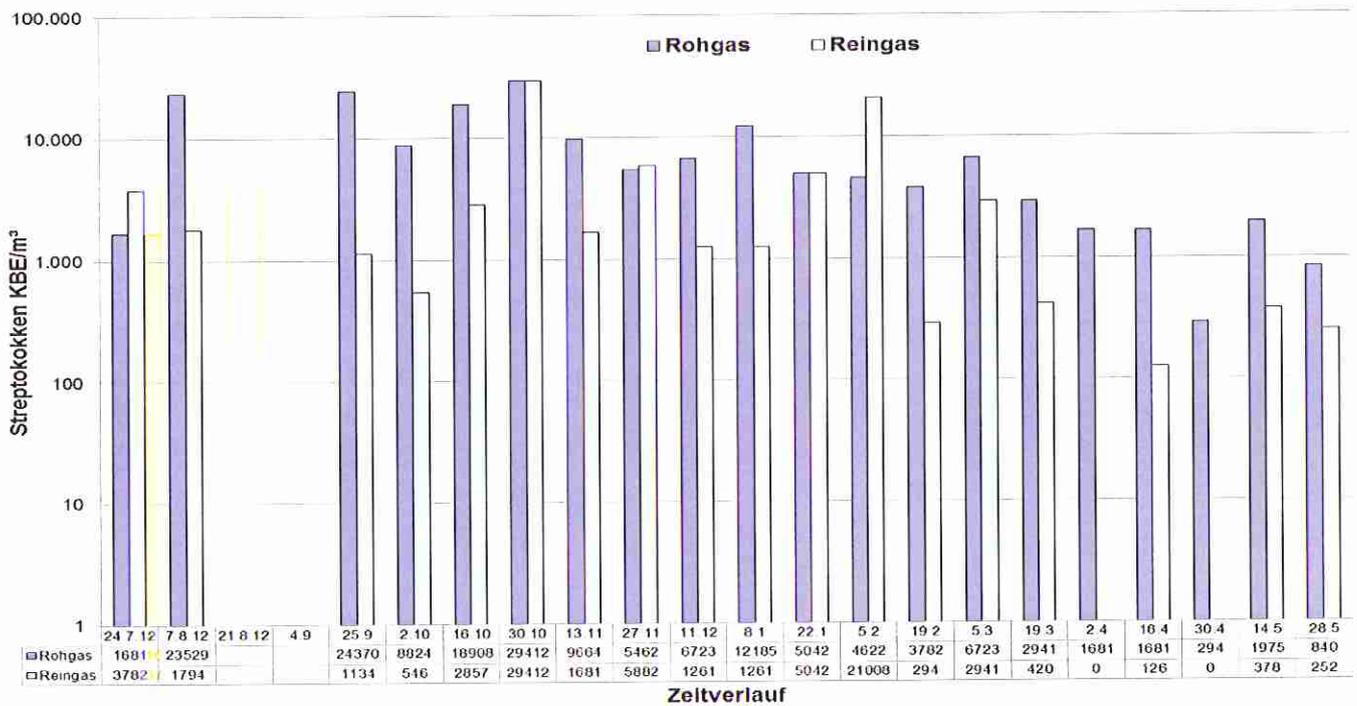


Abb. 14b: Gesamtzahl an Streptokokken im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

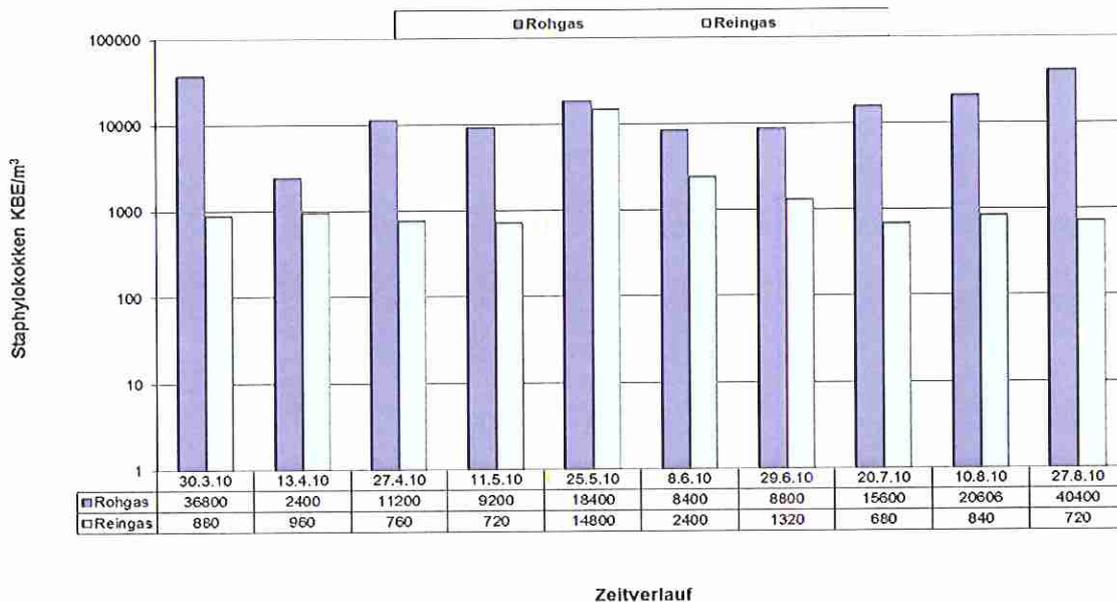


Abb. 15: Gesamtzahl an Staphylokokken im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

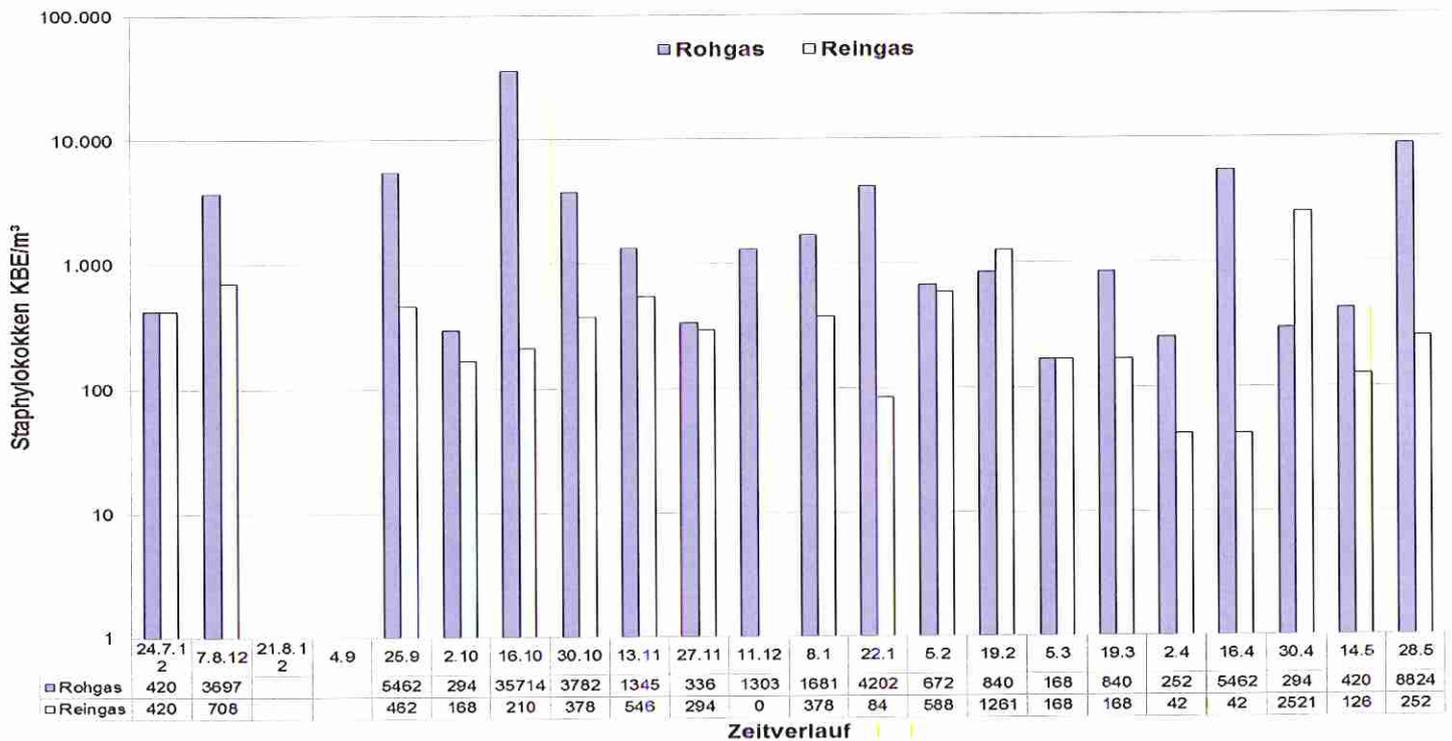


Abb. 15b: Gesamtzahl an Staphylokokken im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

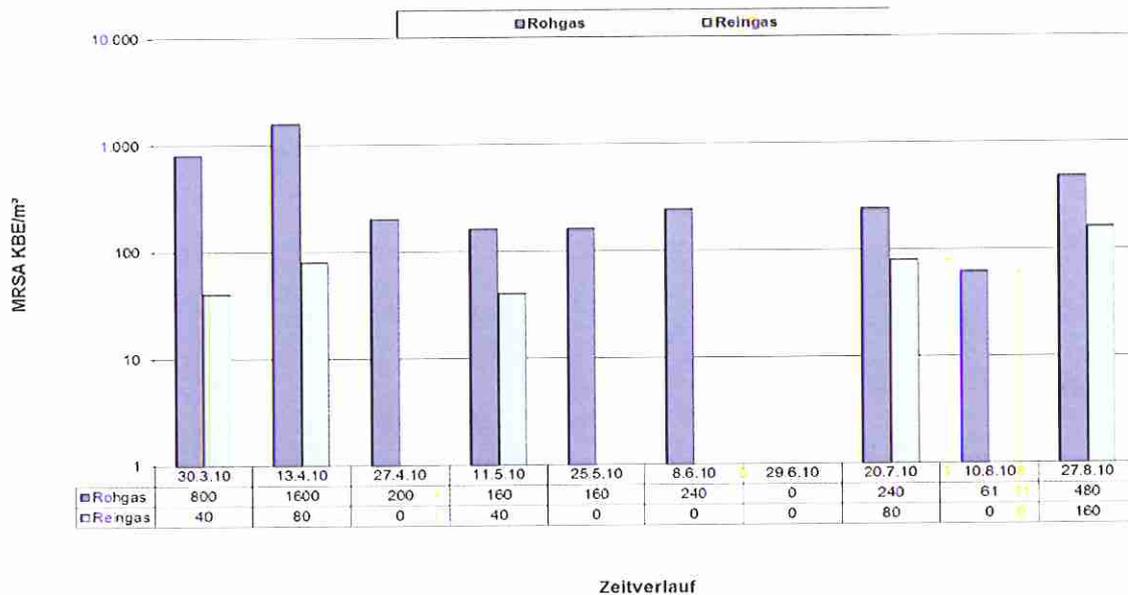


Abb. 16: Gesamtzahl an antibiotikaresistenten Staphylokokken (MRSA) im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

