

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

**Aerogene Belastung und arbeitsmedizinisch-pulmologische
Befunde bei Haus-, Bio- und Gemischtmüllwerkern**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck
- Aus der Medizinischen Fakultät -

vorgelegt von
Jun Sik Kim
aus Seoul/Süd-Korea

Lübeck 2004

1. Berichterstatter:

2. Berichterstatter:

3. Berichterstatter:

Tag der mündlichen Prüfung:

Zum Druck genehmigt, Lübeck

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1.	Problematik der Mikroorganismen bei der Müllentsorgung	1
1.2.	Vorkommen von Mikroorganismen im Abfall	3
1.2.1.	Aktinomyzeten	5
1.2.2.	Schimmelpilze	7
1.3.	Bioaerosolbedingte Erkrankungen	10
2.	Fragestellung	17
3.	Material und Methoden	19
3.1.	Probanden	19
3.2.	Methoden	20
3.2.1.	Luftkeimbestimmung	22
3.2.2.	Lungenfunktionsprüfung (Spirometrie)	23
3.2.3.	Laborchemische Bestimmungen	25
3.2.4.	Radio-Allergo-Sorbent-Test (RAST)	25
3.2.5.	Indirekter Immunfluoreszenztest (IIFT)	26
3.2.6.	Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA)	26
3.2.7.	Haut-Pricktest	27
3.2.8.	Statistische Methoden	28
4.	Ergebnisse	29
4.1.	Allgemeine Daten der Untersuchungsteilnehmer	29
4.1.1.	Alter der Probanden	29
4.1.2.	Dauer der Betriebszugehörigkeit	30
4.1.3.	Körpergröße, -gewicht und Body-Mass-Index (BMI)	31
4.1.4.	Alkohol- und Nikotinkonsum	33
4.1.5.	Dauer von Arbeitsunfähigkeit in den letzten 12 Monaten	34
4.1.6.	Vorerkrankungen und klinische Symptomatik	35
4.2.	Laborchemische und rheologische Untersuchungsergebnisse	37
4.2.1.	Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG)	37
4.2.2.	Leukozyten	39
4.2.3.	Immunglobuline	41
4.3.	Lungenfunktionsuntersuchung	43
4.3.1.	Inspiratorische Vitalkapazität (IVC)	43
4.3.2.	Forciertes expiratorisches Volumen in der 1. Sekunde (FEV ₁)	44
4.3.3.	Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität (MEF50)	46
4.3.4.	Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros)	47
4.3.5.	Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros) nach Provokation mit 0,1% Metacholin	49
4.3.6.	Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros) nach Provokation mit 0,3% Metacholin	50
4.4.	Ergebnisse der Haut-Prick-Tests	52

4.5.	Spezielle Ergebnisse	53
4.5.1.	Korrelation von laborchemischen Parametern und Lungenfunktionsparametern mit der Dauer der Betriebszugehörigkeit und der Arbeitsunfähigkeitsdauer	53
4.5.2.	Einfluss des Rauchens als Risikofaktor für Labor- und Lungenfunktionsparameter sowie des Übergewichts und der Arbeitsunfähigkeitsdauer ...	54
4.5.3.	Einfluss des Alkoholkonsums als Risikofaktor für Labor- und Lungenfunktionsparameter sowie des Übergewichts und der Arbeitsunfähigkeitsdauer	55
4.5.4.	Einfluss des Übergewichts als Risikofaktor für Labor- und Lungenfunktionsparameter sowie der Arbeitsunfähigkeitsdauer	56
5.	Diskussion	57
6.	Zusammenfassung	71
7.	Literatur	73
8.	Anhang (Fragebogen)	80
9.	Abkürzungsverzeichnis	86
	Lebenslauf	87
	Danksagung	88

1. Einleitung

1.1. Problematik der Mikroorganismen bei der Müllentsorgung

Aerogene Pilzinfektionen des Menschen erlangten seit 1970 nicht nur epidemiologisch sondern auch wissenschaftlich an Bedeutung. Dabei spielen nicht nur die Erreger von Kokzidioidomykose (*Coccidioides imitis*), Histoplasmose (*Histoplasma capsulatum*) und Kryptokokkose (*Cryptococcus neoformans*) eine wichtige Rolle, sondern auch ubiquitär verbreitete, fakultativ-pathogene Spross- und Schimmelpilze. Unter bestimmten mikroklimatischen Bedingungen können Keime eine starke Vermehrung erfahren (Schönborn und Winden 1973). Bereits Rieth (1978) schrieb: *„Seitdem in aller Welt in zunehmendem Maße über Todesfälle durch mikroskopisch kleine Pilze berichtet wird, ist die Bevölkerung aufgeschreckt.“*

Biologische Schadsstoffe wie Schimmelpilze, Bakterien und Viren kommen an einer Vielzahl von Arbeitsplätzen vor (Averdiek et al. 1997).

Abfälle mit organischen Bestandteilen enthalten in der Regel Bakterien, Pilze, Viren und u.U. auch Parasiten. Dabei unterscheidet sich die Keimflora nach der stofflichen Beschaffenheit, der Herkunft, den Lagerungs- und Transportbedingungen sowie den klimatischen Gegebenheiten teilweise erheblich voneinander. Die Verbreitung der Keime kann direkt durch Kontakt oder indirekt über Vektoren erfolgen, wobei bei letzterem vor allem die Verbreitung über die Luft und durch Arbeitsgeräte eine Rolle spielt. Bei der Beurteilung der Keime, die aus dem Abfall, dem Kompost, von den Flächen der Kleidung oder aus Abfallbehandlungsanlagen in den lufttragenden Zustand übergehen, sind neben den Mikroorganismen selbst auch deren Bestandteile und Stoffwechselprodukte zu berücksichtigen (Bioabfall- und Kompostverwertung in Nordrhein-Westfalen 2000).

Das Einatmen von Bioaerosolen ist eines der größten Gesundheitsrisiken beim Umgang mit Abfällen. Die Bioaerosol-Exposition von Müllwerkern schwankt stark, vor allem spielen die Müllart, jahreszeitliche Einflüsse, eingesetzter Fahrzeugtyp und Arbeitsorganisation eine Rolle (Schröder et al. 1998).

Die Konzentration von Bakterien und Pilzen in organischen Stäuben und ihre mögliche Pathogenität hängt auch von der Beschaffenheit des Ursprungsmaterials, klimatischen Be-

dingungen und der Technik der Müllaufbewahrung und Weiterverarbeitung ab. In den Bioaerosolen enthaltene Keime und Toxine können in Abhängigkeit von ihrer Konzentration und der Prädisposition der Betroffenen zu unterschiedlichen Reaktionen führen, wobei die Gefahr der Entwicklung von Atemwegsallergien und spezifischen entzündlichen Reaktionen, aber auch Infektionen, gegeben ist (Schröder et al. 1998).

Da es bis heute keine gültigen Grenzwerte für eine mikrobielle Belastung von Außenluft gibt, müssen zur Bewertung von Luftkeimkonzentrationen, beispielsweise im Umfeld von Kompostierungsanlagen, Vergleichswerte aus der unbeeinflussten Umgebung herangezogen werden. Die in Deutschland jährlich anfallende Menge an Siedlungsabfällen ist beträchtlich. Pro Jahr müssen etwa 30 Mio. Tonnen gesammelt, verwertet und entsorgt werden. Einen besonders großen Anteil stellen kompostierbare Materialien dar (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Inhalt einer Lübecker Biomülltonne vor der Leerung

Biologische Abfälle lassen sich nicht vermeiden. Deshalb ist die stoffliche Verwertung pflanzlicher Rückstände und vegetabler Küchenabfälle ein bedeutender Schritt, um das bundesweit angestrebte Ziel einer umweltschonenden Kreislaufwirtschaft zu erreichen. Im Zuge der vermehrt vorgenommenen umweltverträglichen Abfallbeseitigung treten jedoch andere Probleme auf. Von einem befürchteten Anstieg hygienischer Risiken sind dabei die in der Abfallwirtschaft Beschäftigten und die Anwohner von Abfallwirtschaftsanlagen betroffen (Diehl und Hofmann 1996).

1.2. Vorkommen von Mikroorganismen im Abfall

Es ist bekannt, dass in den festen und flüssigen Siedlungsabfällen Krankheitserreger vorhanden sein können. Bereits zu Beginn des vorigen Jahrhunderts hat man sich für die Frage der mikrobiellen Gefährdung des Menschen durch pathogene Keime in Kehricht und Müll interessiert und entsprechende Untersuchungen mit Typhusbakterien, Paratyphus B und Pseudodysenterie-Bakterien sowie Milzbrandbazillen unter verschiedenen Temperaturbedingungen im Stubenkehricht gemacht (Strauch 1996).

Als nach dem II. Weltkrieg die ersten Hausmüllkompostierungsanlagen gebaut wurden, lebte die Diskussion über die gesundheitliche Gefährdung von Menschen und Tieren durch Hausmüll wieder auf. Dies umso mehr als bei diesen Kompostwerken Klärschlamm mitverwendet wurde, von dem man wusste, dass er alle von infizierten Menschen in das Abwasser ausgeschiedenen Krankheitserreger in konzentrierter Form enthielt. Heute wird die Hauptquelle für Infektionserreger im Bioabfall in den Küchenabfällen gesehen. Strauch (1996) nennt verschiedenste Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten, beispielsweise *Salmonellen*, *E. coli*, *Yersinien*, *Streptokokken*, *Staphylokokken*, *Enteroviren*, *Ascariden*, *Aspergillus fumigatus*, usw.

Weitere Quellen für Krankheitserreger sind die Fäkalien in der Einstreu von Käfigen für Heimtiere, die in die Bioabfalltonne entleert wird, ebenso wie Hunde- und Katzenkot, der mit Rasenschnitt in die Bioabfalltonne oder mit Parkabfällen direkt in den Bioabfallkompost gelangt. Neben den bakteriellen spielen auch virale Krankheitserreger eine Rolle, die über Lebensmittel, tierische oder menschliche Ausscheidungen in den Bioabfall gelangen können. Eine weitere Gruppe von Bioorganismen, die bei der Kompostierung eine Rolle spielen, sind Pilze. Ihre Hauptaufgabe im Ökosystem ist der Abbau von biologisch inaktivem Material im Zusammenwirken mit anderen Kleinlebewesen. Ein herausragender Vertreter der Pilzarten im Bioabfall und im Kompostierungsprozess ist *Aspergillus fumigatus*, der einerseits für den Abbau von organischem Material auch bei der Kompostierung und anschließend im Boden seine Bedeutung hat, andererseits aber auch beschuldigt wird, eine der gefährlichsten pathogenen Mikroorganismen für das in Kompostwerken beschäftigte Personal sowie die in der Nähe von Kompostwerken lebenden Anwohner zu sein (Strauch 1996).

Bei den organischen Stäuben sind vor allem gramnegative und -positive Bakterien, Aktinomyzeten und Schimmelpilze von Bedeutung (Schröder et al. 1998). Gramnegative Bakterien produzieren Endotoxine, die, wenn sie eingeatmet werden, eine akute Entzündungsreaktion des Respirationstraktes und eine toxische Pneumonitis verursachen können. Grampositive Bakterien werden allgemein als vergleichsweise weniger gesundheitsschädlich angesehen. Thermophile Aktinomyzeten hingegen stellen als Antigenquellen eine Gesundheitsgefährdung dar. Sie sind der Auslöser der exogenen allergischen Alveolitis, welche klinisch eine interstitielle Pneumonie mit Allgemeinreaktion verursachen kann. Auch Schimmelpilze sind eine große Gesundheitsgefahr für exponierte Personen. Die Inhalation von Pilzsporen kann zu einer Sofort-Typ-Allergie führen. Einige Spezies sind in der Lage, eine exogen-allergische Alveolitis auszulösen. Eine weitere mögliche Bedrohung sind Mykotoxine. Der Mykotoxingehalt in der Luft von organischen Stäuben ist niedrig und ihre Rolle in der Verursachung von respiratorischen Symptomen ist Gegenstand aktueller Diskussion (Schröder et al. 1998).

Aus der Vielzahl der vorhandenen Keime und biogenen Stoffe kann jeweils nur ein geringer Teil im Rahmen von Untersuchungen qualitativ und quantitativ erfasst werden. Die häufig bestimmten mikrobiellen Parameter sind u.a. die Gesamtkeimzahl, Gesamtbakterien und Gesamtpilzzahl, der Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus*, die thermophilen Aktinomyzeten und als Stoffgruppe die Endotoxine. Dabei wird bei der Keimbelastung in der Regel die Konzentration in der Luft, angegeben als keimbildende Einheiten je m³ Luft (KBE/m³) als Maßstab herangezogen (Bioabfall- und Kompostverwertung in Nordrhein-Westfalen 2000). Neben der quantitativen Zusammensetzung eines Bioaerosols ist darüberhinaus die Partikelgröße von Bedeutung, da diese die Lungengängigkeit beeinflusst (Bioabfall- und Kompostverwertung in Nordrhein-Westfalen 2000).

Bei der Bewertung von Keimexpositionsdaten sind jeweils auch die in anderen Lebensbereichen vorkommenden Luftkeimkonzentrationen vergleichsweise heranzuziehen. Für die Hintergrundbelastung werden überwiegend Werte im Bereich von 10¹-10³ KBE/m³ angegeben. Bei Keim freisetzenden Aktivitäten wie Rasenmähen oder Gartenarbeit und bei Arbeiten im Bereich der Landwirtschaft kann die Luftkeimkonzentration auf Werte um 10⁵ KBE/m³ ansteigen (Bioabfall- und Kompostverwertung in Nordrhein-Westfalen 2002).

Die in Haushaltsabfällen sowie in Haushaltsnassabfällen enthaltenen Keimzahlen liegen für die Gesamtkeimzahlbestimmungen in Größenordnungen von 10^8 - 10^9 KBE/g Abfall, für Streptokokken bei 10^7 KBE/g, für gramnegative Keime bei 9.0×10^7 KBE/g bis 1.9×10^8 KBE/g (Jager et al. 1991). Einige wissenschaftliche Arbeiten über pathogene Keime in Bioabfällen wurden bereits veröffentlicht. So untersuchten Kern und Philipp (1994) z.B. den Hygienisierungsprozess von Bioabfall. Sie fanden Konzentrationen von *E. coli* bis $1,5 \times 10^7$ KBE/g Bioabfall und für fäkale Streptokokken von $9,3 \times 10^8$ KBE/g Bioabfall. Detaillierte Untersuchungen zum Vorkommen von Mikroorganismen im Kompost existieren besonders für Schimmelpilze mit *Aspergillus fumigatus* als wichtigstem Vertreter. Die *Aspergillus fumigatus*-Konzentrationen in der thermophilen Phase können nach Kothary und Chase (1984) dabei in der Intensivrottungsphase bis zu 1.1×10^6 KBE/g erreichen. Ihr Vorkommen kann so stark sein, dass die das Pilzspektrum vollständig dominieren. Weiterhin kann es durch Manipulationen am Kompost zu Aufwirbelungen und damit zur Freisetzung von organischem Staub kommen. Die Bioaerosole bestehen aus inerten Partikeln, aus lebenden Keimen und aus Bestandteilen abgestorbener Organismen. Darunter können sich Atemwegserkrankungen hervorrufende Zellwandglykane von Schimmelpilzen, bakterielle Peptinoglykane und Endotoxine gramnegativer Bakterien befinden (Diehl und Hofmann 1996). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde besonderes Augenmerk auf die Aktinomyzeten sowie die Schimmelpilze gelegt.

1.2.1. Aktinomyzeten

Allen Bakterien gemeinsam ist die Notwendigkeit eines feuchten Klimas für ihr Wachstum und ihre Entwicklung. Sie unterscheiden sich deutlich von Pilzen, die noch unter wesentlich trockeneren Bedingungen wachsen können. Die meisten Bakterien sterben bei Trockenheit ab, jedoch ist ein Teil der Bakterien immer noch in der Lage, Dauerformen (sog. Sporen) zu bilden, welche die Zeiträume überdauern können, in denen für sie ungünstige Bedingungen herrschen (Kayser 1998a).

Die Aktinomyzeten nehmen eine besondere Stellung unter den Bakterien ein. Sie gehören zur Gruppe der gram-positiven, unbeweglichen, nicht sporenbildenden, pleomorphen

Stäbchenbakterien, die dazu neigen, als verzweigte Filamente zu wachsen. Aufgrund ihres mycelialen Verhaltens hat man die Aktinomyzeten früher auch zu den Pilzen gezählt. Heute findet man sie auch noch unter der Bezeichnung ‚Strahlenpilze‘. Sie besitzen aber einen prokaryonten Zellaufbau und eine Zellwand, die als typische bakterielle Strukturelemente Murein aufweisen. Ferner sind sie gegen Antibiotika empfindlich, gegen die Pilze wiederum resistent sind. Aktinomyzeten gehören zur Normalflora der Schleimhäute von Mensch und Tier und siedeln sich vorwiegend in der Mundhöhle an. In über 90% der Fälle verursachen *Actinomyces israelii* eine Infektion beim Menschen. Seltener werden *Actinomyces lundii* (7%), *A. adontolyticus*, *A. viscosus*, *A. pyogenes* und *A. meyeri* als Erreger isoliert (Kayser 1998a).

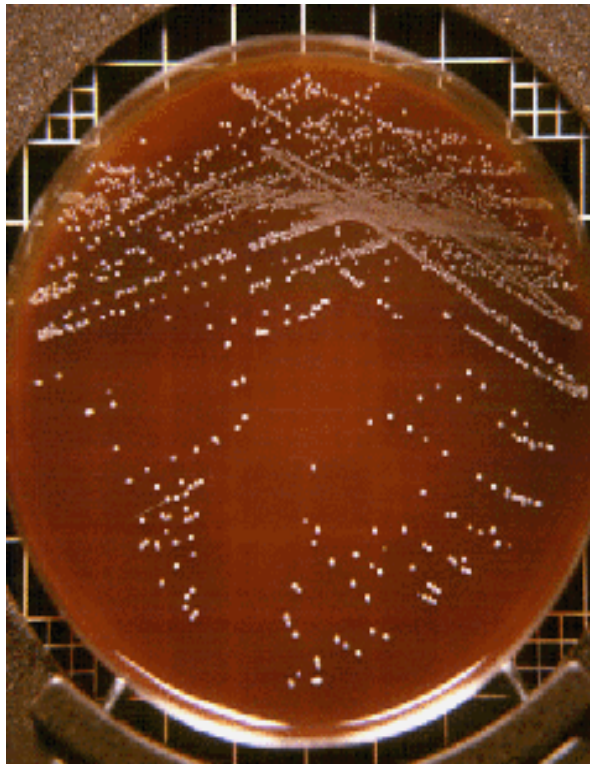


Abbildung 2: *Actinomyces viscosus* auf Glukose-Blut-Agar unter 5% CO₂

Eine Infektion mit Aktinomyzeten wird als Aktinomykose bezeichnet und manifestiert sich in über 90% im Bereich der Zervikofazialregion. Sie tritt als lokale, zu Beginn tumorartige, später nekrotisierende Affektion auf, die auf das umliegende Gewebe übergreift (Kayser 1998a).

1.2.2. Schimmelpilze

Eine besondere Bedeutung bei den Schimmelpilzen ist ihren Sporen zuzuschreiben. Meist handelt es sich um die Sporen von Fadenpilzen, die normalerweise nur dort vorkommen, wo der Pilz Wachstumsbedingungen vorfindet und damit zur Ansiedelung und Versporung gelangen kann. Da der Großteil der bei uns heimischen fakultativ-pathogenen Pilze häufig für die empfänglichen Personen (z.B. Resistenzgeschwächte, Allergiker) von Bedeutung ist, wird eine zufällige Exposition von Menschen gegenüber bestimmten Pilzsporen nur sehr schwer erkannt. Leider werden nur allzuoft bekannte Expositionsgefahren für gefährdete Personen in der Familie, am Arbeitsplatz und in der Klinik verharmlost oder gar verantwortungslos missachtet (Staib 1982).

Pilze sind Mikroorganismen, die über eine höher entwickelte Zellstruktur verfügen und morphologisch stärker als Bakterien differenziert sind. Sie sind kohlenstoffheterotrop. Dies bedeutet, dass sie auf exogene organische Kohlenstoffquellen angewiesen sind. Ferner haben sie einen echten Zellkern und sind nicht zur Photosynthese befähigt. Das Pilzwachstum erfolgt als Einzelzelle (unizelluläre Hefen) oder als multizelluläre, filamentöse Kolonien (Schimmel- und Hutpilze) (Kayser 1998b).

Die Hyphe ist das morphologische Grundelement der multizellulären Pilze. Es handelt sich um eine verzweigte tubuläre Struktur mit einem Durchmesser von 2-10 μm (siehe Abbildung 3). Bei weiterer Koloniebildung wird von den Hyphen ein Geflecht gebildet, dass in seiner Gesamtheit als Myzel bezeichnet wird (siehe Abbildung 4).

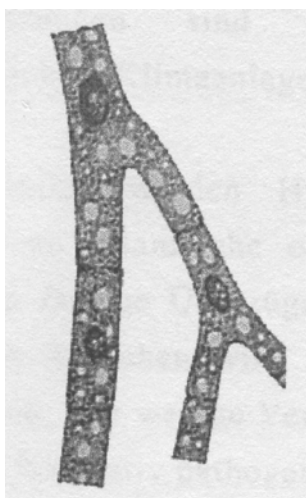


Abbildung 3: Hyphe

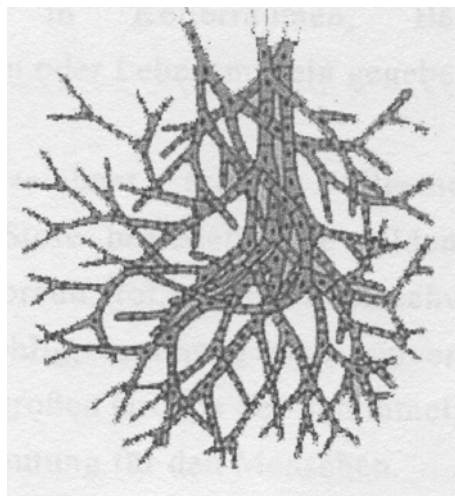


Abbildung 4: Myzel

Bei den Schimmelpilzen findet man häufig Hefen, die als unizelluläre Hefen vorkommen. Sie sind oval und rund, ihr Durchmesser liegt bei 3-5 μ m. Häufig hängen mehrere Hefezellen zusammen und bilden hyphenartige Ketten, die man Pseudohyphen nennt.

Die Bezeichnung ‚Schimmelpilz‘ rührt von dem weißen oder gefärbten pelzigen Belag (Fruchtkörper) her, mit dem der Pilz die Oberflächen überzieht, auf denen er wächst. Somit ist die Bezeichnung ‚Schimmel‘ kein systematischer Begriff, sondern eine Sammelbezeichnung für Pilze, Myzele und Sporenträger, die auf einer Oberfläche wachsen (Kayser 1998b).

Man schätzt, dass es etwa 250.000 verschiedene Schimmelpilzarten gibt. Genauer beschrieben sind bis heute etwa 100.000 Arten. Die häufigsten Arten sind *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Cladosporium* und *Alternaria* (siehe Abb. 5-9).

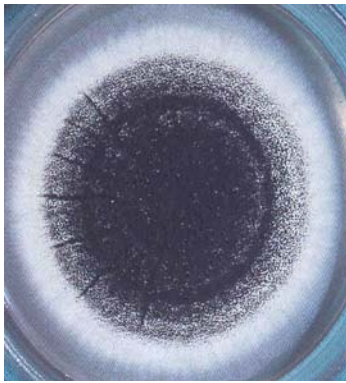


Abb. 5: *Aspergillus niger*

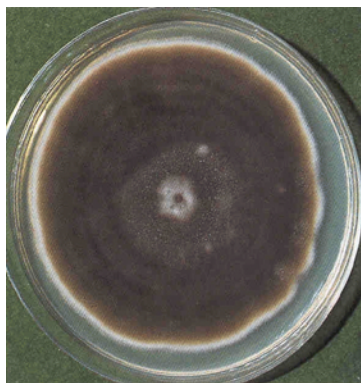


Abb. 6: *Alternaria alternata*

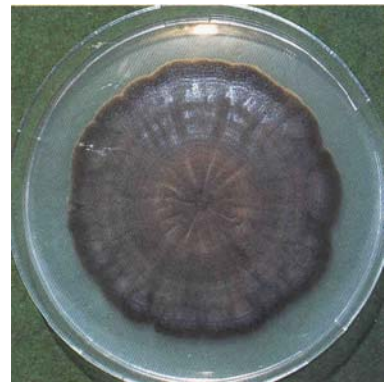


Abb. 7: *Cladosporium*



Abb. 8: *Mucor*



Abb. 9: *Penicillium simplex*

Man bezeichnet als Schimmelpilze jene Hyphenpilze, die abgestorbene pflanzliche oder tierische Stoffe besiedeln. Sie bilden auf Substraten farbige Überzüge. Deren Aussehen wird als wollig, mehlig, samtartig oder pulverartig beschrieben. Nur wenige Schimmelpilzarten sind als fakultativ-pathogene Erreger für den Menschen von Bedeutung.

Die Vermehrung der Schimmelpilze erfolgt durch Sporen mit einem Durchmesser von 1-10 μ m. Diese lösen sich leicht von den Pilzen ab und werden infolge ihres geringen Gewichts durch die Luft weitergetragen (Kayser 1998b).

Schimmelpilzsporen, die mit der Luft oder mit Staub eingeatmet werden, können Allergien und Infektionen hervorrufen. In drei Bereichen kann der Schimmelpilz gesundheitsgefährdend wirken.

- 1) Schleimhäute des Menschen: hier sind Nasennebenhöhlen, Rachen und Bronchien betroffen. Es kann zu Entzündungen und asthmatische Beschwerden kommen. Pilze können die Magen-Darm-Schleimhaut befallen, ihre Toxine können in den Organismus gelangen.
- 2) Nervensystem: Schimmelpilze wirken neurotoxisch, d.h. wie Nervengift. Vor allem sog. Mykotoxine reizen und stören das Nervensystem.
- 3) Immunsystem: es wird von den Schimmelpilzen ständig zur Abwehr gezwungen, die den normalen Abwehrvorgängen nicht entsprechen und daher bei langem Schimmelpilzkontakt zu einer immunologischen Störung (Allergie, Autoaggressionserkrankung) führen kann. Besonders häufig sind Atemwegsbeschwerden, Hauterkrankungen, Augenreizungen, Antriebsstörungen, aber auch Angstzustände und Depressionen werden beschrieben. Typisch ist die relativ lange Beschwerdedauer von teilweise mehreren Jahren. Auch bei gesunden Personen kann das Einatmen von Schimmelpilzsporen zu Beschwerden wie Kopfschmerzen oder Reizung der Schleimhäute führen und das Immunsystem schwächen (Kayser 1998b).

1.3. Bioaerosolbedingte Erkrankungen

Bezüglich der medizinischen Relevanz lassen sich verschiedene Wirkmechanismen unterscheiden:

- 1) infektiöse Wirkung (z.B. Atemwegsinfekte, Aspergillose); einen wesentlichen Einfluss hat hier der Immunstatus.
- 2) toxische Wirkung (z.B. durch Endo- oder Mykotoxine).
- 3) Auslösung allergischer Reaktionen (z.B. exogen-allergische Alveolitis, Farmerlunge) (Bioabfall- und Kompostverwertung in Nordrhein-Westfalen 2000).

Zu den häufigsten, in Bioaerosolen bestimmten fakultativ-pathogenen Schimmelpilzen zählen insbesondere Aspergilliden (*A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger*) und in geringerem Maße auch die Gattungen *Mucor* und *Cladosporium*. Diese saprophytischen Arten können nach Prädisposition Gewebsschranken überwinden und dann Mykosen verursachen.

