

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin
der Universität zu Lübeck
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. R. Kessel

**Luftkeimspektrum, Sensibilisierungsgrad und arbeitsmedizinisch-
pneumologische Befunde bei Haus- und Biomüllfahrern**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck

- Aus der Medizinischen Fakultät -

Vorgelegt von
Jan Hellendoorn
aus Rheine

Lübeck 2006

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Richard Kessel

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Peter Zabel

Tag der mündlichen Prüfung: 17.01.2007

zum Druck genehmigt. Lübeck, den 17.01.2007

gez. Prof. Dr. med. Werner Solbach

- Dekan der medizinischen Fakultät -

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Berufsbedingte Belastung von Entsorgern durch Luftkeime	5
1.2	Fragestellung	7
2	Material und Methoden	8
2.1	Kollektiv	8
2.2	Klinisch körperliche Untersuchung	8
2.3	Blutuntersuchungen	8
2.3.1	Allgemeine Blutuntersuchungen	8
2.3.2	Spezielle Blutuntersuchungen	8
2.4	Lungenfunktionsdiagnostik	10
2.5	Prick-Testung	12
2.6		Luftkeimbestimmung 13
2.6.1	Erhebung der Klimadaten	13
2.6.2	Luftkeimmessung durch den Luftfiltrationskeimsammler	13
2.7	Statistische Berechnungen	15
3	Ergebnisse	17
3.1	Biometrische Daten	17
3.2	Vorerkrankungen und Anamnese	18
0	Blutsenkungsgeschwindigkeit und Leukozyten im Vergleich vor und nach der Arbeitsschicht	17
0	Vergleich des Gesamt-IgE, -IgA und -IgG zwischen den Müllfahrergruppen	18
3.5	RAST auf Schimmelpilze	21
0	Spezifisches Immunglobulin G gegen Schimmelpilze und thermophile Aktinomycceten	20
3.7	Lungenfunktionsparameter vor und nach der Schicht	22
3.7.1	Inspiratorische Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	22
3.7.2	Atemwegswiderstand im Vergleich vor und nach der Schicht	23

0	Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	23
0	Maximaler expiratorischer Fluss bei 25% der verbliebenen Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	24
3.7.5	Forcierte Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach einer Schicht	25
3.7.6	Relative Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	26
0	Relative inspiratorische Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	25
0	Unspezifische bronchiale Hyperreagibilität im Vergleich vor und nach der Schicht	27
3.8	Kutaner Sensibilisierungsgrad	29
3.9	Luftkeimmessung	30
3.9.1	Klimadaten	30
3.9.2	Volumenstrommessung	31
3.9.3	Luftkeimbelastung durch mesophil wachsende Schimmelpilze	32
3.9.4	Luftkeimbelastung durch thermotolerant wachsende Schimmelpilze	33
3.9.5	Luftkeimbelastung durch thermophil wachsende Aktinomyzeten	34
4	Diskussion	36
4.1	Keimexposition	36
4.2	Hinweise auf Erkrankungen der Müllfahrer	38
4.3	Gesamt Immunglobulin-E Konzentrationen	39
4.4	Spezifische Immunglobulin-E Konzentrationen	41
4.5	Beantwortung der eingangs gestellten Fragen	42
5	Schlussfolgerungen	44
6	Zusammenfassung	45
7	Anhang	47
7.1	Literaturverzeichnis	47
7.2	Erhebungsbögen	52
7.3	weitere Verzeichnisse	56
8	Lebenslauf	57
9	Danksagung	58

Abkürzungsverzeichnis

AK	Antikörper
Alt.	Alternaria
Asp.	Aspergillus
BSG	Blutsenkungsgeschwindigkeit
Clad.	Cladosporium
COLD	Chronic obstructive lung disease
D.	Dermatophagoides, z. B. D. pteronyssinus
eaA	exogen allergische Alveolitis
EGKS	Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl
ELISA	Enzyme linked immunosorbent assay
ERV	expiratorisches Reservevolumen
FEV1	forciertes expiratorisches Volumen nach einer Sekunde
FVC	forcierte Vitalkapazität
Ig	Immunglobulin
IIFT	indirekter Immunfluoreszenztest
KBE	koloniebildende Einheit
Max.	Maximum
MCH	Metacholin
MEF 25	max. expiratorischer Fluss bei 25% der verbliebenen Vitalkapazität
MEF 50	max. expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität
Min.	Minimum
MW	Mittelwert
Neuro.	Neurospora
NW	Normwert
n.W.	nach Westergren
ODTS	Organic dust toxic syndrom
PAFS	Personal air filtration sampler
Pen.	Penicillium
RAS Test, RAST	Radio allergo sorbent test
R _{Os}	Atemwegswiderstand, nach der Unterbrechermethode gemessen

Rhiz.	Rhizopus
Sacc.	Saccharopolyspora
SD	Standardabweichung
Streptom.	Streptomyces
Thermoact.	Thermoactinomyces
TRBA	Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
VC _{IN}	inspiratorische Vitalkapazität

1 Einleitung

1.1 Berufsbedingte Belastung von Entsorgern durch Luftkeime

Beim Umgang mit Müll treten erhöhte Keimbelastungen auf, die sich im Falle von Papiermüll weniger, im Falle von Bio- oder Restmüll jedoch erheblich in Keimzahl und -art von der allgemeinen Hintergrundbelastung unterscheiden [Martens, 1998]. Beim Entleeren von Mülltonnen steigt die Keimbelastung kurzzeitig auf ein Höchstmaß an, so dass der Arbeitstag eines Müllwerkers von kurzzeitigen hohen Keimbelastungen geprägt ist [Martens, 1998]. Die Mikroorganismen werden vor allem inhalativ, aber auch gastrointestinal (z.B. beim Frühstück im Fahrzeug) und bei Störungen der Barrierefunktion über die Haut (beispielsweise im Falle einer Dermatose) aufgenommen [Bünger et al., 1999a]. Ob diese Belastung eine gesundheitliche Gefährdung darstellt, ergibt sich aus Art und Umfang der Keimexposition und der Empfänglichkeit des exponierten Individuums [Bünger et al., 1999a].

Die potentiellen Gesundheitsgefahren durch luftgetragene Mikroorganismen lassen sich in Infektionen, toxische und immunologische Wirkungen (z. B. Allergien) unterteilen. Dabei tragen zum Infektionsrisiko nur vermehrungsfähige Keime bei, während toxische und sensibilisierende Wirkungen auch von nicht vitalen Mikroorganismen und deren Bestandteilen, wie beispielsweise Pilzsporen, ausgehen, die durch Messung der kultivierbaren Keime (KBE) nicht erfasst werden [Bünger et al., 1999a]. Kurzzeitige extrem hohe Keimbelastungen durch luftgetragene Mikroorganismen manifestieren sich klinisch eher als organic dust toxic syndrome (ODTS), wogegen dem Auftreten der exogen allergischen Alveolitis neben einer hohen Keimbelastung auch eine längere Exposition vorauszugehen scheint [Malmberg et al., 1993]. Die eaA ist eine kombinierte Typ-III- und Typ-IV-Immunreaktion der Lunge auf organische Antigene, die in der Regel in hohen Konzentrationen inhaliert werden. Sie verursacht eine akute, subakute oder chronische, interstitielle Lungenentzündung, die unbehandelt zur Lungenfibrose führen kann [Schmitz, 1998].

Die erhebliche Belastung von Haus- und Biomüllwerkern gegenüber mesophilen Schimmelpilzen, sowie von Bio- und Gemischtmüllwerkern zusätzlich gegenüber thermophilen Aktinomyzeten und thermotoleranten Schimmelpilzen, ist bekannt. Eine Studie aus Schleswig-Holstein [Trepkau et al., 1999] zeigte eine hohe Belastung durch luftgetragene Keime an Arbeitsplätzen von Müllwerkern, es konnten jedoch keine Hinweise auf eine durch luftgetragene Mikroorganismen hervorgerufene eaA bei Müllwerkern gefunden werden [Trepkau et al., 1999]. Weitere durch Schimmelpilze hervorgerufene Erkrankungen sind die allergische bronchpulmonale Aspergillose, allergisches Asthma bronchiale und die allergische Rhinokonjunktivitis. Bei der bronchopulmonalen Aspergillose handelt es sich um eine Immunglobulin-E-vermittelte allergische Sofortreaktion, die mit einer verzögerten Reaktion kombiniert ist. Dies wird als duale Reaktion bezeichnet. Es handelt sich nicht um eine echte Mykose, sondern um eine kombinierte Schimmelpilz-Allergie des Respirationstraktes [Gemeinhardt und Wallenstein, 1986]. Das Asthma bronchiale ist eine entzündliche Atemwegserkrankung, die mit einer gesteigerten Empfindlichkeit der Atemwege auf zahlreiche Reize und einer spontan oder medikamentös reversiblen Bronchokonstriktion einhergeht. Aus prognostischen und therapeutischen Gesichtspunkten ist eine Unterscheidung in exogen-allergisches (extrinsisches) und nicht-allergisches (intrinsisches) Asthma bronchiale sinnvoll [Magnussen und Kanzow, 1998]. Schimmelpilze können auch eine allergische Rhinokonjunktivitis, die sich bei Kindern z.B. als rezidivierender Infekt der oberen Atemwege manifestieren kann und eine allergische Rhinosinusitis hervorrufen [Röseler, 1998].

Im Vergleich zu den dort nachgewiesenen intervallartigen Spitzenbelastungen durch Schimmelpilze und thermophile Aktinomyzeten durch das Holen, Öffnen und Ausleeren der Mülltonnen stellt sich die Frage, wie die Belastungen am Arbeitsplatz des Müllfahrers einzuschätzen sind. Die Fahrerkabine stellt einen geschlossenen Raum dar, so dass einerseits eine ausgeprägte und vor allem konstante Keimbelastung zu vermuten wäre. Andererseits liegt eine größere räumliche Distanz zwischen Fahrerkabine und der Schüttung des Müllfahrzeugs, so dass eine geringere Keimbelastung ebenso denkbar wäre.

Bei einer Probemessung während der oben angeführten Studie [Trepkau et al., 1999]

waren sehr hohe Schimmelpilzsporenkonzentrationen in einer Fahrerkabine nachgewiesen worden.

Martens [1998] beschreibt keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich der Summenparameter Gesamtbakterienzahl und Gesamtschimmelpilzsporenzahl beim Sammeln von Biomüll im Vergleich zu Restmüll. Somit lässt sich eine vergleichbar hohe Keimzahlbelastung in der Fahrerkabine bei der Sammlung von Restmüll wie bei Biomüll vermuten.

1.2 Fragestellung

Die Untersuchung soll folgende Fragen beantworten:

- In welchem Ausmaß sind Müllfahrer in Schleswig-Holstein Schimmelpilzen und thermophilen Aktinomyzeten an ihrem Arbeitsplatz ausgesetzt?
- Unterscheiden sich die Belastungen von Müllfahrern und Müllwerkern?
- Haben Müllfahrer eine hohe Sensibilisierungsrate oder gar ein gehäuftes Auftreten allergischer, insbesondere pulmonaler Erkrankungen?
- Finden sich unterschiedliche aerogene Belastungen zwischen Biomüll- und Restmüllfahrern?
- Welche präventivmedizinischen Maßnahmen zur Erfassung einer möglichen Sensibilisierung durch luftgetragene Mikroorganismen bei Müllfahrern sollten, auch im Hinblick auf die Biostoffverordnung, ergriffen werden?

2 Material und Methoden

2.1 Kollektiv

Es wurden insgesamt 32 Müllfahrzeugführer der Entsorgungsbetriebe Lübeck, Ostholstein und Kiel im Rahmen einer Felduntersuchung an ihrem Arbeitsplatz untersucht. Dabei handelte es sich um 13 Restmüll-, 12 Gemischtmüll- und 7-Biomüllfahrer. Bei der standardisierten Anamnese mittels Fragebögen (Musterexemplar siehe Anhang) wurden die berufliche Vorgeschichte sowie pneumologische und allergologische Erkrankungen besonders berücksichtigt.

2.2 Klinisch körperliche Untersuchung

Vor Schichtbeginn (6.00 Uhr) wurde eine orientierende körperliche Untersuchung durchgeführt.

2.3 Blutuntersuchungen

2.3.1 Allgemeine Blutuntersuchungen

Im Anschluss an die klinische Untersuchung folgte im Liegen die venöse Blutentnahme mittels eines geschlossenen Blutentnahmesystems der Firma Sarstedt. Hieraus ermittelte das Labor Wulf/Woehrmann in Plön das Gesamt-Immunglobulin-G, Gesamt-Immunglobulin-A, Gesamt-Immunglobulin-E sowie jeweils ein großes Blutbild. Die Blutsenkungsgeschwindigkeit nach Westergren ermittelten wir vor Ort. Nach Schichtende erfolgte erneut eine Bestimmung der Blutsenkungsgeschwindigkeit sowie eines kleinen Blutbildes entsprechend der Vorgehensweise vor der Schicht.

2.3.2 Spezielle Blutuntersuchungen

Nach der Blutentnahme vor der Schicht wurde das Blut über fünf Minuten bei 3500 U/min zentrifugiert und das Serum in 2ml-Eppendorf-Gefäße abgefüllt. Die Serumproben wurden bei -18°C tiefgefroren und in die entsprechenden Laboratorien weitergegeben.

Der Radio-Allergo-Sorbent-Test (RAST) zur Bestimmung des spezifischen IgE auf fünf verschiedene Schimmelpilze (*Alt. alternata*, *Asp. fumigatus*, *Asp. niger*, *Rhiz.*

nigricans und *Pen. notatum*) wurde im Institut für Immunologie und Transfusionsmedizin des Universitätsklinikums Lübeck, Direktor Prof. Dr. H. Kirchner, durchgeführt, der RAST auf die beiden Schimmelpilze *Clad. cladosporioides* und *Neuro. sitophila* fand im Labor Wulff/Woehrmann in Plön statt. Der RAST wurde ab Klasse 2 (spezifisches IgE von 0,35 bis 0,7 kU/l) als positiv bewertet.

Die spezifischen IgG-Antikörper gegen thermophile Aktinomyzeten (*Sacc. rectivirgula* (*Micropolyspora faeni*), *Sacc. hirsuta*, *Sacc. viridis* und *Streptom. thermovulgaris*) wurden als ELISA (enzyme linked immunosorbent assay), die spezifischen IgG-Antikörper gegen Schimmelpilze (*Asp. fumigatus*, *Asp. nidulans*, *Asp. niger*, *Asp. sydowii*, *Asp. versicolor*, *Pen. brevicompactum* und *Pen. crustosum*) mit Hilfe des IIFT (indirekter Immunfluoreszenztest) erfasst. Bei der Bestimmung des spezifischen IgG auf thermophile Aktinomyzeten in der ELISA-Technik gibt es bislang keine Standardwerte, so dass als oberer Normwert der Mittelwert einer unbelasteten Kontrollgruppe zuzüglich drei Standardabweichungen angegeben wurde. Für das spezifische IgG werteten wir AK-Titer ab der Verdünnung 1:256 als grenzwertig, ab 1:512 als pathologisch.

