



## Gesundheitsrisiken durch biologische Arbeitsstoffe in Kompostierungsanlagen

V. van Kampen, A. Deckert, J. Bünger, E. Willer, H.-D. Neumann, M. Buxtrup,  
Ch. Felten

**Forschung  
Projekt F 2063**

V. van Kampen  
A. Deckert  
J. Bünger  
E. Willer  
H.-D. Neumann  
M. Buxtrup  
Ch. Felten

**Gesundheitsrisiken durch biologische  
Arbeitsstoffe in Kompostierungsanlagen**

**Ein 12-Jahres-Follow-up**

Dortmund/Berlin/Dresden 2012

Diese Veröffentlichung ist der Abschlussbericht zum Projekt „Gesundheitsrisiken in Kompostierungsanlagen (Längsschnittuntersuchung)“ – Projekt F 2063 – im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Um die möglichen Gesundheitsrisiken von Kompostarbeitern durch eine langjährige Bioaerosolexposition über mehr als zehn Jahre zu untersuchen, wurde basierend auf den abgeschlossenen Studien F 5058 (1996/97) und F 5184 (2001) ein weiteres Follow-up durchgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren: Dr. Vera van Kampen, Dipl.-Dok. Anja Deckert,  
Prof. Dr. Jürgen Bünger  
Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der  
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,  
Institut der Ruhr Universität Bochum (IPA)  
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1, 44789 Bochum

Dipl.-Ing. (FH) Eckart Willer, Dr. Christian Felten  
Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft  
Ottenser Hauptstr. 54, 22765 Hamburg

Dr. Heinz-Dieter Neumann, Martin Buxtrup  
Unfallkasse Nordrhein-Westfalen  
Sankt-Franziskus-Str. 146, 40470 Düsseldorf

Titelfoto: Bernd Naurath, Institut für Prävention und Arbeitsmedizin  
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Umschlaggestaltung: Rainer Klemm,  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Herstellung: Bonifatius GmbH, Paderborn

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Friedrich-Henkel-Weg 1 – 25, 44149 Dortmund  
Telefon 0231 9071-0  
Fax 0231 9071-2454  
poststelle@baua.bund.de  
www.baua.de

Berlin:  
Nöldnerstr. 40 – 42, 10317 Berlin  
Telefon 030 51548-0  
Fax 030 51548-4170

Dresden:  
Fabricestr. 8, 01099 Dresden  
Telefon 0351 5639-50  
Fax 0351 5639-5210

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.  
Aus Gründen des Umweltschutzes wurde diese Schrift auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt

ISBN 978-3-88261-144-1

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Kurzreferat</b>	7
<b>Abstract</b>	8
<b>Teil A</b>	
<b>Follow-up 2010-2011: Ergebnisse der Kompoststudie im Quer- und Längsschnitt (V. van Kampen, A. Deckert, J. Bünger)</b>	
<b>1 Einleitung</b>	9
1.1 Kompostierung	9
1.2 Exposition	10
1.3 Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	11
1.4 Gesundheitsrisiken	12
1.4.1 Infektionen	12
1.4.2 Allergien	13
1.4.3 Inflammatorische und irritativ-toxische Effekte	15
1.5 Studienziele	17
<b>2 Material und Methoden</b>	19
2.1 Studiendesign	19
2.2 Rekrutierung	20
2.3 Basisdaten der untersuchten Anlagen	21
2.4 Berechnung des Expositionsscores für Teilnehmer der Längsschnittstudie	23
2.4.1 Risikorangbildung der Anlagen	24
2.4.2 Ermittlung der Tragezeit von Atemschutz	26
2.4.3 Ermittlung der Bioaerosolexposition	26
2.5 Arbeitsmedizinische Untersuchung	27
2.5.1 Lungenfunktionstestung	27
2.5.2 Blutabnahme und Antikörperbestimmung	28
2.6 Datenerfassung, Auswertung und Statistik	29
<b>3 Ergebnisse</b>	31
3.1 Validierung der Lungenfunktionsergebnisse im Gesamtkollektiv	31
3.1.1 Vergleich der Lungenfunktionsmessungen Flowscreen vs. MasterScope	31
3.2. Querschnitt (aktuell tätige Kompostarbeiter)	32
3.2.1 Demographie und Rauchverhalten	32
3.2.2 Arbeitsanamnese und Exposition	33
3.2.3 Krankheitsanamnese	37
3.2.4 Körperliche Untersuchung	39
3.2.5 Lungenfunktion	40
3.2.6 Antikörperbestimmung	43
3.3 Längsschnitt	46
3.3.1 Demographie und Rauchverhalten	47
3.3.2 Arbeitsanamnese und Exposition	47
3.3.3 Krankheitsanamnese	51
3.3.4 Körperliche Untersuchung	53
3.3.5 Ermittlung des Expositionsscores	54

3.3.6	Lungenfunktion	55
3.3.7	Antikörperbestimmung	58
3.3.8	Vergleichende Analysen (Längsschnitt)	61
3.4	Referenzkollektiv (Ehemalige Bedienstete des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ)) im Längsschnitt	63
3.4.1	Demographie und Rauchverhalten	63
3.4.2	Krankheitsanamnese	63
3.4.3	Körperliche Untersuchung	65
3.4.4	Lungenfunktion	66
3.4.5	Antikörperbestimmung	67
3.5	Drop-Out Analyse	68
3.5.1	Demographie und Rauchverhalten	70
3.5.2	Aktuelle Tätigkeit und Zwischentätigkeiten	71
3.5.3	Subjektives Gesundheitsgefühl	71
3.5.4	Krankheitszeichen	72
3.5.5	Körperliche Untersuchung	73
3.5.6	Lungenfunktion	74
3.5.7	Antikörperbestimmung	75
3.6	Gruppenübergreifende Analysen	77
3.6.1	Längsschnitt Kompostarbeiter versus Längsschnitt NLÖ-Referenzkollektiv	77
3.6.2	Längsschnitt Kompostarbeiter versus Längsschnitt Drop-Outs	82

## **Teil B**

### **Ermittlung luftgetragener Arbeitsstoffe an Arbeitsplätzen in Kompostierungsanlagen (E. Willer, H.-D. Neumann, M. Buxtrup, Ch. Felten)**

<b>4</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>85</b>
4.1	Zielsetzung	85
4.2	Der Technische Kontrollwert der TRBA 214	85
4.3	Arbeitsplätze	86
4.3.1	Sortierkabinen	86
4.3.2	Anlieferungsbereiche	86
4.3.3	Fahrerkabinen	87
4.3.4	Hallenbereiche, Förderbänder	87
4.3.5	Mieten im Freien; Siebung des Fertigkompostes	87
<b>5</b>	<b>Methoden</b>	<b>88</b>
5.1	Schimmelpilzmessungen mit dem PGP-GSP-System	88
5.2	Korrelierte Partikelzählung (KPZ)	88
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>90</b>
6.1	Radlader mit Schutzbelüftungsanlage	90
6.2	Sortierkabinen	90
6.3	Anlieferung	91
6.4	Hallenbereich Förderbänder	91
6.5	Siebung des Fertigkompostes	91
6.6	Mieten im Freien oder überdacht	91

<b>7</b>	<b>Zusammenfassung (Teil A und Teil B)</b>	93
7.1	Symptome und arbeitsmedizinische Untersuchung (Teil A)	93
7.2	Lungenfunktion (Teil A)	94
7.3	Antikörperbestimmung (Teil A)	95
7.4	Expositionsscore (Teil A)	96
7.5	Drop-Out Analyse (Teil A)	96
7.6	Ermittlung luftgetragener Arbeitsstoffe (Teil B)	96
<b>8</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick (Teil A und Teil B)</b>	98
	<b>Literaturverzeichnis (Teil A und Teil B)</b>	99
	<b>Danksagung</b>	102
<b>Anhang 1</b>	Biometrische Daten	103
<b>Anhang 2</b>	Anamnese und Untersuchungsbogen (aktuell tätige Kompostarbeiter)	107
<b>Anhang 3</b>	Anamnese und Untersuchungsbogen (ausgeschiedene Kompostarbeiter)	112
<b>Anhang 4</b>	Fragebogen zur Kompostierungsanlage	118
<b>Anhang 5</b>	Projektbeirat, Projektgruppe	120

# Gesundheitsrisiken durch biologische Arbeitsstoffe in Kompostierungsanlagen

## Kurzreferat

Diese Kohortenstudie mit einer Nachbeobachtungszeit von über 12 Jahren dient der Bewertung des Gesundheitsrisikos von Beschäftigten in Kompostierungsanlagen, die langfristig gegenüber organischen Stäuben (Bioaerosolen) exponiert waren. Zweites Ziel dieser Studie war die Untersuchung der ausgeschiedenen Mitarbeiter (Drop-Outs), um deren aktuellen Gesundheitszustand sowie die Gründe des Ausscheidens zu erfassen. Darüber hinaus wurde bezüglich der Arbeitsschutzmaßnahmen der aktuelle Stand der Technik in einzelnen Kompostierungsanlagen durch die Messung luftgetragener biologischer Arbeitsstoffe an verschiedenen Arbeitsplätzen ermittelt.

In diesem 2. Follow-up konnten insgesamt 190 aktuell tätige Kompostwerker, 59 Drop-Outs sowie 38 Personen des ursprünglichen nicht bioaerosolexponierten Referenzkollektives untersucht werden. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Nachuntersuchung der 76 aktuell noch in der Kompostierung tätigen Probanden, die bereits 1996/97 an der Studie teilgenommen hatten (Längsschnittkollektiv).

Zwar verschlechterten sich die Lungenfunktionsmesswerte der Kompostarbeiter und der Drop-Outs zwischen 1996/97 und dem 2. Follow-up (2009/10) signifikant, da dies jedoch auch im Referenzkollektiv der Fall war, kann eine mit der lang andauernden Bioaerosolexposition in Zusammenhang stehende Lungenfunktionseinschränkung nicht angenommen werden. Vielmehr müssen methodische Ursachen für diese Befunde in Betracht gezogen werden. Ob die im Querschnittvergleich mit dem Referenzkollektiv bzw. mit einem Kollektiv von Straßenbauarbeitern beobachteten leicht – jedoch signifikant – niedrigeren Lungenfunktionsmesswerte der Kompostarbeiter auf die Bioaerosolexposition zurückzuführen sind, kann nicht abschließend beurteilt werden.

Im Vergleich zum Referenzkollektiv litten die Kompostwerker vermehrt unter Husten und Schleimhautreizungen insbesondere der Augen im Sinne eines Mucous Membrane Irritation Syndroms (MMIS). Etwa 20% der Drop-Outs hatten ihre Tätigkeit in der Kompostierung aus gesundheitlichen Gründen aufgegeben. Die ebenfalls ursprünglich von ihnen berichteten MMIS-Symptome besserten sich in der Mehrzahl der Fälle nach dem Tätigkeitsende oder verschwanden sogar gänzlich. Dies kann als Beleg für die Assoziation zwischen MMIS und Bioaerosolexposition angesehen werden. Im Gegensatz dazu nahm die Hustensymptomatik im Kollektiv der Drop-Outs zwischen der ersten und der aktuellen Untersuchung trotz Tätigkeitsaufgabe signifikant zu.

Im Vergleich zu den Vorläuferstudien hatte sich im Hinblick auf die Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz der Stand der Technik in den untersuchten Kompostierungsanlagen verbessert.