Als Prädisposition für invasive Erkrankungen ist eine Verminderung der Immunabwehr zu sehen.

Die von den verschiedenen Aspergillusarten hervorgerufene Aspergillose kann sich in zwei Krankheitsbildern manifestieren:

- 1) gutartige, saprophytäre Form, bei der präformierte Höhlen der Atmungsorgane befallen werden und bei der es nur selten zu Gefäßerosionen kommt.
- 2) invasive Aspergillose. Diese Form hat eine schlechte Prognose. Es treten auffällige Infiltrationen der Lunge auf (Diehl und Hofmann 1996).

Während schwere systemische Mykosen in der Regel besonderer Prädisposition bedürfen, finden sich allergische Erkrankungen bei größeren Teilen der Bevölkerung. Bei allergischen Reaktionen werden Antigene vom Organismus als fremd erkannt. Es werden Antikörper gebildet, die mit dem spezifischen Antigen einen Komplex bilden. Diese Komplexbildung ruft eine Reihe von Immunreaktionen hervor. Bei einer Allergie verläuft der Erstkontakt klinisch stumm, während der nächste Kontakt eine Immunreaktion auslösen kann, die keinen Schutz, sondern Schaden hervorruft (Coombs und Gell 1968). Nach der Klassifikation von Coombs und Gell (1968) werden Allergien nach verschiedenen Kriterien eingeteilt. Im Zusammenhang mit bioaerosolbedingten Erkrankungen sind besonders die Allergietypen I und III von Bedeutung. Man unterscheidet die Reaktion vom Sofort-Typ

(Typ 1), die Reaktion vom zytotoxischen Typ (Typ 2), die Reaktion vom Immunkomplex-Typ (Typ 3) und die Reaktion vom Spät-Typ (Typ 4). Nachfolgend wird eine kurze, schematische Zusammenfassung der allergischen Reaktionen dargestellt.

Typ 1 (Allergien vom Soforttyp, anaphylaktische Reaktion): Etwa 90% aller Allergien sind jene des Typs 1. Die Symptome treten direkt nach dem Kontakt mit dem Antigen auf. Typisch dafür sind Heuschnupfen, allergisches Asthma, Nesselsucht, Quincke-Ödem, anaphylaktischer Schock und Nahrungsmittelallergie. Besonders schwere Reaktionen sind von Atopikern zu erwarten, die eine genetische Veranlagung für eine erhöhte IgE-Produktion bei Kontakt mit einem Allergen haben. Schaltstellen für die allergische Reaktion sind die mit Histaminvesikeln gefüllten Mastzellen, die sich im lockeren Bindegewebe aller Organe, auch im Bereich der Haut und in den Blutgefäßen, nicht jedoch im Gehirn befinden. Bei einem Kontakt mit einem Antigen produzieren die B-Zellen IgE-Antikörper, die sich an Mastzellen binden. Diese Antikörper können, jeweils zu zweit, ein Allergenmolekül einfangen und neutralisieren (Antigen-Antikörper-Reaktion). Bei einem ersten Kontakt mit dem Allergen werden nur wenige der auf der Mastzelle angehefteten IgE-Antikörper zur Neutralisation belegt. Dieser Reaktionsschritt nennt sich Sensibilisierung (s. Abbildung 10). Beim nächsten Kontakt mit dem gleichen Antigen tritt dann die allergische Reaktion auf. Die massenweise auf den Mastzellen festgehefteten IgE-Antikörper, das können zwischen 10.000 und 50.000 auf einer einzigen Mastzelle sein, binden sich an Zellwandrezeptoren, was eine übermäßige Histaminfreisetzung zur Folge hat.

Histamin und andere Entzündungsmediatoren führen dazu, dass die Blutgefäße sich stark weiten. Flüssigkeit tritt innerhalb von Sekunden bis Minuten aus und es kommt zur Bildung der typischen Ödeme und Blasen. Der Blutdruck sinkt. Die Betroffenen leiden unter Schwellung der Haut und der Schleimhäute, Juckreiz und Atemnot. Häufig sind diese Reaktionen örtlich begrenzt. Ein Beispiel dafür ist der Heuschnupfen oder die Nesselsucht. Bei einer Ausweitung der allergischen Reaktion auf den Organismus, wie das bei einem anaphylaktischen Schock der Fall ist, kann ein lebensbedrohender Zustand eintreten. Die Reaktion ist durch starken Blutdruckabfall, eine Verengung der Bronchien und Schwellungen und Ödeme im Bereich des Kehlkopfes gekennzeichnet.

Typ 2 (zellgebundene Antikörper aktivieren das Komplementsystem): Bei dieser Form der allergischen Reaktion werden die Zellen selbst geschädigt. Körperfremde Antigene werden direkt an eine Zelle gebunden. Durch diesen Vorgang ist die körpereigene Zelle selbst zu einem Antigen geworden, das bekämpft wird. Dabei nehmen die IgG- und IgM-Antikörper eine Schlüsselposition ein. Sie verbinden sich mit dem Antigen, der auf der Körperzelle aufliegt. Außerdem wird das Komplementsystem aktiviert. Das Komplementsystem ist ein Teil der unspezifischen Immunabwehr, greift körperfremdes Eiweiß an, löst Zellwände auf und lockt Makrophagen an (siehe Abbildung 10). Bei der allergischen Reaktion führt gerade die Aktivierung des Komplementsystems zu einer allergischen Erkrankung, da die körpereigenen Zellen und das umliegende Gewebe angegriffen werden. Typische Erkrankungen der Typ 2-Allergie sind hämolytische Anämie, Agranulozytose und Blutgruppenunverträglichkeit.

Typ 3 (zellgebundene Antikörper aktivieren das Komplementsystem): Diese allergische Reaktion ist geprägt durch die Bildung von Immunkomplexen (Allergen + Antikörper). Unter bestimmten Bedingungen, bilden sich mehrgliedrige Komplexe aus Allergenen und Antikörpern. Diese Immunkomplexe zirkulieren im Blut und lösen das Komplementsystem der unspezifischen Immunabwehr aus. Das führt zwar zu einer Auflösung der Immunkomplexe, schädigt aber auch das umliegende Gewebe. Nicht immer ist das Immunsystem in der Lage, die Immunkomplexe vollständig zu neutralisieren. Typisch für diese Form der allergischen Reaktion ist eine Ablagerung der überzähligen Immunkomplexe in bestimmten Geweben. Dort führen sie dann zu allergischen Entzündungsreaktionen. Die Symptome einer allergischen Reaktion treten aber nicht sofort in Erscheinung. Es braucht schon ein paar Stunden oder auch Tage, bis sich allergische Reaktionen zeigen (siehe Abbildung 10). Typische Erkrankungen des Typs 3 sind Vasculitis, Serumkrankheit, Alveolitis, Farmerlunge, Nephritis und Arthritis.

Typ 4 (sensibilisierte T-Lymphozyten sezernieren Lymphokine nach Antigenkontakt): Bei der allergischen Reaktion vom Typ 4 spielen die Immunglobuline keine Rolle. Hier sind ausschließlich die T-Lymphozyten an der Immunantwort beteiligt. Aus diesem Grund wird die allergische Reaktion vom Typ 4 auch zelluläre Immunreaktion genannt. Allergene bzw.

körperfremde Stoffe lagern sich, wie in Typ 2 beschrieben, an Körperzellen an. Die T-Lymphozyten können diese Zellen erkennen und bekämpfen. Dabei werden Substanzen (Zytokine) freigesetzt, die Makrophagen (Fresszellen) anlocken, aber auch zu einer Schädigung des umliegenden Gewebes führen können. Die T-Zellen behalten eine einmal durchgeführte Abwehrreaktion im Gedächtnis. Kommen sie mit dem gleichen Allergen noch einmal in Kontakt, so können sie schwere allergische Reaktionen auslösen. Die Symptome treten aber nicht sofort, sondern erst 12 bis 72 Stunden nach dem Allergenkontakt auf (siehe Abbildung 10).

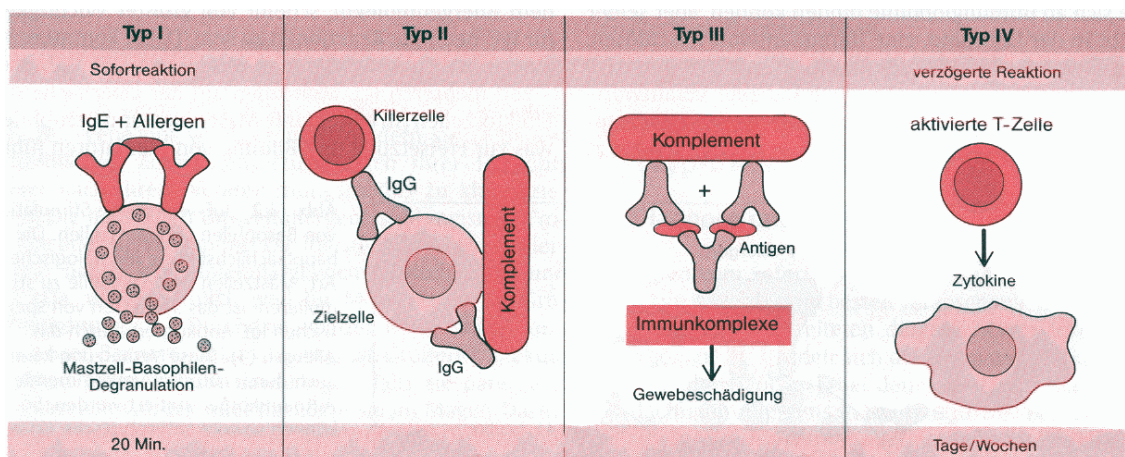


Abbildung 10: Typen der Überempfindlichkeitsreaktionen, klassifiziert nach Coombs und Gell (Gemsa et al. 1997, S.235)

Typisch für diese Form der Allergie ist das Kontaktekzem (z. B. bei Nickelallergie) und das Arzneimittel-Exanthem. Eine Abstoßungsreaktion nach Organtransplantation ist ebenfalls eine allergische Immunreaktion des Typs 4.

Besonders große Bedeutung für Müllwerker sind u.a. die exogen-allergische Alveolitis (EAA). Es handelt sich um eine Typ 3-Allergie, die durch IgG-Antikörper gegen Schimmelpilze und Aktinomyzeten vermittelt wird. Nach erfolgter Provokation kommt es nach einer Latenzzeit von 6-8 Stunden zum Krankheitsbild der EAA. Die Erkrankung geht mit einer lymphozytären Infiltration der Alveolen, der terminalen Bronchien und des Lungeninterstitiums einher. Der chronisch-entzündliche Prozess induziert eine Fibrosierung des Lungengewebes (Baur 1998). Das histologische Bild ist im subakuten Stadium durch eine peribronchial betonte interstitielle und auch in der Alveole anzutreffende Rundzellinfiltration sowie durch schaumige Histiocyten gekennzeichnet. Nach einigen Wochen kommt

es zu einer Granulombildung. Im Spätstadium findet man eine diffuse interstitielle Lungenfibrose (Riede und Costabel 1993).

Als Symptome der EAA treten Husten, Atemnot, Fieber, Schüttelfrost, Gewichtsverlust und Abgeschlagenheit auf. Im Lungenfunktionstest fällt eine Restriktion mit Verminderung der Vitalkapazität und des Residualvolumens auf. Das Vermeiden weiterer Exposition führt zu einem Symptommrückgang. Wiederholt andauernde Expositionen hingegen können zu irreversiblen entzündlichen Infiltrationen des Lungengewebes führen. Aus der bestehenden Lungenfibrose heraus kann der Patient eine Rechtsherzinsuffizienz entwickeln (Diehl und Hofmann 1996).

Bekannte Formen der exogen-allergischen Alveolitis sind die Farmerlunge, die Vogelhalterlunge, die Befeuchterlunge und die Pilzsporenalveolitis sowie die Malzarbeiterlunge, die Permuttschalenalveolitis und die Isozyanatalveolitis. Die Farmerlunge ist die häufigste, beruflich verursachte exogen-allergische Alveolitis. Sie wird durch thermophile Aktinomyzeten wie *Micropolyspora faeni*, Schimmelpilze und organische Stäube besonders im Bereich der Landwirtschaft hervorgerufen. Eine weitere bedeutende exogen-allergische Alveolitis ist die Vogelhalterlunge, die durch Federn, Staub und Kot unterschiedlicher Vögel verursacht wird (Baur 1998).

Die Diagnostik der exogen-allergischen Alveolitis umfasst die Lungenfunktionsprüfung, die Serologie, Röntgenthorax, broncho-alveoläre Lavage, inhalative Allergenprovokationstests und Lungenhistologie. Der körperliche Untersuchungsbefund zeigt fein- bis mittelblasige Rasselgeräusche über beiden Lungenabschnitten. Der Lungenfunktionsbefund ergibt eine restriktive Ventilationsstörung, also eine Verminderung der Vital- und Totalkapazität. Das akute Stadium ist durch eine Leukozytose mit Linksverschiebung gekennzeichnet. Die Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG) ist beschleunigt. Durch quantitative Verfahren wie ELISA oder RAST lassen sich häufig IgE-Antikörper erfassen. Es lassen sich aber auch spezifische IgG-Antikörper mittels Ouchterlony-Test oder ELISA nachweisen. Lysozym und ACE sind als Indikatoren für eine Alveolarentzündung im chronischen Stadium erhöht. Im Frühstadium ist der radiologische Befund unauffällig, im fortgeschrittenen Stadium kann es zu beidseitigen Fleckschatten und milchglasartiger Trübung kommen. Die bronchioalveoläre Lavageflüssigkeit zeigt eine CD8⁺-Lymphozytose und einen Quotienten von CD4⁺/CD8⁺ < 1 (Leonhardt 1998).

Das berufsbedingte Asthma bronchiale ist eine reversible, obstruktive Atemwegserkrankung, die, hervorgerufen durch eine entzündliche Reaktion und Hyperreagibilität der Atemwege, ebenfalls bei Müllwerkern vorkommt. Berufsbedingtes allergisches Asthma bronchiale wird durch Stoffe hervorgerufen, die während der Arbeitszeit inhaliert werden. Häufig ist es mit einer Rhinitis assoziiert. Pathogenetisch sind sensibilisierende von irritativen Stoffen zu unterscheiden (Mygind 1998).

Die Diagnostik des berufsbedingten Asthma bronchiale umfasst die Anamnese, den körperlichen Status, die Lungenfunktionsprüfung, einen Prick-Test, die Serologie und spezifische bronchiale Provokationstests. Die Anamnese ergibt Husten und Sputumproduktion wenige Minuten (Frühreaktion) oder 4-8 Stunden (Spätreaktion) nach Arbeitsbeginn. Klinisch sind trockene Rasselgeräusche (Giemen, Brummen, Pfeifen) über den Lungen zu hören. Gegen Ende der Arbeitswoche tritt eine Progression der Symptomatik auf. Am Wochenende oder im Urlaub bessern sich die Symptome. Die manifeste Bronchialobstruktion ist durch eine Verminderung der relativen 1-Sekunden-Kapazität gekennzeichnet. Im Bronchospasmodolysetest erkennt man die Reversibilität der Bronchialobstruktion. Im beschwerdefreien Intervall lässt sich durch eine Methacholinprovokation die bronchiale Hyperreaktivität feststellen. Allergenspezifische IgE-Antikörper können mit Hilfe des RAST oder des ELISA ermittelt werden (Mygind 1998).

Aus dem Bereich der Abfallwirtschaft existieren Untersuchungen, die eine beginnende Allergisierung in der vorauslaufenden Sensibilisierungsphase festzustellen versuchten. Es konnten bei in verschiedenen Entsorgungsbetrieben beschäftigten Arbeitnehmern, deren Expositionsgrad hinreichend bekannt war, oder nur IgG-Antikörper gegen Aktinomyzeten und Schimmelpilze nachgewiesen werden. Dabei ergab sich ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Grad der Antigenexposition und der Höhe der IgG-Antikörpertiter (Diehl und Hofmann 1996).

Eine weitere Gruppe schimmelpilzverursachter Erkrankungen wird unter dem Begriff Mykotoxikose zusammengefasst. Die Auslöser sind hierbei die Mykotoxine. Die meisten der besser bekannten Mykotoxine können auf die Gattung *Aspergillus*, *Penicillium* und *Fusarium* zurückgeführt werden. Ihre biologischen Effekte sind in akuter und chronischer Form im Bereich der Zyto- und Neurotoxizität zu sehen. Daneben weisen sie immunsuppressive, teratogene, mutagene und karzinogene Eigenschaften auf. Die stärksten Mykotoxine

bilden die von *Aspergillus*- und *Penicillium*arten produzierten Afla- und Ochratoxine. Im arbeitsmedizinisch relevanten Bereich ist auch eine inhalative Aufnahme in krankheitsauslösenden Dosen möglich. Zu den inhalativ verursachten Mykotoxikosen wird das Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS) gezählt. Dabei kommt es nach Inhalation einer Mindestmenge Toxins zu einer Aktivierung der Makrophagen. Ihre Sekretion chemotaktischer Komponenten soll das Einwandern neutrophiler Granulozyten vom Blut in die Lunge bewirken, die dort eine toxische Pneumonitis verursachen. Bei entsprechender Ausprägung stellt sich dann die Krankheit des ODTS ein, welches durch Fieber, grippeartige Symptome und Erschöpfungszustände gekennzeichnet ist. Die Reaktion erfolgt innerhalb weniger Stunden nach Exposition. Es handelt sich hierbei um eine Akuterkrankung, zu deren Auslösung keine Prädisposition notwendig ist. Es genügt eine einmalige, kurze Exposition mit dem Toxin (Diehl und Hofmann 1996).

Ein Mischbild aus bronchialer Aspergillose und Allergie stellt die allergische bronchopulmonale Aspergillose dar (ABPA). Sie ist charakterisiert durch erhöhte Titer von spezifischen IgG- und IgE-Antikörpern gegen *Aspergillus fumigatus* sowie progressives Pilzwachstum in verschiedenen Lungenbereichen. Im Sputum der Patienten lassen sich in der Regel Pilzfragmente nachweisen. Es können irreversible Lungenschädigungen resultieren. Ein weiteres durch Exposition gegenüber keim- bzw. sporenbelasteten Aerosolen hervorgerufenen Krankheitsbild ist die besonders im englischen Sprachraum diagnostizierte Mucus Membrane Irritation (MMI). Diese Entzündung betrifft häufig die Augen und oberen Atemwege. Eine MMI entwickelt sich nach mehrwöchiger Exposition relativ niedriger Keimdosen. Es kann eine chronische Bronchitis hinzutreten (Diehl und Hofmann 1996).

2. Fragestellung

Zur Keimexposition von Müllwerkern bei der Abfallsammlung ist die derzeit vorliegende Datengrundlage noch äußerst gering. Auch fehlten bislang umfassende arbeitsmedizinische Untersuchungen zur Beurteilung des Gesundheitszustandes dieser Beschäftigten (Bioabfall- und Kompostverwertung in Nordrhein-Westfalen 2000).

Nach Untersuchungen insbesondere aus dem skandinavischen Raum kommen beim Personal von Kompostanlagen bestimmte Erkrankungsbilder, die vor allem auf die Exposition mit Staub, Mikroorganismen und Endotoxinen zurückgeführt wurde, gehäuft vor, z.B. Müdigkeit, Kopfschmerzen, Fieber, Durchfall (Jager et al. 1994).

Im Bereich des unbeabsichtigten Umganges mit Mikroorganismen ist das Wissen über Art und Ausmaß der Belastungen oft gering und die Schutzmaßnahmen daher oft nicht ausreichend. Auf diese Weise stellen die Belastungen in diesem Bereich für den Arbeitsschutz ein besonderes Problem dar. Gemäß der EG-Richtlinie 90/679/EWG zählen Schimmelpilze zu den biologischen Arbeitsstoffen. Ziel dieser Richtlinie ist der Schutz der Arbeitnehmer vor der Gefährdung ihrer Sicherheit und Gesundheit, der sie aufgrund ihrer Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen bei der Arbeit ausgesetzt sind oder sein können einschließlich der Vorbeugung gegen solche Gefährdungen (RL 90/679/ EWG 1990).

Die nationale Umsetzung der EU-Richtlinie in der Bundesrepublik Deutschland erfolgt in Form einer Verordnung auf der Basis des neuen Arbeitsschutzgesetzes. Demnach müssen für jede Tätigkeit, bei der eine Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen auftritt, die Art, das Ausmaß und die Dauer der Exposition der Arbeitnehmer ermittelt werden, damit alle Risiken für die Gesundheit abgeschätzt und Schutzmaßnahmen festgelegt werden können. Voraussetzung hierfür ist die qualitative und quantitative Bestimmung biologischer Arbeitsstoffe auf der Grundlage einer einheitlichen Messmethodik und Messstrategie (Averdiek et al. 1997).

Bei den Entsorgungsbetrieben der Hansestadt Lübeck wird seit etwa Oktober 1997 eine strikte Trennung bei der Abfuhr von Haus- und Biomüll durchgeführt, wobei jeweils drei Kolonnen aus 17 Hausmüllwerkern und weitere drei aus 18 Biomüllwerkern gebildet wurden. Lediglich im Innenstadtbereich erfolgte die Entsorgung durch eine aus sieben Gemischtmüllwerkern bestehende Kolonne, die im wöchentlich wechselnden Rhythmus so-

wohl Haus- als auch Biomüll beseitigt. Bei der gesonderten Biomüllabfuhr in der Abfallwirtschaft existieren Arbeitsplätze, an denen die Mitarbeiter vor allem über den Luftweg mit erhöhten Schimmelpilzsporen- und Bakterienkonzentrationen exponiert werden. In besonderem Maße erfolgt die Freisetzung von aerogenen Mikroorganismen aus der Biotonne beim Ausschüttvorgang, da hier durch Rütteln des biologischen Materials erfahrungsgemäß die höchste Keimkonzentration in der Umgebungsluft emittiert wird (Senkpiel et al. 1999).

In der hier vorliegenden Studie geht es um die Ermittlung des Luftkeimspektrums von Bio- und Hausmüll beim Abkippen der Mülltonnen in das Müllfahrzeug und die Erfassung von Lungenfunktionsbefunden und möglicherweise auftretenden Typ I- und Typ III-Sensibilisierungen bei Biomüllentsorgern im Vergleich zu Hausmüllentsorgern.

Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

- 1) Welches Luftkeimspektrum umgibt die Müllentsorger bei Ausübung ihrer Tätigkeit?
- 2) Sind Biomüllentsorger während der Arbeit einem anderen Luftkeimspektrum ausgesetzt als Hausmüllentsorger?
- 3) Unterscheiden sich die Art und die Häufigkeit einer Sensibilisierung bzw. Allergisierung von Bio- im Vergleich zu Hausmüllentsorgern?
- 4) Unterscheiden sich Bio- von Hausmüllentsorger hinsichtlich ihrer pneumologischen Befunde bei der klinisch-körperlichen Untersuchung und der Lungenfunktionsprüfung?

3. Material und Methoden

3.1. Probanden

In die vorliegende Untersuchung wurden 42 Müllwerker aus den Entsorgungsgebieten der Hansestadt Lübeck aufgenommen. Dort wird seit Oktober 1997 eine Trennung von Haus- und Biomüll bei der Abfuhr durchgeführt, wobei jeweils drei Arbeitsgruppen ausschließlich Haus- und drei weitere Biomüll abfahren. Im Innenstadtbereich werden durch eine weitere Arbeitsgruppe in wöchentlich wechselndem Rhythmus sowohl Haus- als auch Biomüll entsorgt. Dieser Kreis der Müllwerker wird nachfolgend ‚Gemischtmüllwerker‘ genannt. In den Sommermonaten August bis September 1998 wurden 18 Biomüllwerker, 7 Gemischtmüllwerker und eine hinsichtlich Alter und Rauchgewohnheiten vergleichbare Kontrollgruppe von 17 Hausmüllentsorgern jeweils vor und nach der Arbeitsschicht untersucht. Untersuchungsort war das Müllwerk Lübeck (s. Abbildung 11).



Abbildung 11: Aufnahme des Werkhofes des Müllwerkes Lübeck

3.2. Methoden

Die Messungen zur Luftkeimbestimmung wurden nach den ‚Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe‘ (TRBA 405) vorgenommen. Die Konzentrationen der Bakterien und Pilze wurden als Zahl koloniebildender Einheiten pro m³ Luft (KBE/m³) angegeben. Der zu untersuchende Tätigkeitsbereich der Müllwerker war die Zone um die Entleerung der Biomülltonnen bei Stillstand des Fahrzeuges am Heck während des Auskippvorganges (siehe Abbildung 12 und 13).



Abbildung 12: Nahaufnahme des Vorganges der Probenentnahme direkt am Fahrzeugheck



Abbildung 13: Darstellung der Probengewinnung während des Füllvorganges aus mittlerer Entfernung

Neben der Anamneseerhebung, die mittels eines standardisierten Fragebogens (siehe Anhang) unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsplatzverhältnisse vorgenommen wurde, erfolgte eine orientierende klinisch-körperliche Untersuchung vor und nach der Arbeitsschicht und eine Spirometrie mit anschließender unspezifischer bronchialer Provokation (Methacholin in Konzentrationen von 0.1% und 0.3%). Außerdem wurde vor und nach der Schicht ein Blutbild erstellt und die BSG bestimmt sowie vor der Schicht neben dem Gesamt-Immunglobulin (IgA, IgE und IgG) spezifisches IgG mittels indirektem Immunfluoreszenztest (IIFT) und IgE (RAST) für jeweils sieben verschiedene Schimmelpilze und spezifische IgG (ELISA) auf vier thermophile Aktinomyzeten ermittelt. Nach der Schicht führten wir zunächst einen Haut-Prick-Test auf Schimmelpilze und Umweltallergene durch (siehe Abbildung 14).



Abbildung 14: Darstellung des Haut-Prick-Tests am Unterarm eines Probanden (Standard Prick Test Allergene der Fa. Allergopharma)

Desweiteren wurde die Blutsenkungsgeschwindigkeit (BSG) bestimmt. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und -richtung wurden jeweils vor dem Schichtbeginn ermittelt. Das Gerät zur Messung der Lufttemperatur und -feuchte war ein Sekundenhgrometer der Fa. Testo. Die Windgeschwindigkeit wurde mit dem Hitzedrahtwindmessgerät der Fa. Schildknecht gemessen.

Bevor die eigentlichen Arbeitsplatzuntersuchungen begannen, erfolgte vor dem Schichtbeginn eine Referenzbestimmung auf dem Gelände der Entsorgungsbetriebe der Stadt Lübeck. Die Referenzuntersuchungen und die Ermittlung der meteorologischen Parameter wurden auch nach der Arbeitsschicht durchgeführt.

3.2.1. Luftkeimbestimmung

Die Luftkeimbestimmung erfolgte während des Abkippvorgangs der Mülltonnen. Sie wurde nach den Richtlinien der TRBA 405/15 und TRBA 430/16 durchgeführt. Die Messungen fanden an 19 Arbeitstagen in den Monaten August und September 1998 statt. An 12 Arbeitstagen wurde die Keimbelastung des Biomülls untersucht und an sieben Tagen jene des Hausmülls.

Messprinzipien:

1. Impaktionsmethode

Hierbei wird Luft mit dem Schlitzimpaktor FH2 (Fa. Loreco Reckert) angesaugt und über einen Nährboden (hier: R₂A-Agar) geführt. Die Luftansauggeschwindigkeit beträgt 50 l/min. bei einer Probenentnahmedauer von 2 Minuten (= 100 Liter Probenvolumen) unter Berücksichtigung der TRBA 405/15 und TRBA 430/16. Die in der Luft vorhandenen Partikel scheiden sich auf dem Nährboden direkt ab.