Bei beiden Methoden handelt es sich um "Sandwich-Verfahren", bei dem die Testantigene an die Oberfläche von festen Trägern gebunden werden. Nach Kontakt mit Verdünnungen der zu testenden Probandenseren können die in einer Antigen-Antikörper-Bindung fixierten spezifischen Immunglobuline in einem zweiten Schritt durch einen Anti-Immunglobulin-G-Antikörper nachgewiesen werden. Dazu ist im Falle des ELISA der zweite Antikörper an ein Enzym gekoppelt, das entsprechendes Substrat umsetzt, wobei es zu einem Farbumschlag kommt, der mittels eines Photometers quantifiziert werden kann. Im Falle des IIFT ist dieser Antikörper mit einem Fluoreszenzfarbstoff gekoppelt, der im Fluoreszenzmikroskop erkennbar wird [Stalder und Bünger, 1994]. Die Untersuchungen erfolgten in der Abteilung für Arbeits- und Sozialmedizin an der Georg-August-Universität Göttingen, Direktor Prof. Dr. E. Hallier.

2.4 Lungenfunktionsdiagnostik

Mittels FLOWSCREEN, einem portablen Kleinspirometer der Firma Jaeger, Würzburg, wurden folgende Lungenfunktionsparameter erfasst:

inspiratorische Vitalkapazität (VC_{IN}),

expiratorisches Reservevolumen (ERV),

forcierte Vitalkapazität (FVC),

forciertes expiratorisches Volumen nach einer Sekunde (FEV₁, sog. Tiffenau-Wert),

relatives FEV₁ / VC_{IN} in % (relative Einsekundenkapazität),

max. expiratorischer Fluß bei 50 % der verbliebenen Vitalkapazität (MEF 50),

max. expiratorischer Fluß bei 25 % der verbliebenen Vitalkapazität (MEF 25).

Anschließend wurde als letzte Basismessung der Atemwegswiderstand mittels Unterbrechermethode gemessen (R_{Os}).

Nachdem die Spirometrie, Fluss-Volumen-Kurve und die Resistance-Messung vor der Schicht als Basis festgehalten wurden, vernebelte ein Pressluftinhalator mit einem geschlossenem Provokationsreservoir von 5 l Inhalt eine 0,1%ige Metacholinlösung, die der Proband unter Beobachtung komplett inhalierte (Abbildung 1).



Abbildung 1: Untersuchungsdurchführung (links Provokationseinrichtung, rechts Haut-Prick-Test)

Nach Auskultation der Lunge wurden erneut eine Spirometrie, Fluss-Volumen-Kurve und Resistance-Messung aufgezeichnet. Bei einer Erhöhung der Resistance auf mehr als $0,44 \text{ kPa}\cdot\text{s/l}$, einem Abfall des FEV1 von $> 20\%$ des Ausgangswertes, bei klinischen Symptomen oder geklagter Luftnot wurde die Provokation abgebrochen und direkt zur Bronchospasmolyse übergegangen. Ansonsten folgte nach gleichem Prinzip die Provokation mit 0,3%iger Metacholinlösung und anschließender Spirometrie, Fluss-Volumen-Kurve und Resistance-Messung.

Bei einem in der Basismessung erfassten Atemwegswiderstand von über $0,44 \text{ kPa}\cdot\text{s/l}$ wurde auf die Provokation verzichtet und eine Bronchospasmolyse mit zwei Hüben Salbutamol inhalativ durchgeführt. Anschließend erfolgte die erneute Erfassung der o.g. Lungenfunktionsparameter. Die Bronchospasmolyse galt als erfolgreich, wenn entweder die FEV1 um 20% anstieg, sich der Atemwegswiderstand um mindestens 50% verringerte oder Normalwerte erreichte.

Nach der Schicht wurden die o.g. Lungenfunktionsprüfung und die unspezifische bronchiale Provokation wiederholt.

2.5 Prick-Testung

Die Haut-Prick-Testung erfolgte nach der Schicht mittels der Standard-Pricktestreihen der Firma BENCARD (München) auf der Unterarminnenseite mit folgenden Allergenen (Tabelle 1):

Tabelle 1: Verwendete Allergene für die Prick-Testung

<u>Schimmelpilze:</u> Alternaria alternata Aspergillus fumigatus Aspergillus nigricans Cladosporium cladosporioides Penicillium notatum Neurospora sitophila Rhizopus nigricans	<u>Bäume:</u> Birke Erle Hasel
<u>Gräser:</u> Roggen Weizen Beifuß Wegerich	<u>Milben:</u> Dermatophagoides pteronyssinus Dermatophagoides farinae
<u>Tierepithelien:</u> Katze Hund	

Als Positivkontrolle diente Histaminchloridlösung (10 mg/ml), zur Negativkontrolle Natriumchloridlösung (0,9%). Mit zur Pricktestung genormten Stahllanzetten mit 1 mm langer Spitze wurde die Haut senkrecht durch den Testflüssigkeitstropfen hindurch für etwa eine Sekunde durchstoßen. Bei positiver Testreaktion kommt es zur Ausbildung einer Quaddel, die nach 15 bis 25 Minuten ihre volle Ausbildung erreicht.

Bei normaler Histaminempfindlichkeit werden Quaddeln und Erythem nach ihrem Durchmesser (in mm) bewertet [Heppt, 1998]. Ab der Ausprägung 2/5, dies entspricht einer Quaddel über 2 mm und Erythembildung von über 5 mm Durchmesser, wurde der Prick-Test als positiv qualifiziert.

2.6 Luftkeimbestimmung

2.6.1 Erhebung der Klimadaten

Jeweils zu Beginn und Abschluß der jeweiligen Luftkeimsammlung wurden Temperatur und Luftfeuchtigkeit durch das Thermo-Sekunden-Hygrometer Typ 6010 der Firma TESTOTHERM ermittelt.

2.6.2 Luftkeimmessung durch den Luftfiltrationskeimsammler

Im Falle der Luftkeimmessung bestand nur die Möglichkeit Restmüll- und Biomüllfahrer in ihrer Keimbelastung direkt zu erfassen, da die Gemischtmüllfahrer an einem Arbeitstag entweder Rest- oder Biomüll fahren, jedoch niemals beide Sorten an einem Tag bzw. einer Messung. Dementsprechend wurden die Gemischtmüllfahrer je nach Einsatz am Messtag in Bezug auf die Luftkeimmessung dem Rest- bzw. Biomüllfahrerkollektiv zugeordnet.

Der personengebundene Luftfiltrationskeimsammler (PAFS [Reckert und Senkpiel, 1998]) erfasste kontinuierlich über die gesamte Arbeitsschicht der Müllfahrer die Luftkeimbelastung. Der PAFS stellt einen Mini-Luftkeimsammler von zylindrischer Form dar. Der Durchmesser beträgt 40 mm, die Länge 95 mm und das Gewicht ca. 90 g (Abbildung 2). Das Gerät wurde in Brusthöhe an der Arbeitskleidung mit einem Clip befestigt und saugte während der gesamten Schicht Luft an, wobei das Radialgebläse einen Volumenstrom von 70-90 l/h garantiert. Die Leistungsaufnahme liegt bei 0,054 Watt [Senkpiel et al., 2000].

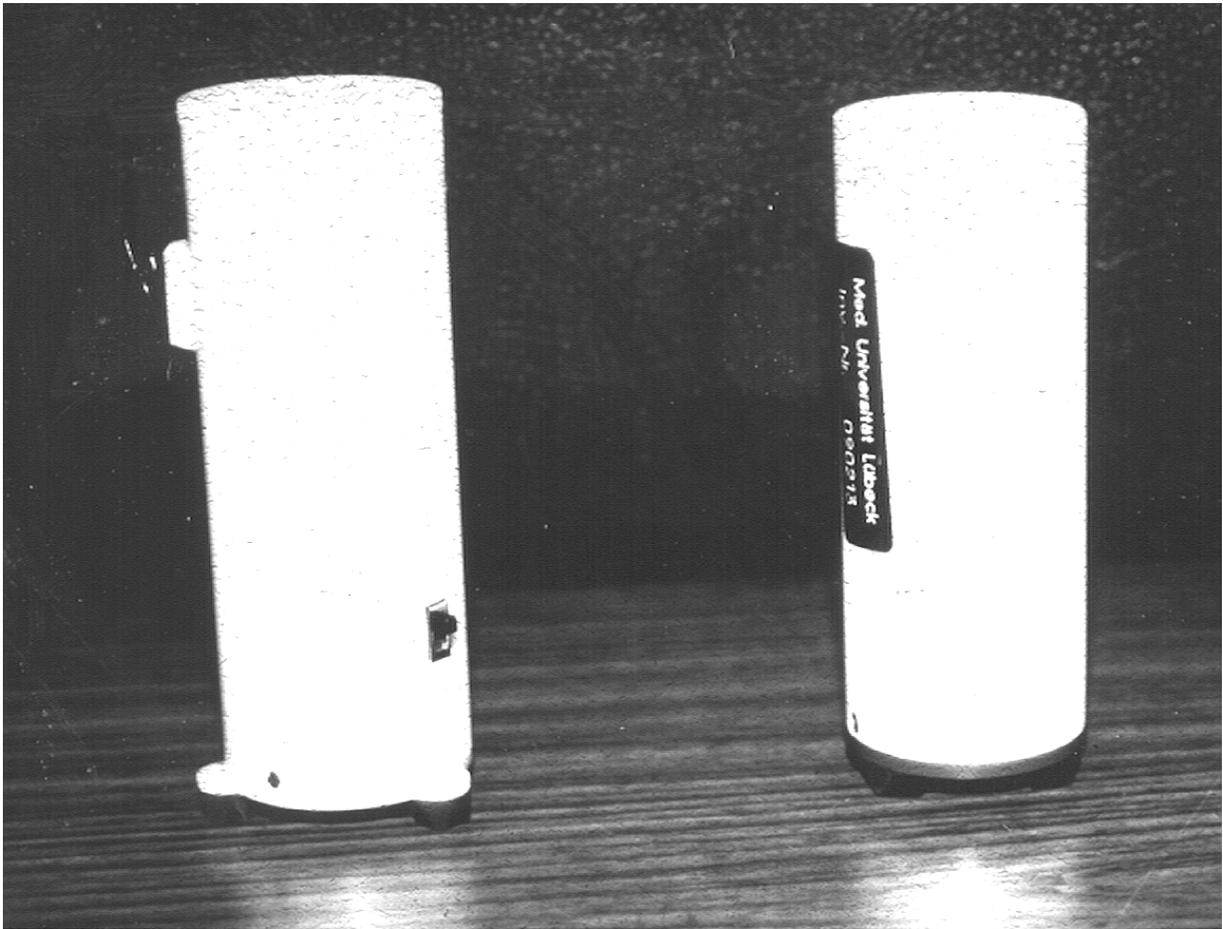


Abbildung 2: Luftfiltrationskeimsammler (PAFS (personal air filtration sampler))

Einmal wöchentlich wurden der Volumenstrom und die Batteriekapazität des Luftkeimsammlers gemessen, um eine gleichbleibende Kapazität des Sammlers zu garantieren.

Der PAFS wurde jeden Tag vor Schichtbeginn mit einem alkoholgetränktem Tupfer desinfiziert und nach Trocknung mit einem Zellosenitrat-Filter (Durchmesser 37 mm) der Firma Sartorius AG, Göttingen, bestückt. Nach Schichtende wurde der Filter mit Hilfe einer zuvor in 70%iger Isopropanollösung gereinigten Pinzette behutsam entnommen und direkt in 10 ml des Extraktionsmediums aus steriler 0,9%iger Natriumchlorid- und 0,3%iger Tween-20-Lösung in ein verschraubbares Glasfläschchen gelegt.

Mittels Ultraschallbad wurden die Auflagerungen des Filters in das Extraktionsmedium suspendiert und anschließend jeweils 0,2 ml dieser Lösung auf drei Nährmedien geimpft und über eine Woche bebrütet (Tabelle 2):

Tabelle 2: Art der Medien, Bebrütungstemperatur und zu erfassende Luftkeime

Medium	Bebrütungstemperatur	primär erfasste Luftkeime
Dichloran-Glycerin-Agar	22°C	mesophil wachsende Schimmelpilze
Malzextraktagar	37°C	thermotolerant wachsende Schimmelpilze
Caseinpeptonagar	56°C	thermophil wachsende Aktinomyceten

Anschließend wurden die Keime makroskopisch und mikroskopisch identifiziert und die Gesamtkeimzahl bzw. das Wachstum einer einzelnen Spezies unter Berücksichtigung der erfolgten Verdünnung und des Volumenstroms des Luftkeimsammlers als Gesamtkeimangabe in KBE/m³ (Koloniebildende Einheit pro m³) berechnet.

Die Verfahrensweise orientiert sich an den Technischen Regeln für biologische Arbeitstoffe 430: Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz [TRBA 430,1997].

2.7 Statistische Berechnungen

Zur statistischen Auswertung wurde das Computerprogramm SPSS 7.0 herangezogen. Entsprechend der Fragestellung werden nur beschreibende statistische Verfahren angewendet, welche bei metrischen Parametern neben statistischen Kenngrößen (Mittelwert, Standardabweichungen, Spannweite) rangbasierte Verfahren zum Gruppenvergleich (z. B. Kruskal-Wallis-Test, U-Test) und bei nicht-metrisch skalierten Daten verteilungsunabhängige Tests (z. B. Chi-Quadrat-Test für Vierfeldertafeln) umfassten.

Die jeweils verwendeten Verfahren sind im Ergebnisteil angegeben.

Als Signifikanzniveau wurde $p \leq 0,05$ definiert.

3 Ergebnisse

3.1 Biometrische Daten

Von 34 Müllfahrern stellten sich 32 für diese Studie zur Verfügung.

Hinsichtlich der Zusammensetzung unserer Untersuchungsgruppen in Bezug auf Alter, Gewicht und Größe gab es keine statistisch relevanten Unterschiede. Die Altersunterschiede zwischen den Kollektiven mit älteren Biomüllfahrern, sowie die Dauer der Betriebszugehörigkeit sind noch nicht signifikant ($p=0,06$ bzw. $p=0,10$ im Kruskal-Wallis-Test). Die einzelnen Werte sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Biometrische Daten der Untersuchungsgruppen

	Restmüllfahrer n=13		Biomüllfahrer n=7		Gemischtmüllfahrer n=12	
	Mittelwert ± SD	Median Min Max	Mittelwert ± SD	Median Min Max	Mittelwert ± SD	Median Min Max
Alter in Jahren	43,9±9,4	44 28 58	52,1±9,6	56 35 61	37,4±8,7	45 30 59
Betriebszugehörigkeit in Jahren	16,3±7,4	18 3 31	19,6±9,4	19 8 31	9,3±12,0	9,5 1 23
Größe in cm	179 ± 8,1	179 166 194	178,7±5,9	180 170 185	178,5±4,9	179 167 183
Gewicht in kg	87,7±11,3	87 66 104	86±6,9	85 75 95	88±17,4	88 63 119
Raucher	9 von 13		3 von 7		8 von 12	
Ex-Raucher	1 von 13		3 von 7		2 von 12	
Raucheranteil in %	69		43		67	

3.2 Vorerkrankungen und Anamnese

Anamnestisch gaben die Müllfahrer verschiedene Symptome an, die Ausdruck einer möglichen Sensibilisierung oder toxischen Reaktion auf Arbeitsstoffe sein könnte.