### Schlagwörter:

Bioabfall, Kompost, Bioaerosole, biologische Arbeitsstoffe, organischer Staub, spezifische Antikörper, Schimmelpilze, Actinomyceten, Lungenfunktion

# Health risks from biological agents in composting plants

## Abstract

This cohort study with a follow-up after 12 years assessed the health risk of workers in composting plants which were highly exposed to organic dust (bioaerosol). Another objective of this study was the clinical investigation of those employees who had left the composting plants (drop-outs) to elucidate their current health status and the reasons for leaving the job. In addition the current safety and health protection measures in composting facilities were monitored by measurement of airborne biological agents at different workplaces.

In this second follow-up, a total of 190 current compost workers, 59 drop-outs and 38 non-exposed office employees (reference group) were investigated. The investigation focussed on the 76 current workers who had already participated in the first survey 1996/97 (longitudinal study).

Although there was a significant impairment of lung function of the compost workers and drop-outs between 1996/97 and the second follow-up (2009/10), this was also the case in the reference group. Thus lung impairment due to long-lasting bioaerosol exposure could be excluded. Rather methodological reasons for these findings have to be taken into account. In a cross-sectional setting, compost workers showed slightly – but significantly – lower lung function parameters compared to the reference group or a group of road construction workers. Whether this is due to the long lasting bioaerosol exposure could not be fully assessed.

Compared to the reference group, the compost workers suffered more often from cough and irritation of the eyes in terms of mucous membrane irritation syndrome (MMIS).

About 20% of drop-outs quitted their job due to health reasons. MMIS symptoms that have been originally reported by them improved or disappeared in most cases when quitting the job. This adds further evidence to the causal association between bioaerosol exposure and MMIS. In contrast to this, the cough symptoms of drop-outs increased significantly between the first and the current study.

In comparison to the previous studies the safety and health protection measures of the investigated composting plants have improved.

### Key words:

Biowaste, compost, bioaerosols, biological agents, organic dust, specific antibodies, moulds, actinomycetes, lung function



# Follow-up 2010-2011: Ergebnisse der Kompoststudie im Quer- und Längsschnitt (Teil A)

(V. van Kampen, A. Deckert, J. Bünger)

## 1 Einleitung

### 1.1 Kompostierung

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes wurden im Jahr 2005 in Deutschland 8,34 Mio. Tonnen kommunale Bio- und Grünabfälle getrennt gesammelt, davon ca. 4,08 Mio. Tonnen Bioabfälle. Ca. 90% der Bioabfälle werden heute kompostiert und 10% vergoren. Die Menge von ca. 100 kg Bio- und Grünabfällen, die im Bundesdurchschnitt pro Einwohner und Jahr erfasst wird, stagniert bzw. steigt derzeit nur geringfügig um 3 bis 5% an. Ein erschließbares Potenzial von ca. 2 - 4 Mio. Tonnen organischer Abfälle wird nicht genutzt (HUMUSWIRTSCHAFT & KOMPOST AKTUELL, 2008).

Das Statistische Bundesamt hat im Jahr 2002 bundesweit über 1.500 Kompostierungs- und Vergärungsanlagen erfasst, in denen biogene Abfälle behandelt werden. In dieser Zahl sind eine Vielzahl landwirtschaftlicher Biogasanlagen und spezieller Kompostierungsanlagen enthalten, die keine Bio- oder Grünabfälle im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes oder der Bioabfallverordnung einsetzen, sondern beispielsweise Gülle, Mist und nachwachsende Rohstoffe vergären oder Klärschlamm kompostieren. Die Bundesgütegemeinschaft Kompost schätzt eine Zahl von 813 Kompostierungsanlagen, in denen Bioabfälle aus Haushalten und Gewerbe sowie Garten- und Parkabfälle eingesetzt werden (UMWELTBUNDESAMT, 2008).

Der biologische Abbau bzw. Umbau organischer Abfälle durch Mikroorganismen unter aeroben Bedingungen wird als Kompostierung bezeichnet. Für diesen mikrobiologischen Abbauprozess durch Bakterien und Schimmelpilze ist eine ausreichende Feuchtigkeit und Zufuhr von Luftsauerstoff erforderlich. Bei der Kompostierung wird durch Mischung von feuchtem, z. T. strukturarmem Bioabfall mit zerkleinerten Gartenabfällen eine gut durchlüftungsfähige Materialstruktur eingestellt. Zunächst erfolgt eine Intensivrottung, für die zahlreiche verschiedene Verfahren existieren. Für die anschließende Reifung des Kompostes werden Tafel- oder Dreiecksmieten aufgesetzt. Das Umsetzen des Haufwerks (Miete) geschieht mit Radladern oder Umsetzern. Zusätzlich erfolgt häufig eine gezielte Be- oder Entlüftung der Mieten. Ziel ist ein Endprodukt, das vor allem durch einen hohen Humusgehalt gekennzeichnet ist (BIDLINGMAIER, 2000; STADTMÜLLER, 2004).

Für den Kompostierungsprozess spielt auch die Bauart der Kompostanlage eine Rolle. Bei weitgehend gleicher Anlieferung und Verarbeitung unterscheiden sich die verschiedenen Typen im Wesentlichen in der Art der Rottung – hierbei werden offene und geschlossene Rotten unterschieden.

Die offene Rottung ist charakterisiert durch eine Mietenlagerung mit oder ohne Überdachung. Hier findet eine Zersetzung unter aeroben Bedingungen statt, welche maß-

geblich von der Außentemperatur beeinflusst wird. Eine Belastung durch Aerosole ist hier als geringer anzusehen; außer in Momenten der Mietenumsetzung oder der Stoffbewegung ist eine offene Anlage eher durch Verdünnungseffekte mit der Außenluft und damit einhergehende niedrige Konzentrationen geprägt (SCHAPPLER-SCHEELE et al., 1999).

Die geschlossene Rottung findet in einer gedichteten Kammer statt, bei der dem Zersetzungsvorgang bedarfsweise Sauerstoff, Wasser und Wärme zugegeben wird. Der Arbeitsaufwand und die Überwachung sind hierbei deutlich größer. Auch die unter diesen Bedingungen entstehenden Aerosole und Stäube sind für den Arbeiter belastender, da sie länger und in höheren Konzentrationen auf die Beschäftigten einwirken. Eine zusätzliche Belastung besteht bei der Reinigung der Rottekammern (SCHAPPLER-SCHEELE et al., 1999).

Einerseits bietet ein stetig steigender Mechanisierungsgrad Entlastung von körperlicher Arbeit, andererseits zieht die dadurch bedingte relativ niedrige Mitarbeiterzahl (oftmals nur drei Kompostwerker pro Anlage) es nach sich, dass von jedem Beschäftigten alle anfallenden Tätigkeiten ausgeführt werden. In allen Anlagen sind Anlieferung, Schreddern, Mietenaufschütten/-umsetzen, Absieben, Störstoffauslese, Kompostüberwachung (Temperaturmessung, Probenentnahme), Reinigungsarbeiten, Verarbeitung zu Erden und Abpacken Bestandteile des Arbeitsalltags. In größeren Anlagen beinhaltet der Arbeitstag für einige Beschäftigte noch größere Anteile von Büroarbeit, die bei der Betrachtung gesundheitlicher Gefährdungen in den Hintergrund treten.

## 1.2 Exposition

Organische Stäube (Bioaerosole) sind sehr komplex zusammengesetzt. Expositionen durch Bioaerosole treten an Arbeitsplätzen in der Land- und Forstwirtschaft, der Lebens- und Futtermittelherstellung und -lagerung, der Abfall- und Abwasserrwirtschaft sowie zahlreichen weiteren Bereichen auf, in denen mit organischem Material gearbeitet wird. Die Höhe der Exposition variiert örtlich und zeitlich in Abhängigkeit von den Tätigkeiten und Umgebungsbedingungen sehr stark. Schichtmittelwerte sind durch ein Ambient Monitoring nur schwer erfassbar. Auch die Zusammensetzung der organischen Stäube ist völlig unterschiedlich. An Arbeitsplätzen, an denen feuchte pflanzliche Materialien (Bioabfälle, Heu, Getreide, Sägemehl) verarbeitet bzw. gelagert werden, findet man vor allem Schimmelpilzsporen und Actinomyceten in sehr hohen Konzentrationen, während z. B. in der Massentierhaltung Fäkalkeime und Endotoxine vorherrschen.

Beschäftigte in Kompostanlagen sind sehr hohen Aerosolkonzentrationen am Arbeitsplatz ausgesetzt. Diese Aerosole bestehen aus organischen Bestandteilen pflanzlicher Herkunft und Mikroorganismen und enthalten nur geringe Anteile von anorganischem Staub. Neben den pflanzlichen und tierischen Partikeln beinhalten sie vor allem hohe Konzentrationen von Mikroorganismen wie Viren, Bakterien und Schimmelpilzen, die auch eine infektiologische Bedeutung haben.

Hauptverantwortlich für Gesundheitsrisiken sind nach bisherigen Erkenntnissen allerdings die zahlreichen antigen bzw. allergen sowie toxisch wirkenden Zellbestandteile und Stoffwechselprodukte dieser Mikroorganismen. Als Toxine wurden bislang

Endotoxine, Glukane sowie Mykotoxine identifiziert (BÜNGER et al., 1999; BÜNGER et al., 2004).

Insbesondere aufgrund der komplexen Zusammensetzung der organischen Stäube gestaltet sich die Ermittlung der Exposition am Arbeitsplatz als besonders schwierig. Im Rahmen der aktuellen Studie wurden durch die BG Verkehr und die UK NRW in neun ausgewählten Kompostierungsanlagen luftgetragene biologische Arbeitsstoffe an verschiedenen Arbeitsplätzen gemessen. Die dabei eingesetzten Methoden sowie die Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen sind im Teil B dieses Berichts dargestellt.

### **1.3 Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz**

Aufgrund von Messungen mit hohen Gesamtkeimzahlen von Mikroorganismen, vor allem Schimmelpilzen und Actinomyceten in der Luft in Kompostwerken (STALDER und VERKOYEN, 1994) ergriffen viele Anlagenbetreiber bereits Schutzmaßnahmen vor Beginn gezielter staatlicher Regulationen. Diese reichten von baulichen Maßnahmen (Installation von Be- und Entlüftungseinrichtungen mit (Bio-) Filteranlagen, Einhausung der Rottebereiche) über technische und organisatorische Maßnahmen an Maschinen und Geräten (Kapselung, Klimatisierung und Filtertechnik in den Fahrzeugkabinen) bis hin zu personenbezogenen Maßnahmen (persönliche Schutzausrüstung, Aufstellung und Überwachung von Hygieneplänen). Der Arbeitsschutz wurde kontinuierlich weiterentwickelt und dem Stand der Technik und den Anforderungen der Biostoffverordnung (BioStoffV, 1999) und deren technischen Regeln (TRBA 214; früher TRBA 210 und TRBA 211) angepasst.

Die in den Anlagen zur Behandlung der Bio- und Grünabfälle eingesetzten Fahrzeuge und Geräte (Radlader, Umsetzer) sind in der Regel mit Schutzbelüftungsanlagen (Aktivkohle- und Schwebstofffilter) sowie Klimaanlage ausgestattet. Parallel wurden Anstrengungen unternommen, die Anwesenheit von nicht geschützten Arbeitnehmern in Hauptemissionsbereichen organisatorisch auf ein Minimum zu reduzieren. Reparaturarbeiten an Fahrzeugen und Geräten werden so weit wie möglich außerhalb der Rottebereiche durchgeführt. Die Anlagen zur Bioabfallbehandlung und hier insbesondere die (Intensiv-) Rottebereiche sind überwiegend baulich umschlossen. Die Abluft aus den Hallen und die punktuell separat erfasste Abluft im Bereich stationärer Geräte (Schredder, Siebe) werden oft über Filtersysteme (Biowäscher, -filter) gereinigt. Das Ausmaß der Sortierung von Hand wurde soweit wie möglich reduziert. Die noch bestehenden Sortierkabinen sind in der Regel mit einer geeigneten Be- und Entlüftungstechnik ausgerüstet. In den Umkleiden müssen Schwarz- und Weißbereiche und eine Duschköglichkeit eingerichtet sein. Ein Hygieneplan und ein Hautschutzplan sind zu erstellen. Die kontaminierte Arbeitsschutzkleidung muss von Reinigungsunternehmen gereinigt werden, um einen Eintrag von hygienisch bedenklichen Mikroorganismen in den häuslichen Bereich zu unterbinden.