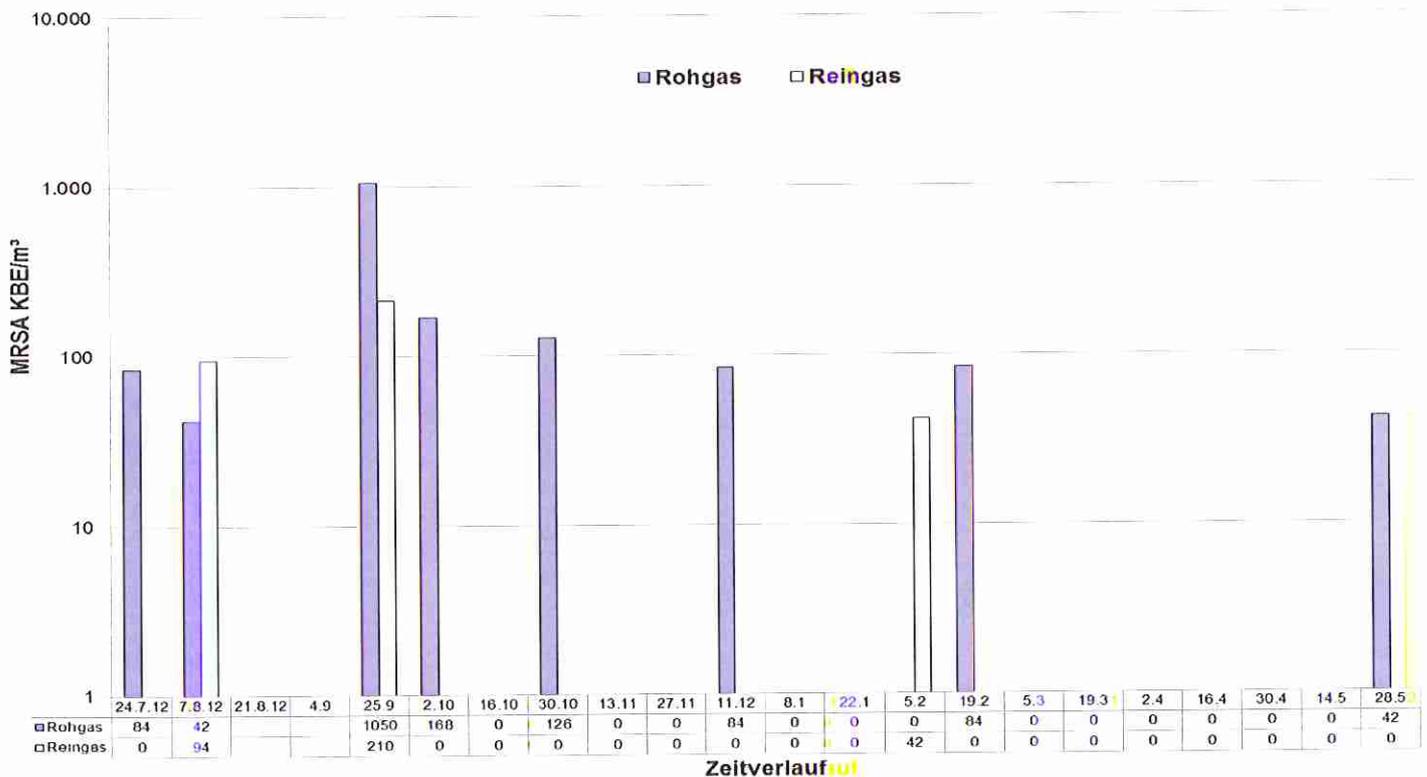


Abb. 16b: Gesamtzahl an antibiotikaresistenten Staphylokokken (MRSA) im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

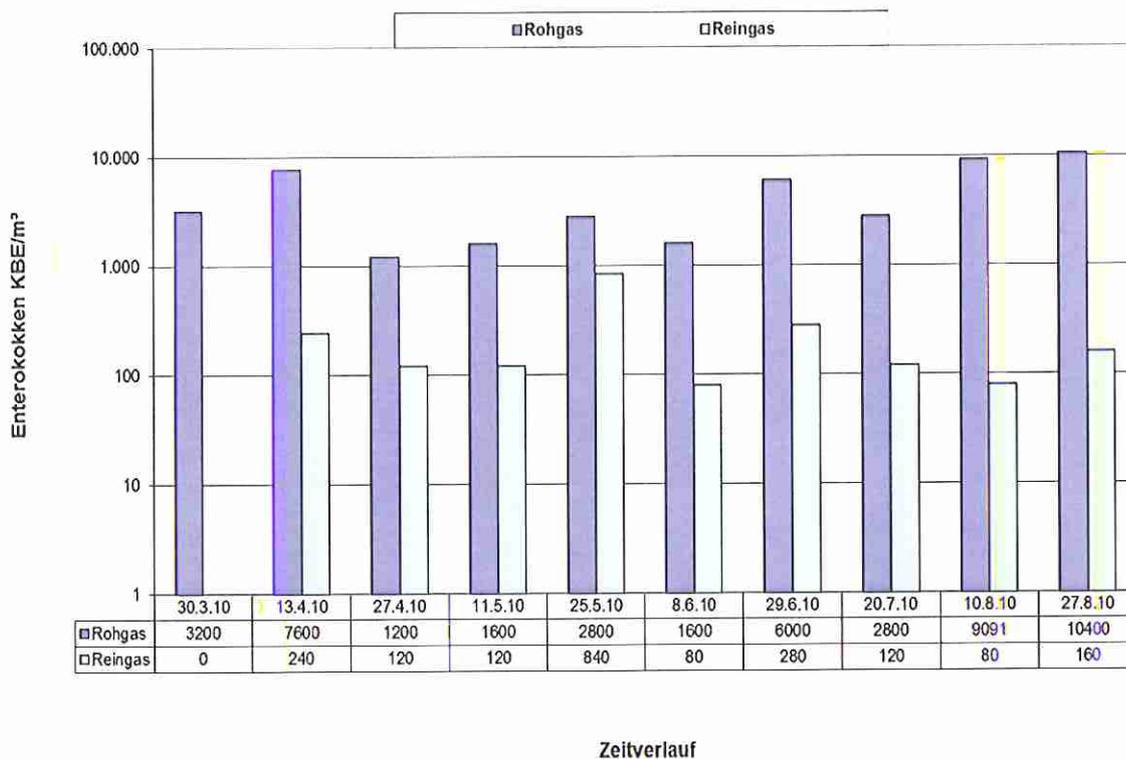


Abb. 17: Gesamtzahl an Enterokokken im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

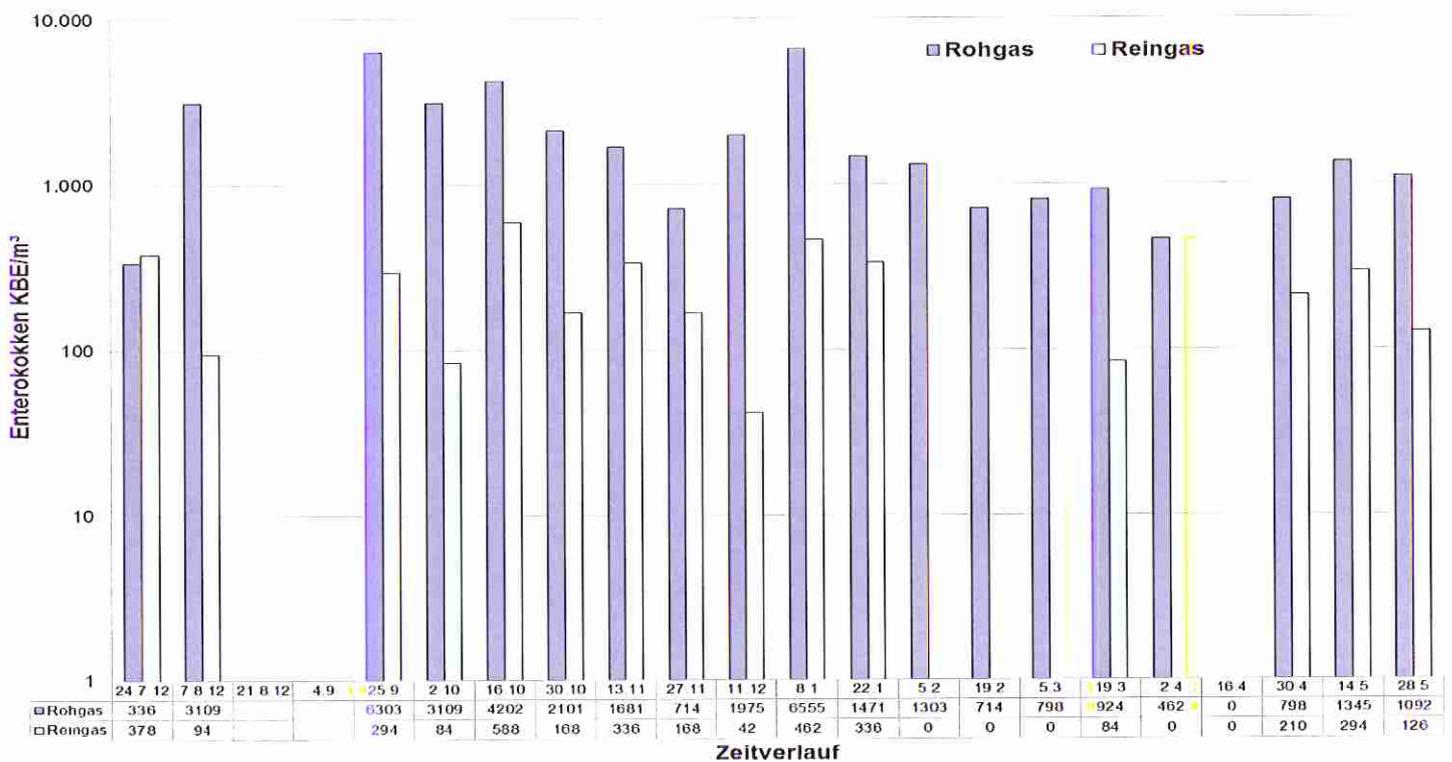
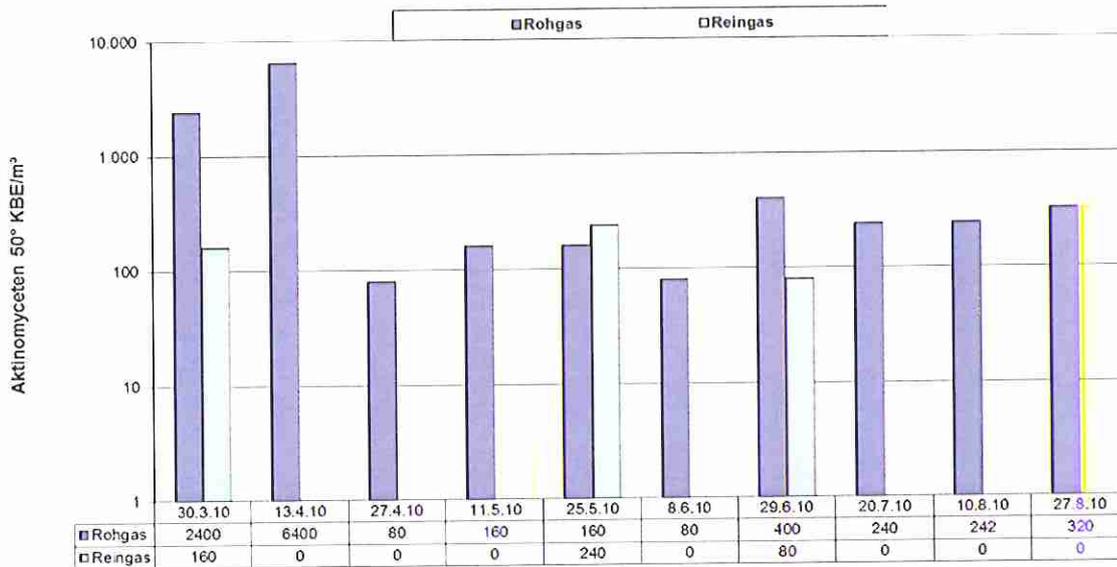
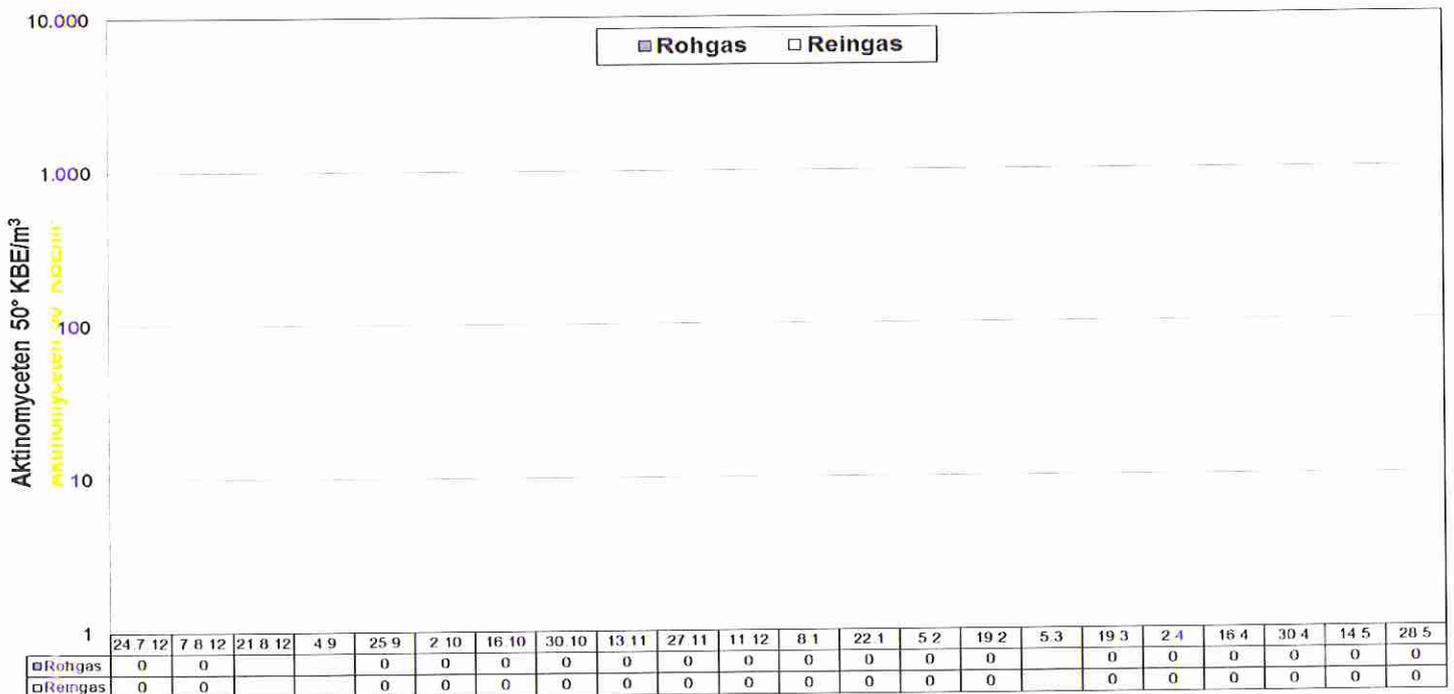