Eine Zusammenfassung zeigt Tabelle 4:

Tabelle 4: Häufigkeit von Symptomen bzw. geklagten Beschwerden am Arbeitsplatz

Symptom	Restmüllfahrer n=13	Gemischtmüll- fahrer n=12	Biomüllfahrer n=7	χ^2 -Test
Rhinitis allergica	3	1	1	p=0,59
Konjunktivitis	2	1	1	p=0,86
Asthma bronchiale	1	2	0	p=0,47
Chron. Bronchitis	1	3	0	p=0,22
Dyspnoe	3	6	2	p=0,33
Auswurf	2	2	1	p=0,99
Schweißausbrüche	2	0	0	p=0,21
Engegefühl	3	2	1	p=0,87
Abgeschlagenheit	4	6	3	p=0,61

3.3 Blutsenkungsgeschwindigkeit und Leukozyten im Vergleich vor und nach der Arbeitsschicht

Deutliche Anstiege der Leukozytenzahlen (NW: 4,4 – 11,3 nl [Thomas, 1998]) konnten in keinem Fall ermittelt werden. Ein Gemischtmüll- und ein Restmüllfahrer zeigten eine erhöhte BSG (>20 mm nach 1 h [Thomas, 1998]) nach der Schicht.

Die Eosinophilenzahl, die nur vor der Schicht ermittelt wurde, ergab bei zwei Rest-, einem Bio- und drei Gemischtmüllfahrern eine Eosinophilie (> 4,0% [Thomas, 1998]).

Dieser Unterschied ist nicht signifikant (χ^2 -Test, p=0,478). Tabelle 5 zeigt den Vergleich vor und nach der Arbeitsschicht.

Tabelle 5: BSG und Leukozyten im Vergleich vor und nach einer Arbeitsschicht

	Restmüllfahrer <i>n=13</i>		Biomüllfahrer <i>n=7</i>		Gemischtmüllfahrer <i>n=12</i>	
	Mittelwert \pm SD	Median	Mittelwert \pm SD	Median	Mittelwert \pm SD	Median
BSG (mm n. W.) 1-h- Wert vor Schicht	6,0 \pm 5,0	4	9,4 \pm 4,4	10	7,7 \pm 6,96	4,5
BSG (mm n. W.) 2-h- Wert vor Schicht	12,4 \pm 9,5	10	18,4 \pm 10,2	19	13,2 \pm 11,9	8,5
BSG (mm n. W.) 1-h- Wert nach Schicht	8,8 \pm 9,5	4	8,8 \pm 4,0	8	9,8 \pm 10,4	5
BSG (mm n. W.) 2-h- Wert nach Schicht	14,8 \pm 16,1	7	15,8 \pm 7,7	16	14,5 \pm 12,3	11
Leukozyten (pro nl) vor Schicht	6,4 \pm 1,3	6,39	7,1 \pm 1,5	7,19	7,1 \pm 2,0	6,54
Leukozyten (pro nl) nach Schicht	7,8 \pm 2,2	7,74	6,3 \pm 2,9	8,04	8,5 \pm 1,8	8,07

3.4 Vergleich des Gesamt-IgE, -IgA und -IgG zwischen den Müllfahrergruppen

Die Gesamt-Immunglobulin-Konzentrationen unterscheiden sich bei IgG, IgA und IgE zwischen den drei Fahrergruppen nicht signifikant ($p > 0,05$). Eine Zusammenfassung der Gesamt-Immunglobulin-Konzentrationen der verschiedenen Müllfahrergruppen zeigt Tabelle 6.

Tabelle 6: Immunglobuline der verschiedenen Müllfahrergruppen

Immunglobulin	Restmüllfahrer <i>n</i> =13	Biomüllfahrer <i>n</i> =7	Gemischtmüllfahrer <i>n</i> =12
Mittelwert des Gesamt-IgA (mg/dl) ± Standardabweichung	257,9 ± 94,4	315 ± 131,2	212,9 ± 53,9
Maximum Gesamt-IgA (mg/dl)	506	510	297
Minimum Gesamt-IgA (mg/dl)	131	140	148
Mittelwert des Gesamt-IgE (IE/ml) ± Standardabweichung	177,1 ± 455,3	112,5 ± 137,6	143,3 ± 137,6
Maximum Gesamt-IgE (IE/ml)	1688	286	434
Minimum Gesamt-IgE (IE/ml)	2,09	18,8	16,9
Mittelwert des Gesamt-IgG (mg/dl) ± Standardabweichung	1153,8 ± 251,6	1321,4 ± 270,0	1041,8 ± 273,4
Maximum Gesamt-IgG (mg/dl)	1670	1850	1300
Minimum Gesamt-IgG (mg/dl)	739	1070	247

Es ergaben sich jedoch in der Untersuchung des Gesamt-IgE für zwei Rest-, drei Bio- und fünf Gemischtmüllfahrer erhöhte Werte (> 100 IU/ml [Thomas, 1998]). Erhöhtes

Tabelle 7: Untersuchung auf signifikante Unterschiede der Häufigkeit erhöhter Immunglobulinwerte (*p*-Werte im Kruskal-Wallis-Test)

Erhöhte Ig	Rest- gegen Biomüllfahrer	Rest- gegen Gemischtmüllfahrer	Bio- gegen Gemischtmüllfahrer
p bei IgA-Werten	0,19	0,23	0,07
p bei IgE-Werten	0,16	0,38	1,0
p bei IgG-Werten	0,19	0,41	0,57

Gesamt-IgG zeigte sich bei einem Biomüllfahrer (> 1550 mg/dl [Müller-Quernheim, 1994]). Das Gesamt-IgA war bei drei Rest-, drei Gemischt- und vier Biomüllfahrern erhöht (>260 mg/dl [Müller-Quernheim, 1994]). Diese unterschiedlichen Häufigkeiten erhöhter Gesamt-Immunglobulin-Werte sind nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test, $p>0,07$; Tabelle 7 und Abbildung 3).

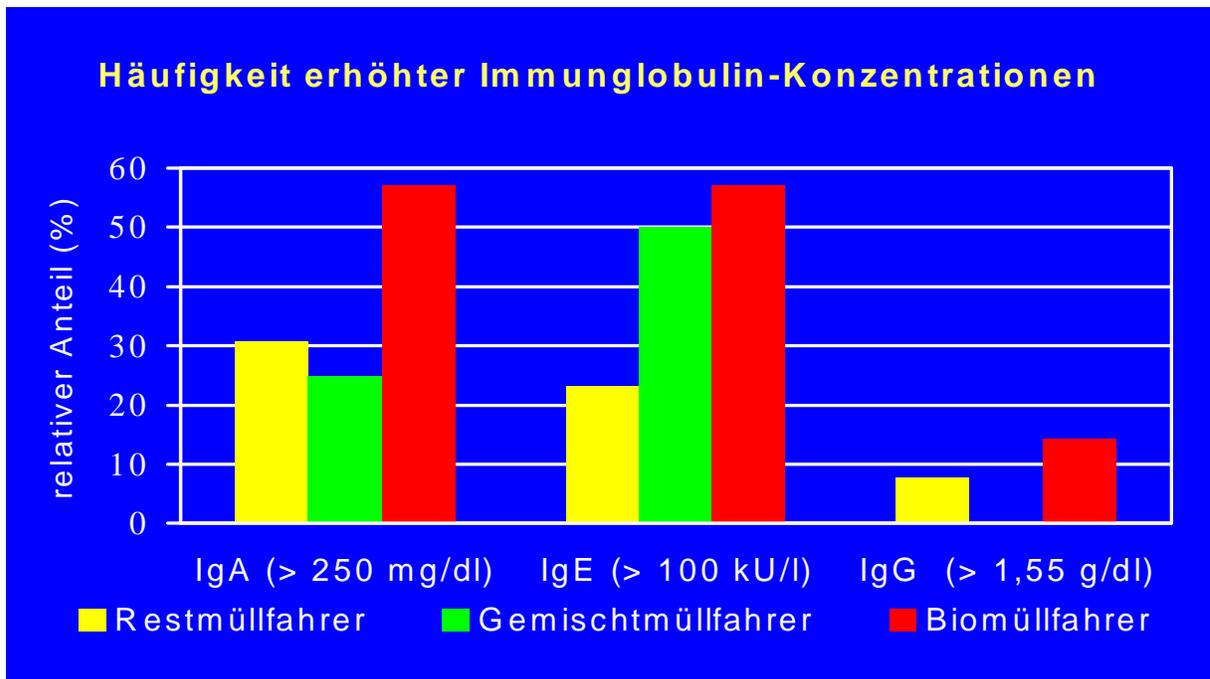


Abbildung 3: Häufigkeit erhöhter Immunglobulin Konzentrationen

3.5 RAST auf Schimmelpilze

Es fand sich bei keinem der untersuchten Müllfahrer eine Typ-I-Sensibilisierung auf die Schimmelpilze *Asp. niger* und *fumigatus*, *Alt. alternata*, *Clad. cladosporioides*, *Pen. notatum*, *Neuro. sitophila* oder *Rhiz. nigricans*.

3.6 Spezifisches Immunglobulin G gegen Schimmelpilze und thermophile Aktinomyceten

Keiner der untersuchten Fahrer wies zum Untersuchungszeitpunkt deutlich erhöhte spezifische IgG-AK-Titer für die untersuchten Schimmelpilze auf. Tabelle 8 zeigt die Häufigkeit in einigen Fällen nachweisbarer grenzwertiger AK-Titer für Schimmelpilze

bei den einzelnen Untersuchungsgruppen, wobei auch hier keine relevanten Unterschiede zwischen den Müllfahrergruppen bestanden.

Tabelle 8: Anzahl der Probanden mit grenzwertigen spez. IgG-AK-Titer 1:256 für 7 Schimmelpilze und 4 Aktinomyceten

Grenzwertige Titer für spezifisches IgG auf	Restmüllfahrer n=13	Biomüllfahrer n=7	Gemischtmüllfahrer n=12
Asp. fumigatus	0	0	1
Asp. niger	0	0	0
Asp. nidulans	1	1	0
Asp. sydowii	2	0	1
Asp. versicolor	0	0	2
Pen. brevicompactum	0	0	0
Pen. crustosum	0	0	0
Saccharopolyspora rectivirgula	1	0	2
Saccharopolyspora hirsuta	0	0	0
Saccharopolyspora viridis	0	0	0
Saccharopolyspora thermovulgaris	0	0	0

3.7 Lungenfunktionsparameter vor und nach der Schicht

3.7.1 Inspiratorische Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht

Die inspiratorische Vitalkapazität (VCin) zeigte im Vergleich vor und nach der Schicht keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,08$). Tabelle 9 gibt einen Überblick über Mittelwerte und Spannweite der inspiratorischen Vitalkapazität der Müllfahrergruppen sowohl vor der Schicht als auch danach.

Tabelle 9: Inspiratorische Vitalkapazität vor und nach der Arbeitsschicht

Inspiratorische Vitalkapazität (in l)	Restmüllfahrer n=13	Biomüllfahrer n=7	Gemischtmüllfahrer n=12
Mittelwert ± Standardabweichung vor der Arbeitsschicht	5,3 ± 0,8	5,0 ± 0,7	4,9 ± 1,2
Messwertbereich vor der Schicht	4,24 – 6,6	4,1 - 6,2	2,6 -7,2
Mittelwert ± Standardabweichung nach der Arbeitsschicht	5,34 ± 0,78	5,3 ± 1,6	4,6 ± 1,2
Messwertbereich nach der Schicht	3,96 – 6,52	3,8 – 8,6	2,4 – 6,3

3.7.2 Atemwegswiderstand im Vergleich vor und nach der Schicht

Sowohl im Vergleich vor und nach der Arbeitsschicht der Müllfahrer, als auch der Müllfahrerguppen untereinander konnten keine statistisch signifikanten Veränderungen des Atemwegswiderstandes (R_{OS} = Resistancebestimmung mittels der Unterbrechermethode) gefunden werden. Tabelle 10 zeigt die ermittelten Größen im Überblick.

Tabelle 10: Die Messwerte des Atemwegswiderstandes R_{OS} vor und nach der Arbeitsschicht (in $kPa \cdot s/l$)

Atemwegswiderstands- messung	Restmüllfahrer <i>n</i> =13	Biomüllfahrer <i>n</i> =7	Gemischtmüllfahrer <i>n</i> =12
Mittelwert ± Standard- abweichung vor einer Schicht	0,37 ± 0,12	0,35 ± 0,08	0,37 ± 0,16
Wertebereich vor einer Schicht	0,21-0,59	0,25-0,46	0,20-0,63
Mittelwert ± Standard- abweichung nach einer Schicht	0,35 ± 0,15	0,31 ± 0,09	0,39 ± 0,18
Wertebereich nach der Schicht	0,20-0,70	0,21-0,45	0,22-0,79

3.7.3 Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht

Der maximale expiratorische Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität (MEF50), zeigte weder im Vergleich vor und nach der Schicht, noch der Gruppen untereinander statistisch signifikante Unterschiede. Tabelle 11 beschreibt die ermittelten Werte.

Tabelle 11: Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität vor und nach der Arbeitsschicht (in l/s)

Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität	Restmüll- fahrer <i>n</i> =13	Biomüllfahrer <i>n</i> =7	Gemischtmüll- fahrer <i>n</i> =12
Mittelwert und Standardab- weichung vor einer Schicht	4,07 ± 1,29	3,65 ± 1,65	3,67 ± 1,83
Wertebereich vor der Schicht	1,39-5,50	2,16-6,78	0,25-5,61
Mittelwert und Standard- abweichung nach einer Schicht	4,29 ± 1,54	3,58 ± 1,79	3,86 ± 2,18
Wertebereich nach der Schicht	2,26-7,19	1,83-5,97	0,43-6,39

3.7.4 Maximaler expiratorischer Fluss bei 25% der verbliebenen Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht

Auch der maximale Fluss bei 25% der verbliebenen Vitalkapazität (MEF25) ergab zwischen den einzelnen Gruppen und im Vergleich vor und nach der Schicht keine statistisch signifikanten Unterschiede. Tabelle 12 gibt einen Überblick über den MEF25 der untersuchten Müllfahrer.

Tabelle 12: Maximaler expiratorischer Fluss bei 25% der verbliebenen Vitalkapazität vor und nach der Arbeitsschicht (in l/s)

Maximaler expiratorischer Fluss bei 25% der verbliebenen Vitalkapazität	Restmüll-fahrer n=13	Biomüllfahrer n=7	Gemischtmüll-fahrer n=12
Mittelwert ± Standardabweichung vor einer Schicht	41,35 ± 0,4	1,04 ± 0,61	1,11 ± 0,66
Wertebereich vor einer Schicht	0,30-1,88	0,36-2,09	0,13-2,21
Mittelwert ± Standardabweichung nach einer Schicht	1,28 ± 0,52	0,91 ± 0,68	1,27 ± 0,72
Wertebereich nach einer Schicht	0,49-2,41	0,11-1,95	0,13-2,29

3.7.5 Forcierte Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach einer Schicht

Das forcierte expiratorische Volumen nach einer Sekunde (FEV1) wies sowohl im Vergleich vor und nach der Schicht, als auch im Vergleich der Gruppen untereinander keine statistisch signifikanten Unterschiede auf (s. Tabelle 13)

Tabelle 13: Forcierte Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht (in l)

Forcierte Einsekundenkapazität	Restmüllfahrer <i>n=13</i>	Biomüllfahrer <i>n=7</i>	Gemischtmüllfahrer <i>n=12</i>
Mittelwert ± Standardabweichung vor der Schicht	4,04 ± 0,83	3,66 ± 0,55	3,60 ± 1,1
Wertebereich vor der Schicht	2,56-5,08	2,80-4,24	1,04-4,92
Mittelwert ± Standardabweichung nach der Schicht	4,11 ± 0,81	3,73 ± 1,05	3,56 ± 1,29
Wertebereich nach der Schicht	3,0-5,52	2,56-5,28	1,04-5,28

3.7.6 Relative Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht

Auch die relative Einsekundenkapazität FEV1/VCin (entspricht der Einsekundenkapazität nach Tiffeneau) zeigte zwischen den einzelnen Gruppen und auch im Schichtverlauf keine statistisch signifikanten Unterschiede (Tabelle 14).