Im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge sind die Beschäftigten in der allgemeinen arbeitsmedizinischen Beratung über mögliche Gesundheitsgefahren und Verhaltensweisen bei Infektionsverdacht zu unterrichten. Auf das Angebot von Vorsorgeuntersuchungen ist hinzuweisen. Bei nichtgezielten Tätigkeiten, die der Schutzstufe 2 zuzuordnen sind, sind Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, es sei denn, nach der Gefährdungsbeurteilung und den getroffenen Schutzmaßnahmen ist nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen. Dementsprechend müssen auch den

Beschäftigten in Abfallbehandlungsanlagen und Sortieranlagen der Abfallwirtschaft in den meisten Fällen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen entsprechend Anhang ArbMedVV (Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge) angeboten werden.

Bislang einmalig für den Bereich der biologischen Arbeitsstoffe ist in der Technischen Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 214 ein Technischer Kontrollwert (TKW) festgelegt, mit dem die Funktion und Wirksamkeit von technischen Schutzmaßnahmen überprüft werden kann. Der TKW ist festgelegt auf  $5 \times 10^4$  koloniebildende Einheiten (KBE) pro  $m^3$  Atemluft als Summenwert für mesophile Schimmelpilze und gilt für die Kontrolle von Schutzmaßnahmen für Arbeitsplätze in Sortierkabinen, Kabinen, Führerhäusern und Steuerständen. Mit dem TKW und der damit verbundenen Bewertung der Konzentration biologischer Arbeitsstoffe am Arbeitsplatz wird eine Hilfestellung gegeben, um die Wirksamkeit der im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung getroffenen Schutzmaßnahmen beurteilen zu können.

## 1.4 Gesundheitsrisiken

Die dargestellten Expositionen können Infektionen, Allergien und inflammatorische, irritativ-toxische Erkrankungen zur Folge haben. Einzelne Mikroorganismen (z. B. *Aspergillus fumigatus*) vereinen alle drei Wirkungsarten auf sich. Infektionen der Haut und Schleimhäute treten zwar auf; schwere Atemwegs- oder sonstige Infektionen sind aber sehr selten und setzen in der Regel eine stark verminderte lokale oder systemische Immunität voraus. Organische Stäube können durch ihren Antigengehalt sowohl IgE-vermittelte Soforttyp-Allergien (extrinsisches Asthma bronchiale) als auch verzögerte, IgG-vermittelte und zelluläre Immunantworten (exogen allergische Alveolitis) hervorrufen. Als inflammatorische Wirkung von Bioaerosolen gilt das Mucous Membrane Irritation Syndrome (MMIS). Als irritativ-toxische Folge von sehr hohen Expositionen wird das Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS) angesehen. Gegenwärtig wird auch diskutiert, ob die organischen Stäube nach langjähriger Exposition eine unspezifische fibrinogene Wirkung entfalten oder eine chronisch obstruktive Bronchitis (COPD) verursachen können.

### 1.4.1 Infektionen

In Kompostierungsanlagen wurden gehäuft Hautinfektionen beobachtet. Auch vermehrte Erkrankungen der oberen Atemwege an diesen Arbeitsplätzen sind möglicherweise auf Infektionen durch Mikroorganismen zurückzuführen (BÜNGER et al., 2000; BÜNGER et al., 2007). Insgesamt scheint jedoch das Infektionsrisiko für gesunde Beschäftigte in Kompostierungsanlagen gering zu sein. Das Robert-Koch-Institut (RKI) in Berlin weist allerdings darauf hin, dass abwehrgeschwächte Menschen durch Bioabfälle gesundheitlich gefährdet sind. Als Risikogruppen gelten: Leukämiekranke, Patienten, bei denen infolge einer Organtransplantation das Abwehrsystem medikamentös unterdrückt ist, chronisch Lungen-, Leber- und Nierenkranke sowie Patienten, die unter Kortikosteroidbehandlung stehen. Im Rahmen entsprechender arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen nach ArbMedVV sollte bei Kompostwerkern daher eine eingeschränkte lokale oder systemische Immunabwehr ausgeschlossen werden.

Als schwerwiegende Erkrankung ist die allergische bronchopulmonale Aspergillose (ABPA) zu werten. Sie stellt ein seltenes Erkrankungsbild mit einer Mischung aus Infektion durch Aspergillen und einer Typ I-Allergie dar. Bei Beschäftigten in der Abfallwirtschaft ist bislang nur ein Fall bekannt geworden (ALLMERS et al., 2000)

#### 1.4.2 Allergien

Durch organische Stäube können berufsbedingte IgE-vermittelte Soforttyp-Allergien im Sinne allergischer obstruktiver Atemwegserkrankungen verursacht werden (Berufskrankheit (BK) 4301). Die exogen allergische Alveolitis (EAA, BK 4201) ist sogar überwiegend durch organische Stäube verursacht.

##### Exogen allergische Alveolitis (EAA) (BK 4201)

Mit der Diagnose EAA wird eine interstitielle Lungenerkrankung bezeichnet, die durch eine kombinierte humorale (Typ III nach Coombs und Gell) sowie eine zelluläre (Typ IV nach Coombs und Gell) Entzündungsreaktion der Alveolen charakterisiert ist. Im anglo-amerikanischen Sprachraum wird die EAA auch als Hypersensitivity Pneumonitis bezeichnet.

Zahlreiche, sehr unterschiedliche Antigene können eine EAA verursachen und haben häufig eine tätigkeitsspezifische Herkunft, was in den unterschiedlichen Bezeichnungen der Erkrankung zum Ausdruck kommt (z. B. Farmerlunge, Vogelhalterlunge, Befeuchterlunge, Käsewäscherkrankheit, Holzarbeiterlunge, Pilzzüchterlunge). Häufigste Antigene sind Bakterien (vor allem Actinomyceten) und Schimmelpilze (z. B. *Aspergillus fumigatus*) sowie Proteine aus Vogelkot/-urin, oder Federn (z. B. von Tauben). Aber auch Antigene von Chemikalien (Isocyanate, Säureanhydride) oder Hölzern (Cabreuva) sind als Auslöser der EAA bekannt. Durch die Inhalation der Antigene werden spezifische IgG-Antikörper gebildet, die aber auch bei gesunden exponierten Personen nachweisbar sind. Unklar ist, unter welchen Umständen oder durch welche Disposition es zum Ausbruch der Erkrankung kommt. Oft tritt diese erst nach langjähriger Exposition auf. Nichtraucher sind deutlich häufiger betroffen als Raucher.

Bei der akuten Verlaufsform setzen die Symptome in der Regel 4-12 Stunden nach Antigen-Exposition ein. Im Vordergrund stehen grippeartige Symptome (Gliederschmerzen, Schüttelfrost, Fieber, Husten), die in Verbindung mit dem verzögerten Einsetzen der Symptome häufig zur Fehldiagnose eines grippalen Infektes führen, so dass die Diagnose EAA oft erst nach zahlreichen Krankheitsepisoden gestellt wird. Die chronische EAA verläuft eher uncharakteristisch mit Abgeschlagenheit, trockenem Husten und Belastungsatemnot. Im späten Stadium der Erkrankung finden sich zunehmende Atemnot, Husten mit Auswurf, Gewichtsabnahme und Zyanose.

Die Diagnostik der EAA basiert nach den aktuellen Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft Exogen Allergische Alveolitis auf einer Kombination mehrerer Kriterien (SENNEKAMP et al., 2007). Wegweisend sind die anamnestische Angabe einer Exposition durch antigenhaltige Stäube in Verbindung mit respiratorischen und/oder grippeähnlichen Symptomen 4-12 Stunden nach Exposition sowie der Nachweis spezifischer IgG-Antikörper. Darüber hinaus sollte mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllt sein: Lungenfunktionsstörung (Restriktion, verminderte Diffusionska-

pazität), radiologische Veränderungen im Sinne einer Alveolitis im konventionellen Röntgenbild oder der hochauflösenden Computertomographie, eine Lymphozytose mit einem relativen Lymphozytenanteil von über 40% und einem erniedrigten Quotienten aus T-Helfer- und T-Suppressorzellen (CD4/CD8-Quotient  $<1,3$ ) in der bronchoalveolären Lavage. Zur Diagnosestellung in unklaren Fällen bzw. zur differentialdiagnostischen Abgrenzung kann vor allem auch der Arbeitsplatzbezogene Inhalationstest (AIT) beitragen, dessen Indikation allerdings sorgfältig abzuwägen ist.

Die Vielzahl der möglichen Antigene, der in ca. 10-15% der Fälle fehlende Nachweis spezifischer IgG-Antikörper sowie das oft uncharakteristische Krankheitsbild machen die Diagnostik und Begutachtung schwierig. Nach fortgesetzten Antigenkontakten kann sich eine Lungenfibrose entwickeln. Bei verspäteter Diagnose sind auch nach Beendigung der Exposition tödlich verlaufende Lungenfibrosen möglich (LANDAU und PRESSEL, 2009).

### Allergische obstruktive Atemwegserkrankung (BK 4301)

Obwohl auch andere Formen (z. B. EAA) existieren, wird die Typ I-Reaktion häufig als Synonym für Allergien benutzt. Die wiederholte inhalative Aufnahme eines Allergens führt im Bereich der Schleimhaut der Atemwege zu einer IgE-vermittelten Reaktion, die sogenannte Sensibilisierung. Diese kann ein allergisches Asthma, oft verbunden mit Rhinitis, Konjunktivitis und Kontakturtikaria zur Folge haben. Abzugrenzen hiervon sind Atemwegserkrankungen durch chemisch-irritative Gefahrstoffe, wobei wiederum Mischformen und Überschneidungen möglich sind.

Bisher sind mehr als 250 Arbeitsstoffe als Auslöser einer Atemwegsallergie bekannt. Meist handelt es sich um natürlich vorkommende hochmolekulare Substanzen pflanzlichen, mikrobiellen oder tierischen Ursprungs, in der Regel Proteine, denen nicht selten eine Enzymfunktion zukommt. Aber auch niedermolekulare Substanzen, wie Platinsalze, Isocyanate und Säureanhydride können berufsbedingte Atemwegsallergien auslösen. In Kompostierungsanlagen treten neben zahlreichen pflanzlichen Allergenen (z. B. Pollen) hohe Konzentrationen an Schimmelpilzen und Bakterien (besonders Actinomyceten) auf. Diese Mikroorganismen können ebenfalls Allergien auslösen, allerdings ist ihr Sensibilisierungspotenzial geringer als das der meisten anderen Allergene. Schimmelpilzhaltiger und bakterienhaltiger Staub sind in der TRBA/TRGS 406 als atemwegssensibilisierend bewertet.

In der Regel sind Atopiker im Vergleich zu Nicht-Atopikern stärker gefährdet, an einer berufsbedingten Atemwegsallergie zu erkranken. Schimmelpilzsensibilisierungen treten eher bei Personen auf, die schon unter anderen Atemwegsallergien leiden. Möglicherweise werden deshalb in Kompostierungsanlagen relativ selten Atemwegsallergien beobachtet, weil entsprechend vorbelastete Personen diese Arbeitsplätze meiden oder die Tätigkeit rasch wieder aufgeben. Dafür spricht der in mehreren Studien beobachtete Healthy-Worker-Effect (ZOCK et al., 1998; BÜNGER et al., 2000; BÜNGER et al., 2003).