Die mit dem Schlitzimpaktionsfilter gewonnenen Luftproben werden dann auf verschiedenen Nährmedien bebrütet: Sabouraud-Glukose-Agar bei 22°C, Malzextraktagar bei 37°C und Kaseinpepton-Agar bei 56°C. Danach wurden die koloniebildenden Einheiten ausgezählt.

2. Filtrationsmethode

Bei dieser Methode wird Luft mit dem Luftkeimsammler FH3 (Fa. Loreco Reckert) angesaugt. Die Luftansauggeschwindigkeit beträgt 30 l/min. bei einer Probenentnahmedauer von 3,5 Minuten (= 100 Liter Probenvolumen). Das Bioaerosol wird auf einen

wasserlöslichen Gelatinemembranfilter abgeschieden. Dieser Filter wird direkt auf einen Nährboden gelegt und bebrütet. Dann werden die koloniebildenden Einheiten ausgezählt (direkte Methode). Bei der indirekten Methode wird das auf dem Filter abgeschiedene Bioaerosol in einer Lösung suspendiert und verdünnt auf Nährböden angezüchtet. Die Gelatinemembranfilter werden mit 10 ml physiologischer Kochsalzlösung in einer Petrischale während 20 Minuten bei 37°C bis zur Homogenität aufgelöst. Davon werden jeweils 0,2 ml Lösung auf einen Malzextraktagar, auf einen Sabouraud-Glukose-Agar und einen Kaseinpepton-Agar aufgetragen. Unter sterilen Bedingungen werden die Nährböden sieben Tage bebrütet.

Die für die Untersuchungen verwendeten Geräte zeigt die nachfolgende Abbildung.



Abbildung 15: Zur Luftkeimmessung verwendete Geräte: Schlitzimpaktor FH3 (li.) und Luftkeimsammler FH3 (re.)

3.2.2. Lungenfunktionsprüfung (Spirometrie)

Die Spirometrie erfolgte mit dem tragbaren Gerät Flowscreen (Fa. Erich Jaeger), s. Abbildung 16. Zur Durchführung der Messung sind zwei Atemmanöver erforderlich. Der Proband atmet in Ruhe ein und aus (Atemzugvolumen) und dann zunächst nach vollständiger Einatmung maximal aus (expiratorische Vitalkapazität). Nach einigen weiteren Atemzügen in Ruhe atmet der Proband vollständig aus und danach maximal ein (inspiratorische Vitalkapazität).

Beim zweiten Manöver atmet der Proband vollständig ein und so schnell wie möglich, d.h. forciert aus, um im unmittelbaren Anschluss an diese Expiration wieder maximal einzuatmen. Dieses Vorgehen liefert die forcierte Vital- und Einsekundenkapazität.



Abbildung 16: Flowscreen (Fa. Erich Jaeger)

Die Messkurven werden atemsynchron auf dem Display sowohl als Fluss-Volumen-Kurve als auch parallel dazu als Volumen-Zeit-Kurve dargestellt. Ein im Messgerät enthaltener Mikroprozessor vergleicht die Messwerte mit den einprogrammierten Sollwerten und druckt die ausgewählten Parameter und die prozentuale altersentsprechende Abweichung vom Sollwert aus. Im Rahmen dieser Studie wurden ausgewertet:

- inspiratorische Vitalkapazität (IVC) in Liter,
- forciertes expiratorisches Ausatemvolumen in der 1. Sekunde (FEV_1) in Liter,
- maximal forcierte expiratorische Atemstromstärke, wenn noch 50% der forcierten expiratorischen Vitalkapazität auszuatmen sind (MEF50) in Liter pro Sekunde,
- oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros) in $kPa \cdot s/l$

Mittels eines Druckluftverneblers mit einem geschlossenen Beutelsystem (Fa. Pari) wurde die unspezifische bronchiale Provokation mit Methacholin in den abgestuften Konzentrationen von 0,1% und 0,3% durchgeführt.

Als Maß der Reagibilität dient die nach der Provokation einsetzende Lungenfunktionsänderung sowie der Anstieg des Atemwegswiderstandes und die Abnahme von FEV_1 , MEF50 oder MEF25 (Hoffahrt et al. 1991).

3.2.3. Laborchemische Bestimmungen

Jeweils vor der Arbeitsschicht entnahmen wir Blut zur Bestimmung der Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit nach Westergren (BSG), zum Anfertigen eines kleinen Blutbildes (Erythrozyten, Leukozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, MCV, MCHC, Thrombozyten) mit Differentialblutbild und zur Bestimmung von Gesamt-IgA und Gesamt-IgE sowie spezifischem IgE-Antikörpern mittels RAST gegen *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Alternaria alternata*, *Penicillium notatum*, *Rhizopus nigricans*, *Cladosporium cladosporoides* und *Neurospora sitophila* und schließlich für spezifische IgE-Antikörper mittels IIFT gegen *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus sydowii*, *Aspergillus versicolor*, *Penicillium brevicompactum* und *Penicillium crustosum* sowie spezifischen IgG-Antikörpern mittels ELISA gegen thermophile Aktinomyzeten, *Saccharomonospora viridis*, *Saccharopolyspora hirsuta*, *Saccharopolyspora rectivirgula* und *Streptomyces thermovulgaris*. Nach der Arbeitsschicht wurde nochmals Blut entnommen für die Bestimmung eines kleinen Blutbildes und der BSG.

3.2.4. Radio-Allergo-Sorbent-Test (RAST)

Der RAST erfasst serologisch spezifische IgE-Antikörper. Hierbei ist das zu testende Allergen an Papierscheiben kovalent gebunden. Es reagiert mit den Antikörpern des Patientenserums, die spezifisch gegen dieses Allergen gerichtet sind. Durch Zugabe von radioaktiv markiertem Anti-IgE ist es möglich, eine semiquantitative Aussage über die vorhandene Menge spezifischer IgE-Antikörper zu machen. Die Ergebnisse wurden semiquantitativ in 7 RAST-Klassen (in IU/ml) eingeteilt (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Semiquantitative Klasseneinteilung des RAST		
Testresultat (in IU/ml)	Klasse	Bewertung
< 0.35	0	negativ
0.35-0.69	I	zweifelhaft
0.70-3.49	II	positiv
3.50 - 17.49	III	stark positiv
17.50-52.49	IV	stark positiv
52.50-99.99	V	stark positiv
≥100	VI	stark positiv

Als positiv werden spezifische IgE-Werte über 0.7 IU/ml (RAST-Klasse II) gewertet.

3.2.5. Indirekter Immunfluoreszenztest (IIFT)

Bei diesem Testverfahren wird das Antigen an einen Objektträger fixiert, der dann mit dem zu prüfenden Serum in Kontakt gebracht wird. Nach Entfernen der Serumprobe kann sich ein mit einem fluoreszierenden Farbstoff konjugierter weiterer Antikörper an den Antigen-Antikörper-Komplex binden und unter dem Fluoreszenzmikroskop erkennbar gemacht werden. Für das spezifische IgG der Schimmelpilze wurde in der indirekten Immunfluoreszenz der Antikörpertiter in der Verdünnungsstufe angegeben, bei dem noch zuletzt eine Fluoreszenz in der mikroskopischen Auswertung sichtbar wird.

3.2.6. Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA)

Die Bestimmung der spezifischen IgG-Antikörper auf thermophile Aktinomyzeten erfolgte mittels ELISA. Nach der Zugabe des Antikörpers, an den ein Enzym gekoppelt ist (hier: Meerrettichperoxidase), wird das Testserum zugesetzt. Durch den Verbrauch eines zugegebenen Substrats kann auf die Höhe der im Patientenserum vorhandenen Antikörper geschlossen werden. Die zu untersuchenden Seren werden zunächst im Verhältnis 1:800 vorverdünnt und danach auf die antigenträgenden Platten für eine Stunde bei 37°C inkubiert und gewaschen. Nun wird der gegen menschliches IgG gerichtete, mit Meerrettich-

peroxidase gekoppelte Ziegenantikörper zugesetzt und schließlich mit Puffer gewaschen und das Enzymsubstrat zugesetzt. Nach 30 Minuten Reaktionszeit wird die Extinktion gegen einen Konjugatleerwert bei 405 nm als optische Dichte photometrisch gemessen.

3.2.7. Haut-Pricktest

Nach der Arbeitsschicht wurde ein modifizierter Haut-Pricktest durchgeführt. Es kamen Test-Allergene der Fa. Allergopharma zur Anwendung. Diese wurden als Tropfen auf die Innenseite des Unterarms aufgebracht. Als Negativkontrolle diente Aqua dest, als Positivkontrolle eine Histaminlösung. Dann wurde an diesen Stellen die Haut leicht eingeritzt. Die Ablesung, d.h. die Beurteilung von Quaddeln und Erythem, erfolgte nach 20 Minuten Wartezeit. Ausgetestet wurden folgende Allergene.

Pilzallergene: *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium cladosporoides*, *Neurospora sitophila*, *Penicillium notatum*, *Rhizopus nigricans*

Pflanzenallergene: Roggen, Birke, Hasel, Beifuß, Spitzwegerich

Milbenallergene: *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae*

Tierallergene: Kanarienvogel, Wellensittich, Katze, Hund

Quaddeln und Erythem wurden nach folgendem Schema bewertet (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Bewertung von Quaddel und Erythem im Pricktest		
Beurteilung	Quaddel	Erythem
negativ	< 2 mm	< 3 mm
+	2-3 mm	3-5 mm
++	3 mm	6-10 mm
+++	4-6 mm	11-20 mm
++++	> 6 mm	> 20 mm

3.2.8. Statistische Methoden

Für die deskriptive Auswertung wurden absolute und relative Häufigkeit, Median, Minimum, Maximum, Spannweite sowie Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) ermittelt.

Signifikanzberechnungen wurden mit Hilfe des Chi²-Tests, des Fisher-Exact-Tests, des Mann-Whitney-U-Tests und des Kruskal-Wallis-Tests durchgeführt. Die jeweils eingesetzten Tests sind im Ergebnisteil angegeben.

Die Festlegung des Signifikanzniveaus erfolgte in drei Stufen: nicht signifikant ($p > 0,05$), signifikant ($p \leq 0,05$) und hochsignifikant ($p \leq 0,01$).

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SPSS 8.0 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago/Illinois, USA).

4. Ergebnisse

In die Untersuchung wurden ausschließlich männliche Müllwerker einbezogen. Die Probanden wurden je nach ihrem Einsatzgebiet in drei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe umfasste 18 Biomüllwerker, die zweite sieben Gemischtmüllwerker und die dritte 17 Hausmüllwerker.

4.1. Allgemeine Daten der Untersuchungsteilnehmer

4.1.1. Alter der Probanden

Es handelte sich um 42 Personen im Alter von $37,5 \pm 8,6$ Jahren. Ein signifikanter Unterschied der drei Gruppen hinsichtlich des Alters fand sich nicht (Kruskal-Wallis: $p = 0,1355$). Beim Vergleich der drei Gruppen untereinander gab es keinen Altersunterschied zwischen Bio- und Gemischtmüllwerkern (Mann-Whitney: $p = 0,2236$), zwischen Bio- und Hausmüllwerkern (Mann-Whitney: $p = 0,0661$) und zwischen Gemischt- und Hausmüllwerkern (Mann-Whitney: $p = 0,4233$). Die Streuparameter zeigt Tabelle 3.

Tab. 3: Altersverteilung (in Jahren) im Gesamtkollektiv und den drei Untergruppen			
Kollektiv	$\bar{O} \pm SD$	Median	Min.-Max.
Biomüllwerker (n=18)	$39,5 \pm 8,4$	36,0	30 - 58
Gemischtmüllwerker (n=7)	$37,4 \pm 8,6$	33,0	32 - 54
Hausmüllwerker (n=17)	$35,6 \pm 8,8$	32,0	21 - 56
Gesamtkollektiv	$37,5 \pm 8,6$	21,0	21 - 58

Die graphische Darstellung der Altersverteilung im Gesamtkollektiv zeigt, dass unter den Probanden jene in den Altersklassen der 31-35- bzw. 36-40-Jährigen dominierten (s. Abb. 17).

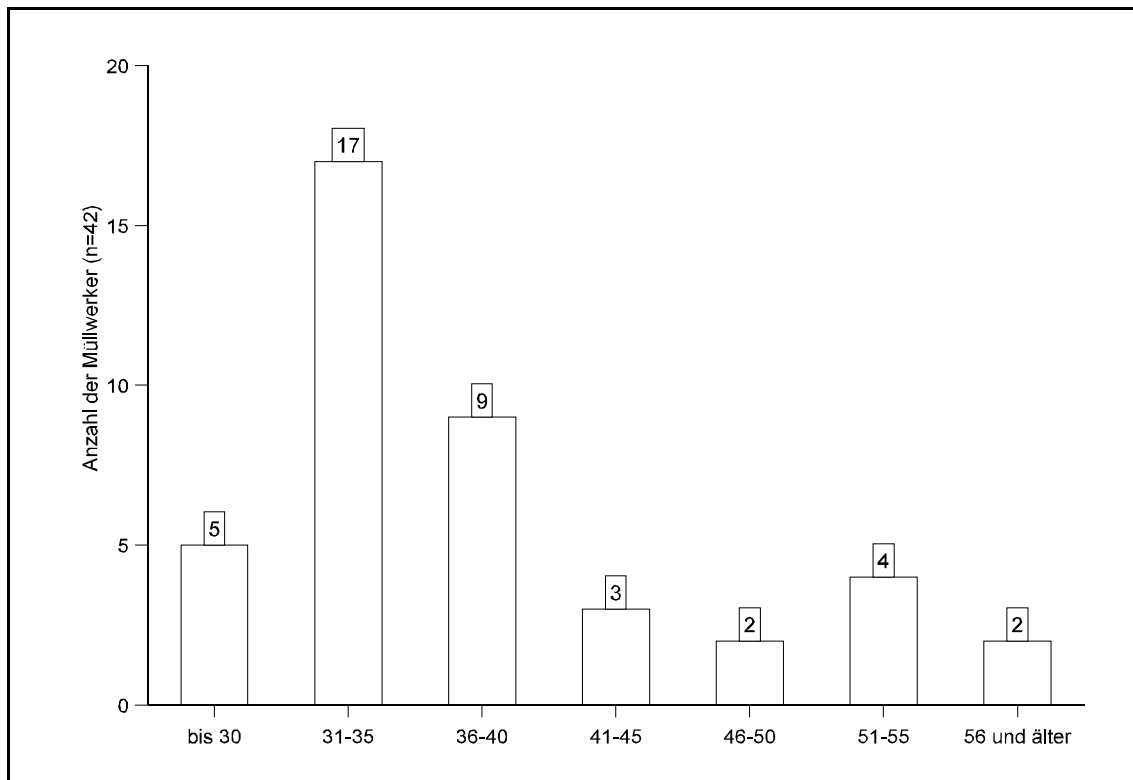


Abbildung 17: Altersverteilung der Müllwerker im Gesamtkollektiv

4.1.2. Dauer der Betriebszugehörigkeit

Die Dauer der Betriebszugehörigkeit der Müllwerker in den einzelnen drei Gruppen war fast signifikant verschieden (Kruskal-Wallis: $p = 0,0666$), wobei die Hausmüllwerker die kürzeste und die Biomüllwerker die längste Betriebszugehörigkeit zeigten (s. Tab. 4).

Tab. 4: Dauer der Betriebszugehörigkeit in Jahren im Müllwerk Lübeck im Gesamtkollektiv und den drei Untergruppen			
Kollektiv	$\bar{O} \pm SD$	Median	Min.-Max.
Biomüllwerker (n=18)	$14,3 \pm 8,7$	13,0	1 - 30
Gemischtmüllwerker (n=7)	$10,7 \pm 11,4$	6,0	1 - 33
Hausmüllwerker (n=17)	$7,6 \pm 4,8$	8,0	2 - 18
Gesamtkollektiv	$11,0 \pm 8,3$	9,0	1 - 33

Im Durchschnitt lag die Dauer der Betriebszugehörigkeit im Gesamtkollektiv bei $11,0 \pm 8,3$ Jahren. Die Biomüllwerker waren zwar nicht im Vergleich mit den Gemischtmüllwerkern (Mann-Whitney: $p = 0,2375$), aber im Vergleich zu den Hausmüllwerkern (Mann-Whitney: $p = 0,0188$) signifikant länger im Betrieb. Die Dauer der Betriebszugehörigkeit unterschied sich zwischen den Gemischt- und Hausmüllwerkern nicht statistisch signifikant (Mann-Whitney: $p = 0,8984$).

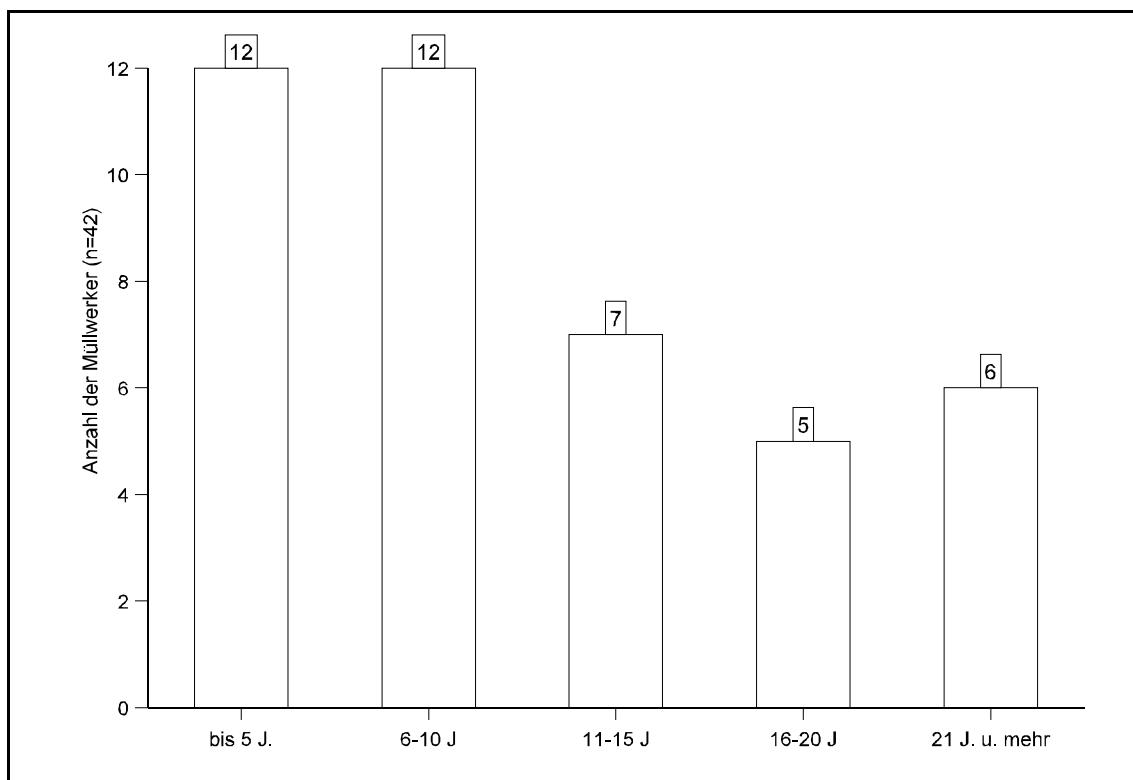


Abbildung 18: Dauer der Betriebszugehörigkeit zum Müllwerk Lübeck im Gesamtkollektiv

4.1.3. Körpergröße, -gewicht und Body-Mass-Index (BMI)

Die Müllwerker waren im Durchschnitt $178,0 \pm 5,9$ cm (Median 178 cm, Minimum 166 cm, Maximum 194 cm) groß und im Mittel $80,4 \pm 10,4$ kg schwer (Median 81 kg, Minimum 50 kg, Maximum 100 kg). Die drei Untersuchungsgruppen unterschieden sich weder bezüglich der Größe (Kruskal-Wallis: $p = 0,5115$) noch des Gewichts (Kruskal-Wallis: $p = 0,5533$) signifikant voneinander.

Zur Ermittlung des Normal- oder Übergewichts der männlichen Probanden wurde der Body Mass Index ermittelt (s. Tab. 5).

Tab. 5: Body Mass Index (BMI in kg/m ²) im Gesamtkollektiv und den drei Untergruppen			
Kollektiv	$\bar{O} \pm SD$	Median	Min.-Max.
Biomüllwerker (n=18)	25,2 $\pm$ 3,8	25,3	16,1 - 32,6
Gemischtmüllwerker (n=7)	25,5 $\pm$ 3,4	24,3	21,9 - 29,7
Hausmüllwerker (n=17)	25,3 $\pm$ 2,2	25,6	21,0 - 30,4
Gesamtkollektiv	25,3 $\pm$ 3,1	25,5	16,1 - 32,6

Wie die nachfolgende Abbildung zeigt, war der Anteil übergewichtiger und adipöser Arbeitnehmer im Gesamtkollektiv mit 40,4% relativ hoch, verteilte sich aber in allen drei Untergruppen in etwa ähnlicher Art und Weise, so dass kein anteilmäßig relevanter Unterschied bestand.

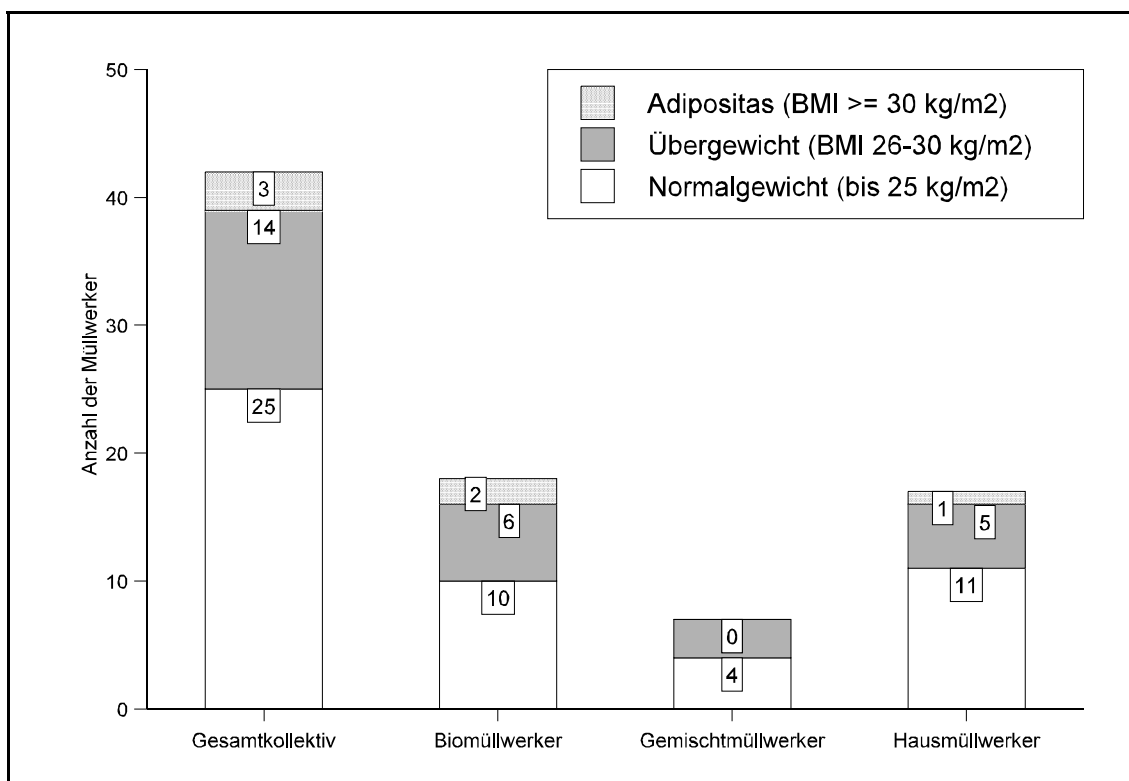


Abbildung 19: Verteilung von Normal-/Übergewicht und Adipositas im Gesamtkollektiv

4.1.4. Alkohol- und Nikotinkonsum

Der Anteil von Rauchern mit einem Konsum von mehr als 19 Zigaretten pro Tag (66,7%; n=28) und der Anteil von Müllwerkern mit regelmäßigen Alkoholkonsumenten von mehr 2 Litern Bier täglich (64,3%; n=27) lag im Gesamtkollektiv vergleichsweise hoch. Der prozentuale Anteil von Rauchern und Alkoholkonsumenten war unter den Biomüllwerkern (72,2% bzw. 72,2%), den Gemischtmüllwerkern (71,4% bzw. 57,1%) und den Hausmüllwerkern (58,8% bzw. 58,8%) allerdings kaum unterschiedlich. Eine Vergleichbarkeit der Gruppen hinsichtlich des Nikotin- und Alkoholkonsums schien deshalb vorzuliegen.

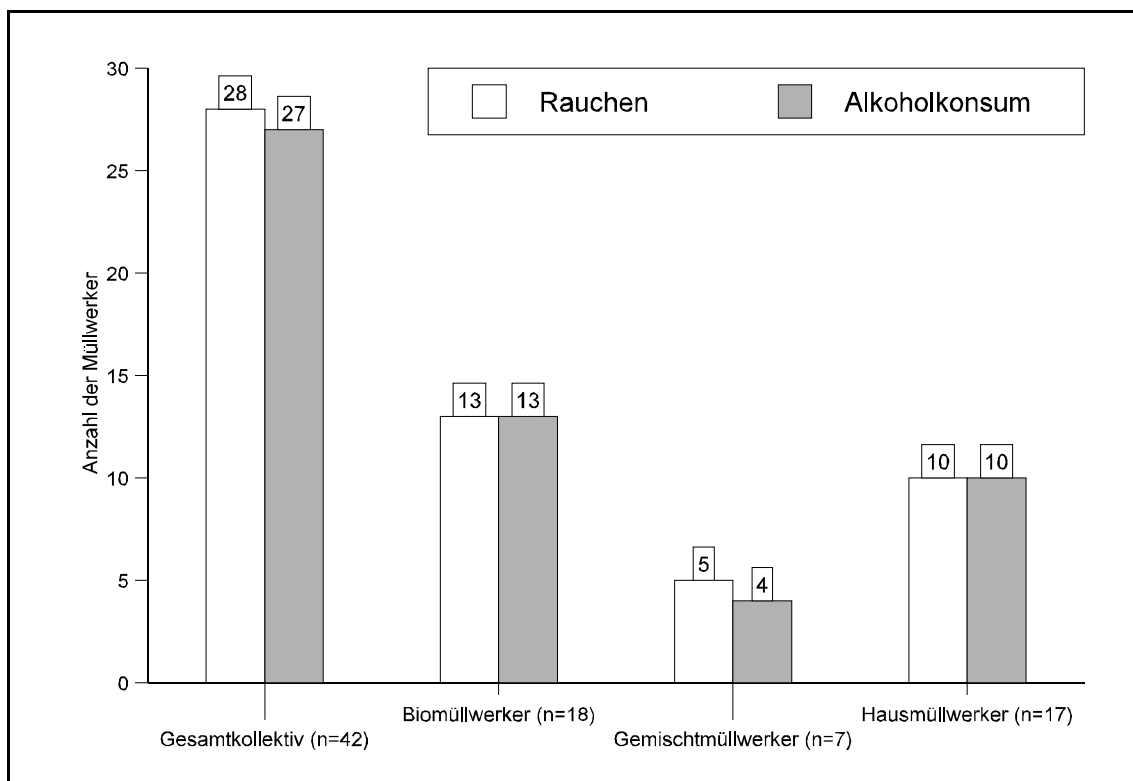


Abbildung 20: Häufigkeit von Rauchen und Alkoholkonsum im Gesamtkollektiv und den Untergruppen

4.1.5. Dauer von Arbeitsunfähigkeit in den letzten 12 Monaten

Arbeitsunfähigkeitszeiten waren im Gesamtkollektiv sehr häufig. In 36 Fällen (85,7%) war in den letzten 12 Monaten eine Arbeitsunfähigkeit eingetreten. Sie betrug im Durchschnitt für diesen Personenkreis 33 ± 35 Tage (Median 21 Tage) und lag zwischen 2 - 180 Tagen. Einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Dauer der Arbeitsunfähigkeit fand sich zwischen den drei Untergruppen nicht (Kruskal-Wallis: $p = 0,2350$) und beim Vergleich der Biomüllwerker mit den Gemischtmüllwerkern (Mann-Whitney: $p = 0,0774$) bzw. den Hausmüllwerkern (Mann-Whitney: $p = 0,6912$) sowie den Gemischtmüllwerkern mit den Hausmüllwerkern (Mann-Whitney: $p = 0,2138$) ebenso wenig.