Tabelle 14: Relative Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht (in %)

Relative Einsekundenkapazität FEV1/VCin	Restmüllfahrer <i>n=13</i>	Biomüllfahrer <i>n=7</i>	Gemischtmüllfahrer <i>n=12</i>
Mittelwert ± Standardabweichung vor der Schicht	73,96 ± 8,0	72,3 ± 8,6	70,5 ± 13,97
Wertebereich vor der Schicht	51,7-81,4	62,3-85,4	40,6-84,4
Mittelwert ± Standardabweichung nach der Schicht	74,1 ± 5,4	70,8 ± 9,7	71,8 ± 15,7
Wertebereich nach der Schicht	65,1-84,6	59,4-84,6	43,3-90,0

3.7.7 Relative inspiratorische Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht

Die relative inspiratorische Vitalkapazität, die sich als Quotient aus ermittelter

inspiratorischer Vitalkapazität und Normwert ergibt, zeigte im Schichtverlauf keine statistisch signifikanten Unterschiede, wie sämtliche untersuchten Lungenfunktionsparameter.

Abbildung 4 veranschaulicht dies am Beispiel der inspiratorischen Vitalkapazität und der forcierten expiratorischen Kapazität. Als Normwert wurde der entsprechende Mittelwert nach EGKS 1973 [EGKS, 1973] herangezogen. Es fanden sich zwei Gemischtmüllfahrer mit bislang unbehandelter COLD (chronic obstructive lung disease), die im Vergleich vor und nach der Schicht ebenfalls keine deutlichen Unterschiede in Bezug auf die relative inspiratorische Vitalkapazität aufwiesen. Tabell zeigt die ermittelten Größen im Überblick.

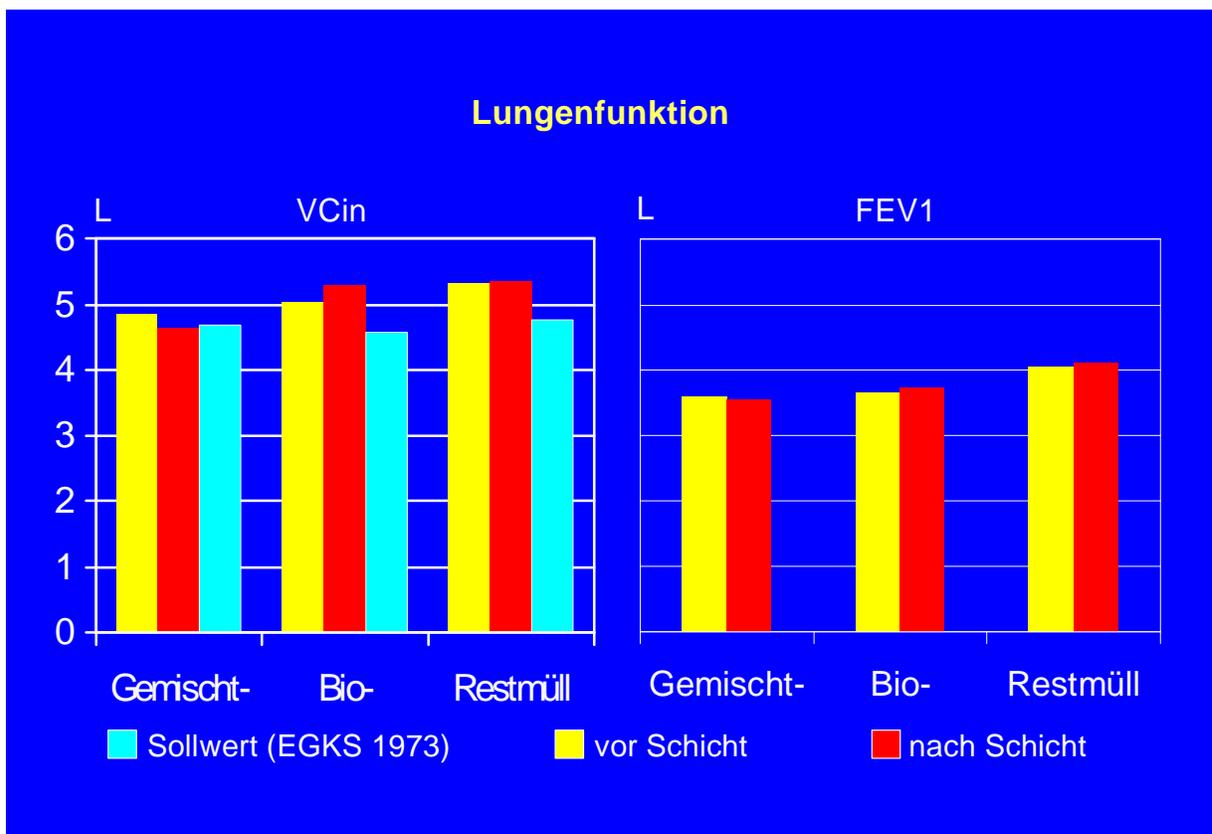


Abbildung 4: Vitalkapazität und Einsekundenkapazität im Vergleich vor-/nach-Schicht

Tabelle 15: Relative inspiratorische Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Arbeitsschicht (in %)

Relative inspiratorische Vitalkapazität	Restmüllfahrer <i>n=13</i>	Biomüllfahrer <i>n=7</i>	Gemischtmüllfahrer <i>n=12</i>
Mittelwert ± Standardabweichung vor der Schicht	93,5 ± 10,5	91,1 ± 9,7	85,9 ± 19,7
Wertebereich vor der Schicht	80-120	80-107	49-119
Mittelwert ± Standardabweichung nach der Schicht	93,8 ± 9,8	95,6 ± 24,9	83,1 ± 19,6
Wertebereich nach der Schicht	76-117	71-137	46-113

3.7.8 Unspezifische bronchiale Hyperreagibilität im Vergleich vor und nach der Schicht

Jeweils zwei Rest- und Gemischtmüllfahrer konnten sowohl vor als auch nach der Schicht aufgrund der vorhandenen obstruktiven Ventilationsstörung nicht unspezifisch mit Metacholin (MCH) provoziert werden, sondern es wurde sofort eine Bronchospasmolyse mit 0,2 mg Salbutamol durchgeführt. Bei beiden Restmüllfahrern und einem Gemischtmüllfahrer war die Lyse erfolgreich. Der andere Gemischtmüllfahrer konnte nur vor der Arbeitsschicht erfolgreich lysiert werden.

Jeweils einer der verbliebenen 10 Restmüllfahrer bzw. der verbliebenen 11 Gemischtmüllfahrer zeigte eine unspezifische bronchiale Hyperreagibilität nach der Schicht.

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der Atemwegswiderstände im Vor-/Nachschichtvergleich in Abhängigkeit von der Müllfahrerguppe (Abbildung 5).

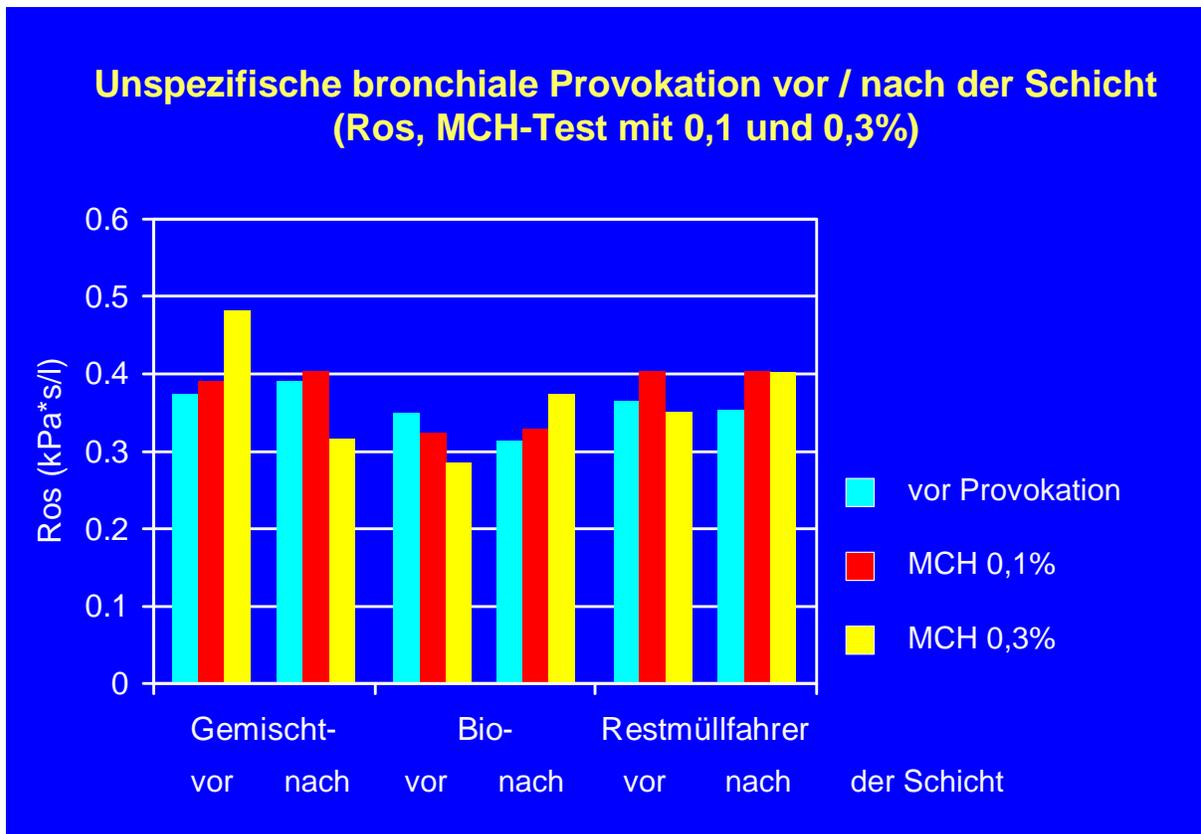


Abbildung 5: Unspezifische bronchiale Provokation der Müllfahrergruppen im Vergleich vor und nach der Arbeitsschicht

3.8 Kutaner Sensibilisierungsgrad

Im Hinblick auf eine kutane Typ-I-Sensibilisierung zeigten Rest-, Bio- und Gemischtmüllfahrer keinen statistisch signifikanten Unterschied. Lediglich ein Restmüllfahrer zeigte auf *Neurospora sitophila* und ein Gemischtmüllfahrer auf *Asp. fumigatus* eine Typ-I-Sensibilisierung. Tabelle 16 verdeutlicht die Häufigkeit einer positiven Reaktion auf ubiquitäre Allergene.

Tabelle 16: Häufigkeit positiver Befunde im Prick-Test nach der Schicht (Pricktest)

Allergen	Restmüllfahrer <i>n=13</i>	Biomüllfahrer <i>n=7</i>	Gemischtmüllfahrer <i>n=12</i>
Roggen	4	0	2
Weizen	5	0	2
Birke	1	0	3
Erle	0	0	2
Hasel	0	0	2
Beifuss	2	0	2
Wegerich	1	0	1
Katze	1	2	2
Hund	1	1	0
D. pteronissinus	2	1	1
D. farinae	2	1	1

Auffallend hoch ist der Sensibilisierungsgrad der Restmüllfahrer gegen Weizen und Roggen bei 7 von 32 Fahrern, wobei die erwartete Häufigkeit bei 2-3 Fahrern läge [Wüthrich et al., 1995].

3.9 Luftkeimmessung

3.9.1 Klimadaten

An den Tagen der Keimzahlmessung betrug die Temperatur bei Beginn der Messung im Mittel 14,4°C ($\pm 2,27^\circ\text{C}$), zum Ende 22,1°C ($\pm 4,27^\circ\text{C}$). Die parallel zur Temperatur gemessene Luftfeuchtigkeit lag im Mittel bei 74,6% ($\pm 11,0\%$) zu Beginn und bei 48,4% ($\pm 14,1\%$) am Ende der Messungen. Die einzelnen Werte sind den Abbildungen 6 und 7 zu entnehmen.

Abbildung 6: Temperaturen zu Beginn und am Ende der Luftkeimmessung

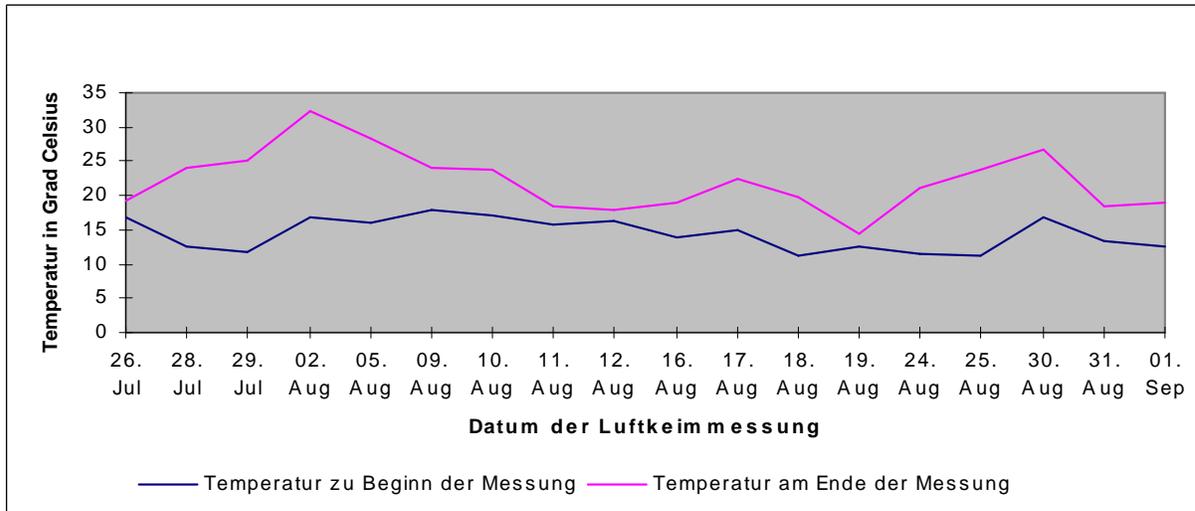
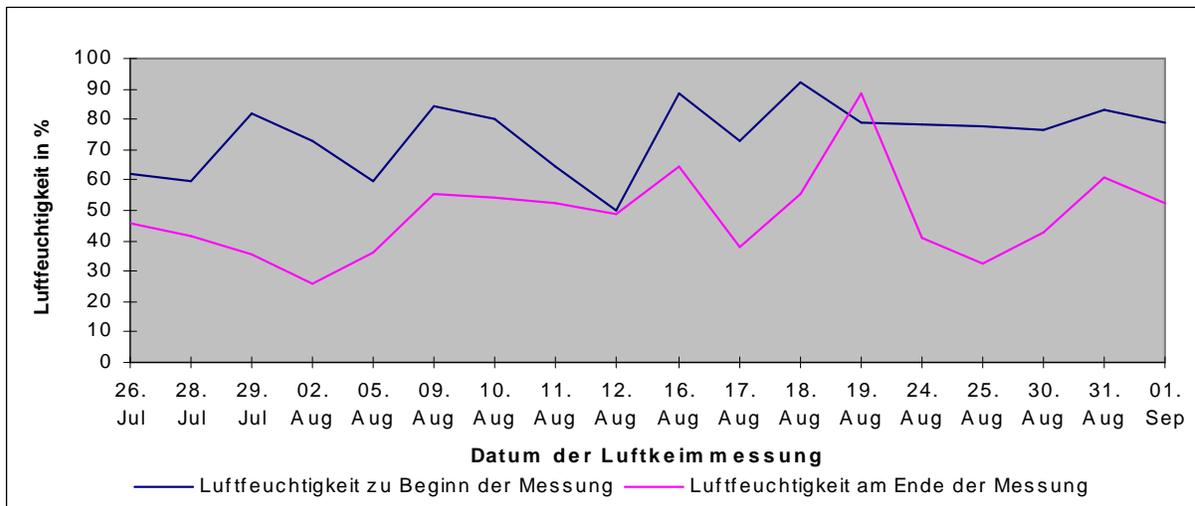