Inhalativ aufgenommene Allergene können bei entsprechend sensibilisierten Personen eine IgE-vermittelte Sofortreaktion auslösen, deren Symptome in der Regel innerhalb von 30 Minuten auftreten. In diesem Rahmen kommt es zur Freisetzung präformierter Mastzell-Mediatoren (Histamin u. a.), aber auch zur Produktion neugebil-

deter Mediatoren (Leukotriene, Prostaglandine) und zur Freisetzung von Zytokinen. Dies führt direkt und infolge Initiierung eines vagalen Reflexmechanismus zur Kontraktion der Bronchialmuskulatur, einem Schleimhautödem und Hypersekretion. In extremen Fällen kann es zu einem anaphylaktischen Schock kommen. Der Sofortreaktion können sich verzögerte Phasen mit den typischen Zeichen einer Entzündung bzw. zellulärer Infiltration im Bereich der Bronchialschleimhaut anschließen.

Klinische Symptome eines allergischen Asthmas sind neben variabler Atemnot und bronchialer Überempfindlichkeit eine vorausgehende oder begleitende Rhinitis, Konjunktivitis und evtl. Kontakturtikaria. Die ersten Krankheitserscheinungen treten in der Regel nach einer asymptomatischen Latenzzeit von mindestens mehreren Wochen oder Monaten nach Expositionsbeginn auf. Typisch für eine arbeitsbedingte Atemwegssensibilisierung ist die Besserung des Befindens der exponierten Personen während der arbeitsfreien Zeit.

Zu den speziellen Untersuchungen der Allergiediagnostik zählen die Hauttestung und die Bestimmung allergenspezifischer IgE-Antikörper. Die Hauttestung beruht darauf, dass bei vorhandener Sensibilisierung der Allergenkontakt mit der Haut eine allergische Reaktion auslösen kann. In der Regel wird der Pricktest, seltener der Intrakutantest, mit wässrigen Lösungen der entsprechenden Arbeitsstoffe durchgeführt. Zur Beurteilung der einzelnen Testreaktionen sind immer eine Negativkontrolle (Allergenlösungsmittel) und eine Positivkontrolle (Histaminlösung) notwendig. Zusätzlich zur Hauttestung ist die Bestimmung der spezifischen IgE-Antikörper gegen den betreffenden Arbeitsstoff im Serum des Patienten sinnvoll. Bei unklaren Befunden kann die klinische Bedeutung und Aktualität einer Sensibilisierung durch einen Expositionstest mit dem fraglichen Allergen überprüft werden. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass Expositionstests den Bedingungen am Arbeitsplatz nahe kommen. Da diese Untersuchungen mit Risiken verbunden sind, sollte die Testung unter Beachtung der Kontraindikationen nur durchgeführt werden, wenn das Ergebnis für Prävention, Therapie oder Entschädigung, z. B. im Berufskrankheitenrecht, von Bedeutung ist (LANDAU und PRESSEL, 2009).

### **1.4.3 Inflammatorische und irritativ-toxische Effekte**

Der „allgemeine Staubgrenzwert“ gilt ausdrücklich nicht für sogenannte „lösliche Stäube“, da für diese keine ausreichenden epidemiologischen Daten vorliegen. In Studien an Beschäftigten in der Landwirtschaft und der Futtermittelindustrie, die durch organische Stäube exponiert waren, wurden Lungenfunktionseinschränkungen beobachtet. Zurückgeführt wurde dies auf toxische Komponenten des organischen Staubs (z. B. Endotoxine, Mykotoxine) oder proinflammatorische Pflanzenbestandteile wie  $\beta$ -3-D-Glukane, während in älteren Arbeiten anorganische Staubanteile dafür verantwortlich gemacht wurden.

Chemisch-irritativ oder toxisch wirkende Stoffe können ebenfalls obstruktive Atemwegserkrankungen (BK 4302) verursachen, die jedoch ebenso wie das sogenannte Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS) sowie die Byssinose (BK 4202) nicht auf einem allergischen Pathomechanismus beruhen. Das ODTS wird, ebenso wie die durch organischen Staub verursachten chronischen nicht-obstruktiven Bronchitiden, bislang nicht als Berufskrankheit anerkannt.

### Mucous Membrane Irritation Syndrome (MMIS)

Bei Exposition durch mikrobiell kontaminierte organische Stäube werden von Haut- und Schleimhautzellen Interleukine freigesetzt, die als Entzündungsmediatoren wirken. Die Folge sind Irritationen der Bindehaut der Augen (Fremdkörpergefühl, Brennen, Tränenfluss, Konjunktivitis) und der Schleimhaut der oberen Atemwege (Rhinitis, Reizhusten). Diese Symptome werden bei Expositionen in Kompostierungsanlagen gehäuft beobachtet (BÜNGER et al., 2000; BÜNGER et al., 2007).

### Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS)

Ein der EAA sehr ähnliches Krankheitsbild ist das ODTS, auch Drescherlunge genannt. Es wird durch hohe Expositionen gegenüber organischen Stäuben ausgelöst, die Endotoxine (evtl. auch Mykotoxine und andere Toxine) enthalten. Die Reaktion kann bereits bei der ersten Exposition auftreten. Im Gegensatz zur EAA lassen sich keine erhöheten spezifischen IgG-Antikörper nachweisen. Bisher ist das ODTS nicht als Berufskrankheit anerkannt.

Das ODTS tritt überwiegend in der Landwirtschaft, insbesondere in der Schweine- und Geflügelhaltung sowie bei intensivem Kontakt zu Getreidestaub auf. Typischerweise treten 4-8 Stunden nach einer inhalativen Staubbelastung grippeähnliche Allgemeinsymptome mit Fieber, Muskel- und Kopfschmerzen sowie von Seiten der Atemwege Engegefühl im Brustkorb und Husten auf. Die Beschwerden sind verbunden mit Leukozytose und einer Linksverschiebung. Die Röntgenaufnahme des Thorax, Blutgase und Lungenfunktion sind in den meisten Fällen normal, gelegentlich findet sich eine obstruktive Ventilationsstörung. Die Prognose wird allgemein als günstig angesehen, neuere wissenschaftliche Studien legen aber nahe, dass nach wiederholten Episoden eine chronische (obstruktive) Bronchitis auftritt (LANDAU und PRESSEL, 2009).

### Obstruktive Atemwegserkrankungen<sup>1</sup>

Diese obstruktive Atemwegserkrankung wird primär nicht durch Allergene verursacht. Die Obstruktion kann bereits nach einmaliger hoher Exposition in Form eines Reactive Airways Dysfunction Syndrom (RADS) auftreten, das lange persistieren kann. Im anglo-amerikanischen Sprachraum wird auch von Irritant Induced Asthma (IIA) gesprochen. Die Rhinopathie ist nicht in die Definition der Erkrankung eingeschlossen. Die Erkrankung kann sowohl durch Bioaerosole als auch andere staub- und gasförmige Expositionen ausgelöst werden. Durch organische Stäube verursacht, kommt die Erkrankung insbesondere in der Landwirtschaft und verwandten Bereichen mit hoher Exposition vor. Erhohete Erkrankungsrisiken wurden bei Schweine- und Geflugelhaltern sowie bei Beschäftigten in der Getreide- und Futtermittelverarbeitung beschrieben.

Es handelt sich um eine variable oder reversible Atemwegsobstruktion oft in Verbindung mit einer unspezifischen Atemwegsuberempfindlichkeit und Atemwegsinfektion. Die Bronchialobstruktion ist mit thorakalem Engegefühl, pfeifenden Atemgeräuschen, Husten und Atemnot verbunden. Hiervon wird das sich damit teilweise

---

<sup>1</sup> verursacht durch chemisch-irritativ oder toxisch wirkende Stoffe, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können (BK 4302)



überschneidende „Asthma-ähnliche Syndrom“ abgegrenzt, das ebenfalls nicht-allergischer Genese ist und durch verschiedene landwirtschaftliche Noxen, vorwiegend durch Getreidestaub, Baumwollstaub sowie Luftkontamination in Schweine- und Geflügelställen hervorgerufen werden kann. Die Beschwerden ähneln jenen des Berufsasthmas. Die Atemwegsinfektion basiert v. a. auf neutrophilen Leukozyten. Ein wesentliches Merkmal, das „Asthma-ähnliches Syndrom“ und Asthma abgrenzt, ist die Reversibilität der Atemwegsinfektion und die Atemwegsüberempfindlichkeit (bronchiale Hyperreaktivität, BHR) unter Karenz.

Der Nachweis der Kausalität bei den chemisch-irritativen oder toxischen obstruktiven Lungenkrankheiten entspricht eher einer Indizienargumentation. Bei der Beurteilung dieser Berufskrankheit muss die Art, Intensität und Dauer der Einwirkung sowie der zeitliche Zusammenhang zwischen der Exposition und der Erkrankung berücksichtigt werden. Konkrete Empfehlungen oder Festlegungen zu diesen Positionen existieren allerdings nicht. Weitgehend anerkannt ist lediglich die Feststellung, dass der Krankheitsbeginn nicht nach Abschluss der Exposition eintreten darf. Zur Diagnosestellung in unklaren Fällen bzw. zur differentialdiagnostischen Abgrenzung kann auch der Arbeitsplatzbezogene Inhalations Test (AIT) beitragen, jedoch treten falsch negative Testergebnisse auf (LANDAU und PRESSEL, 2009).

## 1.5 Studienziele

Die Beobachtung der Kompostarbeiter über einen Zeitraum von mehr als 12 Jahren mit vier Untersuchungsdurchgängen in den Jahren 1996, 1997, 2001 und 2009 bot erstmals die Chance, Risiken für chronische Erkrankungen durch lang andauernde Exposition gegenüber Bioaerosolen zu erfassen.

Die Ergebnisse des ersten Follow-up an 123 Kompostarbeitern und 48 Kontrollen nach 5 Jahren hatten zum Teil auffällige Befunde ergeben. Schleimhautreizungen der Augen und oberen Atemwege sowie Hauterkrankungen traten bei den Kompostwerkern vermehrt auf. Der Lungenfunktionsparameter forcierte Vitalkapazität (FVC) verschlechterte sich bei den Kompostarbeitern im Beobachtungszeitraum signifikant stärker als bei der Kontrollgruppe. Bei drei Kompostarbeitern wurden Atemwegsbeefunde erhoben, die auf eine Berufskrankheit deuteten.

Im zweiten Follow-up dieser Kohortenstudie mit einem Beobachtungszeitraum von mittlerweile über 12 Jahren sollte vor allem untersucht werden, ob bei Kompostarbeitern chronische Atemwegserkrankungen auftreten und ob diese auf ein spezifisches immunologisches Geschehen zurückgeführt werden können. Neben Anamnese und klinischer Befunderhebung wurde der Verlauf der Lungenfunktion der Kompostarbeiter gemessen. Außerdem wurden spezifische IgE- und IgG-Antikörper gegen Schimmelpilze und thermophile Actinomyceten bestimmt. Um die bei den Kompostarbeitern im Längsschnitt beobachtete Lungenfunktionsverschlechterung exakt beurteilen zu können, wurden zudem im Rahmen des 2. Follow-up auch Personen des ursprünglichen Referenzkollektivs untersucht.