Die Mehrzahl der Müllwerker (52,7%), die eine Arbeitsunfähigkeit in den letzten 12 Monaten hatten, war maximal 3 Wochen krankgeschrieben.

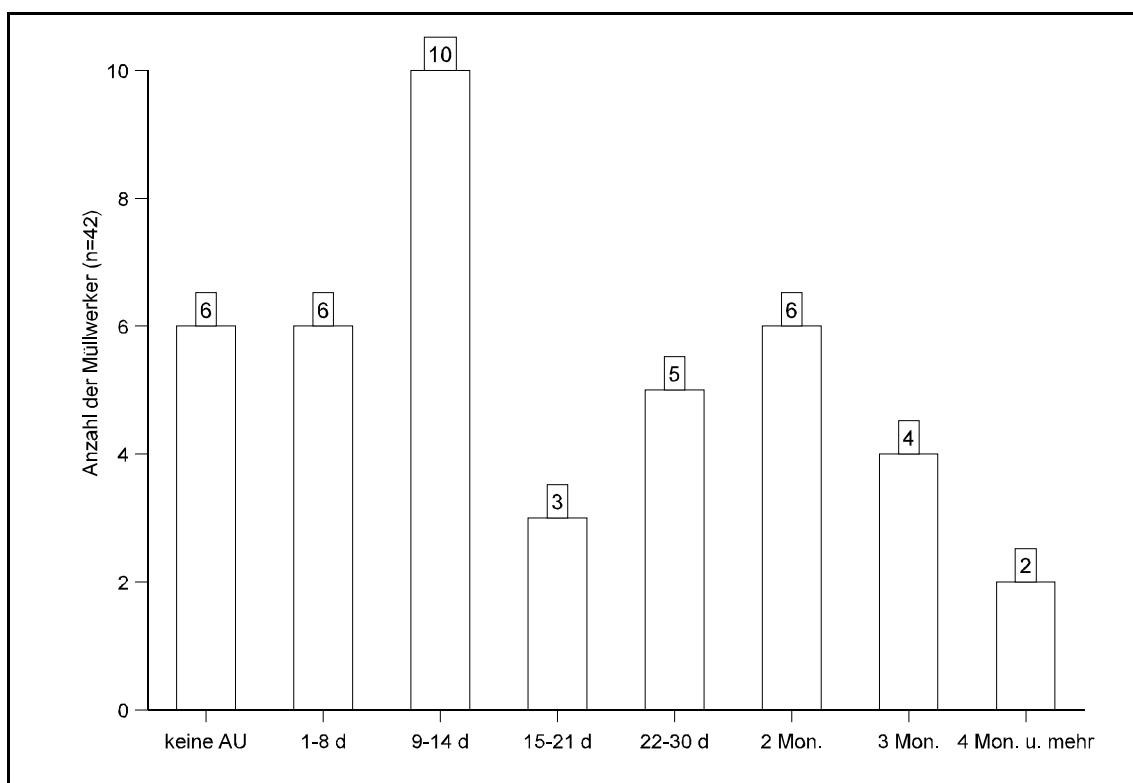


Abbildung 21: Häufigkeit und Dauer der Arbeitsunfähigkeitszeiten im Gesamtkollektiv

4.1.6. Vorerkrankungen und klinische Symptomatik

Vorerkrankungen, deren Symptome allergischer Natur waren, fanden sich auch im Gesamtkollektiv aber in geringem Maße. Zwei Müllwerker litten an Asthma (4,8%) und ebensoviele klagten über Rhinitis. Die meisten Müllwerker (9,5%) wiesen eine Konjunktivitis auf. Bronchitis und Neurodermitis wurden jeweils in nur einem Fall (2,4%) festgestellt. Die separate Darstellung (siehe Tab. 6) ergab aufgrund der geringen Anzahl betroffener Probanden keine statistisch verwertbare Aussage.

Tab. 6: Art und Häufigkeit der Vorerkrankungen in den Untergruppen und im Gesamtkollektiv der Müllwerker								
Vorerkrankung	Untergruppen						Gesamtkollektiv	
	Biomüllwerker		Gemischt-müllwerker		Hausmüllwerker		n	%
	n	%	n	%	n	%		
Asthma	1	5,6	1	14,3	0	0	2	4,8
Neurodermitis	1	5,6	0	0	0	0	1	2,4
Rhinitis	1	5,6	0	0	1	5,9	2	4,8
Konjunktivitis	2	11,1	0	0	2	11,8	4	9,5
Bronchitis	1	5,6	0	0	0	0	1	2,4

Klinische Symptome während der Arbeit waren hingegen im Gesamtkollektiv wie auch in den einzelnen Untergruppen häufig (siehe Tab. 7).

Tab. 7: Häufigkeit klinischer Symptome während der Arbeit im Gesamtkollektiv der Müllwerker und in den Untergruppen								
Symptomatik	Untergruppen						Gesamtkollektiv	
	Biomüllwerker		Gemischt-müllwerker		Hausmüllwerker		n	%
	n	%	n	%	n	%		
Husten	7	38,9	3	42,9	6	35,3	16	38,1
Dyspnoe	4	22,2	1	14,3	2	11,8	7	16,7
Abgeschlagenheit	5	27,8	3	42,9	4	23,5	12	28,6
Schwitzen	7	38,9	1	14,3	1	5,9	9	21,4
Auswurf	4	22,2	1	14,3	2	11,8	7	16,7

Es dominierten Husten und Abgeschlagenheit, gefolgt von Schwitzen, Dyspnoe und Auswurf. Es zeigte sich, dass lediglich 18 der 42 Müllwerker keine klinischen Symptome während der Arbeit angaben, während die anderen 24 Müllwerker über ein oder mehrere Symptome klagten. Die in der Tabelle 7 gezeigte Untergliederung der Symptommhäufigkeit in den einzelnen Untergruppen war statistisch nicht auswertbar, da die Gesamtzahl der Fälle pro jeweiligem Item zu gering war, um eine Signifikanzprüfung durchzuführen.

Vergleicht man die prozentualen Veränderungen der Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG), zeigt sich aber im Gesamtkollektiv wie auch in den einzelnen Untergruppen in der Regel eine z.T. deutliche (wenn auch nicht statistisch signifikante) Zunahme der Werte nach Schichtende. Am deutlichsten war die Veränderung nicht bei den Biomüllwerkern, sondern bei den Hausmüllwerkern (s. Abb. 22).

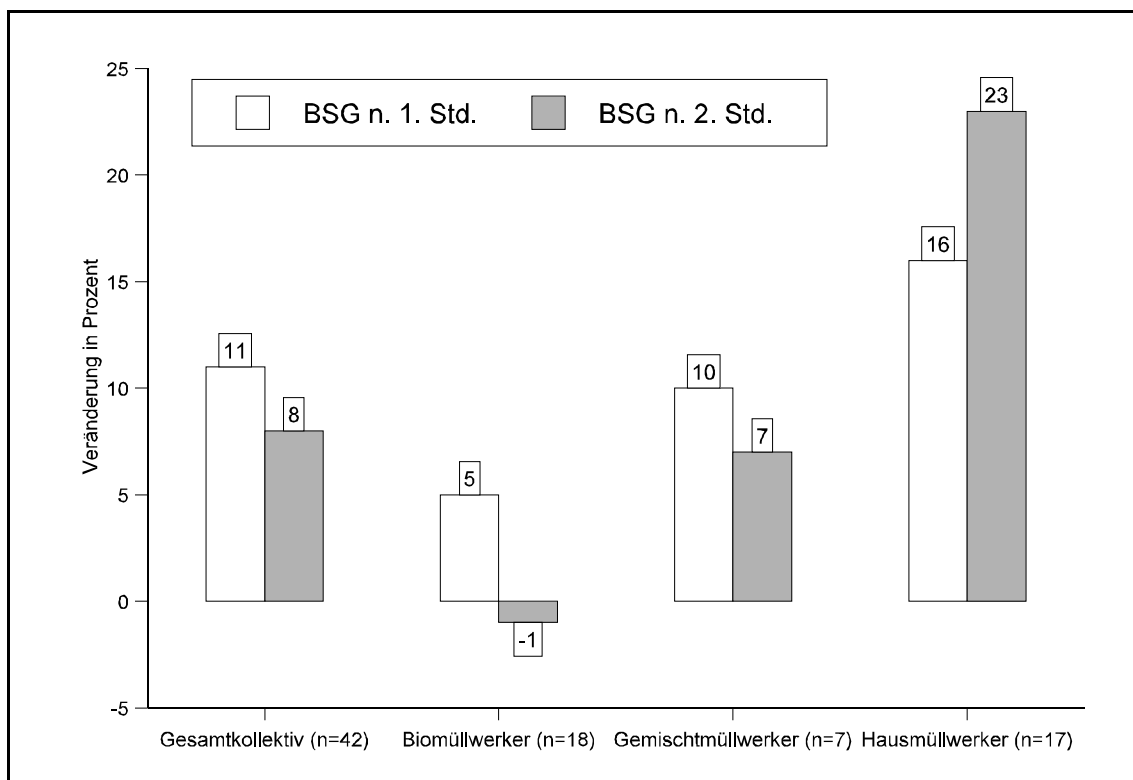


Abbildung 22: Veränderung (in %) der BSG nach der 1. u. 2. Stunde am Ende der Arbeitsschicht im Vergleich zum Wert vor Schichtbeginn

4.2.2. Leukozyten

Die Leukozytenkonzentration veränderte sich in keiner Untergruppe und auch nicht im Gesamtkollektiv nach der Schicht signifikant im Vergleich zum Ausgangswert. Es war nur vor Schichtbeginn, nicht aber danach, ein signifikanter Unterschied zwischen Biomüllwerkern und Hausmüllwerkern bzw. Gemischtmüllwerkern und Hausmüllwerkern festzustellen. Biomüllwerker hatten vor der Schicht höhere Leukozytenzahlen als Hausmüllwerker und Gemischtmüllwerker hatten vor der Schicht höhere Leukozytenzahlen als Hausmüllwerker (s. Tab. 9).

Tab. 9: Leukozytenkonzentration/nl im Vergleich zwischen den Gruppen und vor bzw. nach der Arbeitsschicht							
Gruppe	vor Schichtbeginn			nach der Schicht			p-Wert
	0 ± SD	Med	Min./Max.	0 ± SD	Med	Min./Max.	
Biomüll	6,71 ± 1,90	6,72	4,21 - 12,60	6,73 ± 2,75	6,11	2,85 - 14,47	0,8617
Gemischtm.	7,23 ± 1,24	7,19	5,53 - 9,23	6,94 ± 3,66	6,32	3,30 - 14,37	0,4990
Hausmüll	5,62 ± 1,94	5,33	3,28 - 11,58	6,34 ± 1,92	5,95	2,88 - 9,53	0,1488
alle Müllw.	6,36 ± 1,89	5,90	3,28 - 12,60	6,61 ± 2,57	6,11	2,85 - 14,47	0,4128
Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: vorher (p = 0,1549); nachher (p = 0,8087) Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,0477); nachher (p = 0,6679) Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,0121); nachher (p = 0,9241)							

Die Abbildung 23 zeigt die prozentualen Veränderungen der Leukozytenzahlen nach Schichtende im Vergleich vor Schichtbeginn. Es zeigte sich, dass es im Gesamtkollektiv zu einer geringen Zunahme der Leukozytenzahlen nach Ende der Arbeitsschicht kam, auch wenn diese nicht signifikant ausfiel. Diese prozentuale Veränderung fiel aber im Unter Kollektiv der Biomüllwerker am niedrigsten aus (bei den Gemischtmüllwerkern kam es sogar zu einer Reduktion der Leukozytenzahlen nach der Schicht), während die Hausmüllwerker eine deutliche prozentuale Zunahme der Leukozytenzahlen zeigten.

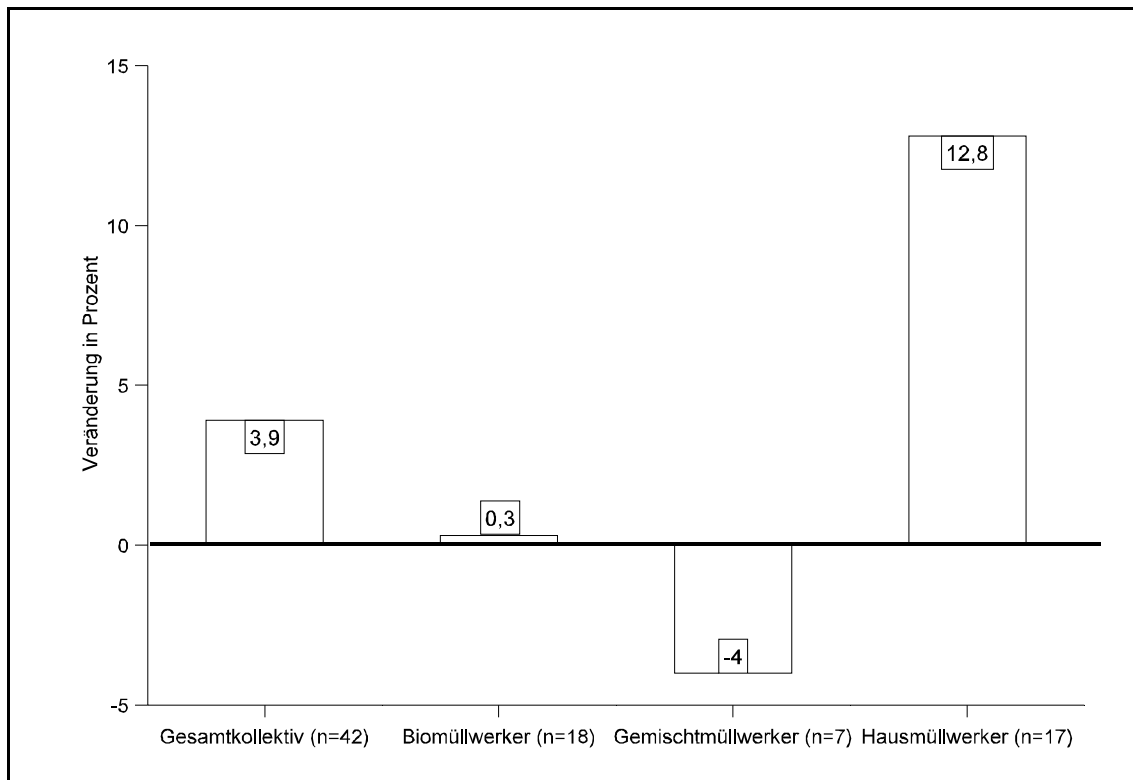


Abbildung 23: Veränderung (in %) der Leukozytenzahl am Ende der Arbeitsschicht im Vergleich zum Wert vor Schichtbeginn

4.2.3. Immunglobuline

Im Gesamtkollektiv aller Müllwerker wurde in 9 Fällen (21,4%) eine Überschreitung des IgE-Spiegels oberhalb der Norm (> 100 IU/ml) festgestellt, während eine Normwertüberschreitung des IgG-Spiegels (> 1.500 mg/dl) nur in einem Fall festzustellen war. Ein über dem Normbereich (90-450 mg/dl) liegender IgA-Spiegel fand sich in keinem einzigen Fall. Aufgrund der geringen Fallzahl war eine statistische Auswertung dieser Normwertüberschreitungen nicht sinnvoll (s. Abb.24).

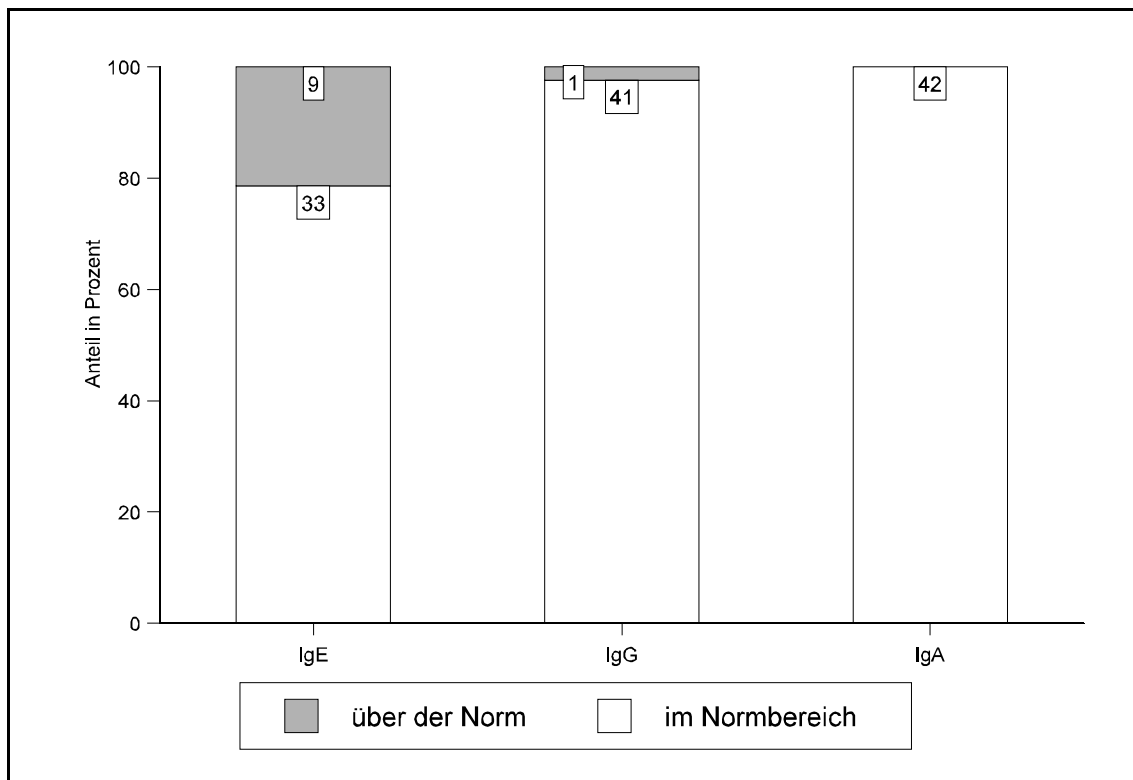


Abbildung 24: Häufigkeit von Normwertüberschreitungen von IgE, IgG und IgA im Gesamtkollektiv aller Müllwerker (n=42)

Deshalb wurde nur ein Vergleich der durchschnittlichen Titerwerte zwischen den drei Untergruppen vorgenommen. Wie die Tabelle 10 zeigt, kam es beim IgE zu keinem signifikanten Unterschied zwischen den drei Untergruppen, obwohl die höchsten Werte die Hausmüllwerker und die niedrigsten Werte die Gemischtmüllwerker zeigten.

Beim IgG fanden sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Müllwerker-Untergruppen, aber auch hier wiesen die Hausmüllwerker die höchsten, die Biomüllwerker die niedrigsten IgG-Spiegel auf.

Beim IgA ergab sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Untergruppen, bei den Biomüllwerkern waren die Mittelwerte am höchsten.

Tab. 10: Immunglobulin E, A und G im Vergleich zwischen den Gruppen			
Immunglobulin E (IU/ml)			
Gruppe	$\bar{O} \pm SD$	Med.	Min./Max.
Biomüllwerker	134,9 $\pm$ 251,6	50,1	8,9 - 1000
Gemischtmüllwerker	75,6 $\pm$ 115,9	30,2	12,3 - 333,9
Hausmüllwerker	193,7 $\pm$ 306,9	68,3	5,1 - 1000
alle Müllwerker	148,8 $\pm$ 258,5	55,1	5,1 - 1000
Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: $p = 0,3329$ Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: $p = 0,5198$ Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: $p = 0,2155$			
Immunglobulin G (mg/dl)			
Gruppe	$\bar{O} \pm SD$	Med.	Min./Max.
Biomüllwerker	1003 $\pm$ 255	1000	503 - 1500
Gemischtmüllwerker	1014 $\pm$ 159	990	804 - 1240
Hausmüllwerker	1030 $\pm$ 201	1000	774 - 1570
alle Müllwerker	1015 $\pm$ 216	1000	503 - 1570
Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: $p = 0,9517$ Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: $p = 0,6676$ Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: $p = 0,8988$			
Immunglobulin A (mg/dl)			
Gruppe	$\bar{O} \pm SD$	Med.	Mi/Ma
Biomüllwerker	228,2 $\pm$ 87,3	223	101 - 431
Gemischtmüllwerker	181,4 $\pm$ 100,9	183	48 - 341
Hausmüllwerker	183,5 $\pm$ 69,8	171	96 - 374
alle Müllwerker	202,3 $\pm$ 84,0	188,5	48 - 431
Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: $p = 0,2261$ Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: $p = 0,0674$ Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: $p = 0,8738$			

4.3. Lungenfunktionsuntersuchung

4.3.1. Inspiratorische Vitalkapazität (IVC)

Der Vergleich der Messwerte der inspiratorischen Vitalkapazität (IVC) vor und nach der Schicht zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Untergruppen bzw. im Gesamtkollektiv (s. Tab.11).

Tab. 11: Inspiratorische Vitalkapazität/IVC [Liter] im Vergleich zwischen den Gruppen und vor bzw. nach der Arbeitsschicht							
Gruppe	vor Schichtbeginn			nach der Schicht			p-Wert
	0 ± SD	Med	Min./Max.	0 ± SD	Med	Min./Max.	
Biomüllw.	5,21 ± 0,80	5,39	3,36 - 6,22	5,01 ± 0,58	4,88	3,72 - 6,08	0,3380
Gemischtm.	5,60 ± 0,80	5,33	4,60 - 6,85	5,87 ± 1,41	5,46	4,18 - 8,12	0,8658
Hausmüllw.	5,44 ± 0,83	5,63	3,86 - 7,07	5,41 ± 0,97	5,11	4,16 - 8,45	0,3088
alle Müllw.	5,41 ± 0,81	5,52	3,36 - 7,07	5,32 ± 0,95	5,07	3,72 - 8,45	0,2500
Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: vorher (p = 0,3968); nachher (p = 0,1463) Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,2760); nachher (p = 0,1979) Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,9241); nachher (p = 0,4088)							

Der Abbildung 25 ist zu entnehmen, dass die prozentuale Abnahme des IVC bei den Biomüllwerkern nach der Schicht deutlich größer war als in den beiden anderen Untergruppen. Bei den Gemischtmüllwerkern gab es eine leichte Zunahme, die Hausmüllwerker blieben diesbezüglich unverändert.

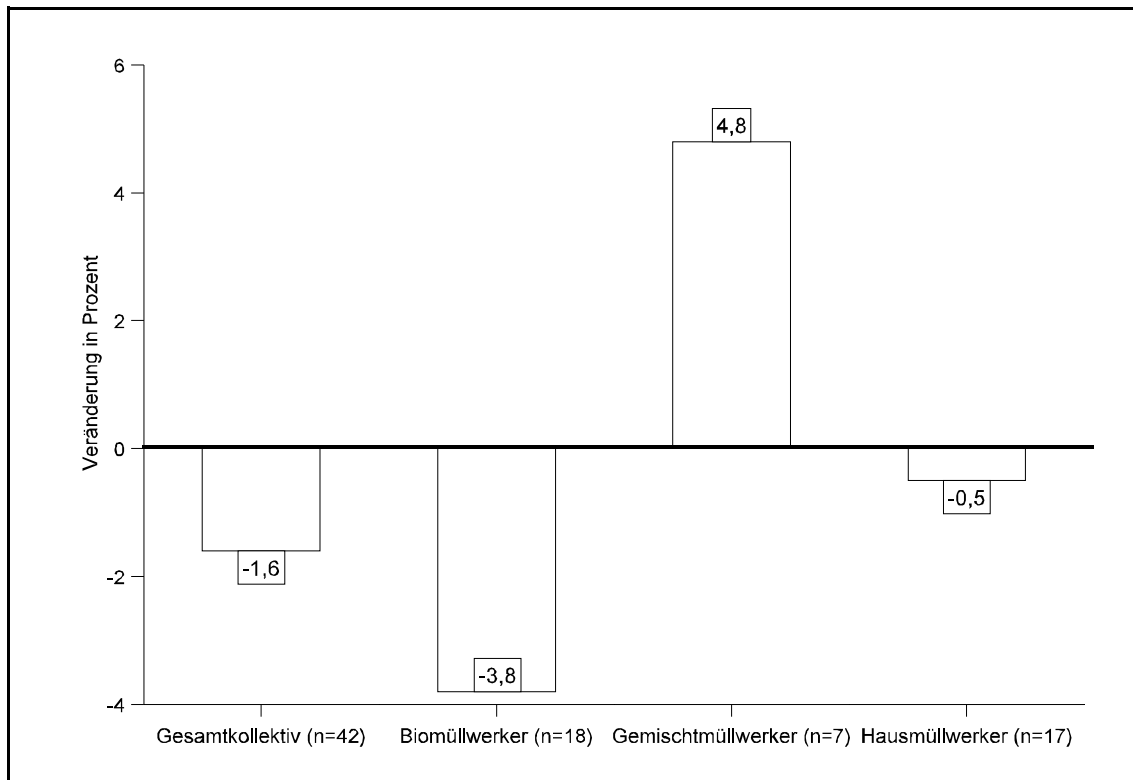


Abbildung 25: Prozentuale Veränderung des IVC in den einzelnen Gruppen im Vergleich vor und nach der Schicht

4.3.2. Forciertes expiratorisches Volumen in der 1. Sekunde (FEV_1)

Das FEV_1 blieb in allen drei Untergruppen sowie im Gesamtkollektiv im Vergleich vor und nach der Arbeitsschicht nahezu unverändert. Auch die Gruppen selbst unterschieden sich in der Regel nicht. Lediglich die Biomüllwerker wiesen im Vergleich zu den Hausmüllwerkern sowohl vor als auch nach der Arbeitsschicht signifikant niedrigere Werte auf (s. Tab. 12).

Die Abbildung 26 zeigt die größte prozentuale Abnahme des FEV_1 nach der Schicht bei den Biomüllwerkern, während die Gemischt- und die Hausmüllwerker eine leichte Zunahme des FEV_1 aufwiesen.