Abb. 17b: Gesamtzahl an Enterokokken im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)



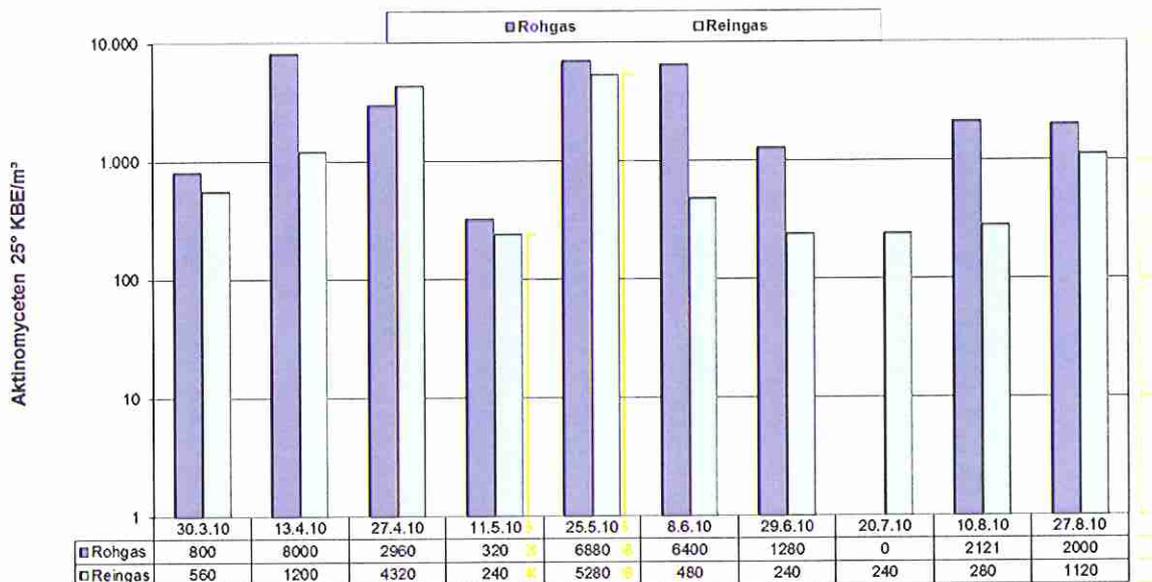
Zeitverlauf

Abb. 18: Gesamtzahl an thermophilen Actinomyceten (50°C) im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)



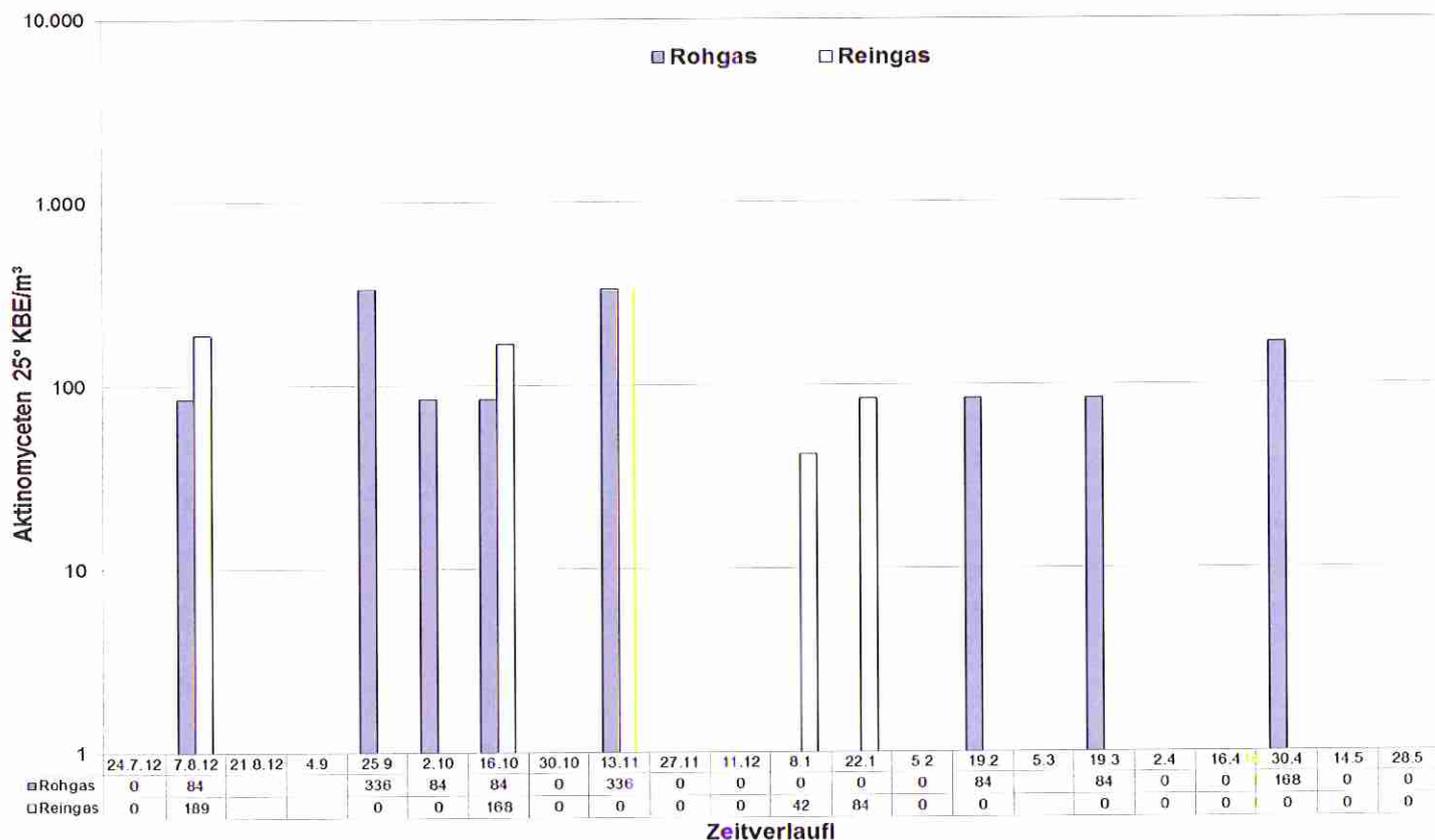
Zeitverlauf

Abb. 18b: Gesamtzahl an thermophilen Actinomyceten (50°C) im Roh- und Reingas aus dem Rieseltrektor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)



Zeitverlauf

Abb. 19: Gesamtzahl an mesophilen Actinomyceten (25°C) im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)



Zeitverlauf

Abb. 19b: Gesamtzahl an mesophilen Actinomyceten (25°C) im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

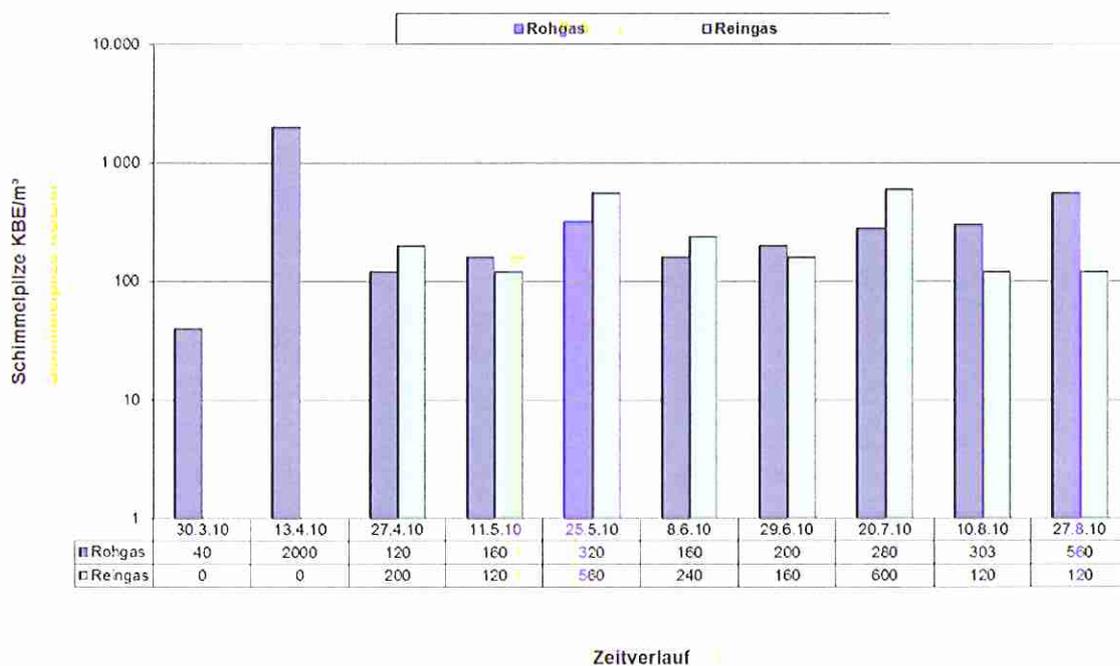


Abb. 20: Gesamtzahl an Schimmelpilzen im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