Die aus dem Beruf ausgeschiedenen Kompostarbeiter (Drop-Outs) wurden ebenfalls anamnestisch befragt und erstmals auch erneut in die klinischen Untersuchungen mit einbezogen, um Gesundheitsstörungen zu erfassen, die zum Ausscheiden der Beschäftigten aus den Kompostwerken geführt haben. Dadurch kann ein eventueller

Healthy-Worker-Survivor-Effekt erkannt und das tatsächliche Gesundheitsrisiko aller derzeitigen und ehemaligen Beschäftigten quantifiziert werden. Außerdem kann der Verlauf etwaiger berufsbedingter Gesundheitseinschränkungen nach Tätigkeitsaufgabe überprüft werden.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Studiendesign

Die abgeschlossenen Forschungsprojekte der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin F 5058 (SCHAPPLER-SCHEELE et al., 1999) und F 5184 (BÜNGER et al., 2003 und 2007) bildeten die Grundlage für die vorliegende Studie (F 2063), in der die Materialien (Ergebnisse und asservierte Serumproben) aus den Jahren 1996/1997 und teilweise 2001 mit den aktuellen Untersuchungsergebnissen aus dem Jahr 2009 zusammengeführt wurden.

Durch die Verwendung derselben Untersuchungsinstrumentarien (Fragebogen, Dokumentationsbogen, Lungenfunktionsmessgerät) sollte eine Verzerrung der Studienergebnisse durch geändertes Studiendesign minimiert werden. Dennoch wurden zu Beginn der Untersuchungen sowohl der Fragebogen für das Arztinterview als auch der Dokumentationsbogen zur Durchführung und Dokumentation der körperlichen Untersuchung überarbeitet. Um eine Vergleichbarkeit der neu erhobenen Untersuchungsergebnisse mit den alten Daten zu gewährleisten, wurden die Fragen im Wesentlichen belassen, der Fragebogen insgesamt jedoch gestrafft und an Stellen, wo sich bei der früheren Auswertung fehlende oder unklare Angaben häuften, die Fragestellung optimiert. Die Überarbeitung und Optimierung von Frage- und Dokumentationsbogen erfolgte in Zusammenarbeit mit den beiden Studienärzten, die die Untersuchungen der Kompostarbeiter in den Anlagen durchführten. Damit beide Ärzte identische Bewertungskriterien bei der Erhebung der Anamnese und der klinischen Untersuchung verwenden konnten, wurden im Vorfeld Untersuchungstermine mit Freiwilligen anberaumt, bei denen beide Ärzte die jeweiligen Probanden gemeinsam befragten und untersuchten und das Vorgehen mit der Studienleitung abstimmten. Bei diesen Terminen führten neben den Ärzten auch die technischen Mitarbeiter sämtliche Untersuchungen und Probenahmen testweise durch, damit diese bei mehreren Probanden in einer Kompostanlage reibungslos, z. T. parallel und ohne Warte- und Leerlaufzeiten erfolgen konnten.

Ebenso wie in den beiden früheren Studien wurde bei den Kompostarbeitern neben der körperlichen Untersuchung eine Lungenfunktionsprüfung (Spirometrie) durchgeführt. Die Lungenfunktionsprüfung erfolgte in den früheren Studien mit dem relativ alten Gerät Flowscreen (Fa. Jäger). Am Institut für Prävention und Arbeitsmedizin (IPA) wird bei Feldstudien routinemäßig das neuere Gerät MasterScope (Fa. Viasys, Healthcare, Hoechst) eingesetzt. Um eine Verzerrung der Ergebnisse durch verschiedene Lungenfunktionsmessgeräte zu vermeiden, wurde dasselbe Flowscreen-Gerät, das in den ersten beiden Studien verwendet wurde, bei der Gewerbeaufsicht Hannover ausgeliehen, beim Hersteller instand gesetzt und in der aktuellen Studie verwendet. Um sicherzustellen, dass bei einem möglichen Ausfall des älteren Flowscreen-Gerätes sämtliche Messwerte mit den entsprechenden mittels MasterScope-Messung erhobenen Werten in Relation gebracht werden können, erfolgte die Lungenfunktionsprüfung bei allen Probanden parallel zuerst mit dem alten und dann mit dem neuen Gerät. Dieses Vorgehen erlaubte darüber hinaus den Vergleich der Ergebnisse mit den Resultaten aus anderen Kohortenstudien des IPA.

Die immunserologische Analytik der aktuell gewonnenen Seren erfolgte mit der zurzeit gängigsten kommerziellen Methode (ImmunoCAP-System). Um die Vergleichbarkeit der Messergebnisse zu gewährleisten, wurden asservierte Seren von Personen, die bereits an mindestens einer der früheren Studien teilgenommen hatten, nach derselben Methodik getestet.

## 2.2 Rekrutierung

Nach Genehmigung des Studienkonzeptes seitens der Ethikkommission der Ruhr-Universität Bochum wurden die Betriebe, die in den Jahren 1996/1997 bzw. 2001 an den Studien teilgenommen hatten, mit dem Ziel, dieselben Probanden untersuchen zu können, erneut um Mitarbeit gebeten. In den Kompostierungsanlagen wurden aus ethischen Gründen (und wegen der großen Resonanz bei den Kompostwerkern) alle Arbeitnehmer untersucht, die dazu bereit waren.

Die Adressen und Kontaktdaten der 42 in der ursprünglichen Studie involvierten Kompostierungsanlagen wurden mittels Internet- und Telefonrecherche überprüft und aktualisiert. Die Anlagenbetreiber der noch existierenden 39 Anlagen wurden angeschrieben. Leider lehnten vier Betreiber (von insgesamt sieben Anlagen) trotz intensiver Nachfrage eine erneute Teilnahme an der Studie ab, so dass letztlich 32 Anlagen am 2. Follow-up teilnahmen und besucht wurden. Die Kompostierungsanlagen verteilen sich auf fünf Bundesländer:

**Tab. 2.1** Bundeslandverteilung der untersuchten Kompostierungsanlagen.

HB	H	N	NRW	SH
2	4	17	7	2

(HB=Bremen, H=Hessen, N=Niedersachsen, NRW=Nordrhein-Westfalen, SH=Schleswig-Holstein)

In den 32 Kompostierungsanlagen fanden sich 175 Arbeitnehmer im Zeitraum zwischen Mai und November 2009 bereit, an der Untersuchung teilzunehmen. Darunter waren fünf bereits ausgeschiedene Mitarbeiter, die zu den Untersuchungen in die jeweilige Anlage gekommen waren. Alle Untersuchungen fanden auf freiwilliger Basis statt. Die Teilnehmer erhielten im Vorfeld eine schriftliche Probandenaufklärung sowie eine Einverständniserklärung und konnten nur teilnehmen, wenn beide Dokumente von ihnen unterschrieben wurden.

Da im Rahmen dieses 2. Follow-up auch die inzwischen aus dem Beruf ausgeschiedenen Kompostarbeiter, die an mindestens einer der früheren Studien teilgenommen hatten (Drop-Outs), befragt und untersucht werden sollten, wurden zunächst deren Adressen – teilweise unter Inanspruchnahme der Einwohnermeldeämter – recherchiert. Die Personen, für die Kontaktdaten ermittelt werden konnten, wurden angeschrieben, um das Ausfüllen und Zurücksenden eines kurzen Drop-Out-Fragebogens gebeten und eingeladen, an einer Untersuchung (identisch mit der bei den aktiven Kompostarbeitern) teilzunehmen. Es konnten 169 Personen angeschrieben werden, von denen 112 (66%) den Fragebogen zurückschickten.

Im November und Dezember 2009 fanden in fünf Zentren, die freundlicherweise Untersuchungsräume zur Verfügung stellten (Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, Georg-August-Universität Göttingen; Berufgenossenschaft Metall Nord-Süd, Hannover; AMD-Zentrum der BG Bau, Oldenburg; Berufgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr), Hamburg; IPA, Bochum), die sogenannten Drop-Out-Untersuchungen statt. Hierher wurden die Personen eingeladen, die entweder bereits aus dem Betrieb ausgeschieden waren, die zum Zeitpunkt der Untersuchungen in den Anlagen verhindert waren oder in einer der Anlagen arbeiteten, die am 2. Follow-up nicht teilnehmen wollten. Insgesamt nahmen 74 Personen (darunter 54 ausgeschiedene Kompostarbeiter) an den Drop-Out-Untersuchungen teil. In Summe wurden somit in der aktuellen Studie 190 aktuell tätige Kompostarbeiter und 59 Drop-Outs untersucht.

Das Referenzkollektiv (nicht bioaerosolexponierte Mitarbeiter des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ)) aus den Jahren 1996, 1997 und 2001 stand zunächst für das 2. Follow-up nicht mehr zu Verfügung, da die Behörde zwischenzeitlich aufgelöst und die Mitarbeiter auf zahlreiche Dienststellen verteilt worden waren. In Anbetracht der unerwartet auffälligen Befunde bei den Kompostarbeitern erschien es jedoch zum Ende der Studie unumgänglich, auch die Referenzpersonen erneut zu befragen und zu untersuchen (insbesondere bzgl. Lungenfunktionsparameter). Aus diesem Grunde wurden die Adressen der damaligen Referenzpersonen unter Inanspruchnahme der Einwohnermeldeämter einzeln ermittelt und die Personen angeschrieben. Von den ursprünglich 66 Kontrollen (Teilnahme 1996) konnten noch 53 Personen ermittelt werden, von denen 38 an der Untersuchung teilnahmen. Im November 2010 fanden die Untersuchungen der ehemaligen Beschäftigten des NLÖ in den Räumen der Berufgenossenschaft Metall Nord-Süd in Hannover statt. Eine Übersicht der Studienzuschritte zeigt Tabelle 2.2.

**Tab. 2.2** Übersicht der Studienteilnehmer 1996, 1997, 2001, 2009.

Jahr	Probanden	Anzahl	Betrieb	Anzahl	Auswertung
1996	Kompostwerker Kontrollgruppe	184	Kompostierung	42	Querschnitt
		66	Landesamt (Referenz)	1	
1997	Kompostwerker Kontrollgruppe	178	Kompostierung	42	Querschnitt
		63	Landesamt (Referenz)	1	
2001	Kompostwerker Kontrollgruppe	195	Kompostierung	41	Querschnitt u. Längsschnitt
		48	Landesamt (Referenz)	1	
2009	Kompostwerker Drop-Outs Kontrollgruppe	190	Kompostierung	36	Querschnitt u. Längsschnitt
		59	ehemals Kompostierung	29	
		38	Landesamt (Referenz)	1	

### 2.3 Basisdaten der untersuchten Anlagen

Die Ansprechpartner der 32 Anlagen, die sich bereit erklärt hatten, an dem 2. Follow-up teilzunehmen, wurden gebeten, einen Anlagefragebogen auszufüllen, der die wesentlichen Stammdaten der einzelnen Betriebe erfasst.

**Tab. 2.3** Stammdaten der 32 untersuchten Betriebe.

	<b>Anlagentyp</b>		
	<b>Komplett überdacht</b>	<b>Teilweise überdacht</b>	<b>Komplett offen</b>
Betriebe, n	13	11	8
Arbeitnehmer pro Anlagentyp Min – Max (Mittelwert)	2 – 16 (6,8)	1 – 18 (6,3)	2 – 10,5 (5,4)
Jahrestonnage in Mg/a (Mittelwert)	7.500 – 90.000 (31.723)	1.400 – 85.000 (23.127)	5.500 – 40.000 (23.375)

Weitere Angaben zu den Kompostierungsanlagen

Nach Einschätzung der Anlagenleiter ist die Feinaufbereitung (Kompostabsiebung) in vielen Anlagen ein Bereich mit hoher Exposition gegenüber organischen Stäuben. Weiterhin wurden der Rottebereich, das Umsetzen mit dem Radlader/Umsetzer sowie die Anlieferung als Hochexpositionsbereiche genannt. In fast allen Anlagen wird täglich angeliefert, wobei eine Anlieferung im Schnitt 5 bis 20 Minuten dauert.