Tab. 12: Forciertes expiratorisches Volumen in der 1. Sekunde/FEV₁ [Liter] im Vergleich zwischen den Gruppen und vor bzw. nach der Arbeitsschicht

Gruppe	vor Schichtbeginn			nach der Schicht			p-Wert
	0 ± SD	Med	Min./Max.	0 ± SD	Med	Min./Max.	
Biomüllw.	4,01 ± 0,64	4,02	2,56 - 4,88	3,83 ± 0,57	3,98	2,96 - 5,20	0,2485
Gemischtm.	4,48 ± 0,71	4,48	3,24 - 5,44	4,59 ± 1,33	4,24	3,32 - 6,80	0,7353
Hausmüllw.	4,65 ± 0,74	4,72	3,28 - 5,96	4,71 ± 1,12	4,36	3,52 - 7,48	0,8129
alle Müllw.	4,35 ± 0,74	4,44	2,56 - 5,96	4,31 ± 1,03	4,10	2,96 - 7,48	0,6347
Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: vorher (p = 0,2258); nachher (p = 0,2033) Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,0126); nachher (p = 0,0082) Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,6792); nachher (p = 0,5152)							

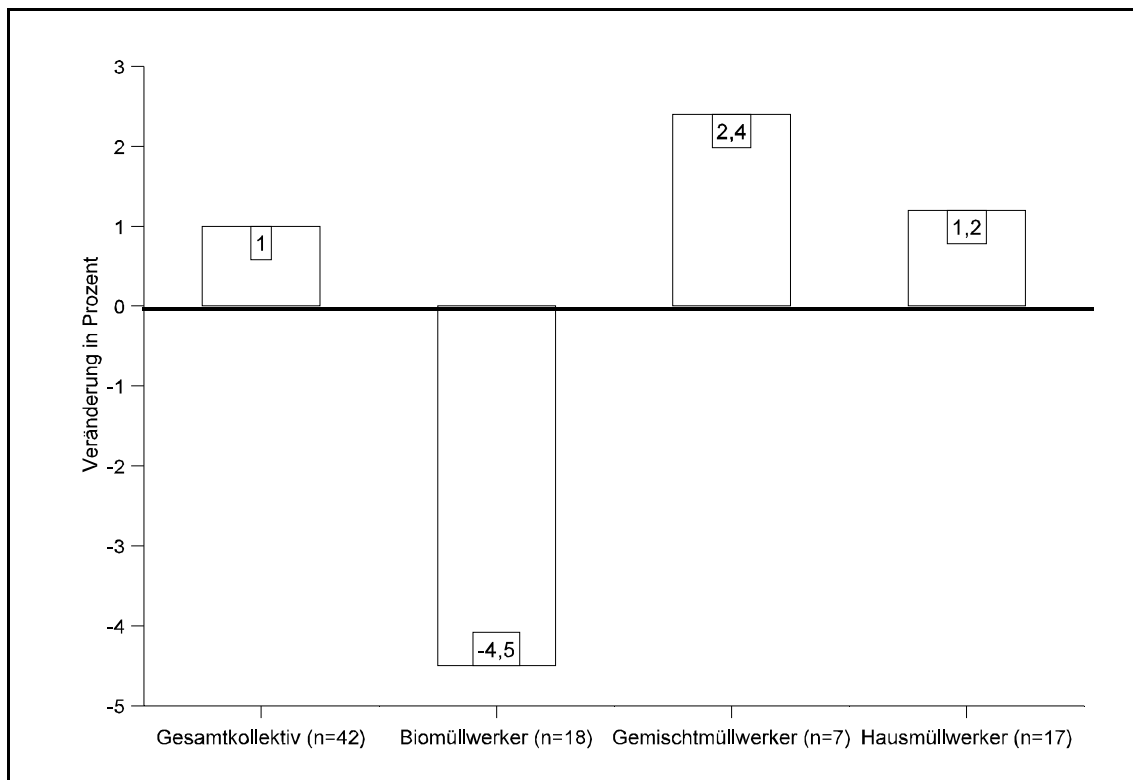


Abbildung 26: Prozentuale Veränderung des FEV₁ in den einzelnen Gruppen im Vergleich vor und nach der Schicht

4.3.3. Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität (MEF50)

Der MEF50 blieb in den drei Untergruppen und im Gesamtkollektiv beim Vergleich der Werte vor und nach der Arbeitsschicht ohne signifikante Veränderung. Nur die Biomüllwerker wiesen im Vergleich zu den Hausmüllwerkern sowohl vor als auch nach der Arbeitsschicht signifikant niedrigere MEF50-Werte auf (s. Tab.13).

Tab. 13: Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität (MEF50) [Liter/sec] im Vergleich zwischen den Gruppen vor bzw. nach der Arbeitsschicht

Gruppe	vor Schichtbeginn			nach der Schicht			p-Wert
	0 ± SD	Med	Min./Max.	0 ± SD	Med	Min./Max.	
Biomüllw.	3,92 ± 1,29	3,72	1,15 - 6,36	3,68 ± 1,14	3,68	2,22 - 7,03	0,1989
Gemischtm.	4,63 ± 1,27	4,96	2,80 - 6,10	4,65 ± 1,75	4,40	2,69 - 7,96	0,8658
Hausmüllw.	5,42 ± 1,49	5,36	2,85 - 9,23	5,54 ± 2,13	5,34	2,64 - 12,30	0,8684
alle Müllw.	4,65 ± 1,51	4,67	1,15 - 9,23	4,59 ± 1,87	4,33	2,22 - 12,30	0,4345
Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: vorher (p = 0,2501); nachher (p = 0,1463)							
Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,0035); nachher (p = 0,0005)							
Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,4273); nachher (p = 0,2400)							

Die Abbildung 27 zeigt eine deutliche prozentuale MEF50-Verringerung nur bei den Biomüllwerkern, während eine Veränderung des MEF50 im Vergleich zum Ausgangswert vor Schichtbeginn bei den Gemischt- und Hausmüllwerkern im Sinne einer Zunahme des MEF50 zu verzeichnen war. Die geringe Reduktion im Gesamtkollektiv beruht demnach auf der deutlichen Verschlechterung des MEF50-Wertes bei den Biomüllwerkern.

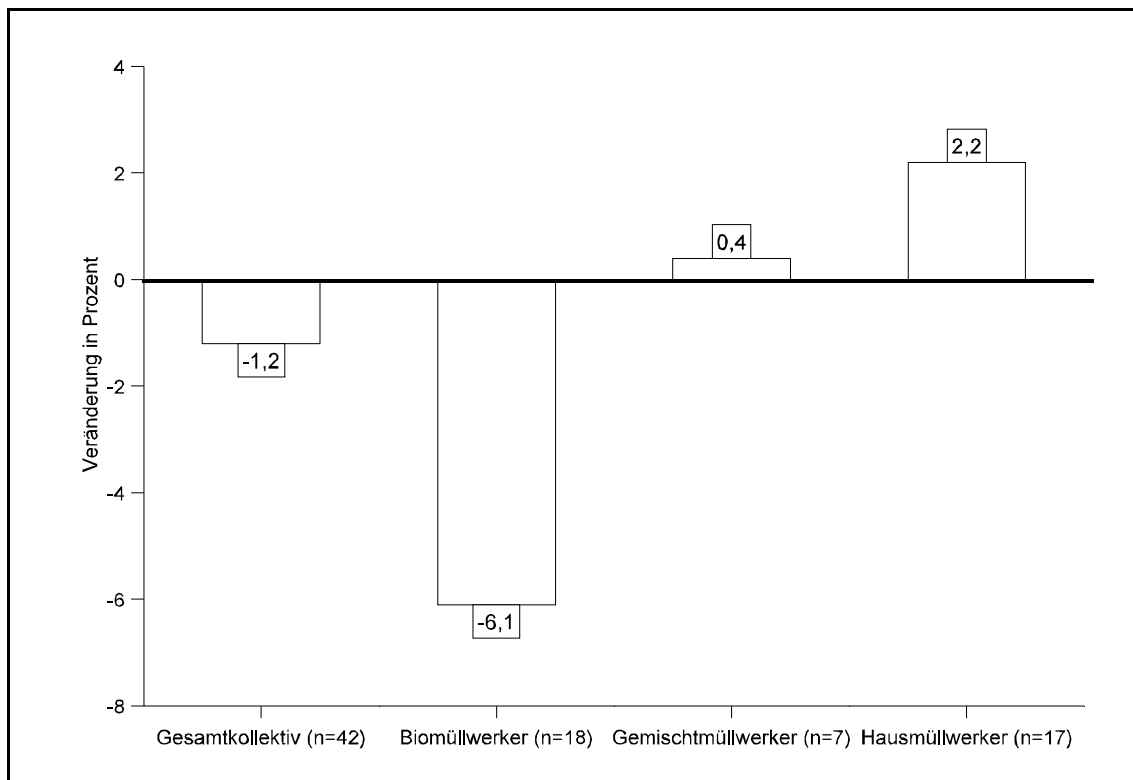


Abbildung 27: Prozentuale Veränderung des MEF50 in den einzelnen Gruppen im Vergleich vor und nach der Schicht

4.3.4. Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros)

Der Ros veränderte sich innerhalb der drei Untergruppen bzw. im Gesamtkollektiv nicht signifikant zwischen den Messungen vor und nach der Schicht. Auch vor und nach der Arbeitsschicht ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Untergruppen (s. Tab. 14).

Im Gesamtkollektiv kam es zu keiner nennenswerten Veränderung des Ros, bei den Biomüllwerkern aber zu einer Zu- und bei den Gemischtmüllwerkern zu einer Abnahme des Ros, wie die Abbildung 28 zeigt.

Tab. 14: Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros) [kPa*s/l] im Vergleich zwischen den Gruppen und vor bzw. nach der Arbeitsschicht

Gruppe	vor Schichtbeginn			nach der Schicht			p-Wert
	0 ± SD	Med	Min./Max.	0 ± SD	Med	Min./Max.	
Biomüllw.	0,28 ± 0,07	0,28	0,13 - 0,42	0,29 ± 0,06	0,29	0,21 - 0,42	0,4925
Gemischtm.	0,28 ± 0,06	0,27	0,21 - 0,38	0,27 ± 0,07	0,26	0,18 - 0,39	0,5294
Hausmüllw.	0,30 ± 0,08	0,29	0,17 - 0,43	0,30 ± 0,08	0,30	0,14 - 0,50	0,5521
alle Müllw.	0,29 ± 0,07	0,28	0,13 - 0,43	0,29 ± 0,07	0,29	0,14 - 0,50	0,9277
Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: vorher (p = 0,8317); nachher (p = 0,4665) Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,6435); nachher (p = 0,9472) Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,6791); nachher (p = 0,5883)							

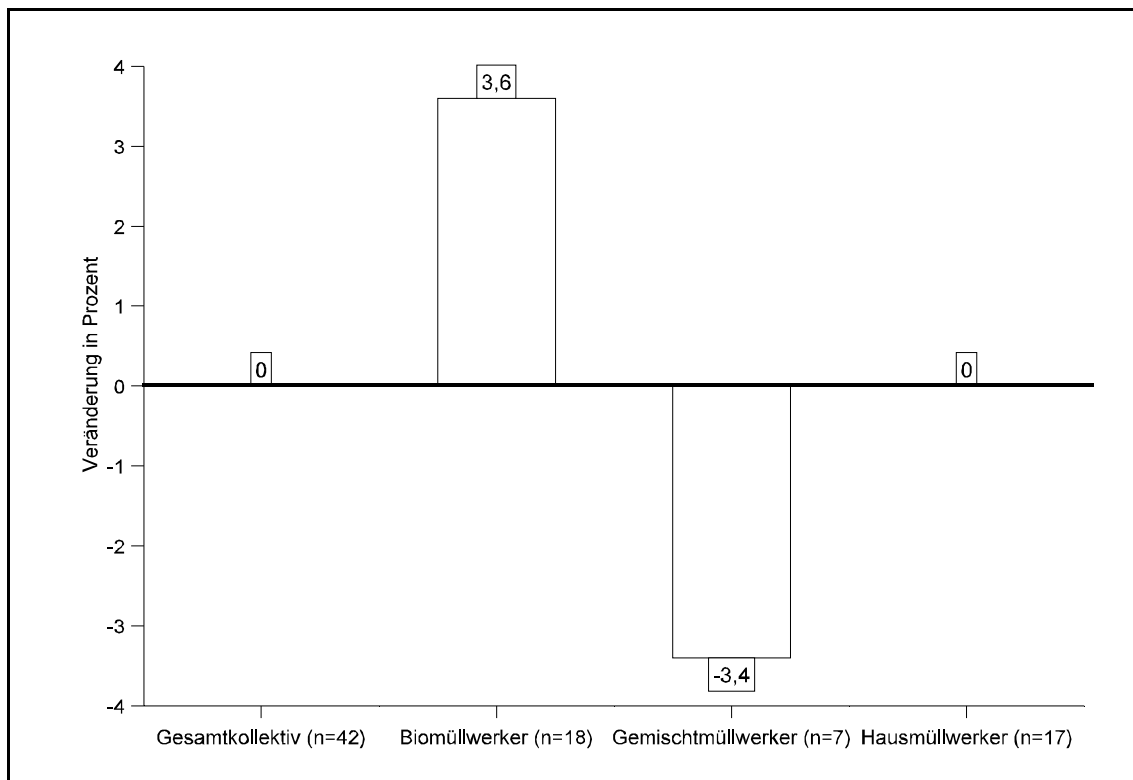


Abbildung 28: Prozentuale Veränderung des Ros in den einzelnen Gruppen im Vergleich vor und nach der Schicht

4.3.5. Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros) nach Provokation mit 0,1% Metacholin

Die bronchiale Reagibilität nach Provokation mit 0,1% Metacholin veränderte sich innerhalb der drei Untergruppen bzw. im Gesamtkollektiv nicht signifikant zwischen den Messungen vor und nach der Schicht. Auch vor und nach der Arbeitsschicht ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Untergruppen (s. Tab.15).

Tab. 15: Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros) [kPa*s/l] nach Provokation mit 0.1% Metacholin im Vergleich zwischen den Gruppen und vor bzw. nach der Arbeitsschicht							
Gruppe	vor Schichtbeginn			nach der Schicht			p-Wert
	0 ± SD	Med	Min./Max.	0 ± SD	Med	Min./Max.	
Biomüllw.	0,32 ± 0,10	0,32	0,16 - 0,51	0,33 ± 0,08	0,32	0,21 - 0,49	0,4331
Gemischtm.	0,49 ± 0,56	0,27	0,20 - 1,77	0,29 ± 0,07	0,27	0,21 - 0,40	0,4990
Hausmüllw.	0,31 ± 0,06	0,31	0,23 - 0,42	0,30 ± 0,09	0,29	0,15 - 0,53	0,3967
alle Müllw.	0,34 ± 0,23	0,31	0,16 - 1,77	0,31 ± 0,08	0,31	0,15 - 0,53	0,8233
Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: vorher (p = 0,5649); nachher (p = 0,2623) Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,5631); nachher (p = 0,9042) Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,6789); nachher (p = 0,7505)							

Im Gesamtkollektiv kam es im Kollektiv der Gemischtmüllwerker zu einer erheblichen Abnahme des Ros nach Provokation mit 0,1% Metacholin, bei den Biomüllwerkern zu einer leichten Zunahme und bei den Hausmüllwerkern zu einer leichten Abnahme. Die Unterschiede waren aber nicht signifikant (siehe Abbildung 29).

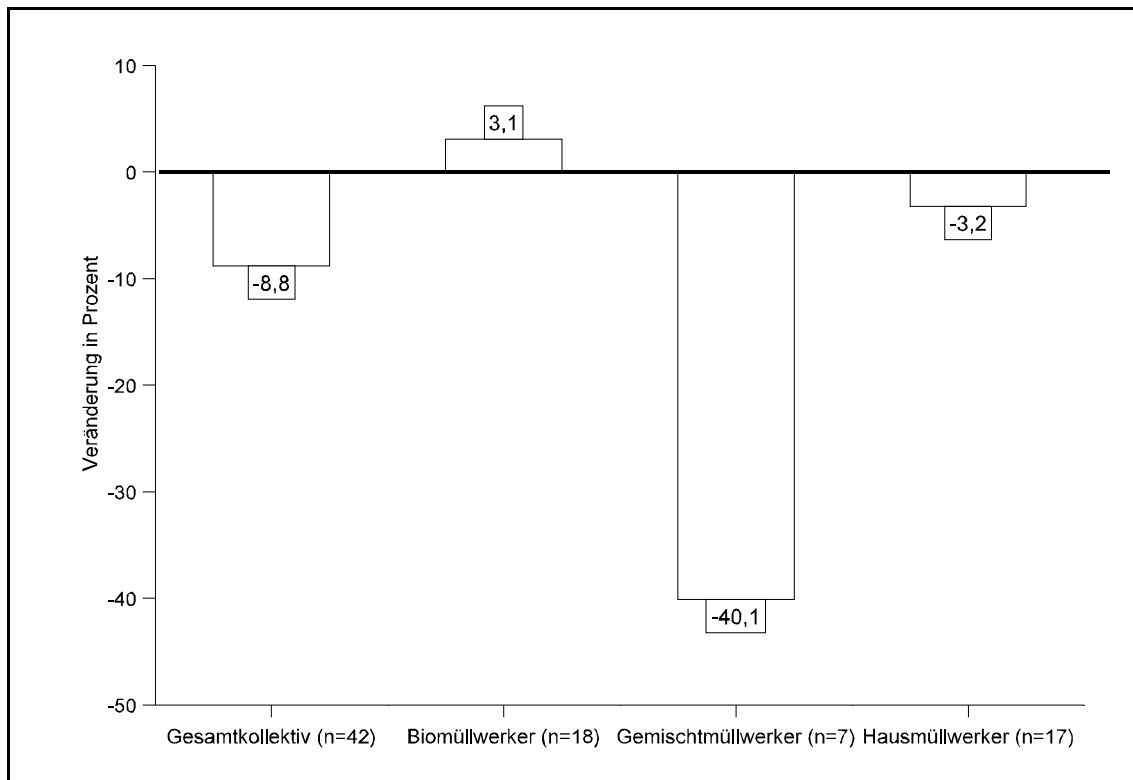


Abbildung 29: Prozentuale Veränderung des Ros nach Provokation mit 0,1% Metacholin in den einzelnen Gruppen im Vergleich vor und nach der Schicht

4.3.6. Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros) nach Provokation mit 0,3% Metacholin

Die bronchiale Reagibilität nach Provokation mit 0,3% Metacholin veränderte sich innerhalb der drei Untergruppen bzw. im Gesamtkollektiv nicht signifikant zwischen den Messungen vor und nach der Schicht. Auch nach der Arbeitsschicht ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Untergruppen (s. Tab.16).

Im Gesamtkollektiv kam es zu einer geringen prozentualen Zunahme des Ros nach Provokation mit 0,3% Metacholin. In der Untergruppe der Biomüllwerker war eine leichte, bei den Gemischtmüllwerkern eine deutliche Abnahme und bei den Hausmüllwerkern eine starke Zunahme des Ros zu verzeichnen. Aber die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant (s. Abbildung 30).

Tab. 16: Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand (Ros) [kPa*s/l] nach Provokation mit 0.3% Metacholin im Vergleich zwischen den Gruppen und vor bzw. nach der Arbeitsschicht

Gruppe	vor Schichtbeginn			nach der Schicht			p-Wert
	0 ± SD	Med	Min./Max.	0 ± SD	Med	Min./Max.	
Biomüllw.	0,42 ± 0,16	0,40	0,24 - 0,80	0,41 ± 0,20	0,35	0,18 - 0,97	0,1446
Gemischtm.	0,36 ± 0,28	0,31	0,11 - 0,94	0,31 ± 0,11	0,24	0,22 - 0,50	0,2489
Hausmüllw.	0,33 ± 0,13	0,28	0,17 - 0,73	0,37 ± 0,13	0,33	0,18 - 0,71	0,3133
alle Müllw.	0,37 ± 0,18	0,34	0,11 - 0,94	0,38 ± 0,16	0,34	0,18 - 0,97	0,2675

Biomüllwerker vs. Gemischtmüllwerker: vorher (p = 0,3031); nachher (p = 0,1454)
 Biomüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,0456); nachher (p = 0,9342)
 Gemischtmüllwerker vs. Hausmüllwerker: vorher (p = 0,8239); nachher (p = 0,3568)

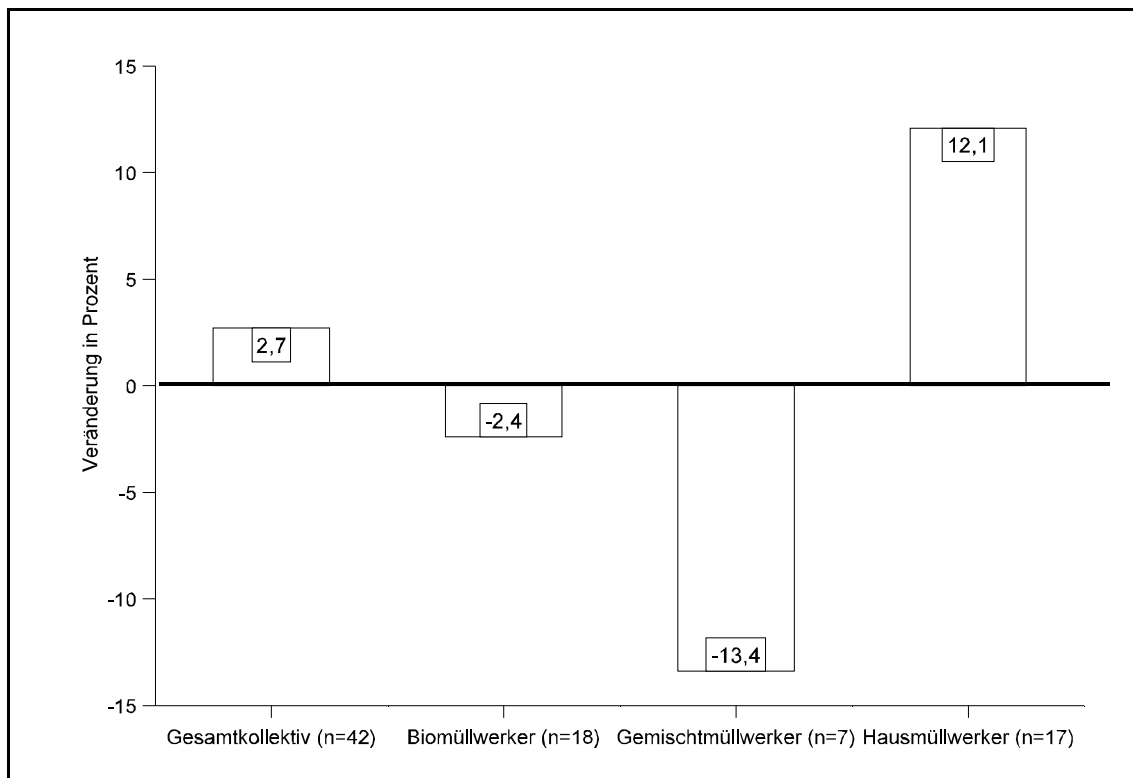


Abbildung 30: Prozentuale Veränderung des Ros nach Provokation mit 0,3% Metacholin in den einzelnen Gruppen im Vergleich vor und nach der Schicht

4.4. Ergebnisse des Haut-Prick-Tests

Der Haut-Prick-Test ergab in der Mehrzahl der Probanden (76,2%) mindestens einen positiven Befund für ein Allergen. Dabei gab es keinen deutlichen Unterschied zwischen den drei Untergruppen, in denen jeweils 72,2% bis 85,7% der Probanden mindestens einen positiven Testbefund aufwiesen. Am häufigsten wurde eine Hautreaktion auf Hausstaubmilben gefunden, dicht gefolgt von positiven Reaktionen auf Pollen von Roggen und Beifuß sowie auf Haustiere, wobei hier die Katze dominierte. Auf Schimmelpilze reagierten nur relativ wenige Probanden, darunter am häufigsten mit knapp 10% auf *Cladosporium cladosporoides* (s. Tab. 17).

Tab. 17: Art und Häufigkeit der positiven Reaktion auf Allergene im Prick-Test in den Untergruppen und im Gesamtkollektiv der Müllwerker								
Allergen im Prick-Test	Untergruppen						gesamt	
	Biomüllwerker		Gemischtmüllwerker		Hausmüllwerker		n	%
	n	%	n	%	n	%		
<i>Alternaria alternata</i>	1	5,6	2	28,6	0	-	3	7,1
<i>Aspergillus fumigatus</i>	3	16,7	0	-	0	-	3	7,1
<i>Aspergillus niger</i>	1	5,6	1	14,3	0	-	2	4,8
<i>Cladosporium cladosporoides</i>	4	22,2	0	-	0	-	4	9,5
<i>Neurospora sitophila</i>	2	11,1	0	-	0	-	2	4,8
<i>Penicillium notatum</i>	2	11,1	0	-	1	5,9	3	7,1
<i>Rhizopus nigricans</i>	0	-	0	-	1	5,9	1	2,4
Roggen	6	33,3	2	28,6	4	23,5	12	28,6
Birke	2	11,1	1	14,3	5	29,4	8	19,0
Hasel	3	16,7	1	14,3	4	23,5	8	19,0
Beifuß	3	16,7	0	-	6	35,3	9	21,4
Spitzwegerich	1	5,6	0	-	3	17,6	4	9,5
<i>Dermatophagoides pteronyss.</i>	6	33,3	4	57,1	6	35,3	16	38,1
<i>Dermatophagoides farinae</i>	5	27,8	4	57,1	5	29,4	14	33,3
Kanarienvogel	0	-	0	-	2	11,8	2	4,8
Wellensittich	2	11,1	0	-	1	5,9	3	7,1
Katze	3	16,7	2	28,6	4	23,5	9	21,4
Hund	3	16,7	0	-	2	11,8	5	11,9
kein positiver Pricktest	5	27,8	1	14,3	4	23,5	10	23,8
mind. 1 positiver Pricktest	13	72,2	6	85,7	13	76,5	32	76,2

4.5. Spezielle Ergebnisse

Im Folgenden wurde der Frage nachgegangen, ob es engere Beziehungen zwischen anamnestisch ermittelten Daten und gemessenen Werten gibt.

4.5.1. Korrelation von laborchemischen Parametern und Lungenfunktionsparametern mit der Betriebszugehörigkeitszeit und der Arbeitsunfähigkeitsdauer

Eine klinisch relevante Korrelation ($r > 0,7$ bei $p \neq 0,05$) zwischen den untersuchten Labor- und Lungenfunktionsparametern mit der Betriebszugehörigkeit und Arbeitsunfähigkeitsdauer in den letzten 12 Monaten waren im Gesamtkollektiv nicht nachzuweisen (s. Tab. 18). Die signifikanten ($p \neq 0,05$), aber schwachen ($r < 0,7$) und damit klinisch nicht relevanten Korrelationen sind in der Tabelle *kursiv* markiert.

Tab. 18: Korrelation von Labor- und Lungenfunktionsparametern mit der Betriebszugehörigkeit und der AU-Dauer im Gesamtkollektiv		
Parameter	Betriebszugehörigkeit	Arbeitsunfähigkeit
BSG n. 1 h vor Schicht	<i>$r = 0,347; p = 0,024$</i>	$r = 0,024; p = 0,879$
BSG n. 1 h nach Schicht	$r = 0,169; p = 0,285$	$r = -0,076; p = 0,632$
BSG n. 2 h vor Schicht	<i>$r = 0,395; p = 0,010$</i>	$r = -0,012; p = 0,938$
BSG n. 2 h nach Schicht	$r = 0,205; p = 0,192$	$r = -0,043; p = 0,786$
Leukozyten vor Schicht	$r = 0,259; p = 0,098$	$r = -0,169; p = 0,283$
Leukozyten nach Schicht	$r = 0,079; p = 0,620$	$r = 0,010; p = 0,949$
Immunglobulin E	$r = -0,118; p = 0,458$	$r = 0,064; p = 0,686$
Immunglobulin G	$r = -0,055; p = 0,728$	$r = 0,015; p = 0,925$
Immunglobulin A	$r = 0,208; p = 0,187$	$r = 0,033; p = 0,833$
IVC vor Schicht	$r = -0,269; p = 0,085$	$r = 0,059; p = 0,712$
IVC nach Schicht	<i>$r = -0,440; p = 0,004$</i>	$r = -0,093; p = 0,556$
FEV1 vor Schicht	$r = -0,285; p = 0,067$	$r = -0,059; p = 0,712$
FEV1 nach Schicht	<i>$r = -0,392; p = 0,010$</i>	$r = -0,001; p = 0,995$
MEF50 vor Schicht	$r = -0,220; p = 0,162$	$r = -0,130; p = 0,413$
MEF50 nach Schicht	$r = -0,223; p = 0,156$	$r = -0,009; p = 0,953$
Ros vor Schicht	$r = -0,111; p = 0,483$	$r = -0,018; p = 0,910$
Ros nach Schicht	$r = -0,231; p = 0,142$	$r = -0,174; p = 0,269$
Ros 0,1% Met. vor Schicht	$r = 0,008; p = 0,961$	$r = -0,178; p = 0,259$
Ros 0,1% Met. nach Schicht	$r = -0,095; p = 0,549$	$r = -0,148; p = 0,351$
Ros 0,3% Met. vor Schicht	$r = -0,062; p = 0,697$	$r = -0,001; p = 0,997$
Ros 0,3% Met. nach Schicht	$r = -0,154; p = 0,330$	$r = 0,100; p = 0,527$

4.5.2. Einfluss des Rauchens als Risikofaktor für Labor- und Lungenfunktionsparameter sowie des Übergewichts und der Arbeitsunfähigkeitsdauer

Rauchende Müllwerker waren tendenziell (aber nicht signifikant) leichter bzw. wiesen einen geringeren BMI auf als nichtrauchende Müllwerker und sie wiesen auch signifikant höhere Leukozytenkonzentrationen sowohl vor als auch nach der Schicht auf. Der IgG-Spiegel war bei den Rauchern tendenziell (aber nicht signifikant) niedriger als bei Nichtrauchern. Ansonsten fanden sich keine relevanten Unterschiede zwischen rauchenden und nichtrauchenden Müllwerkern im Gesamtkollektiv (s. Tab. 19).