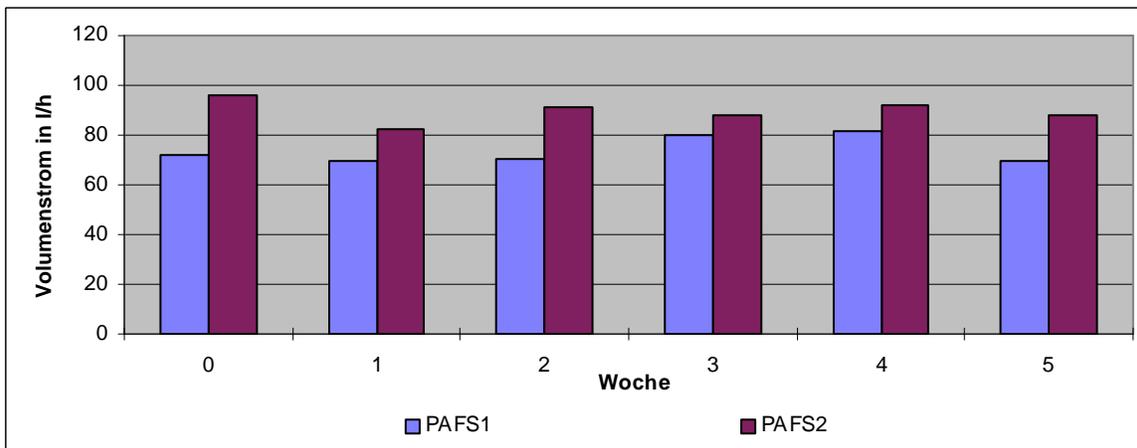
Abbildung 7: Luftfeuchtigkeit zu Beginn und am Ende der Luftkeimmessungen



3.9.2 Volumenstrommessung

Die wöchentliche Überprüfung des Volumenstroms der Luftkeimsammler ergab die Werte in Abbildung 8. Die Mittelwerte betragen 74 l/h (SD \pm 5,0, Maximum (Max.) 82 l/h, Minimum (Min.) 69,6 l/h und Median 71,4 l/h) bei PAFS1 und 89,6 l/h bei PAFS2 (SD \pm 4,3, Max. 96 l/h, Min. 82,2 l/h, Median 89,6 l/h).

Abbildung 8: Ergebnisse der Volumenstromüberprüfung der Luftkeimsammler



3.9.3 Luftkeimbelastung durch mesophil wachsende Schimmelpilze

Die Gemischtmüllfahrer wurden entweder dem Rest- oder Biomüllkollektiv zugeordnet, da an einem Arbeitstag nur eine Sorte Müll transportiert wurde.

Bei den mesophil wachsenden Schimmelpilzen zeigten sich überwiegend die Gattung *Penicillium*, aber auch *Aspergillus ochraceus*, *Asp. fumigatus* und *Asp. niger*.

In geringerer Konzentration wurden Schimmelpilze der Gattung *Cladosporium* erfasst, bei denen keine nähere Identifizierung erfolgte. Es ergaben sich Keimzahlen zwischen 620 KBE/m³ und 20567 KBE/m³. Beschreibende statistische Werte sind der Tabelle 17 zu entnehmen. Hinsichtlich ihrer Keimzahl bei mesophilem Schimmelpilzwachstum unterschieden sich Rest- und Biomüllfahrerproben nicht (Mann-Whitney-U-Test p=0,24).

Tabelle 17: Luftkeimbelastung am Arbeitsplatz durch mesophil wachsende Schimmelpilze

Parameter für mesophil wachsende Schimmelpilze (in KBE/m³)	Restmüllfahrer n=16	Biomüllfahrer n=16
Mittelwert und Standardabweichung der Gesamtkeimzahl	3044 ± 1815	4473 ± 4405
Wertebereich	620-6461	1587-20567
Median	3058	3427

3.9.4 Luftkeimbelastung durch thermotolerant wachsende Schimmelpilze

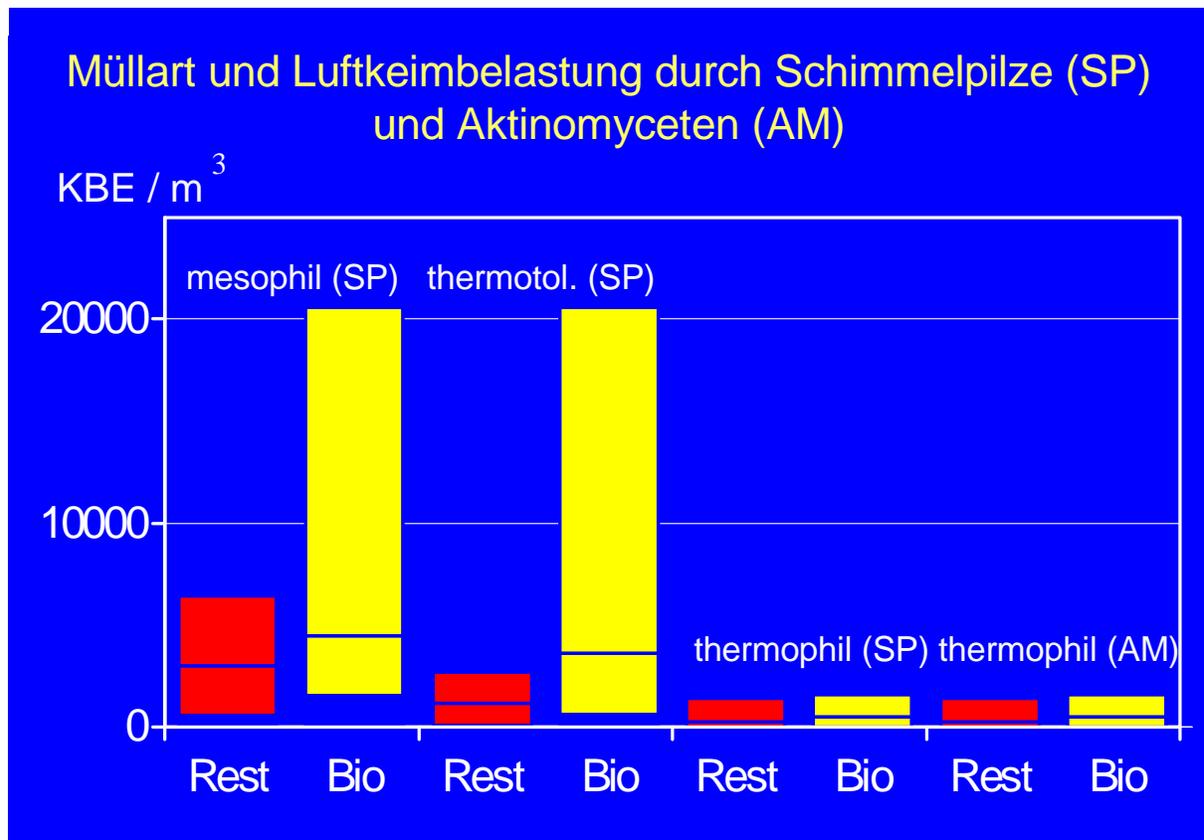
Unter Bebrütung der Proben bei 37°C, also Umweltbedingungen für thermotolerantes Schimmelpilzwachstum zeigte sich ein deutliches Mehrwachstum in den Proben bei Biomülltransporten. Dieses ist im Mann-Whitney-U-Test mit $p < 0,004$ signifikant. Tabelle 18 gibt hierzu einen Überblick über die Luftkeimbelastung durch thermotolerante Schimmelpilze.

Tabelle 18: Luftkeimbelastung am Arbeitsplatz durch thermotolerant wachsende Schimmelpilze

Parameter für thermotolerant wachsende Schimmelpilze (in KBE/m³)	Restmüllfahrer n=16	Biomüllfahrer n=16
Mittelwert und Standard-abweichung der Gesamtkeimzahl	1159 ± 930	3625 ± 4727
Wertebereich	77-2719	1587-20567
Median	930	2567

Die ermittelten Keimzahlen von 77 KBE/m³ bis 20567 KBE/m³ rekrutierten sich überwiegend aus *Asp. fumigatus*, *Asp. ochraceus* und *Asp. niger*. Vereinzelt wurden auch Schimmelpilze der Gattung *Asp. flavus* und *Neuro. sitophila* (entspricht *Chrisonila sitophila*) gefunden. Einen Gesamtüberblick veranschaulicht Abbildung 9 über die ermittelten Keimzahlen in Bezug auf Rest- und Biomüll.

Abbildung 9: Luftkeimbelastung von Rest- und Biomüllfahrern



3.9.5 Luftkeimbelastung durch thermophil wachsende Aktinomyzeten

Die Koloniezahlen bei Wachstum unter optimalen Bedingungen für thermophile Aktinomyzeten reichten von 0 KBE/m³ bis 1559 KBE/m³ (Tabelle 19).

Tabelle 19: Luftkeimbelastung durch thermophil wachsende Aktinomyzeten

Parameter für thermophil wachsende Aktinomyzeten (in KBE/m³)	Restmüll <i>n</i> =16	Biomüll <i>n</i> =16
Mittelwert und Standardabweichung der Gesamtkeimzahl	285 ± 458	515 ± 555
Wertebereich	0-1374	0-1559
Median	0	413

Folgende Keime konnten identifiziert werden (häufigste zuerst genannt):

- *Streptomyces thermovulgaris*
- *Saccharopolyspora rectivirgula*
- *Thermoactinomyces candidus*
- *Thermoactinomyces sacchari*
- *Saccaromyces viridis*

4 Diskussion

4.1 Keimexposition

Martens et al. [1998] ermittelten im Vergleich der Atemluft von Müllkippern, -holern und -fahrern bei den Fahrern im Mittel die niedrigste Schimmelpilzsporenkonzentration von $10^4 - 10^5$ KBE/m³. Die im Vergleich zu unseren Ergebnissen noch höhere Schimmelpilzbelastung in der Fahrerkabine könnte entsprechend der Einschätzung von Martens et al. [1998] durch Eintragen von Schmutz durch kontaminierte Kleidung oder von den häufig geöffneten Kabinenfenstern herrühren, ein Zusammenhang von Schüttvorgang in Bezug auf die Konzentration von *Asp. fumigatus*, sowie von thermophilen Actinomyceten in der Atemluft am Fahrzeugheck und in der Fahrerkabine wurde beschrieben. Schröder et al. [1998] stellten eine Gesamtschimmelpilzkonzentration von $10^2 - 10^4$ KBE/m³ in der Fahrerkabine von Müllfahrzeugen fest, in dieser Größenordnung liegen auch die von uns ermittelten Keimzahlen. Auch Neumann et al. [2001] untersuchten die Keimbelastung beim Abfalltransport und befanden die Schimmelpilzkonzentration in der Atemluft in der Fahrerkabine mit $10^3 - 10^4$ KBE/m³ insgesamt niedriger als die der Müllwerker ($10^4 - 10^5$ KBE/m³). Die Belastung durch thermophile Actinomyceten liegt im Vergleich zur Atemluft des Müllwerkers in der Fahrerkabine niedriger [Martens et al., 1998], wobei Martens et al. [1998] im Gesamtmüll deutlich niedrigere Konzentrationen von thermophilen Actinomyceten als in Bio- und Restmüll (Konzentrationen von $10^3 - 10^{4,5}$ KBE/m³) ermittelten. Die von uns ermittelte signifikant höhere Belastung durch thermotolerante Schimmelpilze bei der Einsammlung von Biomüll im Vergleich zu Restmüll deckt sich mit der Studie von Neumann et al. [2001], die Unterschiede zwischen den Abfallarten hinsichtlich der Keimexposition lediglich im Falle von *Asp. fumigatus* bei höheren Temperaturen im Biomüll nachwies. Im Hinblick auf die Gesamtschimmelpilzbelastung ergeben sich keine Hinweise auf Unterschiede zwischen den Müllarten [Neumann et al., 2001]. Auch Martens et al. [1998] fanden keine Unterschiede in der Schimmelpilzsporenimmission beim Sammeln von Bio-, Gesamt- und Restmülltonnen.

Der exogen allergischen Alveolitis geht neben einer hohen Keimbelastung auch eine

längere Exposition voraus [Malmberg et al., 1993]. Die verschiedenen Krankheitsbilder der eaA unterscheiden sich durch heterogene Allergene. Man nimmt an, dass unabhängig vom Allergen alle Formen der allergischen Alveolitis eine gemeinsame Pathogenese haben [Sennekamp, 1989]. Die Farmerlunge stellt die häufigste beruflich erworbene eaA dar und wird durch Antigene von thermophilen Aktinomyzeten und in geringem Maße durch Schimmelpilze hervorgerufen [Sennekamp, 1989]. Man unterscheidet bei der exogen allergischen Alveolitis eine akute von einer chronischen Verlaufsform.

Die häufigsten Symptome der akuten eaA sind nach der beschwerdefreien Latenzzeit von minimal dreieinhalb bis zwölf Stunden Belastungsdyspnoe, Fieber, Husten, Frösteln, Schwitzen, selten Hämoptoe, Schwindel, Myalgie und Kopfschmerzen.

Schwerer als die akute ist die chronische Verlaufsform zu diagnostizieren. Die Patienten klagen vorwiegend über uncharakteristische Beschwerden wie Leistungsminderung, Schwäche, Schwitzen, Schlaflosigkeit, Appetitlosigkeit, Gewichtsverlust und Belastungsdyspnoe. Diese chronische bzw. subakute Form findet man bei Patienten mit niedrig ausgeprägtem Sensibilisierungsgrad und geringer Allergeninhalation [Sennekamp, 1989].

Bei beiden Verlaufsformen treten Fieber, Rasselgeräusche, Tachypnoe, Giemen, Brummen, Pfeifen, Zyanose und „Fibrosequietschen“ als klinisch objektivierbare Symptome auf.

Die Lungenfibrose als das Endstadium der eaA kann mit Lebervergrößerung und Unterschenkelödemen infolge des sich ausbildenden Cor pulmonale einhergehen [Sennekamp, 1989]. Neben der Farmerlunge und vielen anderen hinsichtlich ihrer Allergene unterschiedenen Formen der allergischen Alveolitis stellt die Müllarbeiterlunge eine eigene berufsbedingte, durch Schimmelpilze verursachte Krankheitsform dar [TRGS 908, 1998]. Hierfür relevante Antigene sind Strukturen von *Aspergillus species*, *Penicillium species* und anderen Schimmelpilzen.