**Tab. 2.4** Zusammenfassung der Angaben aus den Anlagefragebögen (n=32).

Anzahl der Beschäftigten, Min – Max (Mittelwert)	Insgesamt Produktion Verwaltung	1 – 18 (6,3) 1 – 15 (5,3) 0 – 4 (1,9)
Bauart, n (%)	Trapez-Miete Tafel-Miete Miete (ohne weitere Angaben) Dreiecks-Miete Boxen-Kompostierung Tunnel-Kompostierung Dreiecks- und Tafel-Miete Dreiecks-Miete, Tunnel-Kompostierung	6 (18,8) 6 (18,8) 6 (18,8) 5 (15,6) 4 (12,5) 3 (9,4) 1 (3,1) 1 (3,1)
Anlagen mit baulichen bzw. technischen Veränderungen seit 2001, n (%)		11 (34,4)
Art der Kompostierung, n (%)	Grünabfallkompostierung Bioabfallkompostierung Grün- u. Bioabfallkompostierung Sonstiges	8 (25,0) 2 (6,2) 20 (62,5) 2 (6,2)
Störstoffauslese, n (%)	Manuell Sortierkabine vorhanden Sortierkabine schutzbelüftet	14 (43,8) 7 (21,9) 5 (15,6)
Radlader pro Anlage: Min – Max (Mittelwert)		1 - 6 (2,6)
Anlagen mit Radlader: n (%)	insgesamt schutzbelüftet	32 (100,0) 26 (81,2)
Reinigung durch: n (%)	Mitarbeiter Fremdpersonal	32 (100,0) 10 (31,2)

**Tab. 2.4** (Fortsetzung)

Reinigung mittels: n (%) (Mehrfachnennungen)	Handbesen	20 (62,5)
	Kehrsaugmaschine	11 (34,4)
	Kehrsaugmaschine mittels Befeuchtungseinrichtung	21 (65,6)
Abluftbehandlung mittels Biofilter, n (%)		17 (65,6)

Wie aus der Tabelle 2.4 hervorgeht, wurden in elf Anlagen (34%) seit dem letzten Besuch (2001) bauliche bzw. technische Veränderungen durchgeführt. Dies waren:

- Neubau nach Bundes-Immissionsschutzgesetz, Bodenversiegelung (Asphalt), Wasserführung um Kreislauf, Einsatz eines Umsetzers, Umstellung der Zerkleinerung auf Langsamläufer, zusätzlich maschinelle Sortierung;
- Errichtung einer Lagerhalle für Fertigkompost;
- Umstellung auf 8-Feld Betrieb in der Rottehalle, Umbauten (Standortveränderung) von Aggregaten zur Aufbereitung von Bioabfall zwecks Integration einer Trockenvergärungsanlage;
- Errichtung einer Bioabfall-Großaufbereitung sowie eines Biofilters;
- Umbau und Einhausung der Feinaufbereitung (Absiebung), Inbetriebnahme einer Siebrestaufbereitung;
- Erweiterung um eine Teilstromvergärung;
- Fertigstellung einer Anlage (Standortwechsel);
- Veränderung der Aufbereitungstechnik in der Annahmehalle, Einführung einer automatischen Sortierung (Scheibensiebmaschine);
- Reduzierung auf Mietenkompostierung und Umschlag von Biomüll (hauptsächlich Müllaufbereitung);
- Reduzierung der Verarbeitungsmenge.

## 2.4 Berechnung des Expositionsscores für Teilnehmer der Längsschnittstudie

Um das Expositionsszenario der Personen, die seit mindestens 1996/97 kontinuierlich in der Kompostierung beschäftigt sind und an den Untersuchungen 1996/97 und 2009 teilgenommen haben (n=76), halbwegs realistisch abbilden zu können, gingen in die Berechnung des Expositionsscores sowohl länger zurückliegende als auch aktuelle Daten zur Exposition ein.

Neben dem Risikorang der Anlage (s. 2.4.1), der im Jahr 2001, also in der Mitte des 12-13jährigen Beobachtungszeitraums der Längsschnittstudie, anhand eines umfangreichen Prüfbogens ermittelt wurde, gingen in den Expositionsscore noch die Tragezeiten von Atemschutz (s. 2.4.2) und die tägliche Bioaerosolexposition (s. 2.4.3) ein. Dabei wurden die beiden letztgenannten Angaben in gleicher Gewichtung sowohl aus der Studie 1996/97 als auch aus dem aktuellen Follow-up 2009 berücksichtigt (s. Tabelle 2.5).

**Tab. 2.5** Bildung des Expositionsscores für die aktuell tätigen Kompostarbeiter der Längsschnittstudie.

Risikorang der Anlage <sup>1</sup>	Wertzahl	TZ PSA <sup>2</sup> [%] 1996/97	Wertzahl	Expo. <sup>3</sup> [h] 1996/97	Wertzahl	TZ PSA <sup>2</sup> [%] 2009	Wertzahl	Expo. <sup>3</sup> [h] 2009	Wertzahl
Kein Risiko	0	unnötig	0	keine	0	unnötig	0	keine	0
bis 1,0	1	80-100	1	bis 1	1	80-100	1	bis 1	1
bis 2,0	2	50-79	2	bis 3	2	50-79	2	bis 3	2
bis 3,0	3	< 50	3	bis 5	3	< 50	3	bis 5	3
ab 3,0	4	nie getragen	4	ab 5	4	nie getragen	4	ab 5	4

<sup>1</sup> Risikorang der Anlage aus FB 993 (2001)

<sup>2</sup> Tragezeit von Atemschutz (PSA) in % der Expositionszeit

<sup>3</sup> Arbeitszeit mit Exposition durch Bioaerosole

Bei der Bildung des Expositionsscores für aktuell tätige Kompostarbeiter, die im Rahmen der Längsschnittstudie untersucht wurden, gingen die in Tabelle 2.5 genannten fünf Faktoren zu gleichen Teilen ein, so dass für jeden Teilnehmer ein Expositionsscore zwischen 0 und 20 ermittelt werden konnte. Dass der Risikorang der Anlage dabei lediglich zu einem Fünftel berücksichtigt wurde, basierte auf der Tatsache, dass durch diesen Parameter alle innerhalb einer Anlage beschäftigten Personen, unabhängig von ihrem persönlichen Verhalten, gleich bewertet wurden. Unseres Erachtens nach überwiegt jedoch die Aussagekraft der individuell abgefragten Parameter wie tatsächlich stattgehabte Bioaerosolexposition und die Atemschutz-Tragedauer. Hinzu kommt, dass sich der Risikorang einer Anlage durch verschiedenste Schutzmaßnahmen kurzfristig verbessern kann und den Anlagen dann zu Unrecht ein schlechterer Risikorang zugeordnet wird.

#### 2.4.1 Risikorangbildung der Anlagen

Unabhängig davon, ob die Anlagen nach der letzten Studie in 2001 bauliche oder technische Veränderungen erfahren hatten, wurde der 2001 erhobene Risikorang (s. Fb 993) übernommen (Tab. 2.6).



**Tab. 2.6** Zusammenstellung der Risikopunkte aus den Prüflisten der 42 Anlagen.

Anlagen-Nr.*	Anlagentyp	Risikosumme	Risikorang der Anlage	Wertzahl
00	"Basis"	150	1,00	1
1	G	292	1,95	2
2	O	216	1,44	2
3	G	1006	6,71	4
4	T	443	2,96	3
5	O	320	2,13	3
6	G	356	2,37	3
7	O	334	2,23	3
8	T	583	3,89	4
9	T	352	2,35	3
10	T	431	2,87	3
11	O	651	4,14	4
12	G	308	2,05	3
13	O	284	1,89	2
14	O	235	1,57	2
16	G	516	3,44	4
17	G	349	2,33	3
18	G	279	1,86	2
21	O	444	2,96	3
22	G	380	2,53	3
23	O	368	2,45	3
24	G	509	3,39	4
25	G	633	4,22	4
26	T	415	2,77	3
27	O	312	2,08	3
28	T	400	2,67	3
29	G	483	3,22	4
31	G	362	2,41	3
32	G	285	1,90	2
33	O	572	3,81	4
37	G	378	2,52	3
38	O	629	4,19	4
39	O	279	1,86	2
40	G	348	2,32	3
41	G	378	2,52	3
42	G	422	2,81	3
43	G	348	2,32	3
44	T	497	3,31	4
45	O	393	2,62	3
46	T	415	2,77	3
47	T	476	3,17	4
48	G	347	2,31	3

\* Grau hinterlegt: Anlagen, in denen die Arbeitnehmer arbeiten, für die der Expositionsscore ermittelt wurde (Längsschnitt).

Der Risikorang jeder einzelnen Anlage wurde anhand einer Prüfliste erhoben, die 451 Fragen aus 30 Fragensegmenten umfasste. Neben baulichen und produktionstechnischen Daten wurden u. a. die betriebliche Arbeitsschutzstruktur, die Exposition gegenüber Gefahr- und Biostoffen, Einflüsse von Lärm und Vibration sowie psychische Belastungen erfasst. Der Erstellung eines Risikoranges für jede Anlage liegt die Hypothese zugrunde, dass Anlagen mit einer hohen Risikorangzahl auch zu vermehrten gesundheitlichen Beschwerden bei den Arbeitnehmern führen.

#### 2.4.2 Ermittlung der Tragezeit von Atemschutz

Jeder Kompostarbeiter wurde während des Arztinterviews gefragt, ob und wenn ja wie häufig Atemschutz getragen wird, wenn eine entsprechende Exposition vorliegt. Die konkrete Fragestellung lautete:

##### Atemschutz jetzige Tätigkeit

Atemschutz wird getragen?     unnötig             nein  
 Tragezeit bei Exposition (%)     80-100             50-79             <50

Die so erhobenen Daten, sowohl von 1996 als auch von 2009, gingen direkt in die Berechnung des Expositionsscores nach Tabelle 2.5 ein.

#### 2.4.3 Ermittlung der Bioaerosolexposition

Ebenfalls im Rahmen der anamnestischen Befragung durch den Arzt wurden die Beschäftigten gefragt, wie viele Stunden ihrer täglichen Arbeitszeit sie an folgenden Arbeitsplätzen bzw. mit folgenden Tätigkeiten zubringen:

- Anlieferung
- Sortierung
- Prozeßbetreuung
- Radlader / Bagger
- Umsetzgerät
- Waage
- Abpacken
- Maschinenwartung
- Anlagenelektrik
- Büro
- Sonstiges

Nach den Kenntnissen aus der Literatur, den Ergebnissen der vorherigen Studien bzw. aufgrund von Expertenrating wurden die oben aufgeführten Tätigkeiten unterteilt in Tätigkeiten mit hoher, mittlerer und niedriger Bioaerosolexposition. Die angegebenen täglichen Arbeitszeiten (in Stunden), sowohl von 1996/97 als auch von 2009, gingen mit einem entsprechenden Faktor in die Berechnung des Expositionsscores nach Tabelle 2.5 ein. Die Einteilung zeigt Tabelle 2.7.