Tab. 19: Vergleich von Labor- und Lungenfunktionsparametern sowie des BMI und der Arbeitsunfähigkeitsdauer zwischen Rauchern und Nichtrauchern im Gesamtkollektiv

Parameter	Raucher		Nichtraucher		p-Wert
	MW $\pm$ SD	Med	MW $\pm$ SD	Med	
BMI (kg/m ²)	24,8 $\pm$ 3,5	23,9	26,3 $\pm$ 1,9	26,1	0,0902
AU (Tage)	32,2 $\pm$ 39,7	17,5	21,6 $\pm$ 23,5	11,0	0,3026
BSG n. 1 h. vor Schicht (mm)	7,0 $\pm$ 5,8	4,5	7,4 $\pm$ 4,0	6,5	0,3469
BSG n. 1 h. nach Schicht (mm)	7,2 $\pm$ 7,4	4,5	9,1 $\pm$ 6,1	8,0	0,1161
BSG n. 2 h. vor Schicht (mm)	13,4 $\pm$ 10,3	10,0	14,5 $\pm$ 7,2	14,0	0,3356
BSG n. 2 h. nach Schicht (mm)	13,7 $\pm$ 12,4	10,0	17,2 $\pm$ 10,0	14,5	0,1103
Leukozyten pro nl vor Schicht	6,6 $\pm$ 1,5	6,7	5,7 $\pm$ 2,3	5,2	0,0217
Leukozyten pro nl nach Schicht	7,0 $\pm$ 2,2	6,9	5,6 $\pm$ 2,9	4,9	0,0141
Immunglobulin E (IU/ml)	162,9 $\pm$ 263,3	55,1	120,6 $\pm$ 255,8	50,9	0,6792
Immunglobulin G (mg/dl)	981 $\pm$ 192	949,5	1085 $\pm$ 250	1110	0,0636
Immunglobulin A (mg/dl)	186,8 $\pm$ 66,4	180,5	233,3 $\pm$ 107,6	220,5	0,2146
IVC (l) vor Schicht	5,3 $\pm$ 0,7	5,5	5,5 $\pm$ 0,9	5,8	0,4878
IVC (l) nach Schicht	5,2 $\pm$ 0,8	4,9	5,5 $\pm$ 1,1	5,4	0,2298
FEV ₁ (l) vor Schicht	4,2 $\pm$ 0,6	4,2	4,5 $\pm$ 0,9	4,6	0,3166
FEV ₁ (l) nach Schicht	4,1 $\pm$ 0,8	4,0	4,7 $\pm$ 1,3	4,5	0,2796
MEF50 (l/s) vor Schicht	4,3 $\pm$ 1,0	4,5	5,2 $\pm$ 2,1	5,3	0,1124
MEF50 (l/s) nach Schicht	4,1 $\pm$ 1,2	4,2	5,4 $\pm$ 2,5	5,3	0,1496
Ros (kPa*s/l) vor Schicht	0,28 $\pm$ 0,08	0,28	0,30 $\pm$ 0,06	0,29	0,5931
Ros (kPa*s/l) nach Schicht	0,30 $\pm$ 0,07	0,30	0,27 $\pm$ 0,06	0,28	0,4952
Ros (kPa*s/l) 0,1% M. vor Schicht	0,36 $\pm$ 0,28	0,31	0,31 $\pm$ 0,09	0,32	0,7689
Ros (kPa*s/l) 0,1% M. nach Schicht	0,32 $\pm$ 0,08	0,31	0,30 $\pm$ 0,09	0,30	0,7486
Ros (kPa*s/l) 0,3% M. vor Schicht	0,40 $\pm$ 0,20	0,36	0,31 $\pm$ 0,09	0,28	0,0925
Ros (kPa*s/l) 0,3% M. nach Schicht	0,38 $\pm$ 0,14	0,35	0,37 $\pm$ 0,20	0,32	0,6692

4.5.3. Einfluss des Alkoholkonsums als Risikofaktor für Labor- und Lungenfunktionsparameter sowie des Übergewichts und der Arbeitsunfähigkeitsdauer

Der Alkoholkonsum im Gesamtkollektiv aller Müllwerker hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Body-Mass-Index, die Arbeitsunfähigkeitsdauer sowie die meisten laborchemischen und Lungenfunktionsparameter (s. Tab. 20). Lediglich der IgG-Spiegel war bei den regelmäßig Alkohol Konsumierenden signifikant niedriger, während die BSG nach 2 h (vor der Arbeitsschicht) und der Ros bei Provokation mit 0.3% Metacholin vor der Schicht bei Alkoholkonsumenten nicht signifikant höher ausfielen.

Tab. 20: Vergleich von Labor- und Lungenfunktionsparametern sowie des BMI und der Arbeitsunfähigkeitsdauer zwischen Alkohol konsumierenden und nicht Alkohol konsumierenden Müllwerkern im Gesamtkollektiv

Parameter	Alkoholkonsum		kein Alkoholkonsum		p-Wert
	MW ± SD	Med	MW ± SD	Med	
BMI (kg/m ²)	25,9 ± 2,9	25,6	24,3 ± 3,2	24,8	0,2818
AU (Tage)	25,7 ± 37,6	14	34,0 ± 31,2	28	0,2014
BSG n. 1 h. vor Schicht (mm)	8,1 ± 5,8	7	5,4 ± 3,8	4	0,1572
BSG n. 1 h. nach Schicht (mm)	8,6 ± 7,3	6	6,5 ± 6,2	4	0,2094
BSG n. 2 h. vor Schicht (mm)	16,0 ± 10,2	16	9,8 ± 5,7	8	0,0694
BSG n. 2 h. nach Schicht (mm)	16,2 ± 12,3	14	12,4 ± 10,3	10	0,2348
Leukozyten pro nl vor Schicht	6,1 ± 1,7	5,8	6,7 ± 2,1	6,4	0,4623
Leukozyten pro nl nach Schicht	6,6 ± 2,2	6,3	6,5 ± 3,1	5,4	0,4387
Immunglobulin E (IU/ml)	136,4 ± 256,9	58,5	171,1 ± 268,8	43,4	0,6460
Immunglobulin G (mg/dl)	979 ± 242	920	1081 ± 143	1100	0,0405
Immunglobulin A (mg/dl)	207,3 ± 80,6	194,0	193,3 ± 92,1	171	0,4703
IVC (l) vor Schicht	5,3 ± 0,8	5,3	5,6 ± 0,7	5,8	0,1122
IVC (l) nach Schicht	5,2 ± 0,8	5,0	5,4 ± 1,1	5,3	0,4157
FEV ₁ (l) vor Schicht	4,2 ± 0,7	4,2	4,5 ± 0,7	4,7	0,0404
FEV ₁ (l) nach Schicht	4,2 ± 1,0	4,0	4,4 ± 1,1	4,2	0,3934
MEF50 (l/s) vor Schicht	4,6 ± 1,5	4,6	4,6 ± 1,4	5,0	0,5201
MEF50 (l/s) nach Schicht	4,5 ± 2,0	4,1	4,6 ± 1,4	4,6	0,3446
Ros (kPa*s/l) vor Schicht	0,29 ± 0,08	0,29	0,28 ± 0,7	0,27	0,5455
Ros (kPa*s/l) nach Schicht	0,30 ± 0,08	0,31	0,28 ± 0,06	0,28	0,3303
Ros (kPa*s/l) 0,1% M. vor Schicht	0,37 ± 0,29	0,32	0,30 ± 0,07	0,28	0,4078
Ros (kPa*s/l) 0,1% M. nach Schicht	0,33 ± 0,08	0,33	0,29 ± 0,09	0,27	0,1521
Ros (kPa*s/l) 0,3% M. vor Schicht	0,41 ± 0,21	0,38	0,31 ± 0,07	0,28	0,0640
Ros (kPa*s/l) 0,3% M. nach Schicht	0,38 ± 0,15	0,36	0,36 ± 0,19	0,31	0,3376

4.5.4. Einfluss des Übergewichts als Risikofaktor für Labor- und Lungenfunktionsparameter sowie der Arbeitsunfähigkeitsdauer

Übergewichtigkeit im Sinne des Überschreitens eines BMI > 26 kg/m² hatte einen deutlichen Einfluss auf die Labor- und Lungenfunktionsparameter im vorliegenden Müllwerkerkollektiv. Die Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit war sowohl vor als auch nach der Arbeitsschicht beim 1. und 2. Stundenwert bei Übergewichtigen statistisch signifikant höher. Sie wiesen fast doppelt so hohe Werte auf. Das unspezifische Immunglobulin A war bei Übergewichtigen ebenfalls signifikant und deutlich erhöht. Der oszillatorische Atemwegswiderstand (Ros) der Übergewichtigen war in der Regel sowohl vor als auch nach der Schicht erheblich und signifikant höher als bei Personen mit einem Körpergewicht im Normbereich (s. Tab. 21).

Tab. 21: Vergleich von Labor- und Lungenfunktionsparametern sowie der Arbeitsunfähigkeitsdauer zwischen normal- und übergewichtigen/adipösen Müllwerkern

Parameter	BMI # 25,99 kg/m ² (Normbereich)		BMI > 26 kg/m ² (Übergewicht)		p-Wert
	MW ± SD	Med	MW ± SD	Med	
AU (Tage)	35,7 ± 43,0	14	18,4 ± 15,0	14	0,4558
BSG n. 1 h. vor Schicht (mm)	5,8 ± 4,5	4	9,1 ± 5,8	9	0,0483
BSG n. 1 h. nach Schicht (mm)	5,4 ± 4,3	4	11,5 ± 8,5	8	0,0024
BSG n. 2 h. vor Schicht (mm)	10,5 ± 6,9	8	18,5 ± 10,4	20	0,0070
BSG n. 2 h. nach Schicht (mm)	10,4 ± 6,7	8	21,4 ± 14,3	17	0,0030
Leukozyten pro nl vor Schicht	6,3 ± 1,9	6,4	6,3 ± 1,9	5,7	0,8778
Leukozyten pro nl nach Schicht	6,9 ± 2,8	6,1	6,1 ± 2,0	5,9	0,5642
Immunglobulin E (IU/ml)	148,1 ± 239,1	65,8	149,9 ± 292,4	54,2	0,5052
Immunglobulin G (mg/dl)	993 ± 217	990	1048 ± 217	1040	0,4268
Immunglobulin A (mg/dl)	173,2 ± 64,7	171	245,2 ± 92,4	220	0,0149
IVC (l) vor Schicht	5,6 ± 0,6	5,8	5,1 ± 0,9	4,9	0,0391
IVC (l) nach Schicht	5,3 ± 0,6	5,2	5,2 ± 1,2	4,7	0,1476
FEV ₁ (l) vor Schicht	4,4 ± 0,5	4,5	4,2 ± 0,9	4	0,2485
FEV ₁ (l) nach Schicht	4,2 ± 0,8	4,2	4,3 ± 1,2	4	0,7101
MEF50 (l/s) vor Schicht	4,4 ± 1,0	4,6	4,9 ± 2,0	4,9	0,3836
MEF50 (l/s) nach Schicht	4,3 ± 1,4	4,1	5,0 ± 2,3	4,3	0,4890
Ros (kPa*s/l) vor Schicht	0,27 ± 0,06	0,26	0,32 ± 0,07	0,32	0,0265
Ros (kPa*s/l) nach Schicht	0,28 ± 0,06	0,28	0,31 ± 0,08	0,33	0,0113
Ros (kPa*s/l) 0,1% M. vor Schicht	0,34 ± 0,30	0,28	0,34 ± 0,07	0,35	0,0343
Ros (kPa*s/l) 0,1% M. nach Schicht	0,29 ± 0,08	0,27	0,35 ± 0,08	0,35	0,0232
Ros (kPa*s/l) 0,3% M. vor Schicht	0,33 ± 0,17	0,29	0,43 ± 0,17	0,41	0,0355
Ros (kPa*s/l) 0,3% M. nach Schicht	0,36 ± 0,16	0,31	0,40 ± 0,17	0,37	0,3426

5. Diskussion

Die Kompostierung von organischen Abfällen aus dem gewerblichen und privaten Bereich stellt einen wichtigen und wachsenden Zweig der kommunalen Abfallentsorgung dar. Die Umsetzung organischen Mülls zu Kompost beruht neben der Aktivität von aeroben Bakterien z.T. auch auf Fadenpilzen, deren Sporen während der verfahrenstechnischen Behandlung auch in die Luft gelangen. Diese Sporen sowie die Stoffwechselmetabolite der Schimmelpilze können zu einer Belastung und ggf. zu einer Gesundheitsgefährdung der Beschäftigten in der Müllbeseitigung beitragen (Fischer et al. 1998).

Bei der Beurteilung der Luft hinsichtlich ihres Gehalts an Krankheitserregern muss insbesondere den Pilzsporen Beachtung geschenkt werden. Es handelt sich hierbei vornehmlich um die Sporen von Fadenpilzen (Schimmelpilzen), die normalerweise nur dort vorkommen, wo der Pilz gute Wachstumsbedingungen vorfindet und damit zur Ansiedelung und Versporung gelangen kann. Da viele der bei uns heimischen fakultativ-pathogenen Pilze nur für den Empfänglichen, d.h. resistenzgeschwächten und allergischen Patienten von Bedeutung sind, wird eine zufällige Exposition von Menschen gegenüber bestimmten Pilzsporen nur sehr schwer erkannt. Leider werden noch immer bekannte Expositionsgefahren für gefährdete Personen am Arbeitsplatz verharmlost oder sogar verantwortungslos missachtet (Staib 1982, Sakai et al. 1998, Redlinger et al. 2001).

Staib (1982) hebt hier insbesondere die Müllkompostierung hervor, da es sich bei den Beschäftigten in diesem Bereich um Personen in einem Beruf handelt, die sich mit mykologischen Belastungen auseinandersetzen müssen. Bezüglich Haus-, Gewerbe- und biologischen Mülls ist die Belastung der Beschäftigten in Abhängigkeit vom Arbeitsplatz unterschiedlich. Die höchsten Gesamt- und Feinstaubkonzentrationen wurden im Anlieferbereich gemessen, wobei eine enge Beziehung zwischen der Entladefrequenz der Müllfahrzeuge und der Staubbelastung beobachtet wurde (Streib et al. 1996).

Die Gesamtkeimzahlen erreichten im staubintensiven Anlieferbereich Werte bis $9,6 \times 10^5$ KBE/m³ bei einem Schimmelpilzgehalt von $6,6 \times 10^4$ KBE/m³. Die Keime wurden zu ca. 90% mit der Feinstaubfraktion abgeschieden. Mehr als 50% der Keime besiedelten Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2 bis $4,7 \mu\text{m}$. Dabei ist zu beachten, dass

diese im Winterhalbjahr gewonnenen Messwerte vermutlich jahreszeitlich bedingt die unteren Eckwerte der ganzjährigen Belastung markieren.

Das Luftkeimspektrum bei der Müllentsorgung umfasst nicht nur Schimmelpilze. Die Entsorgung und die Weiterverarbeitung biologischer Abfälle zu Kompost führt bei den Beschäftigten auch zu einer Exposition gegenüber obligat-pathogenen Keimen wie *Staphylococcus aureus* und *Enterobacteriaceae* (Schmidt und Philipp 1994).

Auch wurden Coxsacki B-, Echo- und Herpes simplex-Viren in den Aerosolen der Müllverwertungsanlagen gefunden (Pfirrmann und van den Bossche 1994).

Die Hygieneproblematik des Biomülls wurde von Strauch (1996) ebenfalls beschrieben. Neben Bakterien wie Salmonellen, Viren und Picorna viridae (kleine RNA-Viren) oder Herpes simplex Viren sind auch pilzartige *Aspergillus fumigatus* im Bioabfall und Kompostierungsprozess ermittelt worden (Strauch 1996).

Auch die vorliegende Studie erfasste neben anderen mesophilen Schimmelpilzen *Aspergillus fumigatus*, wobei sich die Keimzahl der Luft zwischen Bio- und Hausmüllabtransport nicht unterschied. In der Darstellung von Strauch (1996) kann man *Aspergillus fumigatus* jedoch nicht in solchen hygienischen Überprüfungen von Kompostierungsverfahren und Biomüllentsorgungen einbeziehen, da diese Pilzart in unserer Umwelt ubiquitär verbreitet ist.

In einer 1996 veröffentlichten Studie von Streib et al. wurde die Schimmelpilzbelastung in unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen der Müllverwertung ohne Mülltrennung untersucht. Die höchsten Keimzahlen mit Schimmelpilzen mit einer Konzentration von $8,4 \times 10^5$ KBE/m³ fanden sich in der Luft jener Halle, in der der Abfall gelagert wurde (sog. Rottehalle). In der Phase der Anlieferung waren in der Bunkerhalle Werte von $6,6 \times 10^5$ KBE/m³ gemessen worden. Beim Abkippvorgang wurden in der vorliegenden Studie Konzentrationen von 1×10^4 bis 1×10^5 KBE/m³ der Schimmelpilzgattungen *Aspergillus fumigatus* und *Penicillium* ermittelt.

Bei der Beurteilung von möglichen Typ III-Sensibilisierungen im Bereich der Müllverwertung, insbesondere der Biomüllentsorgung, sind die unterschiedlichen Tätigkeitsbereiche bei der Abfallverwertung in künftigen Studien zu berücksichtigen. Müllwerker unterliegen hinsichtlich ihrer beruflichen Tätigkeit vermehrt aerogenen Belastungen durch luftgetragene Mikroorganismen wie Pilzsporen, die u.a. als IgE-vermittelte Typ I-Reaktion (exogen-allergische Reaktion) auftreten können.

gisches Asthma, allergische Rhinokonjunktivitis) und als IgG-induzierte Typ III-Reaktion (exogen-allergische Alveolitis) aber auch als ODS auftreten können (Göttlich 1994).

So wurde in der TRGS 908 die Müllarbeiterlunge in die Liste der durch Schimmelpilze verursachten berufsbedingten exogen-allergischen Alveolitiden aufgenommen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden ausschließlich männliche Beschäftigte in der Abfallentsorgung untersucht. Es handelte sich um 42 Probanden mit einem Durchschnittsalter von 37,5 Jahren. Zwischen den drei Untersuchungsgruppen bestand hinsichtlich des Durchschnittsalters kein signifikanter Unterschied. Im Durchschnitt waren die Arbeiter 178 cm groß und 80,4 kg schwer. Auch hier zeigte sich zwischen den untersuchten Gruppen kein signifikanter Unterschied. Damit ist das Untersuchungskollektiv mit den Probanden anderer Studien vergleichbar. Callender et al. (1997) untersuchten 28 Müllwerker, die zwischen 25-56 Jahre alt waren.

Die Arbeiter der eigenen Studie waren zu 40,4% übergewichtig. Allerdings waren die übergewichtigen Probanden auf die drei Untersuchungsgruppen gleichmäßig verteilt. 66,7% der Müllarbeiter der eigenen Studie rauchten, 64,3% konsumierten regelmäßigen Alkohol. Auch die Raucher und die Alkoholkonsumenten waren gleichmäßig auf die drei Gruppen verteilt. In den letzten 12 Monaten vor Untersuchungsbeginn waren 36 der 42 Müllarbeiter (85,7%) arbeitsunfähig gewesen. Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit betrug im Mittel 33 Tage (2-180 Tage). Zwischen den drei Gruppen unterschied sich die Arbeitsunfähigkeitsdauer aber nicht statistisch signifikant.

In einer Studie von Schappler-Scheele (1998) wurden 1996 und 1997 in zwei Zyklen arbeitsmedizinische Untersuchungen bei 180 Beschäftigten in 42 bundesweit verteilten Kompostierungsanlagen unterschiedlichen Typs durchgeführt. Als Kontrollgruppe dienten Bedienstete einer oberen Landesbehörde mit Büro- und Laborarbeitsplätzen. Die in der Literatur beschriebenen Krankheitsbilder wie exogen-allergische Alveolitis, Haut- oder Atemwegsinfektionen fanden sich nicht in erhöhtem Ausmaß. Auch gehäufte Arztbesuche oder ein verstärktes Auftreten von Berufskrankheiten konnten nicht ermittelt werden. Schappler-Scheele (1998) kamen zu dem Schluss, dass die Dauer und die Intensität der Exposition in Kompostierungsanlagen offensichtlich nicht so hoch zu sein scheint, dass es zur Ausbildung einer fassbar höheren Erkrankungsrate kommt.

Allmers et al. (1997) beschrieben in einer Fallbeschreibung einen Müllarbeiter, der sich bei der Verladung von Biomüll eine allergische broncho-pulmonale Aspergillose im Sinne einer Berufskrankheit zugezogen hatte. Zum Untersuchungszeitpunkt war der Patient arbeitsunfähig geschrieben.

23 der 28 Müllwerker aus der Studie von Callender et al. (1997) waren nicht mehr arbeitsfähig. Fünf dieser 23 Personen waren moderat erkrankt, 18 stark und einer sehr stark. Hier ist aber zu bedenken, dass diese Müllarbeiter mit Industrieabfällen in Kontakt gekommen waren.

Die Müllarbeiter der eigenen Studie hatten nur relativ selten Vorerkrankungen und klinische Symptome. Asthma war bei 2 Personen (4,8%), Rhinitis ebenfalls bei 2 Personen (4,8%), Konjunktivitis bei 4 Personen (9,5%), Bronchitis und Neurodermitis in jeweils einem Fall (je 2,4%) aufgetreten. Die Symptome und Vorerkrankungen waren gleichmäßig auf die drei Untersuchungsgruppen verteilt. Die klinischen Symptome traten während der Arbeit häufiger auf als in der Freizeit. 16 Arbeiter klagten über Husten (38,1%), 12 (28,6%) über Abgeschlagenheit, 9 (21,4%) über Schwitzen, 7 (16,7%) über Dyspnoe und weitere 7 (16,7%) über Auswurf. Auch diese Symptome waren auf die drei Untersuchungsgruppen weitgehend gleichmäßig verteilt. Auffallend war, dass nur 18 untersuchte Personen keine Symptome während der Arbeitszeit aufwiesen.

Der Biomüllverlader aus der Studie von Allmers et al. (1997) klagte über ganzjährige Atemnot während körperlicher Belastung sowie morgendlichen Husten mit bräunlich-grünlichem Auswurf. Zusätzlich bestand abendliches Fieber und Abgeschlagenheit. Allmers et al. (1997) sehen die anamnestisch geschilderten, meist abendlichen Krankheits-schübe mit Fieber und Allgemeinsymptomatik als Folge der berufsbedingten, erheblichen Schimmelpilzsporenexposition. Im Vordergrund der Krankheitssymptomatik stand eine überwiegend obstruktive Atemwegserkrankung. Bei der spezifischen Provokation konnten die Autoren auch angedeutet die anamnestisch eindrucksvoll dargestellte systemische Reaktion erkennen, die sich auch in den röntgenologisch feststellbaren Lungenveränderungen widerspiegelte.

Nach Angaben der Bioabfallsammlung und Kompostverwertung in Nordrhein-Westfalen (2000) ist in Bezug auf mögliche gesundheitliche Auswirkungen die Beurteilung nachwie-

vor schwierig, da eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen den bisher erfassten mikrobiologischen Parametern und dem Entstehen krankhafter, arbeitsmedizinisch relevanter Veränderungen beim Menschen nicht aufzustellen ist. In verschiedenen Untersuchungen aus dem Ausland wird von unterschiedlichen Symptomen bei Müllwerkern berichtet, die auf die Beschäftigung zurückgeführt wurden (Kopfschmerzen, Übelkeit, Durchfall, Atemwegsbeschwerden, u.a.). Als Ursache wurde jeweils die Exposition gegenüber Schimmelpilzsporen bzw. gegenüber der komplexen Mischung mit Endotoxinen und anderen mikrobiellen Schadstoffen vermutet.

Stalder et al. (1994) fanden unter 30 Beschäftigten von Kompostierungsanlagen im Vergleich zu nicht exponierten Kontrollpersonen deutlich häufiger Durchfallerkrankungen, Irritationen von Augen und Haut sowie Symptome ähnlich eines Organic Dust Toxic Syndrome (influenza-ähnliche Symptome wie Husten, Muskelschmerzen, Fieber, Müdigkeit). Die Entleerung von Tonnen mit Bioabfällen kann nach dänischen Untersuchungen für die Mülllader ein Gesundheitsrisiko nach sich ziehen. Malmros (1994) berichtete über 25 Fälle tätigkeitsbezogener Beschwerden während des Einsammelns von Biotonnen. Als Symptome traten Kopfschmerzen, Müdigkeit, Übelkeit und weitere unspezifische Symptome auf. Eine komplexe Mischung aus Endotoxinen und anderen mikrobiellen Schadstoffen wurde als Ursache vermutet.

Ivens et al. (1997) untersuchten mit Hilfe eines Fragebogens Durchfallssymptome und Arbeitsbedingungen in Bezug auf die geschätzte Konzentration von Bioaerosolen. Sie fanden eine signifikante Erhöhung von Durchfallerkrankungen unter Arbeitern, die gegenüber hohen Konzentrationen von Schimmelpilzsporen exponiert waren. Sie konnten sogar eine Dosis-Wirkungs-Beziehung aufzeigen. Allerdings ist nicht bekannt, ob die Pilzsporen die Gesundheitsprobleme verursachten oder nur die Gegenwart anderer Mikroorganismen anzeigten. Weiterhin ist nicht bekannt, ob die gemessene Expositionshöhe in der Luft ausreicht, um Durchfall zu verursachen oder ob andere Kontaktmöglichkeiten wie verschmutzte Hände beim Essen oder Rauchen von Bedeutung sind.

Unter Arbeitnehmern der Müllabfuhr konnte in Untersuchungen von Hansen et al. (1997) eine erhöhte Prävalenz von Bronchitis, Husten und Rhinitis im Vergleich zu in Parkanlagen Beschäftigten festgestellt werden. Als Ursache wurde die Exposition gegenüber Autoabgasen und Bioaerosolen, die Mikroorganismen enthalten, angenommen.

Sigsgaard et al. (1997) fanden heraus, dass Müllwerker verglichen mit Arbeitern in der Trinkwasserversorgung eine höhere Zahl von Hautirritationen aufweisen.

Marth et al. (1997) stellten verstärkt subjektive Beschwerden wie Heiserkeit, Husten, Infektionen der Atemorgane, Durchfall, Probleme mit den Muskeln und Gelenken und Konjunktivitis fest.