Am längsten bekannt und somit der Prototyp der eaA ist die Farmerlunge, bei der in der Landwirtschaft tätige Personen nach der Inhalation von schimmeligem Heustaub erkranken [Pepys et al., 1961].

Das optimale Wachstum der thermophilen Aktinomyzeten liegt bei Temperaturen

zwischen 40°C und 60°C bei hoher Luftfeuchtigkeit. Sie haben kleine Sporen von $\leq 1\mu\text{m}$ Durchmesser, die durch die kleinsten Bronchiolen in die Alveolen gelangen [Sennekamp, 1989]. Von klinischer Bedeutung sind die Arten *Thermoactinomyces candidus*, *Thermoactinomyces vulgaris*, *Thermoactinomyces sacchari*, *Micropolyspora faeni*, *Thermomonospora viridis* und *Thermoactinomyces dichotomicus*.

Auch Schimmelpilze der Gattung *Aspergillus* sind durch inhalative Provokationstests gesicherte Allergene der Farmerlunge. Sie kommen im Heu und Stroh oft in großen Mengen vor und gelten aufgrund ihrer hohen Widerstandsfähigkeit als ubiquitär vorkommende Keime. *Aspergillus* (*Asp.*) *fumigatus* ist der häufigste pathogene Erreger, weitere bedeutende dieser Gattung sind: *Asp. terreus*, *Asp. niger*, *Asp. nidulans*, *Asp. repens*, *Asp. versicolor*, *Asp. flavus* und *Asp. clavatus* [Sennekamp, 1989]. *Alternaria* (*Alt.*) *alternata* spielt bei der Typ-I-Allergie eine große, bei der allergischen Alveolitis nur eine untergeordnete Rolle. Schimmelpilze der Gattung *Cladosporium* induzieren ebenfalls selten die allergische Alveolitis [Sennekamp, 1989].

4.2 Hinweise auf Erkrankungen der Müllfahrer

Das Belastungsprofil durch Keimimissionen der Müllfahrer zeigt zum Zeitpunkt der Untersuchung keine signifikanten Abweichungen in den Lungenfunktionsanalysen. Auch Schappler-Scheele [1999] konnte in der Untersuchung von 362 Kompostarbeitern mit nachgewiesener Bioaerosolbelastung im Vergleich zur Kontrollgruppe keine signifikant häufiger auftretende Erkrankung an chronischer Bronchitis, Asthma bronchiale, exogen allergischer Alveolitis, allergischen Erkrankungen oder ODTDs ermitteln. Das Organic dust toxic syndrome (ODTS) beschreibt eine nichtinfektiöse fiebrige Erkrankung, die mit Frösteln, Unwohlsein, Muskelschmerzen, trockenem Husten, Dyspnoe, Kopfschmerzen und Übelkeit einhergeht und nach hoher Belastung durch organische Stäube, Schimmelpilze oder thermophile Aktinomyzeten, auftritt. Es unterscheidet sich jedoch von der exogen

allergischen Alveolitis beispielsweise durch das Fehlen von Infiltraten im Röntgen-Thorax-Bild und dem für die eaA charakteristischen Leukozytenanstieg. Eine Typ-III-Sensibilisierung gegen die Antigene des organischen Staubes spielt keine Rolle, außerdem sind keine Spätfolgen des ODS z. B. in Form einer Lungenfibrose bekannt [von Essen et al.,1990]. Grüner et al. [1999] untersuchten Deponiearbeiter, Wertstoffsortierer und, als Kontrollgruppe, kommunale Beschäftigte. Neben deutlicher Bioaerosolbelastung (Schimmelpilzkonzentration in der Atemluft zwischen $10^4 - 3 \times 10^5$ KBE/m³) konnten im Rahmen der Lungenfunktionsmessungen im Durchschnitt normale Werte gefunden werden. Auswirkungen der Keimbelastung auf die Lungenfunktion wurden nicht nachgewiesen. Beschäftigte mit eingeschränkter Lungenfunktion waren an den untersuchten Arbeitsplätzen nicht zu finden. Atopien waren in der Kontrollgruppe häufiger zu finden als in den Gruppen der Abfallwirtschaft. Diese Ergebnisse sprechen für Selektionseffekte (healthy worker effect), so dass Menschen mit atopischer Prädisposition insgesamt seltener einen Beruf in der Abfallwirtschaft ergreifen bzw. den Beruf wechseln. Neumann et al. [2001] ermittelten bei den untersuchten Müllwerkern nur eine geringe Anzahl erkrankter Beschäftigter und brachten lungenfunktionsanalytisch ermittelte Beeinträchtigungen in allen Fällen mit Nikotinkonsum in Zusammenhang.

Neben der Quantität spielt ebenso die Dauer der Allergenexposition eine Rolle. Je nach Sporengröße werden Schimmelpilzsporen mehr in oberen, mittleren oder tiefen Bereichen des Atemtraktes abgelagert [Gemeinhardt und Wallenstein, 1986]. Der aerodynamische Durchmesser bestimmt das Depositionsverhalten der Stäube, es sind nur Partikel mit einem Durchmesser von 1-7 µm alveolengängig. Hier gelangen sie in Kontakt zum Immunsystem.

4.3 Gesamt Immunglobulin-E Konzentrationen

Die Bestimmung von Gesamt-IgE bei Müllwerkern ergab in der Studie von Neumann et al. [2001] keine signifikanten Unterschiede zwischen der Einsammlung von Bio-, Rest-, und Gesamtmüll. Dies zeigt sich anhand unserer Ergebnisse entsprechend bei den untersuchten Müllfahrern, darüber hinaus auch anhand der Verteilung erhöhter

Gesamt-IgG und -IgA Werte. Dem allergischen Asthma bronchiale liegt eine Immunglobulin-E-vermittelte Typ I- Allergie nach Coombs und Gell zugrunde. Die häufigsten Auslöser für ein allergisches Asthma bronchiale sind Blütenstaub, Hausstaubmilben, Tierepithelien und Schimmelpilze, wie beispielsweise *Alternaria alternata* [Magnussen und Kanzow, 1998]. Die quantitative Relevanz von Schimmelpilzen und Aktinomyzeten im Bereich der Abfallwirtschaft ist deutlich [Bünger et al., 1999a]. Eine Typ I-Allergie kann sich klinisch als Asthma bronchiale, Juckreiz, Konjunktivitis, Fließschnupfen oder Urtikaria manifestieren. Bei bis zu 70% der Bevölkerung besteht eine Disposition (Atopie), eine solche Typ-I-Allergie im Laufe ihres Lebens zu entwickeln [Herr et al., 1999]. Bei entsprechend langer Exposition gegenüber großen Mengen an potentiell Allergen können auch allergisch nicht prädisponierte Personen sensibilisiert werden. Die erstmalige Sensibilisierung gegenüber einem Antigen erfordert meist größere Mengen des biologischen Agens, wohingegen für das spätere Auslösen allergischer Symptome durch das Agens sehr viel niedrigere Konzentrationen ausreichen [BIA-Handbuch, 1993].

Grüner et al. [1999] ermittelten bei der Untersuchung von Deponiearbeitern und Wertstoffsortierern Unterschiede bei den Konzentrationen von Gesamt-IgG und Gesamt-IgE zwischen den durch Schimmelpilzmission belasteten und unbelasteten Gruppen. Die Konzentrationen an Gesamt-IgE zeigten sich in Anlagen mit besonders hoher Keimbelastung (Konzentrationen bis $2,8 \times 10^6$ KBE/m³) im Durchschnitt deutlich erhöht. Die erhöhten Gesamt-IgG Werte werden als Ausdruck einer physiologischen Beanspruchungsreaktion des Körpers auf die ermittelte Schimmelpilzbelastung interpretiert. Auch die Gesamt-IgA-Titer-Erhöhungen der in dieser Studie untersuchten Müllfahrer sind eher Ausdruck einer stattfindenden Exposition und weniger als Zeichen einer Erkrankung zu werten [Sennekamp, 1998].

4.4 Spezifische Immunglobulin-G Konzentrationen

Bünger et al. [2000a] stellten in der Untersuchung von spezifischem IgG gegen Schimmelpilze und thermophile Actinomyceten im Vergleich von Kompostarbeitern, Bio-Müllwerkern und einer Kontrollgruppe einen signifikanten Anstieg der

Antikörperkonzentration gegen Pilze und Actinomyceten bei den Kompostarbeitern fest. Die Antikörperkonzentrationen der Bio-Müllwerker unterschieden sich nicht signifikant von der Kontrollgruppe, Personen mit atopischen Erkrankungen waren auch hier bei den Kompostarbeitern signifikant unterrepräsentiert. Als weiteren Hinweis auf eine innerhalb der Abfallwirtschaft geringere Belastung in der Biomüllsammlung durch Schimmelpilz- und Actinomycetenimmision beschrieben Büniger et al. [2000b] im Vergleich von spezifischen IgG Antikörpertitern gegen Schimmelpilze und Aktinomyceten zwischen Kompostwerkern, Wertstoffsortieren, Deponiearbeitern, Biomüllentsorgern und einer Kontrollgruppe. Die Antikörperspiegel der Deponiearbeiter und Biomüllentsorger unterschieden sich nur wenig von der Kontrollgruppe, Kompostwerker und Wertstoffsortierer wiesen die höchsten Antikörperkonzentrationen auf. Neumann et al. [2001] konnten keine signifikanten Unterschiede im Vergleich erhöhter spezifischer IgG Antikörpertiter gegen *Asp. fumigatus* in der Verteilung zwischen der Sammlung von Bio-, Rest- und Gesamtmüll durch Müllwerker und Müllfahrer feststellen, wobei jedoch keine Trennung zwischen Müllwerkern und Müllfahrern durchgeführt wurde.

Die allergische Alveolitis benötigt als Typ-III-Reaktion nach Coombs und Gell neben Antigen und Antikörpern Komplement. Allergene wie *Aspergillus*-Species, *Micropolyspora faeni*, *Thermoactinomyces vulgaris* und Vogelkot sind in der Lage, ohne entsprechende Antikörper die Komplementkaskade im Blut und im Gewebe zu aktivieren und damit Entzündungen hervorzurufen. Das inhalierte Antigen im Alveolargewebe trifft auf spezifische Immunglobulin-G- und Immunglobulin-A-Antikörper (IgG und IgA) und bildet mit diesen Immunkomplexe. Eine Ablagerung der Immunkomplexe mit Aktivierung der Komplementkaskade mündet in einer Typ-III-Allergie. Die Immunkomplexe können von Alveolarmakrophagen phagozytiert und intrazellulär gespalten werden. Die Fragmente werden auf der Zelloberfläche der Makrophagen den T4-Lymphocyten präsentiert und somit die zelluläre Typ-IV-Reaktion initiiert [Sennekamp, 1989].

4.4 Spezifische Immunglobulin-E Konzentrationen

Grüner et al. [1999] wiesen in der Untersuchung von Deponiearbeitern und Wertstoffsortierern trotz höherer Keimimmissionen im Vergleich zu der von uns ermittelten Keimimmissionen der Atemluft von Müllfahrern nur bei wenigen Personen überhaupt spezifische IgE Antikörpertiter gegen *Asp. fumigatus* und *Pen. notatum* nach. Bei den Wertstoffsortierern fand sich ein Anteil von 5,8% mit pos. IgE Antikörpernachweis gegen *Asp. fum.*, wobei von diesen 50% unterhalb der RAST-Klasse 2 blieben. Es wird hier von einer Dosis-Wirkungs-Beziehung ausgegangen als Beginn einer Typ-I-Sensibilisierung. Neumann et al. [2001] konnten keine Unterschiede in der Verteilung von pos. spezifischen IgE innerhalb eines Multiallergie-Screenings zwischen den Beschäftigten in der Müllsammlung von Bio- und Restmüll feststellen. Der Anteil der Probanden, deren Serumwert über 50mg/l lag, betrug in der Gruppe mit Bioabfallexposition 9,7%, in der ohne Bioabfallexposition 13,1%.

4.5 Beantwortung der eingangs gestellten Fragen

- Es zeigt sich eine deutliche Belastung der Atemluft der Müllfahrer mit Konzentrationen an mesophilen Schimmelpilzen im Bereich von 620 – 20567 KBE/m³, thermotoleranten Schimmelpilzen von 77 – 20567 KBE/m³ und thermophilen Actinomyceten von unterhalb der Nachweisgrenze bis zu 1559 KBE/m³.
- Die Belastungen der Müllfahrer durch luftgetragene Schimmelpilze und thermophile Actinomyceten liegen unterhalb derer der Müllwerker.
- Es zeigt sich keine erhöhte Sensibilisierungsrate von Müllfahrern und kein gehäuftes Auftreten pulmonaler Erkrankungen. Auffallend hoch ist der Sensibilisierungsgrad der Restmüllfahrer gegen Weizen und Roggen bei 7 von 32 Fahrern, deren Ursache ungeklärt bleibt.
- Es zeigt sich in bezug auf thermotolerante Schimmelpilzkonzentrationen in der Atemluft eine signifikant erhöhte Belastung von Biomüllfahrern im Vergleich zu

Restmüllfahrern. Es ergeben sich jedoch keine Unterschiede hinsichtlich des Gesundheitszustandes zwischen Rest-, Bio- und Gemischtmüllfahrern.

- Laut der Biostoffverordnung liegt bei der Müllentsorgung eine nicht gezielte Tätigkeit vor [§ 2, Absatz 5 der Biostoffverordnung, 1999], für die somit eine abgestufte Vorgehensweise zur Gefährdungsbeurteilung gilt. Der Arbeitgeber wählt die geeigneten Schutzmaßnahmen aus den Anhängen II und III der Biostoffverordnung aus. Diese Gefährdungsbeurteilung ist einmal jährlich durchzuführen. Es gelten in jedem Fall die mit der Schutzstufe 1 verbundenen allgemeinen Hygienemaßnahmen entsprechend der vom Ausschuss für biologische Arbeitsstoffe festgelegten technischen Regeln. § 11 der Biostoffverordnung fordert u.a. geeignete persönliche Schutzkleidung, Absatz 3 untersagt Nahrungs- und Genussmittel an Arbeitsplätzen, an denen die Gefahr einer Kontamination besteht. Dies trifft auf die Fahrerkabine eines Müllwagens nach unseren Ergebnissen zu. Daher ist von der „Frühstückspause“ im Müllwagen abzuraten. Die Praxis zeigte in unserer Studie gelegentlich geöffnete Kabinenfenster gerade bei sommerlichen Temperaturen, wodurch beim Schüttvorgang ein Eindringen der kontaminierten Luft ungehindert ist. Ferner kam es häufig zur Mitfahrt der Müllwerker samt verschmutzter Kleidung innerhalb der Fahrerkabine.

Laut Anhang 3.6 der Arbeitsstättenverordnung muss während der Arbeitszeit ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden sein [Arbeitsstättenverordnung, 2004]. Die Atemluft der Müllfahrer erfüllt diese Anforderung nicht. Da bislang nach unseren Ergebnissen zwar eine deutliche Luftbelastung vorliegt, aber noch keine daraus resultierenden Erkrankungen vorlagen, sollte eine weitere arbeitsmedizinische Überwachung der Müllfahrer zeigen, in welchem Maß die Luftbelastung am Arbeitsplatz gesundheitlich abträglich ist. Dies böte die Möglichkeit resultierenden Erkrankungen früh zu begegnen und Selektionseffekte (healthy worker effect) aufzudecken.