**Tab. 2.7** Einteilung der Tätigkeiten und Bewertung der Bioaerosolexposition.

<b>Exposition</b>	<b>Arbeitsplatz</b>	<b>Faktor</b>
Hoch	Sortierung	1,0
Mittel	Radlader Umsetzgerät Prozessbetreuung Maschinenwartung Anlagenelektrik Abpacken Anlieferung Sonstiges	0,5
Niedrig	Waage Büro	0,25

Wie aus Tabelle 2.7 hervorgeht, kann nach aktuellen Erkenntnissen in der Regel nur noch am Arbeitsplatz „Sortierung“ die Bioaerosolexposition als hoch bezeichnet werden. Im Gegensatz dazu ist die Bioaerosolexposition in den Fahrerkabinen der Radlader zwischen 1996/97 und 2009 – insbesondere auch durch die rechtlichen Vorgaben (TRBA 214) – gesunken. In der aktuellen Studie verfügten 81% der Radladerkabinen über eine Schutzbelüftung und die Ergebnisse der von der BG Verkehr und UK NRW durchgeführten Keimzahlbestimmungen (s. Teil B dieses Berichts) ergaben in nahezu allen Radladerkabinen eine geringere Belastung als beispielsweise in Sortierkabinen. Da andererseits jede Schutzbelüftung einer entsprechenden Wartung bedarf und in einigen uns bekannten Fällen die Radlader mit offenen Fenstern betrieben wurden, wurde die oben gezeigte Einstufung als mittlere Exposition gewählt.

## **2.5 Arbeitsmedizinische Untersuchung**

Die arbeitsmedizinische Untersuchung im Rahmen der Studie folgte dem Schema der Vorgängerstudien. So lag wieder der Schwerpunkt der Untersuchung bei der Anamnese und der körperlichen Untersuchung durch den Facharzt. Der verwendete Fragebogen erfasste u. a. anamnestische Daten zum Beruf, zu Allgemeinsymptomen, Atemwegserkrankungen, allergischen Reaktionen, zur familiären Disposition, zu Vorerkrankungen, Medikamenten- und Genussmittelgebrauch sowie zu Krankheitssymptomen und häuslichen Allergenquellen. Bei der Befragung der Drop-Outs wurde zudem u. a. recherchiert, aus welchen Gründen die Tätigkeit im Kompostwerk beendet wurde und ob sich etwaige Krankheitssymptome nach Aufgabe der Tätigkeit gebessert haben.

### **2.5.1 Lungenfunktionstestung**

Wie bereits erwähnt, wurde die Messung der Lungenfunktion direkt nacheinander mit zwei Geräten durchgeführt. Dabei erfolgte immer zuerst die Messung mit dem Gerät Flowscreen (Fa. Jäger) und erst anschließend die Messung mit dem Gerät MasterScope (Viasys Healthcare, Hoechberg). Wie bereits in den vorherigen Durchgängen wurde mit dem Flowscreen-Gerät lediglich eine Messung durchgeführt, soweit diese den Qualitätskriterien entsprach. Die Software des MasterScope-Spirometers sieht hingegen vor, dass jeder Proband drei gültige Versuche absolviert, von denen auto-

matisch der beste ausgegeben wird. Für die Sollwertberechnung wurden in beiden Fällen die Werte der EGKS (QUANJER et al., 1993) zugrunde gelegt; die Berechnung erfolgte geräteintern. Parameter der dynamischen Lungenvolumina werden mittels Fluss-Volumen gemessen. Bei der Pneumotachographie wird zunächst der Atemfluss über den flussproportionalen Druckabfall an einem definierten Widerstand bestimmt. Durch Integration des Flusses über die Zeit werden die Volumina berechnet. Aufgrund der Vielzahl der Lungenfunktionsparameter beschränkten wir uns bei der Auswertung auf die relevanten Parameter FEV<sub>1</sub> %Soll (forcierte Einsekundenkapazität), FVC %Soll (forcierte Vitalkapazität) und FEV<sub>1</sub>%FVC (Tiffeneau-Index). Für den Vergleich des Kompost-Längsschnittkollektivs mit dem NLÖ-Referenzkollektiv wurde ebenfalls FEV<sub>1</sub>%FVC in %Soll angegeben, da die NLÖ-Kontrollen signifikant älter als die Kompostarbeiter waren.

Nach aktuellen Hygienevorschriften sollten bei allen Lungenfunktionsmessungen grundsätzlich (Einmal-)Bakterien-Viren-Filter benutzt werden, um eine gegenseitige Ansteckung der Probanden zu verhindern. Dieser Empfehlung wurde bei der aktuellen Untersuchung (2009) gefolgt, auch wenn in den früheren Studien die Lungenfunktionsmessungen ohne Filter durchgeführt wurden. Obwohl speziell für Lungenfunktionstests entwickelte Filter (MicroGard, Viasys Healthcare, Hoechberg) mit geringem Widerstand (0,7 cm H<sub>2</sub>O) verwendet wurden, konnte nicht ausgeschlossen werden, dass der erhöhte Widerstand die Ergebnisse der Lungenfunktionsmessung beeinflusst. Da in den früheren Studien die Lungenfunktion ohne vorgeschalteten Filter gemessen worden war, wurden institutsintern (IPA, Bochum) Vergleichsmessungen (mit und ohne Filter) an 53 Mitarbeitern (mittleres Alter 43,6 Jahre, 43% Männer) parallel durchgeführt. Die Reihenfolge der Testung (ohne – mit Filter bzw. mit – ohne Filter) wurde dabei zufällig festgelegt.

### **2.5.2 Blutabnahme und Antikörperbestimmung**

Die entsprechende Einwilligung vorausgesetzt, wurde allen untersuchten Personen durch den Studienarzt eine 9 ml Serum-Monovette Blut entnommen und diese direkt kühl gelagert. Im Labor wurde die Serum-Monovette (spätestens 24 h nach Blutabnahme) 5 min bei 3.000xg (Hettich Zentrifuge: 4000 U/min) zentrifugiert. Das gelbliche Serum im Überstand wurde vorsichtig mit einer Pipette abgenommen, in Reaktionsgefäße portioniert (à 250 µL) und anschließend tiefgefroren (bei -20°C bis -70°C). Die Seren aus den früheren Studiengängen (1996/97 und 2009) wurden ebenfalls tiefgefroren gelagert.

Zwar hatte sich in den vorangegangenen Studien gezeigt, dass die Kompostwerker im Vergleich zu den Kontrollpersonen erhöhte Konzentrationen an IgG-Antikörpern gegen Schimmelpilze und Actinomyceten aufwiesen. Bisher konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen erhöhten Konzentrationen an IgG-Antikörpern gegen Schimmelpilze und Actinomyceten und verschlechterten Lungenfunktionsparametern oder Erkrankungen der Atemwege nachgewiesen werden.

Um auszuschließen, dass es sich um ein methodisches Phänomen handelt, wurden die IgG- bzw. IgE-Bestimmungen in der aktuellen Studie nicht mit den adaptierten Testsystemen ELISA und IIFT, sondern in einem kommerziellen standardisierten und quantitativen Testsystem durchgeführt. Sowohl die Bestimmung von spezifischen IgE- (slgE) und IgG-Antikörpern (slgG) als auch die des Gesamt-IgE erfolgte mittels

ImmunoCAP 250 (Phadia, Uppsala, Schweden), entsprechend den Angaben des Herstellers. Altseren von Personen, die bereits an mindestens einer früheren Studie teilgenommen hatten, wurden prinzipiell immer im selben Ansatz zusammen mit dem aktuellen Serum des Probanden getestet. Die getesteten Allergene bzw. Antigene und die dazugehörigen Positivkriterien sind in Tabelle 2.8 aufgeführt.

**Tab. 2.8** Informationen zur Antikörperbestimmung mittels ImmunoCAP.

Allergen-/Antigenbezeichnung		Positivkriterium*
Gesamt-IgE		> 100 kU/L
Spezifisches IgE		
sx1	Umweltallergen-Mix <sup>#</sup>	≥ 0,35 kU/L
mx1	Schimmelpilz-Mix <sup>##</sup>	≥ 0,35 kU/L
Spezifisches IgG		
Gm3	<i>Aspergillus fumigatus</i>	> 39 mg/L
Gm27	<i>Penicillium spp.</i>	> 50 mg/L
Gm22	<i>Saccharopolyspora rectivirgula</i> ( <i>Micropolyspora faeni</i> )	> 10 mg/L
Gm23	<i>Thermoactinomyces vulgaris</i>	> 29 mg/L

\* nach Angaben des Herstellers

<sup>#</sup> Lieschgras, Beifuss, Birke, *Cladosporium herbarum*, Hausstaubmilbe, Hundeschuppen, Katzenschuppen, Roggen

<sup>##</sup> *Penicillium chrysogenum*, *Cladosporium herbarum*, *Aspergillus fumigatus*, *Alternaria alternata*

## 2.6 Datenerfassung, Auswertung und Statistik

Die Auswertung der Daten erfolgte sowohl im Querschnitt als auch im Längsschnitt. Um der Längsschnittanalyse möglichst viele Daten zuführen zu können, wurden die Studiendurchgänge 1996 und 1997 zusammengefasst (Studie 1996/97). Dafür wurden grundsätzlich die Daten (Lungenfunktion, Antikörperbestimmung) von 1996 herangezogen und nur für Probanden, die 1996 nicht teilgenommen hatten, die Daten von 1997 ergänzt.

Zunächst wurden die vorliegenden anonymisierten Originaldaten der Studien F 5058 und F 5184 überprüft und in eine neu erstellte SAS-Datenbank (SAS/STAT Software, Version 9.2) überführt. Die Daten der aktuellen Studie wurden ebenfalls in eine SAS-Datenbank eingegeben und auch die Auswertung der Daten erfolgte mit SAS. Für die graphische Darstellung wurden die Programme GraphPad Prism 5.03 und Microsoft Office Excel 2003 verwendet.

Die verwendeten statistischen Tests sind der Wilcoxon-Rang-Summentest (Längsschnittvergleich), der Mann-Whitney-Test (Vergleich verschiedener Gruppen), der Fishers Exakt-Test sowie der Spearman-Rang-Korrelationstest. Ein p-Wert < 0,05 galt als signifikant. Für die Signifikanz-Testungen der Antikörpermesswerte wurden Negativ-Werte (slgE < 0,35 kU/L bzw. slgG < 10 mg/L) auf Null gesetzt.

Um zu überprüfen, ob sich der Lungenfunktionsabfall der Kompostarbeiter signifikant von dem der Referenzgruppe unterscheidet, wurde ein lineares gemischtes Modell angewendet. Dieses Modell entspricht dem Prinzip einer linearen Regression, be-

rücksichtigt aber, dass jede Person zweimal gemessen wurde. Einmal wurde die Regression nur mit dem Status (Kompostarbeiter vs. Kontrolle) und Untersuchungsjahr durchgerechnet (unadjustiertes Modell) und dann mit möglichen Einflussvariablen (adjustiertes Modell). Zusätzlich wurden die „Least-square means“ (LSM) berechnet und grafisch dargestellt (die Verbindungslinien haben nur illustratorischen Charakter). Die LSM sind adjustierte Mittelwerte, d. h. bis auf den Status und das Jahr werden für alle anderen Werte Mittelwerte in dem geschätzten Modell eingesetzt. Das Ergebnis sind dann geschätzte adjustierte Mittelwerte, die in den Grafiken aufgetragen sind. Die LSM des unadjustierten Modells entsprechen den beobachteten Mittelwerten.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Validierung der Lungenfunktionsergebnisse im Gesamtkollektiv

Wie im Methodenteil beschrieben, wurden bei den Lungenfunktionsmessungen mit dem Flowscreen-Gerät, anders als bei den Studien 1996/97 und 2001, aus Gründen der Hygiene Einmal-Bakterien-Viren-Filter benutzt. Um beurteilen zu können, inwieweit der erhöhte Atemwiderstand die Ergebnisse der Lungenfunktionsmessung beeinflusst, wurden Vergleichsmessungen (mit und ohne Filter) an 53 Personen durchgeführt. Zunächst wurden sowohl für die Absolut- als auch für die Sollwerte für FEV<sub>1</sub> und FVC Bland-Altman-Plots (nicht gezeigt) erstellt, um zu überprüfen, ob die Differenz zwischen der Messung mit bzw. ohne Filter von der Höhe der Ausgangswerte abhing. Da dies nicht der Fall war, konnte für jeden Parameter ein Umrechnungsfaktor generiert werden (Tab. 3.1), so dass alle im Rahmen der Studie 2009 mit Filter erhobenen Werte umgerechnet werden konnten, als wären sie ohne Filter (wie in den Studien 1996/97 und 2001) gemessen worden.