Anamnestisch zeigten sich hinsichtlich der Prävalenz allergischer Erkrankungen bei der Rhinokonjunktivitis in der eigenen Studie keine Unterschiede zwischen Bio- und Hausmüllwerkern, allerdings gaben ausschließlich Biomüllwerker asthmatische Beschwerden an, während diese in den beiden anderen Untersuchungsgruppen nicht feststellbar waren. Hinweise auf eine schimmelpilzinduzierte exogen-allergische Alveolitis wurden im eigenen Kollektiv nicht gefunden.

Bünger et al. (2000) konnten darlegen, dass es einen Unterschied zwischen Kompostierungsarbeiten und Biomüllentsorgern bezüglich pulmonaler und dermaler Symptome gibt. Dabei erlitten Kompostierungsarbeiter häufiger Erkrankungen der Atemwege und der Haut als Biomüllentsorger im Vergleich zu einer Kontrollgruppe.

In den letzten Jahren wurde ein Anstieg der Prävalenz des Asthma, des Heuschnupfens und der atopischen Dermatitis in vielen westlichen Ländern berichtet (Burr et al. 1989, Shaw et al. 1990, Robertson et al. 1991, Peat et al. 1994).

Risikofaktoren für die Entstehung allergischer Erkrankungen liegen u.a. in der familiären Disposition, dem Geschlecht und den Umweltfaktoren im weitesten Sinne. Dabei spielen Faktoren wie Ernährung, gesellschaftlich-soziale Aspekte wie Bildungsgrad der Eltern, Einkommen und das Leben auf dem Lande oder in der Stadt eine Rolle. Bei Einzelkindern wurde ein signifikant höheres Risiko beobachtet, eine allergische Erkrankung zu entwickeln als bei Kindern aus kinderreichen Familien (Mutius et al. 1994). Da allergische Erkrankungen von vielen Einflussgrößen abhängen, ist eine Aussage hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen beruflicher Tätigkeit und Erkrankung nur eingeschränkt zu treffen. In der vorliegenden Studie sind bestehende allergische Erkrankungen anamnestisch zwar ermittelt worden, jedoch haben vorbestehende atopische Erkrankungen bei Beschäftigten von biologischen Abfallverwertungsanlagen nach Bünger und Stalder (1996) keinen Einfluss auf eine Typ III-Sensibilisierung im Rahmen der beruflichen Tätigkeit.

Im Rahmen der eigenen Studie konnten hinsichtlich der Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG) weder vor noch nach der Arbeitsschicht signifikante Unterschiede zwischen den drei Untersuchungsgruppen ermittelt werden. Auch die Schicht selbst hatte keinen signifikanten Einfluss auf die BSG-Werte im Vergleich vor und nach der Schicht. Nur tendenziell zeigte sich nach der Schicht eine prozentuale Erhöhung der BSG, die bei den Hausmüllwerkern am stärksten ausgeprägt war. In der Fachliteratur liegt zur Zeit keine vergleichbare Veröffentlichung zu diesem Thema vor.

Die Leukozytenzahlen waren vor der Schicht bei den Biomüllwerkern höher als bei den Hausmüllwerkern und bei den Gemischtmüllwerkern höher als bei den Hausmüllwerkern. Einen Unterschied im Vergleich der Werte vor versus nach der Schicht fand sich in keiner der drei Untersuchungsgruppen. Es zeigte sich lediglich tendenziell nach der Schicht eine prozentuale Erhöhung der Leukozytenwerte, die bei den Hausmüllwerkern am ausgeprägtesten war. Leukozytenwerte und BSG als unspezifische Entzündungsparameter als Hinweis auf eine schimmelpilzinduzierte exogen-allergische Alveolitis waren in der eigenen Studie in den Probandenkollektiven unauffällig. Die Messung dieser Parameter ist nur sinnvoll im Hinblick auf die Stützung der Diagnose einer exogen-allergischen Alveolitis. Die Parameter gelten als unspezifisch, sie sind nur in Verbindung mit einem deutlichen klinischen und radiologischen Befund aussagekräftig. Die Befunde stehen im Widerspruch zur Literatur. Einige Mykotoxine führen bei Inhalation zu Leukopenie (Diehl und Hofmann 1996, Miller 1994, Eikmann und Hofmann 1999). Aber auch durch das Einatmen von Schadstoffen kommt es zu einer Absenkung der Leukozytenzahlen (Collins et al. 1997, Demers et al. 1994). Eventuell sind diese Leukopenien aber bereits Langzeitfolgen einer Jahrzehnte dauernden, chronischen Belastung, während die Müllwerker der vorliegenden Studie noch nicht in diesem Spätstadium waren.

Bei der Untersuchung der Immunglobuline zeigte sich in der eigenen Studie, dass sowohl beim IgE als auch beim IgG ein nicht signifikanter, leicht höherer Wert bei den Hausmüllwerkern zu verzeichnen war und eine nicht signifikante, leichte Erniedrigung bei den Biomüllwerkern. Die IgA-Werte waren bei den Biomüllwerkern nicht signifikant erhöht. Die Tatsache, dass es keine signifikanten Unterschiede gab, kann auf das gleiche Luftkeimspektrum während der Müllentsorgung zurückzuführen sein. Nur wenige Probanden wiesen erhöhte Gesamt-Immunglobulinwerte auf, z.B. erhöhtes IgE bei jeweils drei Haus- und

Biomüllwerkern. Die Erhöhung des Gesamt-IgE ist jedoch kein Beweis für das Vorliegen einer allergischen Erkrankung. IgE-Erhöhen sind auch zu finden bei parasitären Infektionen oder zellulären Immundefekten, welche ausgeschlossen werden müssen.

Bei der Interpretation von Gesamt-IgE-Werten ist zu berücksichtigen, dass die Normwerte altersabhängig sind. Die höchsten Gesamt-IgE-Normwerte finden sich im Adoleszentenalter bzw. bei jungen Erwachsenen (Renz 1998).

Die Trennung zwischen Bio- und Hausmüll besteht noch nicht lange genug, um abschließende Ergebnisse hinsichtlich der Sensibilisierung und Folgekrankheiten festlegen zu können. Longitudinale Studien, wie sie bereits von Marth et al. (1997) durchgeführt wurden, sind für die Zukunft zu erwägen, um festzustellen, ob eine längere Expositionsdauer auch zu erhöhten Sensibilisierungsraten führen kann. Marth et al. (1997) untersuchten über drei Jahre u.a. die Lungenfunktion, das Gesamt-IgE von Arbeitern in Kompostierungsanlagen und Arbeitern, die Hausmüll sortierten. Auch Marth et al. (1999) konnten bei den Arbeitern keine signifikant erhöhte Gesamt-IgE-Konzentration feststellen.

Bünger und Stalder (1996) haben Einflussgrößen einer Typ III-Sensibilisierung beim Umgang mit biologischen Abfällen untersucht. Erhöhte IgG-Antikörpertiter gegen Aktinomyzeten-Antigene wiesen im Vergleich zu niedrig Exponierten oder Kontrollpersonen 80% der aerosolbelasteten Mitarbeiter verschiedener Abfallverwertungsanlagen auf (Stalder et al. 1994, Bünger und Stalder 1996). Höhere Expositionen waren durch die Tätigkeit bei der Anlieferung, der manuellen Müllentsorgung, der Radlader und bei der Kompostbearbeitung gemessen worden. Mögliche Einflussfaktoren sind das Rauchverhalten und gleichzeitig die Beschäftigung in der Land- und Forstwirtschaft (Bünger und Stalder 1996).

Erhöhte Antikörperwerte gegen thermophile Aktinomyzeten wurden in der vorliegenden Studie bei fünf Biomüllwerkern gegenüber zwei Hausmüllwerkern gefunden, welches im Vergleich aber keinen signifikanten Unterschied darstellt. Sinnvollerweise sollten diese Ergebnisse allerdings mit einer nicht oder niedrig exponierten Kontrollgruppe verglichen werden. Der Antikörpertiter gegen *Aspergillus niger* liegt bei Biomüllentsorgern im oberen Normbereich. Die Exposition ist hoch, da in der vorliegenden Studie im untersuchten Bereich zu 40% *Aspergillus niger* gefunden wurde. Die Konzentration von *Aspergillus niger* ist mit 3×10^6 KBE/m³ auch in Kompostwerken relativ hoch gemessen worden (Göttlich 1994).

Bünger et al. (2000) fanden eine signifikant erhöhte Antikörperkonzentration gegen Schimmelpilze und Aktinomyzeten bei Kompostierungsarbeitern im Vergleich zu Biomüllentsorgern. Bei den Biomüllentsorgern war keine Erhöhung zu ermitteln. Dies mag auf eine erhöhte Exposition belastender Keime und auf eine längere Expositionsdauer während der Tätigkeit zurückzuführen sein.

Allmers et al. (1997) konnten bei einem Biomüllwerker durch Anamnese, Allergiehautteste, Serologie und spezifischen Provokationstest mit *Aspergillus fumigatus* feststellen, dass es sich um eine Schimmelpilzallergie handelte. Die Gesamt-IgE-Werte waren massiv erhöht.

Stalder et al. (1994) fanden bei 30 Beschäftigten in Kompostierungsanlagen im Vergleich zu nicht exponierten Kontrollpersonen eine nicht signifikant erhöhte IgE-Antikörperkonzentration gegen Aktinomyzeten. Die nicht näher beschriebene Kontrollgruppe war allerdings stärker gegen *Aspergillus fumigatus* sensibilisiert als die exponierten Beschäftigten. Nach Coenen et al. (1997) zeigten sich erhöhte Gesamt-IgE-Konzentrationen und eine Abnahme des Peak Expiratory Flow (PEF) unter Müllwerkern, die gegenüber hohen Konzentrationen organischer Stäube exponiert waren. Die Variabilität des PEF war bei einer Exposition gegenüber Schimmelpilzen signifikant erhöht. Die Autoren folgerten, dass die PEF-Variabilität und/oder Serum-IgE-Konzentrationen als ein Überwachungsparameter verwendet werden können.

Douwes et al. (1997) konnten in der nasalen Lavage von 14 Kompostierungsarbeitern, die vor und nach ihrer Arbeitsschicht untersucht wurden, auch nach zweitägiger Expositions-karenz im Vergleich zur Kontrollgruppe erhöhte Gesamtzellzahlen und erhöhte Interleukin 8-Werte nachweisen. Dies deutet auf eine subchronische Entzündungsreaktion der oberen Atemwege hin. Im induzierten Sputum von Pollenallergikern, die eine bronchiale Hyperreagibilität aufwiesen, war die Konzentration von eosinophilem und kationischem Protein signifikant erhöht (Douwes et al. 1997).

Die Lungenfunktionsparameter zeigten in der eigenen Untersuchung überwiegend keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen. Die inspiratorische Vitalkapazität (IVC) war weder vor noch nach der Schicht bzw. zwischen den Gruppen signifikant verschieden. Es zeigte sich nur eine leichte prozentuale Abweichung, die bei den

Biomüllwerkern am ausgeprägtesten war. Die Gemischtmüllwerker hatten sogar einen leichten prozentuale Anstieg aufzuweisen. Das forcierte expiratorische Volumen in der ersten Sekunde (FEV_1) war ebenfalls zwischen den Gruppen nicht signifikant verschieden sowie im Vergleich vor versus nach der Schicht nicht signifikant verschieden. Nur die Biomüllwerker hatten nach der Schicht signifikant niedrigere FEV_1 -Werte als die Probanden der anderen Untersuchungsgruppen. Eine leichte prozentuale Abnahme nach der Schicht wiesen nur die Biomüllwerker auf. Der maximale expiratorische Fluss bei 50% verbleibender Vitalkapazität (MEF50) verhielt sich genau wie das FEV_1 . Bei den Biomüllwerkern war nach der Schicht im Vergleich zu den Werten vor der Schicht die stärkste prozentuale Abnahme zu verzeichnen. Der oszillometrisch bestimmte Atemwegswiderstand (Ros) ohne bzw. nach Provokation mit 0,1% bzw. 0,3% Metacholin zeigte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen. Es zeigte sich nur eine prozentuale Absenkung nach der Schicht bei den Gemischtmüllwerkern.

Eine auffällige Erniedrigung der Messwerte der Biomüllwerker im Vergleich zu den anderen Untersuchungsgruppen zeigte sich vor bzw. nach der Schicht lediglich hinsichtlich der inspiratorischen Vitalkapazität. Auffallend war eine signifikante Erniedrigung des MEF50 bei den Biomüllwerkern. Die Messung des MEF50 ist mitarbeitsabhängig. Bei mangelnder Kooperation oder abweichenden Ergebnissen muss auf weitere, im wesentlichen mitarbeitsunabhängige Untersuchungen, z.B. Bodyplethysmographie, ausgewichen werden, was aber bei Feldversuchen wie der vorliegenden Studie nicht möglich war.

Der inhalative Provokationstest ist eine zuverlässige Methode, die im Rahmen der Routinediagnostik eine Differenzierung zwischen normaler Reagibilität und bronchialer Überempfindlichkeit erlaubt. Dabei ist die bronchiale Reaktion u.a. abhängig vom Verneblerverfahren oder auch von den Zeitabständen zwischen den einzelnen Stufen. Die häufig durchzuführenden spirometrischen Untersuchungen mit forcierter Expiration können ebenfalls das Testergebnis beeinflussen (Hoffahrt 1991).

Die Untersuchung des von Allmers et al. (1997) beschriebenen Biomüllwerkers mit bronchopulmonaler Schimmelpilzallergie zeigte im inhalativen Provokationstest einen signifikanten Anstieg des Atemwegswiderstandes im Sinne einer allergischen bronchialobstruktiven Sofortreaktion. Angedeutet konnte auch eine systemische Komponente mit Hin-

weisen auf eine exogen-allergische Alveolitis erkannt werden. In Ruhe ohne antiobstruktive Medikation zeigte sich eine leichtgradige Erhöhung der Atemwegswiderstände. Nach inhalativer Bronchospasmyse kam es zu einem Rückgang des Atemwegswiderstandes auf Normwerte. Spirometrie und Flussvolumenkurve waren unauffällig. Die Diffusionskapazität befand sich im Normbereich. Der arterielle Sauerstoffpartialdruck lag in Ruhe und unter Belastung im Normbereich.

Beim Prick-Test zeigte sich in der eigenen Studie bei 76,2% der Müllwerker zumindest ein positiver Befund für ein Allergen. Es gab keine deutlichen Unterschiede zwischen den Gruppen. Am häufigsten war eine Hautreaktion auf Hausstaubmilbenkot nachweisbar, gefolgt von Hautreaktionen auf Pollen (Roggen, Beifuß) und Haustiere (Katze dominierte). Gegen Schimmelpilze zeigten nur wenige Arbeiter eine Hautreaktion, darunter am häufigsten mit knapp 10% gegen *Cladosporium cladosporoides*. Insgesamt waren es nur sehr wenige Fälle, daher sind die Prozentangaben von relativ geringer Aussagekraft.

Auch wenn es nicht gezeigt werden konnte, dass eine klinisch nachweisbare Typ I-Sensibilisierung gegen Schimmelpilze bei den betroffenen Biomüllwerkern vorlag, sollte in Folgestudien der Grad der Typ I- und Typ III-Sensibilisierungen weiterhin erfasst werden, um eine mögliche Gesundheitsgefährdung der Beschäftigten möglichst frühzeitig zu erkennen und präventiv tätig werden zu können. Erhöhte Titer auf Schimmelpilze im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigten sich bei *Aspergillus niger* in 4% der Fälle und auf *Penicillium notatum* in 2% der untersuchten Biomüllwerker, jedoch bei keinem Fall in den beiden anderen Untersuchungsgruppen. Bei den übrigen fünf untersuchten Schimmelpilzen waren keine deutlichen Unterschiede zu beobachten.

Auffallend war der relativ hohe Sensibilisierungsgrad auf *Cladosporium cladosporoides* bei den Biomüllwerkern. *Cladosporium*-Spezies sind mit einer Konzentration von 7×10^5 KBE/m³ auf Kompostanlagen als Allergen nachgewiesen worden (Göttlich et al. 1994).

Die kutane Sensibilisierung der Gemischtmüllwerker auf *Alternaria alternata* war ebenfalls relativ hoch. Dies mag daran liegen, dass die Probandenanzahl der Gemischtmüllwerker mit sieben Fällen zu gering ist im Vergleich zu 17 Hausmüllwerkern. Der Unterschied zu der fehlenden Sensibilisierung bei Hausmüllwerkern ist auffällig, aber statistisch nicht signifikant.

In der eigenen Studie korrelierten die Labor- und Lungenfunktionsparameter nicht relevant mit der Betriebszugehörigkeit- oder Arbeitsunfähigkeitsdauer. Raucher hatten signifikant höhere Werte bei den Leukozytenzahlen und tendenziell niedrigere IgE-Werte. Alkoholkonsumenten hatten signifikant niedrigere IgG-Werte als Personen, die keinen Alkohol konsumierten. In einer Studie von Schwartz und Weiss (1991) wurden ebenfalls höhere Leukozytenzahlen bei Rauchern nachgewiesen und zwar in Abhängigkeit von der Anzahl der Pack Years und der Zahl der täglich gerauchten Zigaretten. Bei Alkoholkonsumenten lagen auch in der Studie von Schwartz und Weiss (1991), wie auch in der eigenen Studie beschrieben, niedrigere Leukozytenzahlen vor.

Das Übergewicht hatte einen signifikanten Einfluss auf einige Parameter. Bei einem Übergewicht mit einem BMI von mehr als 26 kg/m^2 war die Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit signifikant erhöht und zwar fast doppelt so hoch wie bei nicht übergewichtigen Personen. Auch IgA- und Ros-Werte waren bei Übergewichtigen signifikant höher. Schwartz und Weiss (1991) fanden im Gegensatz zur eigenen Studie bei Übergewichtigen lediglich höhere Leukozytenzahlen.

Luftkeimmessungen im Arbeitsbereich von Kompostierungsanlagen ergaben erhöhte Schimmelpilzbelastungen (Göttlich 1995, Ostrowski et al. 1996). Daher liegt die Vermutung nahe, dass die Belastung an luftgetragenen Schimmelpilzsporen bei der Biomüllabfuhr größer ist als bei der Hausmüllabfuhr. In der vorliegenden Arbeit konnte aber kein signifikanter Unterschied der Luftbelastung zwischen Bio- und Hausmüllwerkern festgestellt werden. Dafür kommen mehrere Gründe in Frage.

Eine Betrachtung des Hausmülls zeigte keine genaue Trennung von Bio- und Hausmüll in den Hausmüllabfalltonnen. Da keine gesetzliche Verpflichtung zu einer vollständigen Mülltrennung besteht, fand sich ein großer Anteil an kompostierbarem Biomüll in den Restmülltonnen, der für die hohe Schimmelpilzbelastung verantwortlich sein kann. Als zweiter Grund muss die unterschiedliche Bauweise der Müllfahrzeuge in Betracht gezogen werden. Die zur Biomüllabfuhr verwendeten Fahrzeuge verfügen über eine teilweise geschlossene Schüttung. Der Müll wird nicht gepresst, sondern in einer sich drehenden Trommel zermahlen. Die Hausmüllfahrzeuge sind älterer Bauart und verfügen nur über eine offene Schüttung. Das vorhandene Presswerk drückt den Müll in der Schüttung gegen einen ver-

schiebbaren Stempel. Zwischen den einzelnen Pressvorgängen fällt ein Teil des zuvor gepressten Mülls wieder in die Schüttung zurück. Hierbei wird Staub aufgewirbelt. Es ist empfehlenswert, bei der Neuanschaffung von Müllfahrzeugen solche mit geschlossener Schüttung zu bevorzugen. In weiteren Studien sollte ein größerer Untersuchungszeitraum gewählt werden, um Verläufe und jahreszeitliche Veränderungen des Luftkeimspektrums feststellen zu können, da in den Sommermonaten eine fortgeschrittene Kompostierung des Biomülls in den abzufahrenden Tonnen zu beobachten ist. Der Abkippvorgang bei der Müllentsorgung sollte hinsichtlich einer bakteriellen und viralen Belastung untersucht und mögliche Erkrankungen und prophylaktische Maßnahmen in weiteren Studien geprüft werden.

Beim Auftreten einer beruflich bedingten exogen-allergischen Alveolitis ist die Komplikation der Lungenfibrose durch eine radikale Expositions-karenz zu vermeiden. Dies heißt in den meisten Fällen, dass der Müllwerker den Arbeitsplatz oder sogar den Beruf wechseln muss. Bei mildereren Krankheitsverläufen ist das Tragen von Atemschutzgeräten, wie motorgetriebene Gebläseschutzhelme möglich, wobei jedoch Sensibilisierungen nicht ganz ausgeschlossen werden können (Cormier und Laviolette 1993).

Auch nach Allerman und Poulsen (2000) zeigte sich in gemischten Haushaltsabfällen, dass der organische Staub das höchste entzündliche Potential aufwies. Die Bioaerosolexposition von Müllwerkern schwankt stark. Vor allem spielen die Müllart, jahreszeitliche Einflüsse, eingesetzter Fahrzeugtyp und Arbeitsorganisation eine Rolle (Schröder et al. 1998).

Das Festlegen von Grenzwerten für die Belastung der Arbeiter kann sich als problematisch erweisen, da u.a. die Keimzahlbestimmung über koloniebildende Einheiten die bereits abgestorbenen Mikroorganismen nicht erfassen kann, die aber zum Allergenspiegel des Aerosols und des Toxingehalts (z.B. Endotoxin) beitragen. Die Keimzahlbestimmung im Aerosol bleibt aber von Wert bei der Beschreibung des generellen arbeitshygienischen Zustandes sowie für die Beurteilung der Effizienz durchgeführter, technischer Arbeitsschutzmaßnahmen. Maßnahmen, die eine verbesserte Primärprävention ergeben, können als positive Folgen der Rationalisierung im Bereich der Wertstoffsortieranlagen eintreten. Für die Früherkennung von arbeitsbedingten Erkrankungen und für eine rechtzeitige Intervention ist die Durchführung von arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen von entschei-

dender Bedeutung. Nachuntersuchungen sollten nach Schröder et al. (1998) in Abständen von 12 oder 24 Monaten erfolgen und in begründeten Einzelfällen auch häufiger.

Bei der Früherkennung ist weniger die Antikörperkonzentration als deren rasches Ansteigen von Bedeutung. So kann die Entwicklung einer Allergie des Typs III und IV durch Aktinomyzeten und Pilze durch den Einsatz serologischer Methoden rechtzeitig erkannt werden und dem Erkrankungsrisiko durch entsprechende arbeitshygienische und organisatorische Maßnahmen noch entgegengewirkt werden (Schröder et al. 1998).

Der Studie von Callender et al. (1997) zufolge spielen auch schlechte Hygienebedingungen bei den Müllwerkern eine große Rolle: beispielsweise mit ungewaschenen Händen zu essen oder zu rauchen. Nach Streib et al. (1996) zeigen zwar die meisten Messungen, dass die Staub- und Keimbelastungen einzeln betrachtet eher als grenzwertig eingestuft werden können, die kombinierte Belastung der Beschäftigten mit toxisch, allergisierend und infektiös wirkenden Stoffen legt jedoch nahe, die Gesundheitsrisiken höher einzuschätzen als dies bei isolierter Betrachtung einzelner Messdaten der Fall wäre. Cole und Brown (1996) fordern bei Müllwerkern Trainingsprogramme zur Sicherheit und zum Selbstschutz. Hier müssen auch Sprach- und Kommunikationsbarrieren in Betracht gezogen werden, damit die betroffenen Arbeiter der Schulung noch zugänglich sind. Nach Barth et al. (2002) sollten Arbeiter mit immunsupprimiertem Status, mit Asthma, allergischer Rhinitis oder Konjunktivitis bzw. anderen Allergien von Haut, Augen oder Lungen von den Müllwerkerberufen ausgeschlossen werden. Ferner sollten Schutzkleidung, Handschuhe und Atemschutz getragen werden, um die Risiken zu minimieren.

Im gesamten abfallwirtschaftlichen Bereich sind eine Reihe von Vorsorgemaßnahmen des Arbeitsschutzes zu diskutieren. So sollten Arbeitsbereiche mit besonders hoher Belastung (z.B. Schredderbetrieb, Siebeanlagen, Umsetzen von Kompost, Anlieferungsbereich) nach Möglichkeit in ein geschlossenes System umgewandelt und vollautomatisiert betrieben werden. Radlader sollten mit Filtern und Klimaanlage und der Anlieferungsbereich mit Tiefbunkern ausgerüstet werden. Das Personal sollte mit Atemschutzmasken arbeiten. Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen sollten den Immunstatus des Personals feststellen und im Rahmen regelmäßiger Wiederholungen Veränderungen des Antikörperstatus dokumentieren (Diehl und Hofmann 1996, Jager et al. 1994).

6. Zusammenfassung

Müllentsorger sind gegenüber zahlreichen biologischen Schadstoffen exponiert, wobei regionale Unterschiede bestehen. Ziel dieser Studie war es, Daten zur Belastung und Beanspruchung dieser Berufsgruppe zu gewinnen, insbesondere im Hinblick auf berufsbedingte Atemwegserkrankungen. Es solln deshalb das Luftkeimspektrum von Biohausmüll beim Abkippen der Mülltonnen in das Müllfahrzeug untersucht werden sowie die Lungenfunktion und Art und Ausmaß von Typ-I- und III-Sensibilisierungen.

Wir führten deshalb bei 18 männlichen Biomüllentsorgern im Vergleich zu 17 Hausmüll- und 7 Gemischtmüllentsorgern des Entsorgungsgebietes der Hansestadt Lübeck Untersuchungen durch.

Die Messungen zur Keimluftbestimmung (Impaktationsmethode, Filtrationsmethode) wurden nach den technischen Richtlinien für biologische Arbeitsstoffe (TRBA 405) vorgenommen. Die Konzentrationen der Bakterien und Pilze wurden als Zahl koloniebildender Einheiten pro m³ Luft (KBE /m³) angegeben.

Es wurden die Lungenfunktion (IVC, FEV₁, MEF 50, Ros) vor und nach der Arbeitsschicht untersucht sowie laborchemische Messwerte (BSG, kleines Blutbild mit Differentialblutbild, Gesamt-IgA, -IgE und -IgG, spezifische IgE-Antikörper mittels RAST gegen *A. niger*, *A. fumigatus*, *A. alternata*, *P. notatum*, *R. nigricans*, *Cladosporium cladosporoides* und *Neurospora sitophila*, spezifische IgE-Antikörper mittels IIFT gegen *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. nidulans*, *A. sydowii*, *A. versicolor*, *P. brevicompactum* und *P. crustosum*, spezifische IgG-Antikörper mittels ELISA gegen thermophile Actinomyceten, *Saccharomonospora viridis*, *Saccharopolyspora hirsuta*, *Saccharopolyspora rectivirgula* und *Streptomyces thermovulgaris*). Zusätzlich wurde ein indirekter Immunfluoreszenztest (IIFT), ein ELISA und ein Pricktest mit Pilz-, Pflanzen-, Milben- und Tierallergenen durchgeführt.

Die Beschäftigten waren durchschnittlich 37,5 Jahre alt, 178 cm groß und 80,4 kg schwer, zu 40,4 % übergewichtig, zu 66,7 % Raucher und zu 64,3 % Alkoholkonsumenten. Allergische Vorerkrankungen oder klinische Symptome waren selten. Allergische Symptome traten während der Arbeit häufiger auf als in der Freizeit. Die BSG unterschied sich weder vor noch nach der Arbeitsschicht signifikant zwischen den drei Gruppen. Die Leukozytenzahlen waren vor der Schicht bei den Biomüllwerkern höher als bei den Hausmüllwerkern

und bei den Gemischtmüllwerkern höher als bei den Hausmüllwerkern. Einen Unterschied im Vergleich der Leukozytenwerte vor gegenüber nach der Schicht fand sich in keiner Gruppe.