5 Schlussfolgerungen

Müllfahrer sind deutlichen Belastungen durch Schimmelpilze ausgesetzt, wobei die Belastung niedriger als die der Müllwerker ist. Es besteht keine höhere Sensibilisierungsrate und kein gehäuftes Auftreten allergischer und insbesondere pulmonaler Erkrankungen. Das Vorliegen der grenzwertig erhöhten spezifischen IgG-Titer gegen Schimmelpilze wirft die Frage nach einer beginnenden Sensibilisierung auf, der durch Folgeuntersuchungen der Müllfahrer nachgegangen werden könnte. Auch die Erhöhung des Gesamt-IgE könnte sich in einer weiteren Untersuchung durch umfassendere Testung von Berufsallergenen der Müllfahrer klären lassen.

Die Keimbelastung durch Biomüll liegt in Bezug auf das thermotolerante Schimmelpilzwachstum signifikant höher als durch Restmüll. Die insgesamt hohe Schimmelpilzbelastung zeigt die Notwendigkeit regelmäßiger Untersuchung der Müllfahrer.

Ursächlich könnte neben der Aufwirbelung der Schimmelpilze beim Deckelheben des Müllbehälters und beim Schüttprozess auch das Eintragen der Schimmelpilze durch kontaminierte Kleidung der zeitweise in der Kabine mitfahrenden Müllwerker sein. Außerdem erklärten sechs Müllfahrer, die Kabinenfenster beim Abladen nicht konsequent geschlossen zu halten. Von der gängigen Praxis in der Fahrerkabine zu frühstücken sollte im Rahmen der Vermittlung hygienischer Verhaltensweisen ebenfalls abgeraten werden. Auch schon das Befüllen der Müllbehälter durch den Verbraucher kann mithilfe einiger hygienischer Maßnahmen zu einer Verminderung des Schimmelpilzsporengehaltes in den Behältern und somit zu einer Verminderung der aerogenen Belastung während der Müllsammlung führen. Das Einschlagen von Müllportionen in Zeitungspapier kann zu einer Reduktion von 50 – 70% KBE/m³, das Ausspülen des Müllbehälters nach jedem Leeren mit verdünnter Essigsäure kann eine Reduktion um bis zu 80% führen [Reiss, 1999].

6 Zusammenfassung

Luftgetragene Mikroorganismen können Erkrankungen hervorrufen, von denen die wesentlichen das exogen allergische Asthma bronchiale, die allergische Rhinokonjunktivitis, das Organic dust toxic syndrome (ODTS) und die exogen allergische Alveolitis sind. Die deutliche Belastung an luftgetragenen Mikroorganismen wurde 1999 für Müllwerker ermittelt, es ergaben sich dabei Hinweise für eine erhöhte Belastung bei Müllfahrern, weshalb diese Studie durchgeführt wurde.

Es wurden 32 Müllfahrer aus Lübeck, Kiel und dem Raum Ostholstein untersucht, wobei eine Teilung in Bio-, Rest- und Gemischtmüllfahrer bestand. Neben BSG, Blutbild und Lungenfunktion im Vergleich vor und nach der Arbeit wurden Gesamt-IgE, -IgA, -IgG, spezifisches IgG gegen Schimmelpilze (mittels IIFT) und Aktinomyzeten (mittels ELISA), spezifisches IgE gegen fünf verschiedene Schimmelpilze (mittels RAST) und ein Prick-Test durchgeführt. Die Keimbelastung der Atemluft während der Arbeit erfasste ein personengebundener Mini-Luftkeimsammler.

Die körperliche Untersuchung, sämtliche Blutuntersuchungen und die Lungenfunktionsprüfung ergaben keine signifikante Häufung pathologischer Werte. Deutlich und im Einklang mit dem Belastungsprofil der Müllwerker war die signifikant höhere Belastung an thermotolerant wachsenden Schimmelpilzen der Biomüllfahrer mit bis zu 20567 KBE/m³. Grenzwertig erhöhte (1:256) spezifische IgG-Titer gegen Aspergillusarten lagen bei sechs von 32 Fahrern vor, Gesamt-IgE wurde bei 43% und Gesamt-IgA bei 57% der Biomüllfahrer als erhöht gemessen.

Es fanden sich keine allergisch-pneumologisch erkrankten Müllfahrer. Die grenzwertig erhöhten spezifischen IgG-Titer gegen Schimmelpilze legen die Vermutung einer beginnenden Sensibilisierung nahe. Die deutliche Luftbelastung durch thermotolerant wachsende Schimmelpilze v.a. des Biomülls, sowie mesophil wachsende Schimmelpilze weisen auf ein erhöhtes Erkrankungsrisiko für Müllfahrer durch ihre berufliche Exposition hin. Der Beruf des Müllfahrers weist somit wie für andere Berufe der Abfallwirtschaft bereits vorbeschrieben ein erhöhtes Erkrankungspotential durch deutliche Schimmelpilzexposition auf. Regelmäßige arbeitsmedizinische Vorsorge-

und Kontrolluntersuchungen sollten präventiv durchgeführt werden.

7 Anhang

7.1 Literaturverzeichnis

Bünger J, Antlauf-Lammers M, Schulz TG: Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among biowaste collectors and compost workers. *Occup Environ Med* 57, Nr. 7, 458-464, 2000a

Bünger J, Müller M, Ruhnau P, Schulz T, Westphal G, Dreeßen B, Stalder K, Hallier E: Erfassung von Exposition und Gesundheitsrisiken durch luftgetragene biologische Arbeitsstoffe in der Abfallwirtschaft. *Zentrbl Arbeitsmed* 49, 182-190, 1999a

Bünger J, Ruhnau, Grüner C, Bittighofer PM, Antlauf-Lammers M, Pethran A, Paduch S, Hallier E: Spezifische IgG-Antikörper gegen Actinomyceten und Schimmelpilze als Biomarker einer Exposition durch Bioaerosole. *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin* 35, 270-273, 2000b

EGKS: Kommission der Europäischen Gemeinschaft – EGKS, Schriftenreihe Arbeitshygiene und Arbeitsmedizin Nr.11, zweite überarbeitete und vervollständigte Ausgabe, Luxembourg 1973

von Essen S, Robbins RA, Thompson AB, Rennard SI: Organic dust toxic syndrome: An acute febrile reaction to organic dust exposure distinct from hypersensitivity pneumonitis. *Clin tox*, 28(4), 389-420, 1990

Gemeinhardt H, Wallenstein G: Die Bedeutung der Schimmelpilz-Exposition in der Arbeitsumwelt im Hinblick auf die Entstehung pilzallergischer Erkrankungen des Respirationstraktes. *Z Gesamte Hyg* 32 Heft 3,138-141, 1986

Grüner C, Bittighofer PM, Koch-Wrenger KD: Untersuchungen zur

gesundheitlichen Gefährdung von Arbeitnehmern in Wertstoffsortieranlagen und auf Deponien. In: Eikmann T, Hofmann R(Hrsg.): Stand der Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und –verwertung, Nr. 104, Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 597-609, 1999

Heppt W: Hauttestung. In: Heppt W, Bachert C: Praktische Allergologie. 48-50, Thieme, Stuttgart, 1998

Herr C, Bittighofer PM, Bünger J, Eikmann T, Fischer AB, Grüner C, Idel H, zur Nieden A, Palmgren U, Seidel HJ, Velcovsky HG: Wirkung von mikrobiellen Aerosolen auf den Menschen. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 59 Nr.6, 229-239, 1999

Magnussen H, Kanzow G: Grundlagen der Pneumologie. Asthma bronchiale. In: Schettler G, Greten H (Hrsg.): Innere Medizin: Verstehen – lernen – anwenden. 9. Aufl., 451-457, Thieme, Stuttgart, 1998

Malmberg P, Rask-Andersen A, Rosenhall L : Exposure to Microorganisms Associated With Allergic Alveolitis and Febrile Reactions to Mold Dust in Farmers. Chest 103,1202-1209, 1993

Martens W, Fessel A, Haumacher R, Köhler K, Mayr C, Philipp W, Witzigmann R, Böhm R: Untersuchungen zu Keimemissionen bei der Sammlung von Restmüll, Bioabfällen und Papier. In: Böhm R, Unshelm J, (Hrsg.): DVG-Fachtagung Gesundheitliche Risiken durch Keimemissionen bei Einsammeln, Transport und Verarbeitung häuslicher Abfälle. 29-74, Verlag der DVG e.V., Giessen, 1998

Müller-Quernheim J: Immunologie und Immunpathologie. In: Ferlinz R (Hrsg.):
Pneumologie in Praxis und Klinik, 122-126, Thieme, Stuttgart, 1994

Neumann H-D, Mathys W, Raulf-Heimsoth M, Becker G, Balfanz J: Gefährdung
von Beschäftigten bei der Abfallsammlung und –abfuhr durch
Keimexposition. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und
Arbeitsmedizin (Dortmund/Berlin). Forschungsbericht 920,
Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 2001

Pepys J, Riddell RW, Citron KM: Precipities against extracts of hay and fungi in
sera of patients with farmer`s lung. Acta Allerg 16, 76, 1961

Reckert L, Senkpiel K: Verfahren zum Anreichern und quantitativen Bestimmen des
Galactomannan-Antigens und Luftfiltrationskeimsammler zur
Durchführung des Verfahrens. Patent Nr. 19860343, erteilt: 24.12.1998,
Deutsches Patent- und Markenamt, München, 1998

Reiss J: Moulds in containers with biological wastes. Microbiol Res 150, 93-98,
1995

Röseler S: Inhalationsallergene. In: Heppt W, Bachert C (Hrsg.): Praktische
Allergologie. 254-259, Thieme, Stuttgart, 1998

Schappler-Scheele B: Arbeitsschutz in biologischen Abfallbehandlungsanlagen aus
arbeitsmedizinischer Sicht. Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg, 104,
585-596, 1999

Schmitz M: Exogen allergische Alveolitis. In: Heppt W, Bachert C (Hrsg.): Praktische
Allergologie. 205-208, Thieme, Stuttgart, 1998

Schröder H, Allmers H, Baur X: Gefährdung von Beschäftigten bei der

Abfallsammlung und –abfuhr durch Keimexpositionen. Dtsch Med
Wochenschr 123, Nr. 37, 1088-1090, 1998

Senkpiel K, Reckert L, Ohgke H: Entwicklung eines miniaturisierten,
batteriebetriebenen, personengebundenen Luftfiltrationskeimsammlers.
In: Boenick U, Schaldach M (Hrsg.): Biomedizinische Technik, Band 45,
Ergänzungsband 1, Fachverlag Schiele & Schön GmbH, Berlin, 347-348,
2000

Sennekamp J: Exogen allergische Alveolitis. In: Konietzko J, Dupuis (Hrsg.):
Handbuch der Arbeitsmedizin, IV-5.3.2, 1-20, 2.Aufl., Dustin Verlag, 1989

Sennekamp J: Exogen allergische Alveolitis, Dustri- Verlag Dr. Karl Feistle KG,
München Deisenhofen, 1998

Sigsgaard T, Bach B, Taudorf E, Malmros O, Gravesen S: Ophobning af
luftvejslidelser blandt ansatte pa et nyopfort affaldssorteringsanlaeg.
Ugeskr Laeger 152, 2485-2488, 1990

Stalder K, Bünger J: Untersuchungen zum Allergierisiko von Beschäftigten in
Kompostanlagen. In: Kessel R (Hrsg.): Arbeitsmedizinische Aspekte zu
Altlasten – Bewertung und Bewältigung, Arbeitsmedizinisches Kolloquium
der gewerblichen Berufsgenossenschaften.181-184, Gentner Verlag,
Stuttgart, 1994

Stalder K, Seebode A, Studt G: Die Überwachung des individuellen Allergierisikos
durch Aktinomyceten und Pilze. In: Stalder K, Verkoyen C (Hrsg.):
Gesundheitsrisiken bei der Entsorgung kommunaler Abfälle. 157-172,
Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 1993

Thomas L: Labor und Diagnose. 516, 529, 686, 715, 5. Auflage, TH-Books,
Frankfurt/Main, 1998

Trepkau HD, Senkpiel K, Görg S, Schauer M, Kim JS, Bünger J, Kessel R:
Sensibilisierungsstatus und arbeitsmedizinisch-pneumonologische
Befunde vor und nach der Schicht bei Bio- und Hausmüllwerkern. In:
Rettenmeier AW, Feldhaus C (Hrsg.): Dokumentationsband über die 39.
Jahrestagung der DGAUM. 213-216, Rindt-Druck, Fulda, 1999

Wüthrich B, Schindler C, Leuenberger P, Ackermann, Liebrich U: Prevalence of
atopy and pollinosis in the adult population of switzerland (SAPALDIA
study). Swiss study on air pollution and lung diseases in adults. Int Arch
Allergy Immunol, 106, 149-156, 1995

7.2 Erhebungsbögen

2

Code-Nr _____

(wird vor Ort von Dr. Trepkau vergeben)



**Medizinische
Universität zu Lübeck**

Institut für Arbeitsmedizin • Direktor Univ. Prof. Dr. R. Kessel

Medizinische Universität zu Lübeck, Institut für Arbeitsmedizin
Ratzeburger Allee 160 D 23538 Lübeck

Absender: Dr. med. H. D. Trepkau
Telefon (0451) 500 0, Vermittlung
Durchwahl (0451) 500 4305
Telefax (0451) 500 3632

4. **Wenn ja, in welchem und wie lange?**

_____ Jahre ja nein
 _____ Jahre ja nein
 _____ Jahre ja nein

4. **Hatten Sie während dieser Tätigkeit vermehrt Beschwerden von seiten der Nase, der Augen, der Haut oder der Atemwege, die mehr bei der Arbeit auftraten?**

Wenn ja, welche Beschwerden und woher?

5. **Ihr derzeitigen Tätigkeit**

Kurzbeschreibung _____

6. **Tragen Sie während des Umgangs mit Biomüll regelmäßige Handschuhe?** ja nein

7. **Trinken und essen Sie am Arbeitsplatz?** ja nein

8. **Fühlen Sie sich an Ihrem Arbeitsplatz durch Biomüll belastet?** ja nein

Wenn ja warum?

9. **Rauchen Sie?** ja nein ja _____ Zigaretten/Tag seit _____ Jahren
 Ex-Raucher ja _____ Jahren, vorher _____ Zigaretten/Tag seit _____ Jahren nicht während der Arbeit

10. **Trinken Sie Alkohol (auch Bier)?** ja nein
 Wenn ja, wieviel? _____

1. **Herzlichen Dank für Ihre Bereitschaft, an dieser Studie teilzunehmen. Wir weisen ausdrücklich darauf hin, daß sämtliche Antworten dem Datenschutz unterliegen. Um wissenschaftlich verlässliche Daten zu erheben, ist es wichtig, daß Sie bitte versuchen, den Fragebogen vollständig zu beantworten. Sollten Sie einige Fragen nicht verstehen, werden wir Ihnen gern in der abschließenden Untersuchung bei der Beantwortung behilflich sein.**

Alter _____ Jahre

1. Ausbildung und berufliche Tätigkeit

1. **Erlernter Beruf** _____

2. **Derzeit ausgeübter Beruf** _____ seit wann? _____

3. **Haben Sie zuvor in anderen Berufen gearbeitet?** ja nein

II. Familienvorgeschichte

1 Ist in Ihrer Familie (Eltern, Geschwister, Kinder) eine Lungenerkrankung bekannt?

ja nein

Wenn ja, welche?