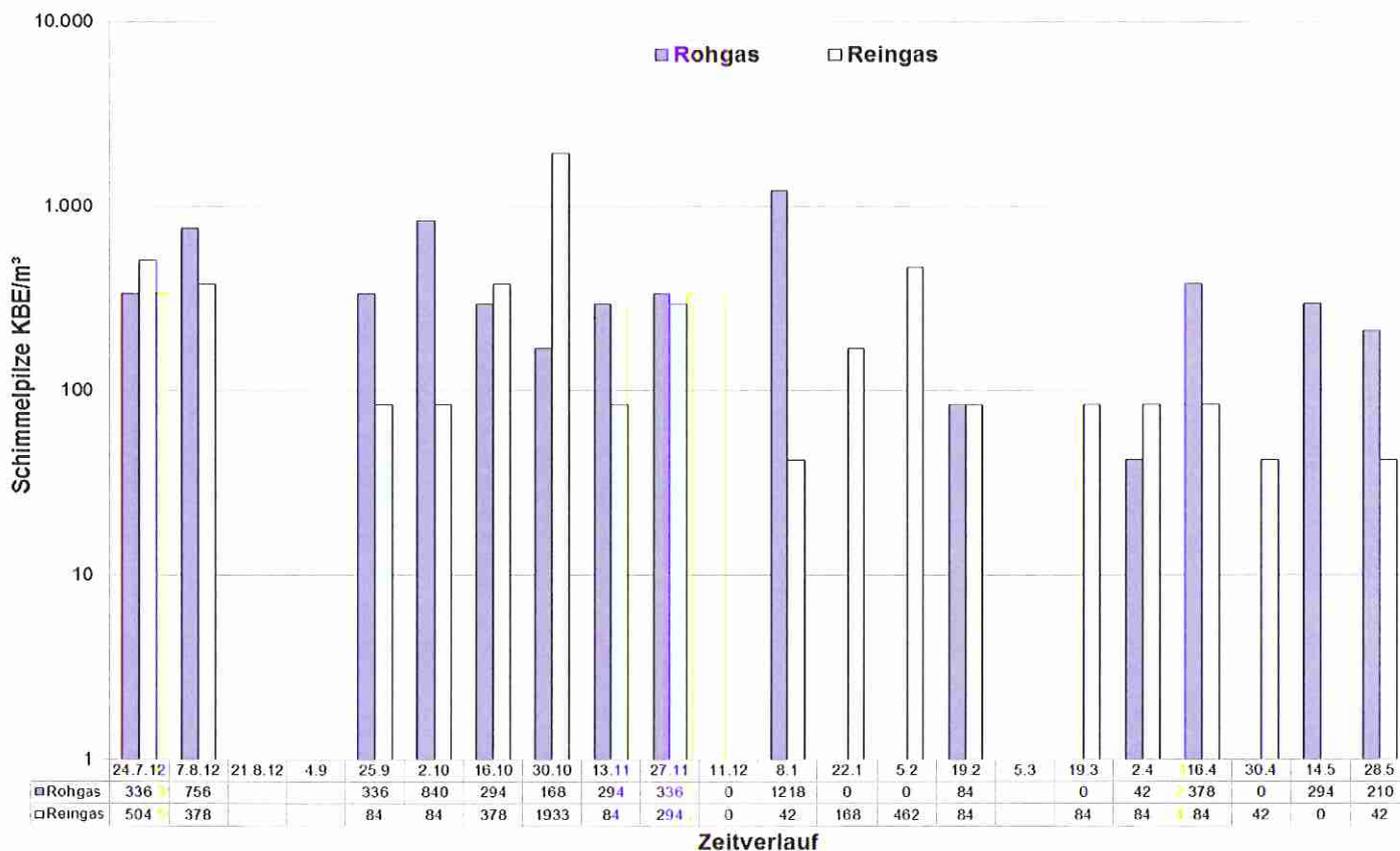


Abb. 20b: Gesamtzahl an Schimmelpilzen im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

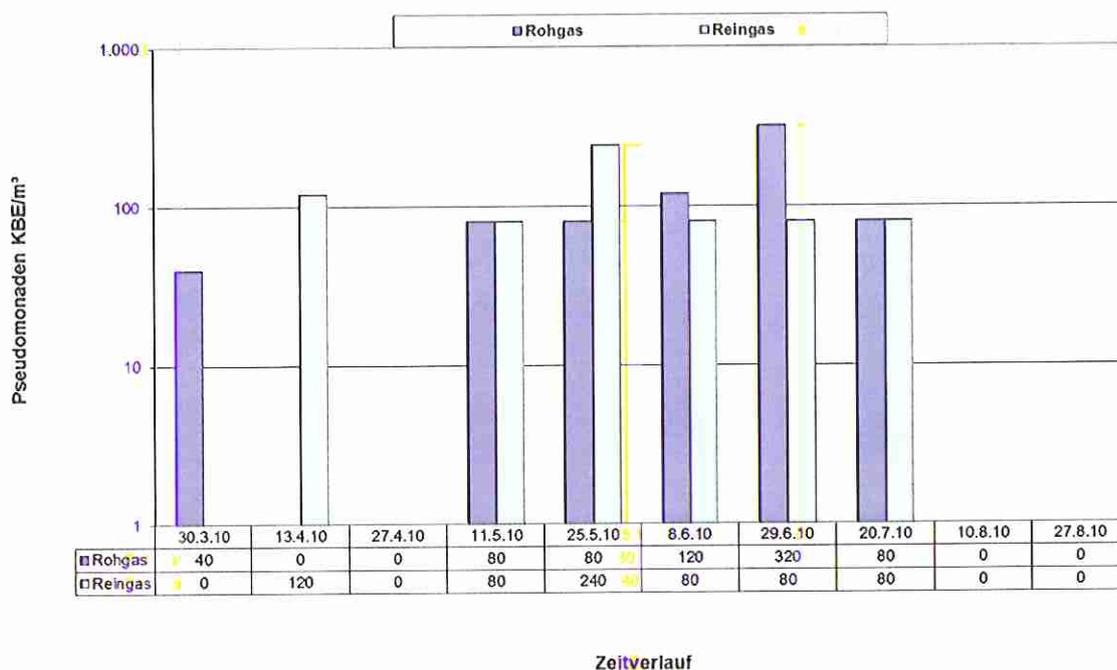


Abb. 21: Gesamtzahl an Pseudomonaden im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

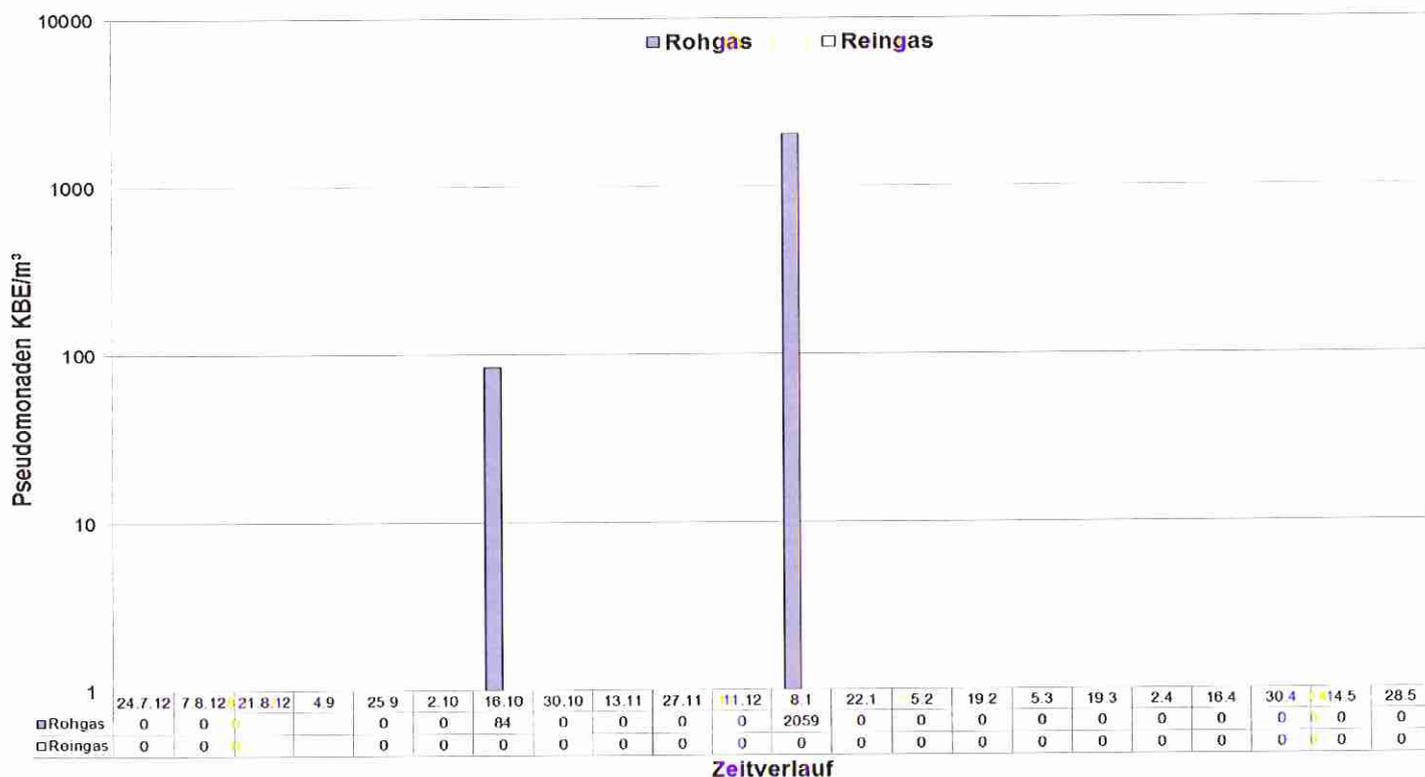


Abb. 21b: Gesamtzahl an Pseudomonaden* im Roh- und Reingas aus dem Rieselfbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

*(siehe Korrigendum im Anhang 2)

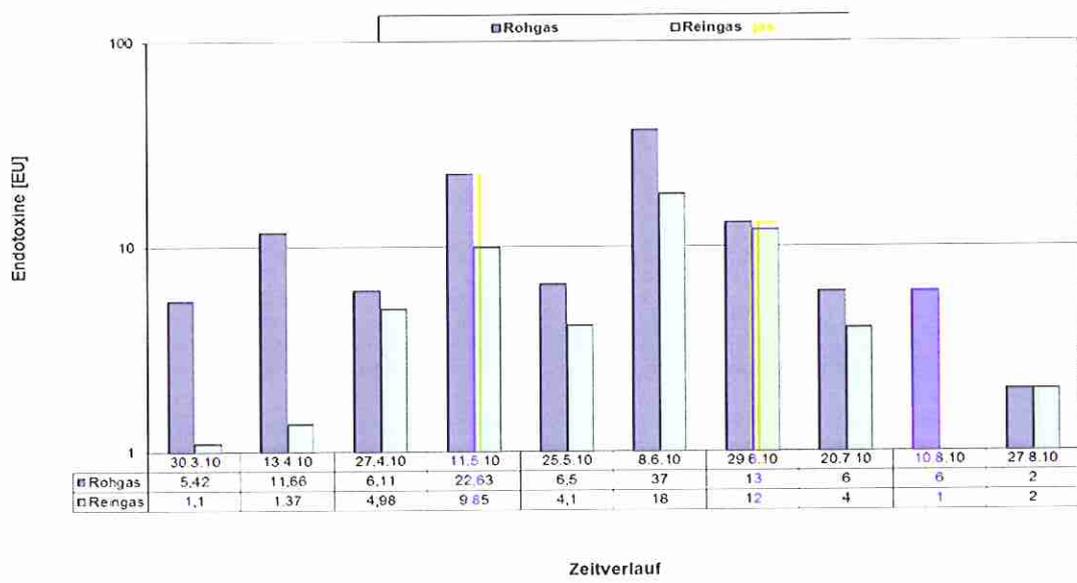


Abb. 22: Endotoxine [EU] (gramnegative Bakterien) im Roh- und Reingas der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