Es fand sich tendenziell nach der Schicht eine prozentuale Erhöhung der Leukozytenwerte, die bei den Hausmüllwerkern am ausgeprägtesten war. IgE und IgG waren nur tendenziell höher bei den Hausmüll- und tendenziell geringer als bei den Biomüllwerkern. Die IgA-Werte waren bei den Biomüllwerkern nicht signifikant erhöht. Nur wenige Probanden wiesen erhöhte Gesamt-Immunglobulinwerte auf. Die Lungenfunktionsparameter zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen mit Ausnahme des IVC bei den Biomüllwerkern im Vergleich zu den anderen Gruppen vor bzw. nach der Schicht. Der MEF 50 war bei den Biomüllwerkern signifikant erniedrigt. Beim Pricktest zeigte sich bei 76,2 % der Müllwerker zumindest ein positiver Befund für ein Allergen. Es gab keine deutlichen Unterschiede zwischen den Gruppen. Am häufigsten war eine Hautreaktion auf Hausstaubmilbenkot nachweisbar, auf Schimmelpilze reagierten nur wenige Müllwerker. Die Labor- und Lungenfunktionsparameter korrelierten nicht mit der Betriebszugehörigkeit- oder Arbeitsunfähigkeitsdauer. Raucher hatten signifikant höhere Werte bei den Leukozytenzahlen und tendenziell niedrigere IgE-Werte. Alkoholkonsumenten hatten signifikant niedrigere IgG-Werte als Personen, die keinen Alkohol konsumierten. Übergewichtige ($\text{BMI} > 26 \text{ kg/m}^2$) hatten eine fast doppelt so hohe BSG sowie signifikant erhöhte IgA- und Ros- Werte als Normalgewichtige.

Im gesamten abfallwirtschaftlichen Bereich sind eine Reihe von arbeitsschutztechnischen Vorsorgemaßnahmen zu empfehlen. So sollten Arbeitsbereiche weitestgehend automatisiert werden, Radlader sollten mit Klima-/Filteranlagen ausgestattet und das Personal mit Atemschutzmasken ausgerüstet werden zur Vorbeugung einer möglichen Gesundheitsgefährdung.

7. Literatur

1. Allermann L, Poulsen OM
Inflammatory potential of dust from waste handling facilities measured as IL-8 secretion from lung epithelial cells in vitro.
Ann Occup Hyg, 44, 259-269, 2000
2. Allmers H, Huber H, Baur X
Bronchopulmonale Schimmelpilz-Allergie eines Müllwerkers.
Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed, 32, 64-66, 1997
3. Averdiek B, Deininger C, Engelhart S, Missel T, Philipp W, Riege FG, Schicht B, Simon R
Bestimmung der Konzentration biologischer Arbeitsstoffe in der Luft am Arbeitsplatz.
Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, 57, 129-136, 1997
4. Baur X
Pneumologie. in: Heppt W, Renz H, Röcken M: Allergologie. Springer Verlag, Berlin, 1. Aufl., 231-234, 1998
5. Barth E, Talbott N, Gable R, Richter S
Evaluation of bioaerosol exposure during conditioning of biofilter organic media beds.
Appl Occupat Environ Hyg, 17, 10-14, 2002
6. Bioabfall- und Kompostverwertung in Nordrhein-Westfalen
7. Hygienische Aspekte bei der Sammlung und Behandlung von Bioabfällen.
7.1. Keimexposition bei der Bioabfallsammlung und -behandlung
<http://www.munlv.nrw.de/sites/arbeitsbereiche/boden/murlhtml/bio/teil1/7.0/7.1.html>,
Upload 21. Juni 2000
7. Bünger J, Stalder K
Actinomyceten- und Pilzexposition beim Umgang mit biologischen Abfällen. Einflussgrößen einer Typ III-Sensibilisierung. in: Münzberger E (Hrsg.): Dokumentationsband 36. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V., 499-502, 1996
8. Bünger J, Antlauf-Lammers M, Schulz TG, Westphal GA, Müller MM, Ruhnau P, Hallier E
Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among biowaste collectors and compost workers.
Occup Environ Med, 57, 458-464, 2000
9. Burr ML, Butland BK, King S, Vaughan-Williams E
Changes in asthma prevalence: two surveys 15 years apart.
Arch Dis Child, 64, 1452-1456, 1989

10. Callender TJ, Ristovv M, Guerra M, Ruttenberg R
Social and economic impact of neurotoxicity in hazardous waste workers in Lenoir, North Carolina.
Environ Res, 73, 166-174, 1997
11. Coenen GJ, Dahl S, Ebbehøj N, Ivens UI, Stenbaek EI, Würtz H
Immunglobulins and peak expiratory flow measurements in waste collectors in relation to bioaerosol exposure.
Ann Agric Environ Med, 4, 75-80, 1997
12. Cole BL, Brown MP
Action on worksite health and safety problems: a follow-up survey of workers participating in a hazardous waste worker training program.
Am J Ind Med, 30, 730-743, 1996
13. Collins JJ, Ireland BK, Easterday PA, Nair RS, Braun J
Evaluation of lymphopenia among workers with low-level benzene exposure and the utility of routine data collection.
J Occup Environ Med, 39, 232-237, 1997
14. Coombs RRA, Gell PGH
The classification of allergic reactions underlying disease. in: Gell PGH, Coombs RRA (Eds.), Clinical aspects of immunology. Davis, Philadelphia, 1968
15. Cormier Y, Laviolette M (Eds.)
Farmer's Lung. in: Seminars in Respiratory Medicine. Occupational lung disease in agriculture. Thieme Medical Publishers, 14 (1), 31-37, 1993
16. Demers PA, Schade WJ, Demers RY
Lymphocytopenia and occupational exposures among pattern and model makers.
Scand J Work Environ Health, 20, 107-112, 1994
17. Diehl K, Hofmann R
Literaturstudie zu Hygieneproblemen von Kompostierungsanlagen unter Berücksichtigung der möglichen Gesundheitsgefahren in der Nähe lebender Anwohner. Bundesumweltamt (Hrsg.): Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Nr. 11, 8-20, 1996
18. Douwes J, Dubbeld H, van Zwieten L, Wouters I, Doekes G, Heederik D, Steerenberg P
Work related acute and (sub-)chronic airways inflammation assessed by nasal lavage in compost workers.
Ann Agric Environ Med, 4, 149-152, 1997

19. Eikmann T, Hofmann R (Hrsg.)
Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und -verwertung.
Kommission Reinhaltung der Luft (KRDL) im VDI und DIN. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Band 30, Tagung 30. August bis 1. September 1999 in Langen
20. Fischer G, Schwalbe R, Möller M, Ostrowski R, Hollender J, Dott W
Luftverbreitete Schimmelpilze und deren Stoffwechselmetabolite an Arbeitsplätzen in Kompostieranlagen.
Mycoses, 41 (Suppl. 1), 51-55, 1998
21. Gernsma D, Kalden JR, Resch K
Immunologie. Grundlagen, Klinik, Praxis.
G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1997
22. Göttlich E
Pilzbelastungen an Arbeitsplätzen in biologischen Abfallbehandlungsanlagen.
Vortragsmanuskript, Symposium Biological Waste Management „A wasted chance“, Vortrag S. 47, 1995
23. Göttlich E, Engesser KH, Bardke D
Emission von Pilzsporen in Müllverarbeitungsanlagen.
Forum Städte-Hygiene, 45, 321-325, 1994
24. Hansen J, Ivens UI, Breum NO, Nielsen M, Würtz H, Poulsen OM, Ebbeløj N
Respiratory symptoms among Danish waste collectors.
Ann Agric Environ Med, 4, 69-74, 1997
25. Hoffahrt HP, Reier W, Reichel G, Ulmer WT
Der inhalative 1-Konzentrationstest zur Überprüfung der bronchialen Reagibilität.
Pneumologie, 45, 2690-2694, 1991
26. Ivens UI, Hansen J, Breum NO, Ebbeløj N, Nielsen M, Poulsen OM, Würtz H, Skov T
Diarrhoea among waste collectors associated with bioaerosol exposure.
Ann Agric Environ Med, 4, 64-68, 1997
27. Jäger E, Gaube J, Rüdén H
Mikrobiologische Aspekte bei Sammlung, Lagerung und Transport von Haushalts- und Haushaltsnaßabfällen.
Abfallwirtschaft J, 3, 188-193, 1991
28. Jäger E, Rüdén H, Zeschmar-Lahl B
Kompostierungsanlagen. 2. Mitteilung: Aerogene Keimbelastung an verschiedenen Arbeitsbereichen von Kompostierungsanlagen.
Zbl Hygiene, 196, 367-379, 1994

29. Kayser FH
Allgemeine Bakteriologie.
in: Kayser FH, Bienz KA, Eckert J, Zinkernagel RM
Medizinische Mikrobiologie. 9. Aufl, Thieme Verlag, Stuttgart, 138-220, 1998a
30. Kayser FH
Allgemeine Mykologie.
in: Kayser FH, Bienz KA, Eckert J, Zinkernagel RM
Medizinische Mikrobiologie. 9. Aufl, Thieme Verlag, Stuttgart, 352-362, 1998b
31. Kern P, Philipp W
Ergebnisse komposthygienischer Untersuchungen. in: Tagungsband 5. Hohenheimer Seminar 5.-6.10.: Nachweis und Bewertung von Keimemissionen bei der Entsorgung von kommunalen Abfällen sowie spezielle Hygieneprobleme der Bioabfallkompostierung. 256-266, 1994
32. Kothary MH, Chase T
Levels of *Aspergillus fumigatus* in air and in compost at a sewage sludge composting site.
Environ Poll (Series A), 34, 1-14, 1984
33. Leonhardt L
Berufsallergosen. in: Heppt W, Renz H, Röcken M: Allergologie, Springer Verlag, Berlin, 1. Aufl., 282-286, 1998
34. Malmros P
Arbeitsumweltprobleme im Bereich der Wiederverwertung von Abfällen. In: Tagungsband 5. Hohenheimer Seminar 5.-6.10.: Nachweis und Bewertung von Keimemissionen bei der Entsorgung von kommunalen Abfällen sowie spezielle Hygieneprobleme der Bioabfallkompostierung, 21-35, 1994
Arbeitsumweltprobleme im Bereich der Wiederverwertung
35. Marth E, Reinthaler FF, Schaffler K, Jelovcan S, Haselbacher S, Eibel U, Kleinhapfl B
Occupational health risks to employees of waste treatment facilities. Recommendations.
Ann Agric Environ Med, 4, 143-148, 1997
36. Marth E, Reinthaler FF, Haas D, Eibel U, Feierl G, Wendelin I, Jelovcan S, Barth S
Waste management health: a longitudinal study.
Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg, 104, 569-583, 1999

37. Miller JD
Mycotoxins.
in: Rylander R, Jakobs R (Eds.)
Organic Dust. Exposure, effects and prevention.
Lewis Publ Boca Raton, Ann Arbour, London, Tokyo, 87-92, 1994
38. Mutius E von, Martinez FD, Fritsch C, Nicolai T, Roell G, Thiemann HH.
Prevalence of asthma and atopy in two areas of West and East Germany.
Am J Respir Crit Care Med, 149, 358-364, 1994
39. Mygind N, Dahl R, Pedersen S, Thestrup-Pedersen K
Grundsätzliche Mechanismen. in: Merk HF (Hrsg.): Allergologie. Springer Verlag,
Berlin, 1. Aufl., 14-15, 1998
40. Ostrowski R, Fischer G, Dott W
Monitoring airborne fungal spores in commercial composting facilities.
4. Kongreß der Gesellschaft für Hygiene und Umweltmedizin, Graz, 1996
41. Peat JK, van den Berg RH, Green WF, Mellis CM, Leeder SR, Woolcock AJ
Changing prevalence of asthma in Australian children.
Br Med J, 308, 1591-1596, 1994
42. Pfirrmann A, van den Bossche G
Emission von Viren (an verschiedenen Arbeitsplätzen) in Kompostwerken und
anderen müllverarbeitenden Betrieben.
Forum Stadt-Hygiene, 45, 338-345, 1994
43. Redlinger T, Graham J, Corella-Barud V, Avitia R
Survival of fecal coliforms in dry-composting toilets.
Appl Environ Microbiol, 67, 4036-4040, 2001
44. Renz H
In-vitro-Diagnostik. in: Heppt W, Renz H, Röcken M: Allergologie. Springer
Verlag, Berlin, 1. Aufl., 1998
45. Riede UN, Costabel U
Lunge. in: Riede UN, Schaefer HE (Hrsg.): Allgemeine und spezielle Pathologie.
Thieme Verlag, Stuttgart, 3. Aufl., 644-645, 1993
46. Rieth H
Fakultativ und obligatorische pathogene Schimmelpilze bei Hautaffektionen.
Hautarzt, 29, 22-26, 1978
47. RL 90/679/EWG des Rates vom 26. Nov. 1990 über den Schutz der Arbeitnehmer
gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit. Geändert durch
RL 93/88/EWG des Rates vom 12. Oktober 1993 und angepaßt durch die RL
95/30/EG des Rates vom 30. Juni 1995

48. Robertson, CF, Heycock E, Bishop J, Nolan T, Olinsky A, Phelan PD
Prevalence of asthma in Melbourne schoolchildren: changes over 26 years.
Br Med J, 302, 1116-1118, 1991
49. Sakai K, Yokota A, Kurokawa H, Wakayama M, Moriguchi M
Purification and characterization of three thermostable endochitinases of a noble
bacillus strain, MH-1, isolated from Chitin-containing compost.
Appl Environ Microbiol, 54, 3397-3402, 1998
50. Schappler-Scheele B
Untersuchung der gesundheitlichen Belastung von Arbeitnehmern in Kompostie-
rungsanlagen. Schriftenreihe der BAuA, Tagungsbericht Tb 88: Biologische Ar-
beitsstoffe - Vielfältige Tätigkeiten und neue Rechtsgrundlagen (Vorträge der
Informationstagung am 17. und 18. März 1998 in Dortmund); Dortmund/Berlin
1998
51. Schmidt B, Philipp W
Emission von Bakterien (an verschiedenen Arbeitsplätzen) in Kompostwerken und
anderen müllverarbeitenden Anlagen.
Forum Städte-Hygiene, 45, 331-337, 1994
52. Schönborn C, Winden F
Untersuchungen über das Vorkommen von Pilzen in der Luft und im Staub von
Klinikräumen.
Mykosen, 16, 385-391, 1973
53. Schröder H, Allmers H, Baur X
Gefährdung von Beschäftigten bei der Abfallsammlung und -abfuhr durch Keimex-
positionen.
Dtsch Med Wschr 123, 1088-1090, 1998
54. Schwartz J, Weiss ST
Host and environmental factors influencing the peripheral blood leukocyte.
Am J Epidemiol, 134, 1402-1409, 1991
55. Senkpiel K, Trepkau HD, Ohgke H
Die Schimmelpilzallergen(-Antigen)-Belastung für Müllwerker bei der Biomüll- und
Hausmüllabfuhr im Rahmen einer Arbeitsplatzanalyse.
Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 104, "Stand von
Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der
Abfallentsorgung und -verwertung (Hrsg.: Th Eikmann u. R Hofman), Band 30
163-182, 1999
56. Shaw RA, Crane J, O'Donnell TV, Porteous LE, Coleman ED
Increasing asthma prevalence in a rural New Zealand adolescent population: 1975-
1989.
Arch Dis Child, 65, 1319-1323, 1990

57. Sigsgaard T, Hansen JC, Malmros P
Biomonitoring and work related symptoms among garbage handling workers.
Ann Agric Environ Med, 4, 107-112, 1997
58. Staib F
Mykosen durch Pilzsporen in der Raumluft.
Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg (B), 176, 142-154, 1982
59. Stalder K, Seebode A, Studt G
Die Überwachung des individuellen Allergisierungsrisikos durch Aktinomyzeten
und Schimmelpilze.
in: Gesundheitsrisiken bei der Entsorgung kommunaler Abfälle (Beiträge zu einem
interdisziplinären Symposium). Stalder K, Verkoyen C (Hrsg.): Verlag Die Werk-
statt, Göttingen, 157-172, 1994
60. Strauch D
Hygieneproblematik bei der biologischen Abfallbehandlung.
Forum Städte-Hygiene, 47, 126-130, 1996
61. Streib R, Botzenhart K, Drysch K, Rettenmeier AW
Staub- und Keimzahlmessungen bei der Anlieferung, Sortierung und Kompostierung
von Hausmüll und hausmüllähnlichem Gewerbeabfall.
Zentralbl Hyg Umweltmed, 198, 531-551, 1996

8. Anhang (Fragebogen)

Code-Nr.:

1



(wird vor Ort von Dr. Trepkau vergeben)

Medizinische
Universität zu Lübeck

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

Medizinische Universität zu Lübeck • Institut für Arbeitsmedizin
Ratzeburger Allee 160, D-23558 Lübeck

Absender: Dr. med. H.-D. Trepkau
Telefon: (0451) 500 0 Vermittlung
Durchwahl: (0451) 500 / 3055
Telefax (0451) 500 3632

Fragebogen

Sehr geehrte Damen, sehr geehrte Herren !

- 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.

Geb.-Land: _____ Alter: _____ Jahre

Falls Sie im Ausland geboren wurden, seit wann leben Sie in Deutschland? _____

I. Ausbildung und berufliche Tätigkeit

1. Schulabschluß: ☐ Hauptschulabschluß ☐ Realschulabschluß ☐ Abitur
☐ sonstiges _____

2. Erlernter Beruf: _____

3a. Derzeit ausgeübter Beruf: _____

- b. Haben Sie zuvor in anderen Berufen gearbeitet, wenn ja, in welchem und wie lange?

_____, _____ Jahre
_____, _____ Jahre
_____, _____ Jahre

4. Kurzbeschreibung Ihrer Tätigkeit: _____

5. Tragen Sie während des Umgangs mit Biomüll regelmäßig Handschuhe? ☐ nein ☐ ja

6. Trinken und essen Sie am Arbeitsplatz? ☐ nein ☐ ja

7. Fühlen Sie sich an Ihrem Arbeitsplatz durch Biomüll belastigt? ☐ nein ☐ ja

Wenn ja, wieso? _____

8. Rauchen Sie? ☐ nein ☐ ja ☐ _____ Zigaretten/Tag seit _____ Jahren
☐ Ex-Raucher, seit _____ Jahren,
vorher _____ Zigaretten/Tag seit _____ Jahren

9. Trinken Sie Alkohol? ☐ nein ☐ ja
☐ _____ Flasche(-n) Bier/Tag ☐ _____ Flasche(-n) Bier/Woche
☐ _____ Flasche(-n) Schnaps/Woche ☐ _____ Flasche(-n) Wein/Wo.

II. Familienvorgeschichte

1. Ist in Ihrer Familie (Eltern, Geschwister, Kinder) eine Lungenerkrankung bekannt?
☐ nein ☐ ja
Wenn ja, welche? ☐ Tuberkulose ☐ Asthma ☐ chron. Bronchitis
☐ andere: _____

2. Leidet jemand in Ihrer Familie (Eltern, Geschwister, Kinder) an einer allergischen Erkrankung?
☐ nein ☐ ja
Wenn ja, welche? ☐ Fließschnupfen ☐ Asthma ☐ Wassersucht/Nesselfieber
☐ Tränenfluß/Augenrötung ☐ Neurodermitis
☐ andere: _____

Wenn ja, worauf? ☐ Medikamente ☐ Pollen/Gräser /Getreide
☐ Tiere, welche?
☐ Schimmelpilze ☐ Nahrungsmittel ☐ andere: _____

III. Eigene Vorerkrankungen und gesundheitliche Beschwerden

Sind folgende der untenstehenden Erkrankungen bei Ihnen bekannt?

1. Lungenerkrankungen: ☐ nein ☐ ja
☐ chronische Bronchitis ☐ Asthma ☐ Tuberkulose
☐ andere: _____
2. Stoffwechselerkrankungen: ☐ nein ☐ ja
☐ Zuckerkrankheit ☐ Schilddrüsenerkrankung, insbesondere -überfunktion
☐ andere: _____
3. Hautkrankheiten: ☐ nein ☐ ja
☐ allgemeiner Juckreiz, wenn ja, wie häufig/wie lange: _____
☐ Schuppenflechte (Psoriasis) ☐ Neurodermitis ☐ Quaddelbildung/Nesselfieber
☐ andere: _____

Welche Körperteile sind betroffen? _____

4. Herzerkrankungen: ☐ nein ☐ ja
☐ Herzkranzgefäßverengung (koronare Herzkrankheit) ☐ Bluthochdruck
☐ Herzrhythmusstörung ☐ Herzmuskelentzündung
☐ andere: _____
5. Ist bei Ihnen ein Anfallsleiden (Epilepsie) bekannt? ☐ nein ☐ ja
6. Leiden Sie an Durchblutungsstörungen des Gehirns oder anderer Organe? ☐ nein ☐ ja
7. Waren Sie in den vergangenen 12 Monaten krank geschrieben? ☐ nein ☐ ja

Wenn ja, warum? _____

Wie lang war die Arbeitsunfähigkeit? _____

8. Leiden Sie an einer allergischen Erkrankung? ☐ nein ☐ ja
Wenn ja, welche? ☐ Fließschnupfen ☐ Asthma
☐ Wassersucht/Nesselfieber ☐ Tränenfluß/Augenrötung
☐ Neurodermitis?
☐ andere: _____
- Wenn ja, worauf? ☐ Medikamente ☐ Pollen/Gräser/Getreide ☐ Schimmelpilze
☐ Tiere, welche? _____
☐ Nahrungsmittel ☐ andere: _____

9. Ist bei Ihnen bereits ein Allergietest durchgeführt worden? ☐ nein ☐ ja
Wenn ja, wann? _____, welcher? ☐ Pricktest ☐ RAST (Bluttest)
☐ Epikutantest
☐ sonstige _____

Welches Ergebnis? ☐ Medikamente ☐ Pollen/Gräser/Getreide
☐ Schimmelpilze ☐ Nahrungsmittel
☐ Tiere, welche? _____
☐ andere: _____

- 10a. Haben Sie Kontakt zu Tieren? ☐ nein ☐ ja ☐ unregelmäßig

- 10b. Haben Sie dabei Beschwerden? ☐ nein ☐ ja
Wenn ja, welche?
☐ Fließschnupfen? ☐ Augenrötung / Tränenfluß? ☐ Nießreiz?
☐ Atemnot?

Wenn ja, bei welchen Tieren?
☐ Katze ☐ Hund
☐ Wellensittich ☐ Kanarienvogel
☐ Taube ☐ Pferd
☐ sonst: _____

11. Haben Sie in Ihrer Wohnung feuchte Wände? ☐ nein ☐ ja

Wenn ja, wo? _____

- 12a. Treiben Sie Sport? ☐ nein ☐ ja
☐ Fußball ☐ Laufen ☐ Handball ☐ Basketball/Volleyball ☐ Tennis
☐ Schwimmen ☐ Radfahren ☐ andere: _____

Wie oft? ☐ regelmäßig ☐ unregelmäßig
Dauer in Stunden / Woche _____

- 12b. Haben Sie dabei gesundheitliche Probleme? ☐ nein ☐ ja

Wenn ja, welche? _____
Wie lang andauernd? _____

13. Bestehen oder bestanden bei Ihnen Krebserkrankungen? ☐ nein ☐ ja
Wenn ja, an welchem Organ? _____

14. Müssen Sie regelmäßig Medikamente einnehmen? ☐ nein ☐ ja
Wenn ja, welche und wie oft? _____

IV. Arbeitsplatzbezogene Beschwerden

- 1a. Tritt am Arbeitsplatz Hustenreiz auf? ☐ nein ☐ ja ☐ gelegentlich
- 1b. Haben Sie dabei Auswurf? ☐ nein ☐ ja ☐ gelegentlich
2. Haben Sie mehr als 6 Wochen im Jahr morgens Husten und/oder Auswurf? ☐ nein ☐ ja
- 3a. Haben Sie beobachtet, daß Sie während oder nach der Arbeit Luftnot haben?
☐ nein ☐ ja
Wenn ja, wann tritt die Luftnot auf?
Bereits in Ruhe? ☐ nein ☐ ja
Unter Belastung (Treppensteigen)? ☐ nein ☐ ja
Nach der Arbeit? ☐ nein ☐ ja, wann? _____
- 3b. Tritt auch im Urlaub Luftnot auf?
4. Haben Sie erhöhte Temperatur oder Fieber während der Arbeit? ☐ nein ☐ ja
5. Fühlen Sie sich abgeschlagen? ☐ nein ☐ ja
6. Bessern sich die unter 1 - 5 genannten Beschwerden im Laufe der Woche?
☐ nein ☐ ja
7. Haben Sie mehr als 6 Wochen im Jahr morgens Husten und/oder Auswurf?
Wenn ja, wie oft? ☐ 1-3 x / Jahr ☐ < 3 x / Jahr
8. Spüren Sie bei der Arbeit einen Druck in der Brust? ☐ nein ☐ ja ☐ gelegentlich
9. Schwitzen Sie ohne besonderen Grund? ☐ nein ☐ ja ☐ gelegentlich

10. Verspüren Sie bei der Arbeit vermehrt Niesreiz und/oder Schnupfen?

☐ nein

☐ ja

11. Haben Sie dabei gerötete Augen und/oder Tränenfluß? ☐ nein ☐ ja

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

☐ nein

☐ ja, folgende: _____

9. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ABPA	allergische bronchopulmonale Aspergillose
ACE	Angiotensin Converting Enzyme
BMI	Body Mass Index (kg/m ²)
BSG	Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit
ELISA	Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay
E. coli	Escherichia coli
FEV1	Forciertes expiratorisches Volumen in der 1. Sekunde
IIFT	Indirekter Immunfluoreszenztest
IgA	Immunglobulin A
IgE	Immunglobulin E
IgG	Immunglobulin G
IgM	Immunglobulin M
IVC	Inspiratorische Vitalkapazität
MEF50	Maximaler expiratorischer Fluss bei 50% der verbliebenen Vitalkapazität
MMI	Mucus Membrane Irritation
ODTS	Organis Dust Toxic Syndrome
RAST	Radio Allergo Sorbent Test
Ros	Oszillometrisch bestimmter Atemwegswiderstand
Tab.	Tabelle
TRBA	Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 405)
TRGS 908	Technische Regeln für Gefahrstoffe 908

Lebenslauf

Name: Kim
Vornamen: Jun Sik
Geburtsdatum: 04. Juni 1966
Geburtsort: Seoul (Süd-Korea)
Staatsangehörigkeit: deutsch (seit August 1999)
Eltern: Jong Ho Kim, Professor für Politologie an der Sejong-Universität in Seoul
So Kyung Kim, Essayistin

Schulischer und universitärer Werdegang

1972-1978 Jung Ang Privat-Grundschule in Seoul/Süd-Korea
1978-1981 Jung Ang Privat-Middle School in Seoul/Süd-Korea
1981-1984 Kyung-Mun High School in Seoul/Süd-Korea, Abschluss: Abitur
1984-1987 Sprachschule in Darmstadt, Bundesrepublik Deutschland
10.1988-03.2001 Studium der Humanmedizin an der Universität Lübeck
Mai 2001 Staatsexamen, Approbation

Berufliche Tätigkeit

zur Zeit Assistenzarzt in der Dermatologischen Fachklinik Artemed in
Bad Oeynhausen (Prof. Dr. Dr. Salfeld)

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Dr. R. Kessel möchte ich für die Überlassung des Dissertationsthemas und die weitere wissenschaftliche Betreuung sowie für die wertvollen Ratschläge während der Durchführung der vorliegenden Studie danken.

Für die freundliche Hilfe bei der Datenerhebung und -auswertung danke ich herzlich Herrn Dr. H. Trepkau.

Ebenso danke ich Frau Dr. Wussow für die kritischen inhaltlichen Fragen und Anregungen.