- Tuberkulose
 Asthma
 chronische Bronchitis
 andere _____

2 Leidet jemand in Ihrer Familie (Eltern, Geschwister, Kinder) an einer allergischen Erkrankung?

ja nein

Wenn ja, an welcher?

- Fließschnupfen
 Asthma
 Wassersucht/Nesselfieber
 Tranenfluß/Augenrotung
 Neurodermitis
 andere _____

Wenn ja, was ist der Auslöser?

- Medikamente
 Pollen/Gräser/Getreide
 Tiere, welche?
 Schimmelpilze
 Nahrungsmittel
 andere _____
 ich weiß es nicht _____

III. Eigene Vorerkrankungen und gesundheitliche Beschwerden

Sind folgende Erkrankungen bei Ihnen bekannt?

1 Lungenerkrankungen

ja nein

Wenn ja, welche?

- chronische Bronchitis
 Asthma
 Tuberkulose
 andere _____

2 Stoffwechselerkrankungen

ja nein

Wenn ja, welche?

- Zuckerkrankheit
 Schilddrüsenerkrankung, insbesondere -überfunktion

andere _____ ja nein

3 Hautkrankheiten

Wenn ja, welche?

- allgemeiner Juckreiz
 wenn ja, wie häufig/wie lange
 Schuppenflechte (Psoriasis)
 Neurodermitis
 Quaddelbildung/Nesselfieber
 andere _____

Welche Körperteile sind betroffen?

ja nein

4 Herz-/Kreislaufkrankungen

Wenn ja, welche?

- Herz-Kranzgefäßverengung (koronare Herzkrankheit)
 Bluthochdruck
 Herzrhythmusstörung
 Herzmuskelerkrankung
 andere _____

5 Ist bei Ihnen ein Anfallsleiden (Epilepsie) bekannt? ja nein

6 Leiden Sie an Durchblutungsstörungen des Gehirns oder anderer Organe? ja nein

7 Waren Sie in den vergangenen 12 Monaten krank geschwieben? ja nein

Wenn ja, warum?

Wie lang war die Arbeitsunfähigkeit?

8 Leiden Sie an einer allergischen Erkrankung? ja nein

Wenn ja, an welcher?

- Fließschnupfen
 Asthma
 Wassersucht/Nesselfieber
 Tranenfluß/Augenrotung
 Neurodermitis
 andere _____

Wenn ja,

- was ist der Auslöser?
 Medikamente
 Pollen/Gräser/Getreide
 Schimmelpilze
 Tiere, welche?
 Nahrungsmittel

9 Ist bei Ihnen bereits ein Allergietest durchgeführt worden? andere ja nein

Wenn ja, wann? _____

Wenn ja, welcher?
 Pricktest (Haut-Ritz-Test)
 Epikutantest (Haut-Pflaster-Test)
 RAST (Bluttest)
 sonstige _____

Was ist der Auslöser?
 Medikamente
 Pollen/Grassr/Gestreide
 Schimmelpilze
 Nahrungsmittel
 Tiere, welche? _____
 andere _____

10 Haben Sie Kontakt zu Tieren? ja nein unregelmäßig
 Wenn ja, haben Sie dabei Beschwerden? ja nein

Wenn ja, welche?
 Fließschnupfen
 Augenrötung / Tränenfluß
 Niesreiz
 Atemnot

Bei welchen Tieren?
 Katze Hund
 Taube Pferd
 Wellensittich
 Kanarienvogel
 Sonstige _____

11 Haben Sie in Ihrer Wohnung feuchte Wände?
 Wenn ja, wo? _____ ja nein

12 Treiben Sie Sport?
 Wenn ja, welcher Art?
 Fußball Laufen
 Handball Tennis
 Schwimmen Radfahren
 Basketball/Volleyball
 andere _____

Wenn ja, wie oft? regelmäßig unregelmäßig
 Dauer in Stunden / Woche _____

Haben Sie dabei gesundheitliche Probleme? ja nein

Wenn ja, welche? _____

Wenn ja, wie lang andauernd? _____

13 Müssen Sie regelmäßig Medikamente einnehmen? ja nein

Wenn ja, welche und wie oft? _____

IV. Arbeitsplatzbezogene Beschwerden

1 Hätten Sie jemals in den vergangenen 12 Monaten wiederholt Husten? ja nein

Wenn ja, tritt am Arbeitsplatz vermehrt Hustenreiz auf? ja nein

Haben Sie in den letzten beiden Jahren mehr als 3 Monate gehustet? ja nein

Wenn ja, besserte sich der Husten im Urlaub? ja nein

Worauf führen Sie den Husten zurück? _____

Haben Sie dabei Auswurf? ja nein

3 Haben Sie während der letzten 12 Monate ein pfeifendes oder brummandes Geräusch in Ihrem Brustkorb gehört? ja nein

Wenn ja, tritt das Geräusch vermehrt am Arbeitsplatz auf? ja nein

Wenn ja, trat das Geräusch im Urlaub weniger auf? ja nein

Was konnte Ihrer Meinung nach der Auslöser dieses Geräusches sein? _____

- 4 Hatten Sie jemals in den vergangenen 12 Monaten Kurzatmigkeit ? ja nein
Wenn ja, trat die Kurzatmigkeit vermehrt am Arbeitsplatz auf? ja nein
 Besserte sich die Kurzatmigkeit im Urlaub? ja nein
 Wann trat die Kurzatmigkeit auf? bei Ruhe bei Belastung
 Wann vermuten Sie den Auslöser der Kurzatmigkeit? _____
- 5 Hatten Sie jemals im vergangenen Jahr ein Engegefühl im Brustkorb? ja nein
Wenn ja, vermehrt am Arbeitsplatz? ja nein
 Besserte sich das Engegefühl im Urlaub? ja nein
 Wann trat die Enge im Brustkorb auf? bei Ruhe bei Belastung
 Was konnte der Grund des Engegefühls sein? _____
- 6 Haben Sie in den vergangenen 12 Monaten eine der folgenden Beschwerden während oder nach der Arbeit beobachtet? Zum Beispiel
 Fieberschübe ja nein
 grippeartige Beschwerden ja nein
 Gliederschmerzen ja nein
 Abgeschlagenheit ja nein
- 7 Schwitzen Sie ohne besonderen Grund? gelegentlich ja nein
- 8 Verspüren Sie bei der Arbeit vermehrt Niesreiz und/oder Schnupfen? ja nein
- 9 Haben Sie bei der Arbeit gerötete Augen und/oder Tränenfluß? ja nein
- 10 Hätten Sie in den letzten 12 Monaten Ekzeme oder Hautausschläge bemerkt? ja nein
- Wenn ja**, vermehrt am Arbeitsplatz? ja nein
- 11 Haben Sie in letzter Zeit gehäuft Herpesinfektionen (Lippenblaschen) und/oder Hautinfektionen (Furunkel, Pickel o.ä.) bemerkt? ja nein

12 Gibt es hinsichtlich Ihrer Gesundheit Störungen, die noch nicht erfragt wurden?

ja, folgende _____

nein _____

13 Haben Sie weitere Beschwerden am Arbeitsplatz, die noch nicht erfragt wurden?

ja, folgende _____

nein _____

V. Fragen zum Arbeitsplatz

- 1 Verfügt Ihre Fahrzeugkabine über eine Klimaanlage? ja nein
- 2 Welchem Typ wurden Sie Ihren Müllwagen zuordnen?
 Pflmüllwagen Trommelmüllwagen sonstiger Typ _____
- 3 Welche Form der Schüttung hat Ihr Fahrzeug?
 offene Schüttung geschlossene Schüttung sonstiger Typ _____
- 4 Verfügt Ihr Fahrzeug über eine automatische Schüttung? ja nein
- 5 Besitzt Ihr Fahrzeug ein Entlüftungssystem für den Sammelmüllbehälter?
Wenn ja, wohn wird die Abluft aus dem Müllbehälter entlüftet?

- 6 Haben Sie während des Abladevorganges die Fenster stets geschlossen? ja nein

7.3 weitere Verzeichnisse

1	Einleitung	4
1.1	Berufsbedingte Belastung von Entsorgern durch Luftkeime	4
1.2	Fragestellung	6
2	Material und Methoden	7
2.1	Kollektiv	7
2.2	Klinisch körperliche Untersuchung	7
2.3	Blutuntersuchungen	7
2.3.1	Allgemeine Blutuntersuchungen	7
2.3.2	Spezielle Blutuntersuchungen	7
2.4	Lungenfunktionsdiagnostik	9
2.5	Prick-Testung	11
2.6	Luftkeimbestimmung	
	12	
2.6.1	Erhebung der Klimadaten	12
2.6.2	Luftkeimmessung durch den Luftfiltrationskeimsammler	12
2.7	Statistische Berechnungen	14
3	Ergebnisse	16
3.1	Biometrische Daten	16
3.2	Vorerkrankungen und Anamnese	17
3.3	Blutsenkungsgeschwindigkeit und Leukozyten im Vergleich vor und nach der Arbeitsschicht	17
3.4	Vergleich des Gesamt-IgE, -IgA und -IgG zwischen den Müllfahrergruppen	18
3.5	RAST auf Schimmelpilze	20
3.6	Spezifisches Immunglobulin G gegen Schimmelpilze und thermophile Aktinomycceten	20
3.7	Lungenfunktionsparameter vor und nach der Schicht	21
3.7.1	Inspiratorische Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	21
3.7.2	Atemwegswiderstand im Vergleich vor und nach der Schicht	22

3.7.3	Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	23
3.7.4	Maximaler expiratorischer Fluss bei 25% der verbliebenen Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	24
3.7.5	Forcierte Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach einer Schicht	24
3.7.6	Relative Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	25
3.7.7	Relative inspiratorische Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	25
3.7.8	Unspezifische bronchiale Hyperreagibilität im Vergleich vor und nach der Schicht	27
3.8	Kutaner Sensibilisierungsgrad	28
3.9	Luftkeimmessung	29
3.9.1	Klimadaten	29
3.9.2	Volumenstrommessung	30
3.9.3	Luftkeimbelastung durch mesophil wachsende Schimmelpilze	31
3.9.4	Luftkeimbelastung durch thermotolerant wachsende Schimmelpilze	32
3.9.5	Luftkeimbelastung durch thermophil wachsende Aktinomyzeten	33
4	Diskussion	35
4.1	Keimexposition	35
4.2	Hinweise auf Erkrankungen der Müllfahrer	37
4.3	Gesamt Immunglobulin-E Konzentrationen	38
4.4	Spezifische Immunglobulin-E Konzentrationen	40
4.5	Beantwortung der eingangs gestellten Fragen	41
5	Schlussfolgerungen	43
6	Zusammenfassung	44
7	Anhang	46
7.1	Literaturverzeichnis	46
7.2	Erhebungsbögen	51
7.3	weitere Verzeichnisse	55
8	Lebenslauf	56
9	Danksagung	57

1	Einleitung	4
1.1	Berufsbedingte Belastung von Entsorgern durch Luftkeime	4
1.2	Fragestellung	6
2	Material und Methoden	7
2.1	Kollektiv	7
2.2	Klinisch körperliche Untersuchung	7
2.3	Blutuntersuchungen	7
2.3.1	Allgemeine Blutuntersuchungen	7
2.3.2	Spezielle Blutuntersuchungen	7
2.4	Lungenfunktionsdiagnostik	9
2.5	Prick-Testung	11
2.6	Luftkeimbestimmung	
	12	
2.6.1	Erhebung der Klimadaten	12
2.6.2	Luftkeimmessung durch den Luftfiltrationskeimsammler	12
2.7	Statistische Berechnungen	14
3	Ergebnisse	16
3.1	Biometrische Daten	16
3.2	Vorerkrankungen und Anamnese	17
3.3	Blutsenkungsgeschwindigkeit und Leukozyten im Vergleich vor und nach der Arbeitsschicht	17
3.4	Vergleich des Gesamt-IgE, -IgA und -IgG zwischen den Müllfahrergruppen	18
3.5	RAST auf Schimmelpilze	20
3.6	Spezifisches Immunglobulin G gegen Schimmelpilze und thermophile Aktinomycceten	20
3.7	Lungenfunktionsparameter vor und nach der Schicht	21
3.7.1	Inspiratorische Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	21
3.7.2	Atemwegswiderstand im Vergleich vor und nach der Schicht	22
3.7.3	Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	23

3.7.4	Maximaler expiratorischer Fluss bei 25% der verbliebenen Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	24
3.7.5	Forcierte Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach einer Schicht	24
3.7.6	Relative Einsekundenkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	25
3.7.7	Relative inspiratorische Vitalkapazität im Vergleich vor und nach der Schicht	25
3.7.8	Unspezifische bronchiale Hyperreagibilität im Vergleich vor und nach der Schicht	27
3.8	Kutaner Sensibilisierungsgrad	28
3.9	Luftkeimmessung	29
3.9.1	Klimadaten	29
3.9.2	Volumenstrommessung	30
3.9.3	Luftkeimbelastung durch mesophil wachsende Schimmelpilze	31
3.9.4	Luftkeimbelastung durch thermotolerant wachsende Schimmelpilze	32
3.9.5	Luftkeimbelastung durch thermophil wachsende Aktinomyzeten	33
4	Diskussion	35
4.1	Keimexposition	35
4.2	Hinweise auf Erkrankungen der Müllfahrer	37
4.3	Gesamt Immunglobulin-E Konzentrationen	38
4.4	Spezifische Immunglobulin-E Konzentrationen	40
4.5	Beantwortung der eingangs gestellten Fragen	41
5	Schlussfolgerungen	43
6	Zusammenfassung	44
7	Anhang	46
7.1	Literaturverzeichnis	46
7.2	Erhebungsbögen	51
7.3	weitere Verzeichnisse	55
8	Lebenslauf	56
9	Danksagung	57

8 Lebenslauf

Name		Jan Hellendoorn
Anschrift		Wermelingstr. 12 48147 Münster
Geburtsdatum		05.07.1973
Familienstand		ledig
Nationalität		deutsch
Schulabschluss	06/1993	Abitur / Allgemeine Hochschulreife Missionsgymnasium St. Antonius
Wehrdienst	07/1993 - 07/1994	
Studium	10/1994 – 06/2002	Humanmedizin an der Medizinischen Universität Lübeck
Abschluß	06/2002	3. Staatsexamen
Dissertation	seit 1999	Medizinische Universität Lübeck, Institut für Arbeitsmedizin
Berufstätig	seit 01.12.2002	Assistenzarzt im Alexianer Krankenhaus, Fachklinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Münster

9 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Dr. R. Kessel für die Vergabe des Dissertationsthemas, die Ermöglichung dieser Dissertationsarbeit, die Betreuung und die Bereitstellung aller Institutsressourcen.

Besonderer Dank gilt den Probanden, die sich für diese Studie freiwillig zur Verfügung gestellt haben und ihren Arbeitgebern für die Unterstützung durch Freistellung ihrer Mitarbeiter.

Ebenfalls besonderer Dank gilt Herrn Dr. H.-D. Trepkau und Herrn Dr. S. W. Weiler für die freundliche und intensive Betreuung.