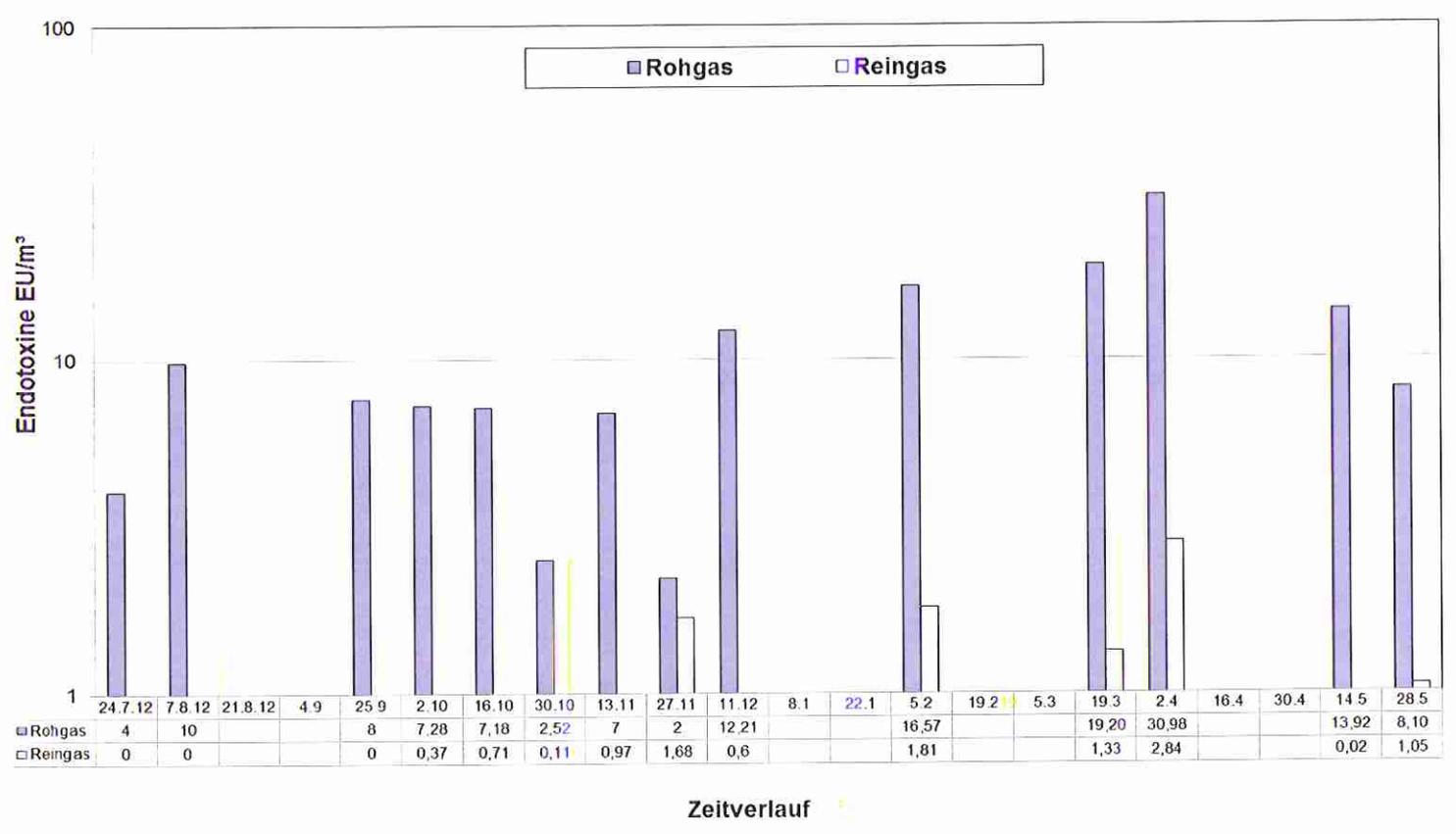


Abb. 22b: Endotoxine [EU] (gramnegative Bakterien) im Roh- und Reingas aus dem Rieseltbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

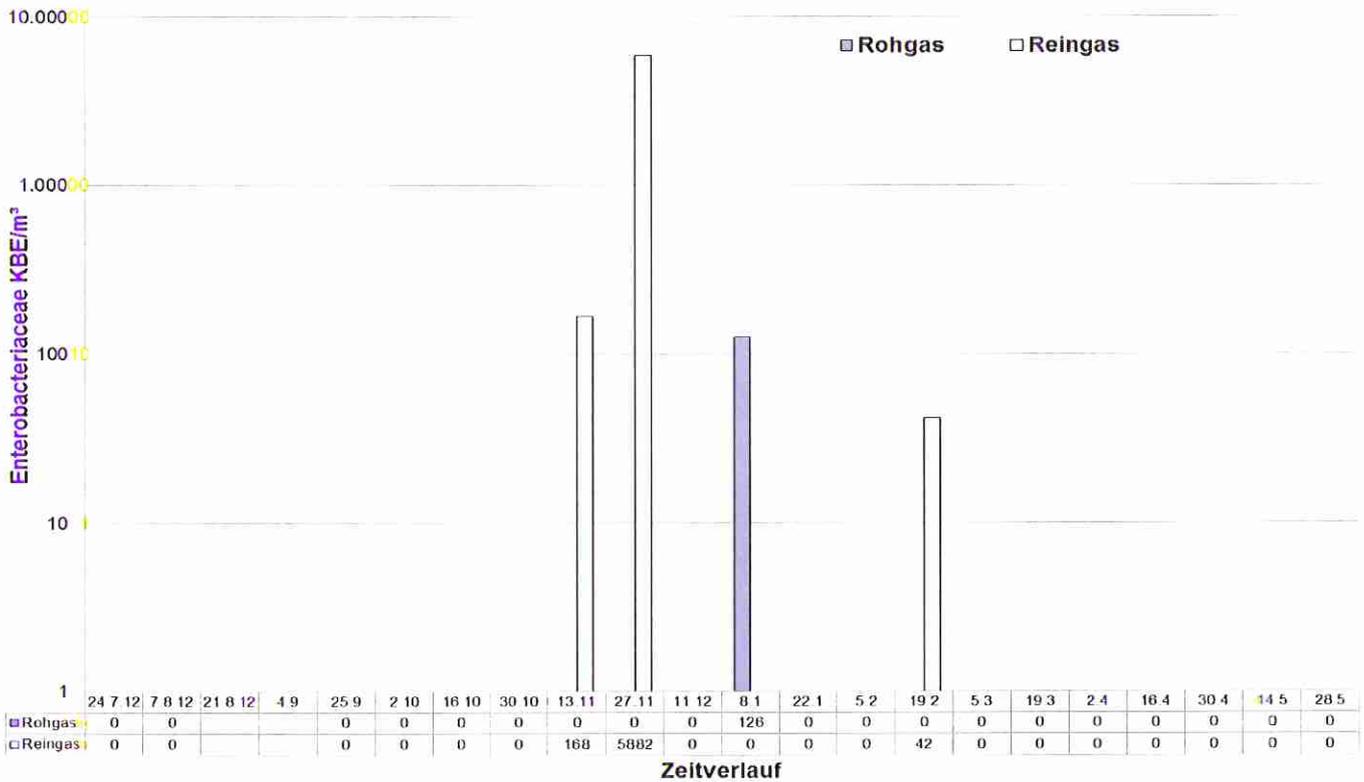


Abb. 22c: Enterobacteriaceae* [KBE/m³] im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)
 *(siehe Korrigendum im Anhang 2)

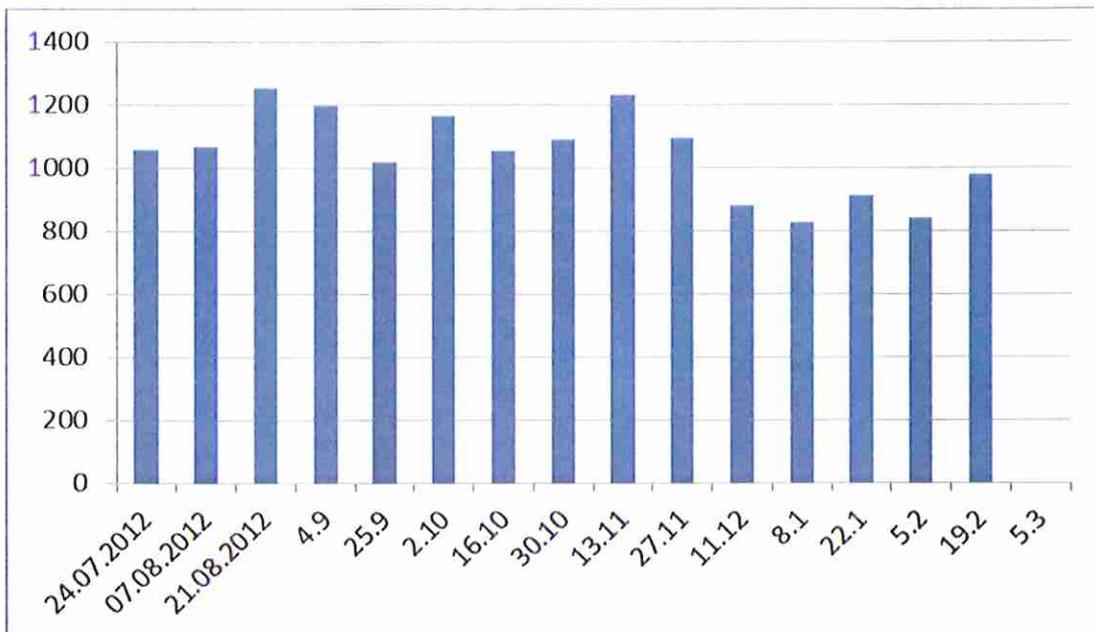


Abb. 23: Tierbestand (Landwirt Große-Schawe in Osnabrück)

4. Hygienisch/Umweltmedizinische Bewertung der vorliegenden Ergebnisse

Im Folgenden werden die im Abschnitt 1. aufgeführten Fragen beantwortet:

4.1 Lässt sich auf Basis der vorliegenden Ergebnisse eine Aussage darüber treffen, ob eine Bioabluft-Reinigungsanlage die Ablufthygiene im Vergleich zum Betrieb ohne Bioabluft-Reinigungsanlage signifikant verbessert?

Die nachgewiesenen Bakterienzahlen, sowohl die Gesamtzahlen als auch die der einzelnen Bakteriengruppen sind in sich stimmig und entsprechen auch in den Relationen untereinander den Erwartungswerten für Rohgas (belastete Stallluft aus der Tierhaltung) und Reingas nach Passage durch eine Abluft-Reinigungsanlage nach dem Wäscher Prinzip (Abb. 12 – 22) oder einem Rieselbettreaktor (Abb. 12b – 22c).

Die auswertbaren (ausreichend hohen) Zahlenwerte betreffen die Gesamtkeimzahl und die der Streptokokken, Staphylokokken (inkl. MRSA) und Enterokokken (Tabelle 4 und 5).

Für diese Gruppen kann insgesamt festgehalten werden, dass die Bioabluft-Reinigungsanlage und der Rieselbettfilter zwischen 51 und 94 % der mikrobiellen Luftbelastung zurückhält, was angesichts der Bau- und Betriebsweise dieser Anlagen ebenfalls den Erwartungswerten entspricht.

Tabelle 4: Durchschnittliche Zahlen an Mikroorganismen im Roh- und Reingas sowie Eliminierungsleistung der Abluft-Reinigungsanlage (Untersuchungszeitraum März – August 2010)

	Rohgas	Reingas	% Elimination*
	KBE / m ³		
Gesamtkeimzahl	8,0x10 ⁴	8,5x10 ³	87,89
Streptokokken	2,2x10 ⁴	1,1x10 ³	93,51
Staphylokokken	1,7x10 ⁴	2,4x10 ³	80,88
MRSA	3,9x10 ²	4,0x10 ¹	89,52
Enterokokken	4,6x10 ³	2,0x10 ²	93,30
Actinomyceten 50°C	1,0x10 ³	4,8x10 ¹	86,91*
Actinomyceten 25°C	3,0x10 ³	1,4x10 ³	56,78*
Schimmelpilze	4,1x10 ²	2,1x10 ²	38,14*
Pseudomonaden	7,2x10 ¹	6,8x10 ¹	43,69*
Endotoxine [EU]	11,6 EU	5,8 EU	45,56

* signifikant höhere Zahlenwerte im Reingas wurden nicht berücksichtigt

Bei den Actinomyceten, Schimmelpilzen und Pseudomonaden konnte zum Teil eine signifikante Erhöhung der KBE-Zahlen im Reingas beobachtet werden, was angesichts der niedrigen KBE-Zahlen dieser Organismen und Höhe der Schwankungsbereite der KBE-Zahlenwerte bei Umweltproben nicht überinterpretiert werden darf.

Tabelle 4b: Durchschnittliche Zahlen an Mikroorganismen im Roh- und Reingas sowie Eliminierungsleistung des Rieselbettreaktors (Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013)

	Rohgas	Reingas	% Elimination*
	KBE / m ³		
Gesamtkeimzahl	1,0x10 ⁵	1,3x10 ⁴	87,68
Streptokokken	1,1x10 ⁴	5,6x10 ³	50,97
Staphylokokken	4,3x10 ³	4,0x10 ²	90,54
MRSA	1,2x10 ²	2,5x10 ¹	78,85
Enterokokken	2,5x10 ³	2,1x10 ²	91,41
Actinomyceten 50°C	0	0	-
Actinomyceten 25°C	7,2x10 ¹	3,4x10 ¹	52,11
Schimmelpilze	3,3x10 ²	3,2x10 ²	3,61
Pseudomonaden	1,5x10 ²	4,4x10 ²	0
Enterobacteriaceae	9,0	0	100
Endotoxine [EU]	7,6	0,7	90,71

* signifikant höhere Zahlenwerte im Reingas wurden nicht berücksichtigt

Endotoxine konnten in den Beckenwässern beider Anlagen und in der Aufwuchsflora (Biofilm) in der Größenordnung von 10.000 EU/ml bzw. cm² nachgewiesen werden.

In den Rohgasproben lagen die Messwerte bei durchschnittlich bei 10 EU/m³, im Reingas der Anlage 1 um 50% niedriger und bei dem Rieselbettreaktor (Anlage 3) fanden sich Endotoxine in nur 5 von 14 Proben im einstelligen Bereich (EU/m³).

Dem gegenüber fanden sich beim Rieselbettreaktor Enterobacteriaceae in nur drei Reingasproben mit durchschnittlich 4,4x10² KBE/m³ und in nur einer Rohgasprobe mit 1,2x10² KBE/m³.

Dies bedeutet, dass der Nachweis von Endotoxinen nicht unbedingt mit dem Nachweis von gramnegativen Bakterien wie Vertreter der Enterobacteriaceae oder Pseudomonaden korreliert.

Auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse kann festgehalten werden, dass die Bioabluft-Reinigungsanlage die mikrobielle Belastung um eine Zehnerpotenz verringert.

4.2 Lassen sich auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten Aussagen treffen, welche Randparameter günstig bzw. ungünstig auf die Präsenz von Bioaerosolen im Reingas hinwirken?

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Luftuntersuchung zeigen, dass die 3-stufige Anlage zur Reinigung von Stallabluft (gemäß Abbildung 1) und der Rieselbettreaktor (gemäß Abbildung 2) in erster Linie ihren Zweck als Luftwäscher erfüllen, die die Hauptemissionsquelle aus der Nutztierhaltung, nämlich die Stäube, und die geruchlichen Störfaktoren, inklusive der Ammoniumverbindungen, reduzieren.

Die Tropfenabscheidung an der dritten Filterwand (Anlage 1) ist aufgrund ihrer Bauweise (locker gepackte, grob gerissene Wurzelholzstücke) nicht in der Lage, die luftgetragenen Mikroorganismen stärker zu reduzieren. Dies wäre nur möglich unter Verwendung anderer Strukturmaterialien bzw. durch erhebliche Vergrößerung dieser Stufe. Als weitere Strukturmaterialien kämen Aktivkohle-dotierte Polyurethanmatten infrage, die ebenfalls zur Geruchs- und Mikroorganismen-Bioaerosolverminderung Einsatz finden. Bezüglich des Wurzelholzstruktur-Materials belegen die Daten der Druckverhältnisse, dass der Widerstand durch diese Stufe erheblich absinkt, was auch mit der Durchsichtigkeit (faustgroße Luftdurchlassbereiche im Strukturmaterial) dieser Filterstufe einhergeht (s. Abb. 24 (b)).



Abb. 24: Locker gepackte Wurzelholzschnitzel (a) mit Lichtdurchtritt (b) in der in Betrieb befindlichen baugleichen Anlage 1 in Drenkelveh

Inwieweit die Ergebnisse aus der Anlage 1 auf den Rieselbett-Reaktor (Anlage 2), die im Gegenstromprinzip arbeitet, übertragbar sind, ist durch die geplanten Untersuchungen dieser Anlage noch zu dokumentieren. Auch bei dieser Anlage ist davon auszugehen, dass der Tropfenabscheider (Abb. 2) und das Oberflächen/Volumenverhältnis nicht groß genug dimensioniert ist, um als effektiver Biofilter zu fungieren.

Allerdings könnte die vertikale Luftführung im Gegenstrom zum Washwasserfluss sich günstiger auf die Eliminierung der Mikroorganismen auswirken.

4.3 Welche Maßnahmen können aufgrund der erhobenen Daten zur weiteren Reduktion von Bioaerosolen im Reingas ergriffen werden?

Wie im vorigen Abschnitt beschrieben, ist durch Änderung der Dimensionierung der dritten Stufe eine weitere Reduktion von Bioaerosolen im Reingas möglich.

Die dritte befeuchtete Filterwand wirkt allenfalls als Tropfenabscheidung und nicht als zusätzlicher Biofilter. Durch die lockere Schüttung der groben Wurzelholzschnitzel der sich in Betrieb

befindlichen baugleichen Anlage 1 (Betrieb: Heinrich Fröhle, Drenkelveh) lässt sich die Innenbeleuchtung sehen (Abb. 24 (b)).

Um einen ausreichenden Filtereffekt für Bioaerosole (Mikroorganismen) zu erhalten, ist die Dimensionierung der dritten Filterstufe zu modifizieren.

Dies wäre möglich unter Verwendung anderer, dichter Strukturmaterialien oder bei weiterer Verwendung der grob gerissenen Wurzelholzschnitzel durch erhebliche Vergrößerung dieser Filterstufe.

Als weitere emissionsmindernde Maßnahme bieten sich zusätzliche Filterstufen, wie beispielsweise Aktivkohle-dotierte Polyurethanmatten an, die in der Lage sind, in einem relativ kleinem Volumen neben den Gerüchen auch Bioaerosole (Mikroorganismen) effizient zurückzuhalten. Als Beispiel für die Wirkung solcher Matten sind im Anhang aus eigenen Untersuchungen von Luftfiltern zwei gaschromatographische Analysen von Roh- und Reingluft dargestellt (Abb. 25 und 26 im Anhang).

4.4 Ist es notwendig oder verhältnismäßig nach weiteren Reduktionspotenzialen von Bioaerosolen im Reingas zu suchen?

Die Frage kann nicht mit allgemeiner Gültigkeit beantwortet werden. Hierbei geht es darum, im Wesentlichen abzuschätzen, inwieweit sensible Bereiche durch die Emission und nachfolgende Immission beeinträchtigt sind und inwieweit Abstandsregeln bzw. nachbarschaftliche Nutzung beeinträchtigt werden können.

Für die beiden Anlagen Am Mühlenacker 2 in Scharle/Saterland und Am Forst 1 in Halen/Emstek sind bei ausreichender Eliminierung der störenden Staub-, Ammonium- und Geruchsbelastungen aus umweltmedizinischer Sicht keine weiteren Reinigungsmaßnahmen, die Bioaerosole betreffend, notwendig.

4.5 Ist ein Monitoring der in Tabelle 1 genannten Bioaerosolbestandteile während des Anlagenbetriebes als Routineaufgabe notwendig und wenn ja, wie sollte dieses durchgeführt und kontrolliert werden?

Die dargestellten Analysen dokumentieren die mögliche Umweltbelastung durch Abluft aus Bereichen der Nutztierhaltung und zeigen auch die Grenzen und Möglichkeiten (Leistungsfähigkeit) der Stallabluf-Reinigungsanlagen auf. Für diese Fragestellung kann der Untersuchungsumfang jedoch auf die Dokumentation der Gesamtkeimzahl, die Zahl der thermotoleranten Pilze, den Nachweis von Indikatoren für fäkale Verunreinigungen aus dem Bereich der gramnegativen Bakterien (*E. coli* und coliforme Bakterien) und Enterokokken beschränkt werden.

Die extrem starken Unterschiede der Endotoxinkonzentrationen im Wasser und auf den Filteroberflächen im Vergleich zur Roh- und Reingluft zeigen, dass dieser Parameter keine gute Indikatorfunktion für eine entsprechende mikrobielle Belastung in der Luft hat.

Für die Dokumentation der Leistungsfähigkeit von Anlagen stellt das Impinge-Verfahren die beste Alternative dar, zumal mit größeren Luftmengen gearbeitet werden kann und damit die statistische Variation der Zahlenwerte reduziert wird. Das Verfahren hat jedoch insbesondere auch bei empfindlichen Mikroorganismen, die in geringen Zahlen vorkommen, den Nachteil, dass diese nicht mehr nachweisbar sind und vom Gros der aeroben organo-heterotrophen Mikroorganismen aus der Luft sowohl bei der Probennahme im Impingement als auch bei der Subkultivierung überwuchert werden.

Ein Monitoring der in Tabelle 1 genannten Bioaerosol-Bestandteile während des Anlagenbetriebes als Routineaufgabe ist aus unserer Sicht nicht notwendig.

Zur besseren Beurteilung der primären und sekundären Emission sowie der umweltmedizinischen Bewertung der Bioaerosole sollten in Analogie zu anderen biotechnologischen Anlagen (Kompostierungs-, Biogas- und Abwasserbehandlungsanlagen) Vergleiche zwischen Lee und Luv bzw. zur ortsüblichen Hintergrundbelastung herangezogen werden.

Hierzu kann der Einfachheit halber die Beprobung mit Impact-Verfahren und Membranfilter erfolgen, da unter Verwendung selektiver Medien und der Untersuchung auf Indikatororganismen (*E. coli*, coliforme Bakterien und ggf. anaerobe Sporenbildner) immissionsrelevante Belastungen besser dokumentiert werden können.

Ferner sollte im Zuge der weiteren Untersuchungen auch der Nachweis von Legionellen in Betracht gezogen werden, da diese Bakterien insbesondere in wärmeren Jahreszeiten eine gesundheitsrelevante Bioaerosolbelastung darstellen können.

4.6 Sind Personen, die sich im unmittelbaren Roh- und Reinluftbereich von Abluft-Reinigungsanlagen aufhalten, persönliche Schutzmaßnahmen zu empfehlen?

Nach wie vor können möglicherweise durch Bioaerosol-Immissionen resultierende gesundheitliche Wirkungen für AnwohnerInnen von Bioaerosol emittierenden Anlagen nicht mit ausreichender Sicherheit beurteilt werden.

Zurzeit gibt es keine anerkannten wirkungsbezogenen Beurteilungsmaßstäbe mit denen gemessene Immissionskonzentrationen verglichen werden können, weil es bisher nicht möglich ist, für die verschiedenen (mikro-)biologischen Parameter Wirkungsschwellenwerte und damit tolerierbare Konzentrationen anzugeben. Bisher existierende Bewertungsmaßstäbe für Bioaerosole beziehen sich nicht auf den Schutz der Allgemeinbevölkerung einschließlich empfindlicher Personengruppen, sondern lediglich auf den Schutz von ArbeitnehmerInnen am Arbeitsplatz. In aller Regel orientieren sich die Richtwerte für Arbeitsplätze an möglichen technischen Minderungsmaßnahmen und sind nicht wirkungsbezogen abgeleitet.

Für eine umweltmedizinische Bewertung möglicher Bioaerosolbelastungen von AnwohnerInnen Bioaerosole emittierender Anlagen steht daher zurzeit lediglich der Vergleich zwischen in Lee der Anlage gemessenen Bioaerosolkonzentrationen und der ortsüblichen Hintergrundbelastung zur Verfügung. Damit kann allerdings nur beantwortet werden, ob und in welchem Ausmaß Personen durch Bioaerosole aus entsprechend emittierenden Anlagen zusätzlich exponiert sind.

Aus präventivmedizinischen, vorsorglichen Gesichtspunkten kann eine zusätzliche Exposition gegenüber Bioaerosolen als eine mögliche gesundheitliche Belastung eingestuft werden, da bei

bestimmten Personen nachteilige gesundheitliche Effekte, wie z. B. allergische Reaktionen, bereits bei Expositionen gegenüber üblichen Umweltkonzentrationen auftreten können. Eine über die Hintergrundkonzentration hinausgehende Immissionskonzentration ist daher präventiv- und umweltmedizinisch unerwünscht, ohne dass dadurch ein konkretes quantitatives Gesundheitsrisiko abgeleitet werden kann. Eine Verringerung oder Vermeidung erhöhter Bioaerosol-Konzentrationen dient der Vorsorge vermeidbarer Belastungen (LANUV NRW 2011).

4.7 Welcher Abstand zur Nachbarschaft ist im Sinne des Vorsorgeprinzips für die beiden untersuchten Stallanlagen erforderlich, jeweils bezogen auf eine Situation mit und ohne Abluft-Reinigungsanlage?

Die Standorte der Anlagen 1 und 2 wurden am 14. November 2011 besichtigt. Ihre Lage und das Umfeld sind in den Abbildungen 27 und 28 dokumentiert.

Der Standort der Anlage 3 wurde aus der Baubeschreibung und dem Internet (Google-Maps) entnommen.

Die Abluft der dreistufigen Reinigungsanlage der Firma Big Dutchman im Betrieb von Johannes Grieb, Am Mühlenacker 2 in Scharle/Saterland (Abb. 27) ist nahezu nach Norden ausgerichtet. Im direkten Umfeld und in Haupt-Windrichtung (aus Westen) der Abluffahne besteht keine Bebauung und damit erhöhte Anforderung an eine weitergehende Abluftreinigung. Die anschließenden Felder werden möglicherweise vom Betreiber selbst genutzt.



Abb. 27: Lage der dreistufigen Abluft-Reinigungsanlage (Anlage 1) der Firma Big Dutchman, Betrieb: Johannes Grieb, Am Mühlenacker 2, Scharle/ Saterland

Gleiches gilt auch für die Anlage 2, die bislang noch nicht beprobt wurde (Abb. 27). Die einstufige Abluft-Waschanlage der Firma Rimu im Betrieb von Alwin Wegmann, Am Forst 1, in Halen/Emstek entlüftet über das Dach in ca. 10 m Höhe. Hier sind im Umkreis von bis zu 1000 m keine durch

Bioaerosole besonders gefährdete und damit schützenswerte Bereiche erkennbar. Bei ausreichender Staub-, Ammonium- und Geruchselimination sind aus unserer Sicht keine weiteren Reinigungsmaßnahmen notwendig.



Abb. 28: Lage der einstufigen Abluft-Reinigungsanlage (Anlage 2) der Firma Rimu, Betrieb: Alwin Wegmann, Am Forst 1, Halen/Emstek (Beprobung geplant)

Die Anlage 3 der Firma DEVRIE wurde über einen Zeitraum von 10 Monaten (24.07.2012 bis 28.05.2013) beprobt.

Die einstufige Abluft-Waschanlage mit einem großdimensionierten Rieselbettfilter im Betrieb vom Landwirt Große-Schawe in Osnabrück, Bauerschaft Hickingen (Abb. 28) entlüftet über das Dach in ca. 7m Höhe. Die Luft wird im Gegenstromverfahren gereinigt. Auch hier sind im Umkreis von bis zu 1000 m keine durch Bioaerosole besonders gefährdete und damit schützenswerte Bereiche erkennbar. Bei ausreichender Staub-, Ammonium- und Geruchselimination sind aus unserer Sicht keine weiteren Reinigungsmaßnahmen notwendig.

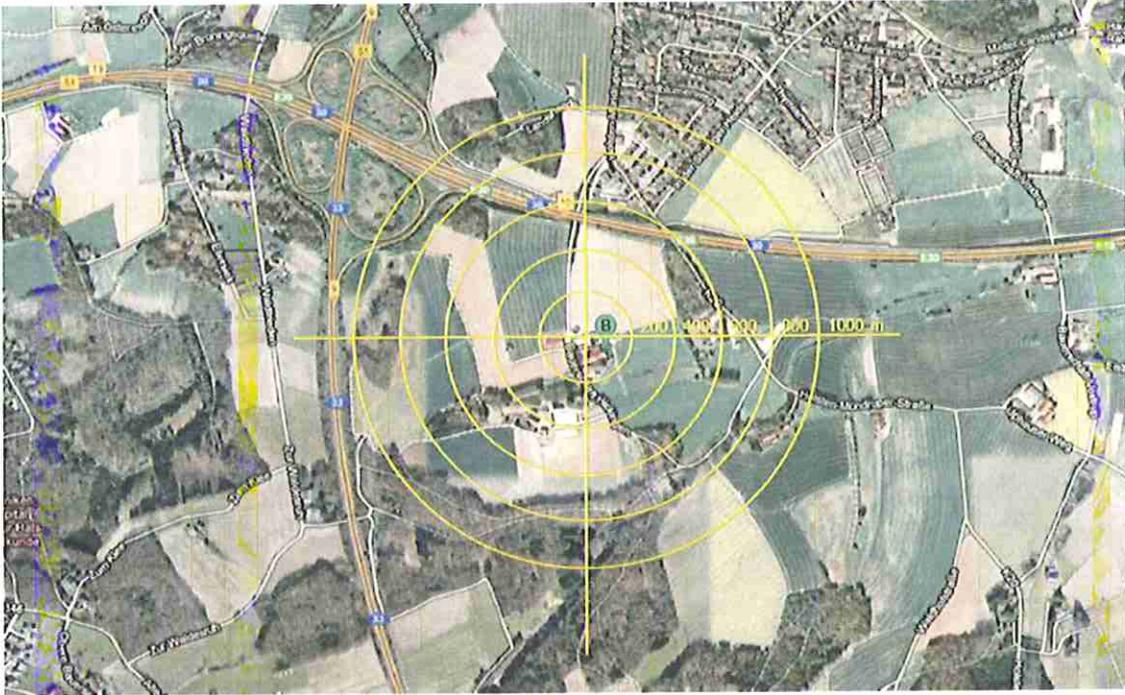


Abb. 29: Lage der einstufigen Abluft-Reinigungsanlage (Anlage 3) der Fa. DEVRIE, Betrieb: Große-Schawe, Bauerschaft Hickingen, Osnabrück

4.8 Kann der Mindestabstand durch den Einsatz einer Abluft-Reinigungsanlage vermindert werden?

In der Praxis werden Abluftreinigungsanlagen in der Nutztierhaltung nur dann eingesetzt, wenn der Abstand eines Stalles oder einer Stallanlage zu benachbarten Wohnhäusern oder zum Wald nicht ausreicht, um diese vor erheblichen Geruchsbelästigungen und gesundheitsschädlichen Feinstaub- bzw. Ammoniakbelastungen zu schützen.

Bei einer weitergehenden Reduktion der Bioaerosole kann der Mindestabstand durch den Einsatz einer Abluft-Reinigungsanlage vermindert werden.

5. Vorabpräsentation der Untersuchungsergebnisse am 11.04.2013 (Auszug aus dem Protokoll)

Ergebnisprotokoll der Sitzung des Projektkonsortiums und des Projektbeirates des Forschungsvorhabens „Prüfung und Bewertung der biologischen Sicherheit von anerkannten Abluftreinigungsanlagen in der Nutztierhaltung (BioAluRein)“ am 11. April 2013 im Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover vom 29.08.13:

Prof. Dott stellt einen Vergleich der zuvor im Rahmen des Projektes beprobten Abluftreinigungsanlage der Firma Big Dutchman beim Landwirt Griep sowie der derzeit beprobten Abluftreinigungsanlage der Firma Devrie beim Landwirt Große-Schawe hinsichtlich mikrobiologischer Gesichtspunkte vor.

Der Biowäscher der Firma Devrie zeigt ein niedrigeres Niveau der Kolonie-bildenden Einheiten (KBE) sowie eine deutlich bessere Besiedlung des Filtermaterials mit Mikroorganismen. Thermophile Aktinomyceten waren in keiner der bisher durchgeführten Messungen nachweisbar, was sich möglicherweise auf die niedrigen Temperaturen, insbesondere im Winter und die Wirkungsweise des Biowäschers im Gegenstromprinzip zurückführen lässt. Prof. Dott weist auf eine genauere Differenzierung der Pseudomonaden entsprechend ihrer Terminologie hin, wobei insbesondere auf die hygienisch relevanten Spezies eingegangen werden sollte.

Endotoxine waren nur sehr selten auf der Filterwand nachweisbar. Dies deutet darauf hin, dass der Biofilm des Filtermaterials nur wenige Enterobacteriaceae, dafür aber mehr Pseudomonaden enthält. Die unterschiedlichen Keimspezies werden vom Roh- zum Reingas um etwa eine Zehnerpotenz reduziert, wobei für Strepto- und Staphylokokken teilweise Reduktionen um zwei Zehnerpotenzen erreicht werden.

Kommentar: Laut Aussage von Frau Butenholz finden sich im Reingas andere Schimmelpilzarten als im Rohgas. Prof. Dott gibt daher eine mögliche Emission durch den Filter selbst zu bedenken und weist darauf hin, dass insbesondere die thermophilen Pilze hygienisch relevant sind.

Kommentar: Prof. Dott und Prof. Wiesmüller raten an, die Beckenproben der verbleibenden vier Messtermine zusätzlich auf Legionellen zu untersuchen. Diese Keime sind aus umweltmedizinischer Sicht sehr bedeutsam, da für eine mögliche Infektion keine Prädisposition erforderlich ist. Die nächsten Proben werden auf Legionellen untersucht.

6. Zusammenfassende Bewertung

- Die beiden untersuchten Anlagen zur Reinigung von Stallabluft sind als Luftwäscher ausgelegt, um die Hauptemissionen aus der Nutztierhaltung, nämlich Staub, Ammoniak und weitere geruchliche Störfaktoren zu reduzieren.
- Die durchgeführten (mikro-)biologischen Untersuchungen (Parameter, Methoden und Umfang) reichen aus, die Funktionsweise und die Leistungsfähigkeit der Biogasabluft-Reinigungsanlage bezüglich der Emissionsminderung zu beurteilen.
- Auf Basis der vorliegenden mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse kann festgehalten werden, dass die Anlage die mikrobielle Luftbelastung um etwa eine Zehnerpotenz erniedrigt.
- Um eine weitergehende Eliminierung der luftgetragenen Mikroorganismen (Bioaerosole) zu erhalten, ist bei Anlage 1 die Dimensionierung der dritten Filterstufe zu modifizieren bzw. bei Anlage 3 eine weitere Filterstufe zu installieren. Hier könnte auch überprüft werden ob zwei hintereinander geschaltete Rieselbettfilter mit getrenntem Wasserkreislauf die Eliminationsleistung für luftgetragene Mikroorganismen verbessert.
- Für die beiden Anlagen Am Mühlenacker 2 in Scharle/Saterland und der Bauerschaft Hickingen in Osnabrück sind bei ausreichender Eliminierung der störenden Staub-, Ammoniak- und Geruchsbelastungen aus umweltmedizinischer Sicht keine erhöhten Anforderungen, die Bioaerosole betreffend, notwendig.
- Zur besseren Beurteilung der primären und sekundären Emission sowie der umweltmedizinischen Bewertung der Bioaerosole sollten in Analogie zu anderen biotechnologischen Anlagen (Kompostierungs-, Abwasserbehandlungsanlagen) Vergleiche zwischen Lee und Luv bzw. zur ortsüblichen Hintergrundbelastung herangezogen werden.
- Die Emissionen aus den Stallabluft-Reinigungsanlagen weisen eine signifikant geringere Luftbelastung auf als die Innenraumluft der Stallanlagen.
- Eine über die Hintergrundwerte hinausgehende Bioaerosol-Konzentration ist präventiv- und umweltmedizinisch unerwünscht, ohne dass dadurch ein konkretes quantitatives Gesundheitsrisiko abgeleitet werden kann.
- Für besonders schützenswerte Bereiche (Wohnbebauung, Kindergarten, Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime) sind daher vermeidbare Belastungen zu minimieren.
- Ein deutlich reduziertes Monitoring-Programm mit Untersuchungen auf Indikatororganismen für fäkale Verunreinigungen (*E. coli*, coliforme Bakterien und ggf. sulfitreduzierende anaerobe Sporenbildner) zuzüglich der Legionellen reicht zu Anlagenkontrolle aus und ist in der Lage eine mögliche gesundheitsrelevante Bioaerosolbelastung anzuzeigen.

7. Unterschrift



W. Dott



G.A. Wiesmüller

7. Anhang

C:\xcalibur\data\ATD\Tyroler\Tyrol06
 Probe Inocre Ten GR Y17022, 30min Rohgas

9/29/2010 6:11:49 PM

RT: 0.0 - 60.0

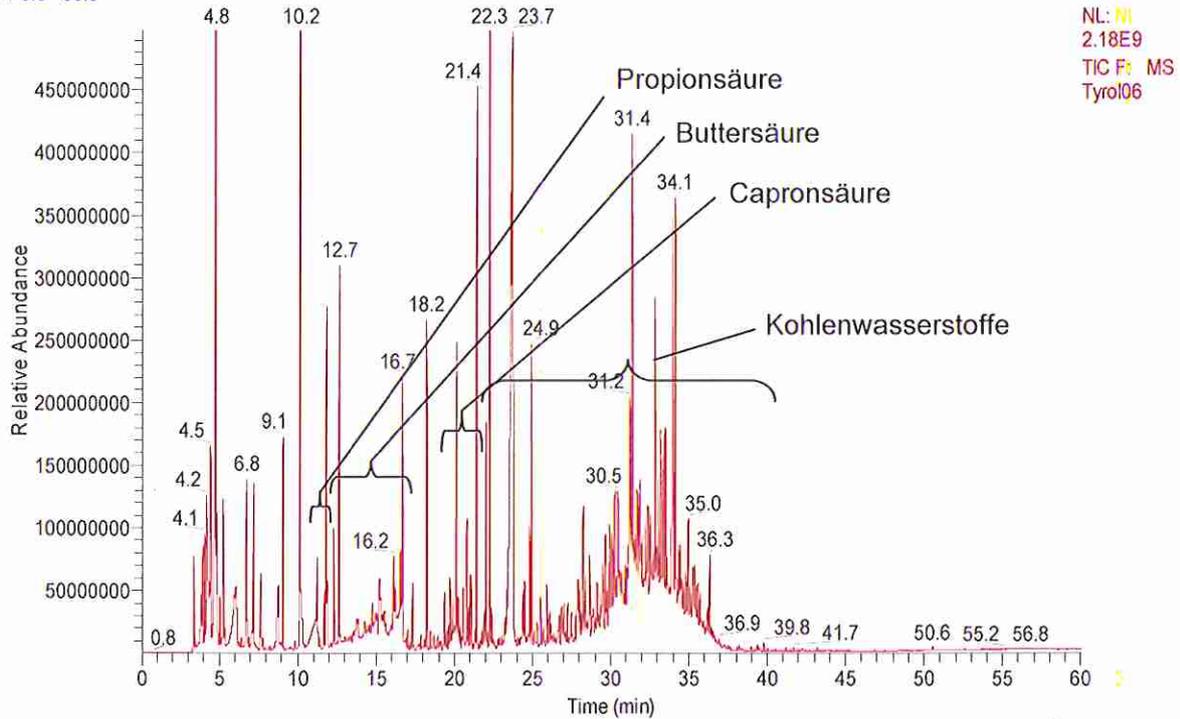


Abb. 24: Rohgas: Σ Säuren $8,6 \text{ mg/m}^3$ Σ Kohlenwasserstoffe $2,0 \text{ mg/m}^3$

c:\xcalibur\data\atd\tyroler\tyrol07
 Probe Inocre Ten GR Y42808, 30min Reingas

9/29/2010 7:34:27 PM

RT: 0.0 - 60.0

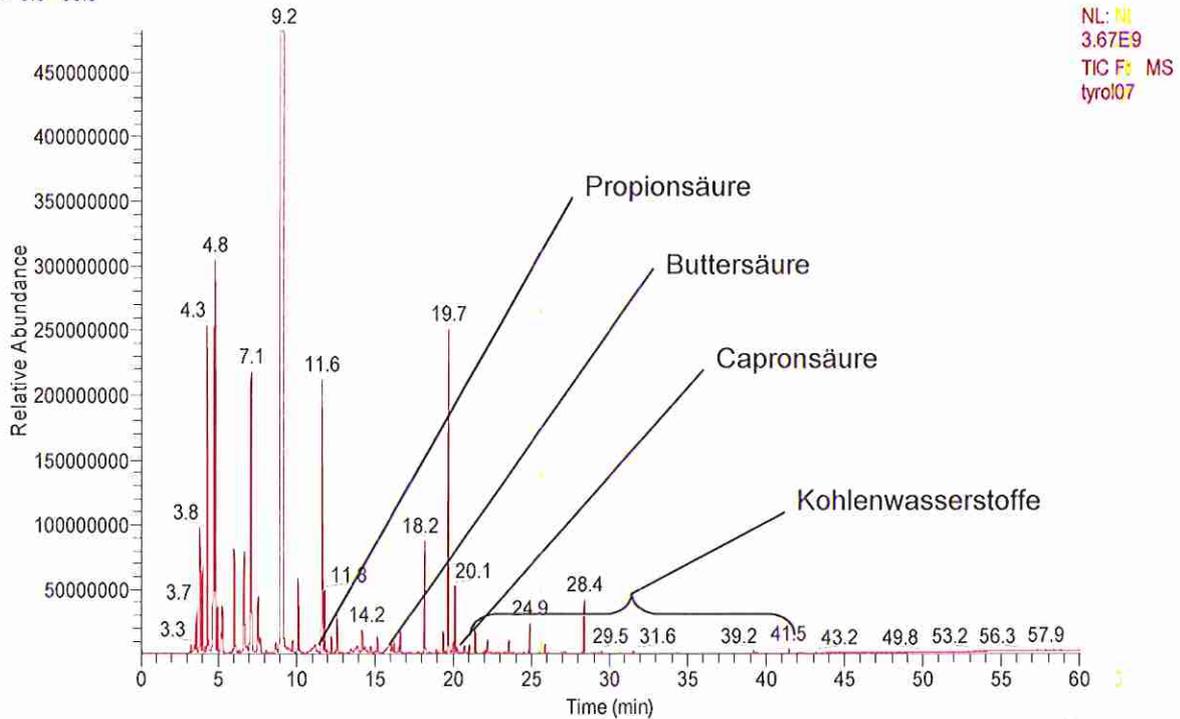


Abb. 25: Reingas: Σ Säuren $0,3 \text{ mg/m}^3$, Σ Kohlenwasserstoffe $0,1 \text{ mg/m}^3$

Korrigendum

Nach Erstellung dieses Gutachtens durch Herrn Prof. Dott und Herrn Prof. Wiesmüller sind den Projektkoordinatoren (Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie; Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover), vertreten durch Frau Dr. Christin Habig, einzelne fehlerhafte Textpassagen und Abbildungen im vorliegenden Dokument aufgefallen. Dies ist auf einen Fehler in dem von Frau Habig für Prof. Dott zur Verfügung gestellten Datenblatt, mit dem an dem Rieselbettreaktor gewonnenen Messergebnissen, zurückzuführen. Dabei wurden die im Reingas ermittelten Anzahlen Kolonie bildender Einheiten für die Pseudomonaden mit denen der Enterobacteriaceae vertauscht.

Aufgrund dessen ergibt sich ein Korrekturbedarf für die nachstehend aufgelisteten Abschnitte.

Für folgende auf der Seite 28 dieses Gutachtens aufgeführte Textpassage ist eine Korrektur notwendig:

„Pseudomonaden wurden im Reingas nicht; im Rohgas nur zwei Mal nachgewiesen. Bei drei Reingasproben lagen die KBE-Zahlen für Enterobacteriaceae bei durchschnittlich $4,4 \times 10^2$ KBE/m³; nur in einer Rohgasprobe fanden sich Enterobacteriaceae ($1,2 \times 10^2$ KBE/m³).“

Richtiger müsste es lauten:

Enterobacteriaceae wurden im Reingas nicht; im Rohgas nur einmal nachgewiesen ($1,2 \times 10^2$ KBE/m³).

Bei drei Reingasproben lagen die KBE-Zahlen für Pseudomonaden bei durchschnittlich $4,4 \times 10^2$ KBE/m³; in zwei Rohgasproben fanden sich Pseudomonaden.

Gleichermaßen müssen die auf der Seite 37 dargestellte Abbildung 21b, die Abbildung 22c (Seite 39) sowie Tabelle 4b auf Seite 41 entsprechend korrigiert werden.

Aachen am 22.08.2013



Univ, Prof. Dr. Wolfgang Dott