**Tab. 3.1** Lungenfunktion–Umrechnungsfaktoren.

	<b>Umrechnungsfaktor</b> (Wert mit Filter x Faktor = Wert ohne Filter)
FEV <sub>1</sub> absolut	1.02138
FEV <sub>1</sub> %Soll	1.01997
FVC absolut	1.02287
FVC %Soll	1.02204

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, hatte die Verwendung der Bakterien-Filter lediglich einen sehr geringen Einfluss auf die Werte (ca. 2%). Für die im Folgenden durchgeführten Analysen wurden ausschließlich die so umgerechneten Lungenfunktionsergebnisse verwendet.

#### 3.1.1 Vergleich der Lungenfunktionsmessungen Flowscreen vs. MasterScope

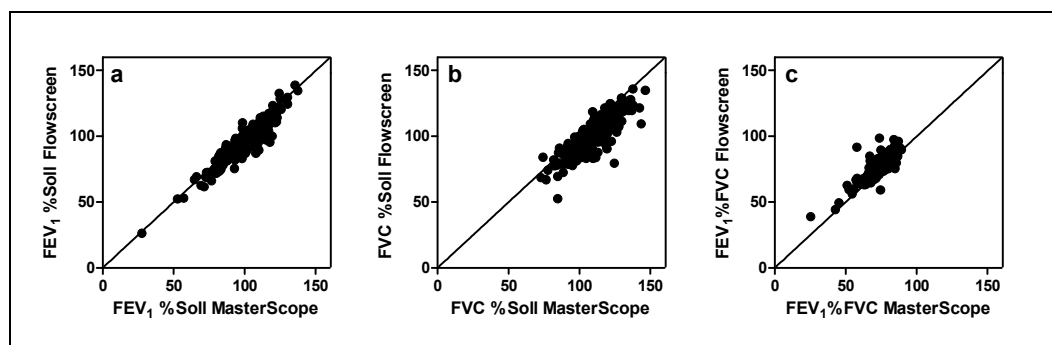
Da in den früheren Studien (1996/97 und 2001) das inzwischen relativ alte Lungenfunktionsgerät Flowscreen verwendet wurde, wurde aus Gründen der Qualitätssicherung die Lungenfunktion aller 249 im Rahmen der aktuellen Studie (2009) untersuchten Personen nacheinander mit zwei Geräten (erst Flowscreen, dann MasterScope) gemessen. In zehn Fällen waren die Messwerte unplausibel bzw. konnte anhand des Verlaufes der Fluss-Volumen-Kurve eine unzureichende Mitarbeit der Probanden erkannt werden. Somit liegen dem Vergleich der mit zwei Spirometern erhobenen Lungenfunktionsmesswerte Daten von 239 Probanden zugrunde.

Sowohl für FEV<sub>1</sub> %Soll, FVC %Soll als auch für FEV<sub>1</sub>%FVC korrelierten die Daten gut (Abb. 3.1). Der Korrelationskoeffizient (R) lag bei 0,944 (FEV<sub>1</sub> %Soll), 0,836 (FVC%Soll) bzw. 0,841 (FEV<sub>1</sub>%FVC); die Korrelation war in allen Fällen hochsignifikant ( $p < 0,0001$ ). Die erreichten Werte für FEV<sub>1</sub> und FVC lagen in der Regel bei der Messung mit dem MasterScope etwas höher als bei der Flowscreen-Messung. Dies

lag zum einen daran, dass grundsätzlich zuerst die Flowscreen- und danach die MasterScope-Messung durchgeführt wurde und es somit vermutlich zu einem Übungseffekt kam. Hinzu kommt, dass es sich bei der Flowscreen-Messung um eine Einzelmessung handelte, bei der MasterScope-Messung jedoch automatisch der beste von drei Versuchen angegeben wurde. Insgesamt konnten durch die Vergleichsmessungen die im Rahmen der Studie erhobenen Lungenfunktionsdaten als reproduzierbar und plausibel beurteilt werden. Im Mittel wurden im Gesamtkollektiv FEV<sub>1</sub>- und FVC-Werte (bezogen auf die Sollwerte) um 100% erreicht (Tab. 3.2).

**Tab. 3.2** Lungenfunktionsparameter des Gesamtkollektivs (n=239).

	FEV <sub>1</sub> %Soll		FVC %Soll		FEV <sub>1</sub> %FVC	
	Flow-screen	Master-Scope	Flow-screen	Master-Scope	Flow-screen	Master-Scope
Mittelwert ± SD	96,1 ± 14,9	100,0 ± 15,0	100,3 ± 13,3	109,3 ± 13,5	77,8 ± 8,1	74,4 ± 8,3
Median (Range)	96,5 (26,4-138,7)	100,6 27,7-137,5	100,0 52,6-135,9	109,3 72,8-146,4	78,7 39,0-98,6	75,7 25,3-89,3



**Abb. 3.1** Korrelation der mit zwei verschiedenen Spirometern (Flowscreen und MasterScope) erhobenen Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) im Gesamtkollektiv (n=239).

### 3.2 Querschnitt (aktuell tätige Kompostarbeiter)

Insgesamt wurden im Rahmen des 2. Follow-up 190 aktuell tätige Kompostarbeiter aus 36 Anlagen untersucht.

#### 3.2.1 Demographie und Rauchverhalten

Das Kollektiv bestand zu über 95% aus Männern. Die weiblichen Arbeitnehmer führten überwiegend Bürotätigkeiten aus. Eine Übersicht über die Grunddaten gibt Tabelle 3.3.



**Tab. 3.3** Demographische Daten der aktuell tätigen Kompostarbeiter (n=190).

Untersuchungsgang 2009		Aktuell tätige Kompostwerker	
Geschlecht	männlich	n (%)	181 (95,3)
	weiblich	n (%)	9 (4,7)
Alter	in Jahren	Mittelwert $\pm$ SD	45 $\pm$ 9,3
		Median (Range)	46 (19 – 64)
Nationalität	deutsch	n (%)	184 (96,8)
	türkisch	n (%)	5 (2,6)
	pakistanisch	n (%)	1 (0,5)
Größe	in cm	Mittelwert $\pm$ SD	179,6 $\pm$ 8,2
		Median (Range)	179 (161 – 200)
Gewicht	in kg	Mittelwert $\pm$ SD	88,6 $\pm$ 16,3
		Median (Range)	87,5 (50 – 148)
BMI	in kg/m <sup>2</sup>	Mittelwert $\pm$ SD	27,4 $\pm$ 4,3
		Median (Range)	27 (16 – 44)
Raucher, davon		n (%)	59 (31,1)
		starke Raucher > 10 Zigaretten/d	n (%) 41 (21,6)
		mäßige Raucher < 10 Zigaretten/d	n (%) 18 (9,5)
		Nichtraucher	n (%) 60 (31,6)
Ehemalige Raucher	nie geraucht	n (%) 71 (37,4)	
Passivraucher	Zu Hause / Pausenraum	n (%)	33 (17,4)

### 3.2.2 Arbeitsanamnese und Exposition

#### Dauer der Betriebszugehörigkeit

**Tab. 3.4** Dauer der Beschäftigung im Betrieb (n=189).

Beschäftigungsdauer	Kompostwerker
Mittelwert $\pm$ SD, in Jahren	12,0 $\pm$ 7,8
< 5 Jahre, n (%)	46 (24,3)
6 – 10 Jahre, n (%)	40 (21,2)
11 – 15 Jahre, n (%)	45 (23,8)
16 – 20 Jahre, n (%)	39 (20,6)
> 20 Jahre, n (%)	19 (10,1)

Die Dauer der Betriebszugehörigkeit ist für die Entwicklung von Krankheitsbildern von grundlegender Bedeutung. Mittlerweile arbeiten mehr als die Hälfte der untersuchten Arbeiter länger als 10 Jahre in der Kompostierung (Tab. 3.4).

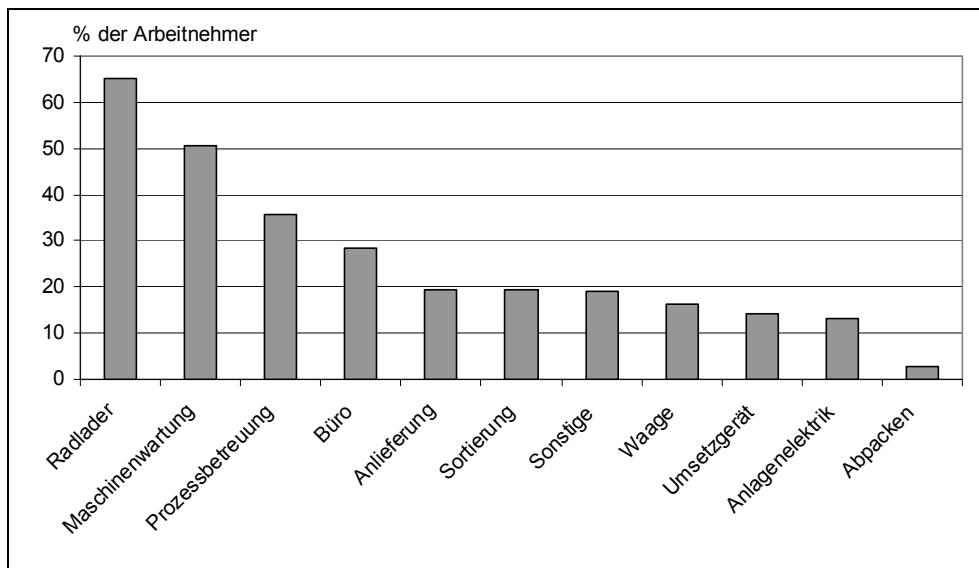
#### Arbeitsvorgeschichte und landwirtschaftlicher Nebenerwerb

Neben der Erfassung der vorhergehenden Tätigkeiten wurde auch die frühere Bioaerosolexposition abgefragt, um u. a. den Einfluss auf die Lungenfunktion und letztendlich die Arbeitsplatzrisiken einschätzen zu können. Ca. 63% der Kompostarbeiter hatten bereits bei vorherigen Tätigkeiten eine staubige Arbeitsplatzatmosphäre in der Landwirtschaft und/oder Abfallwirtschaft.

Die Frage zum landwirtschaftlichen Nebenerwerb spielt ebenfalls eine wesentliche Rolle bei der Beurteilung von Gesundheitsgefährdungen durch Bioaerosole. Ca. 20% der Kompostwerker gaben eine Nebentätigkeit als Landwirt an. Die außerberufliche Exposition aus der Landwirtschaft und/oder Gartentätigkeit lag bei ca. 50%.

### Arbeitsplätze und aktuelle Exposition

Mittels des Fragebogens wurde eine ausführliche Arbeitsanamnese durchgeführt, um die Arbeitsplätze und Tätigkeiten der Kompostwerker zu definieren. Einen Überblick darüber gibt Abbildung 3.2. Die Absolut- und Prozentzahlen zu dieser Grafik und die tägliche Arbeitszeit (in Stunden) am jeweiligen Arbeitsplatz sind in Tabelle 3.5 dargestellt.



**Abb. 3.2** Definierte Arbeitsplätze der Kompostarbeiter (n=190).

**Tab. 3.5** Arbeitsplätze und Tätigkeiten sowie die tägliche Arbeitszeit der aktuell tätigen Arbeitnehmer (n=190).

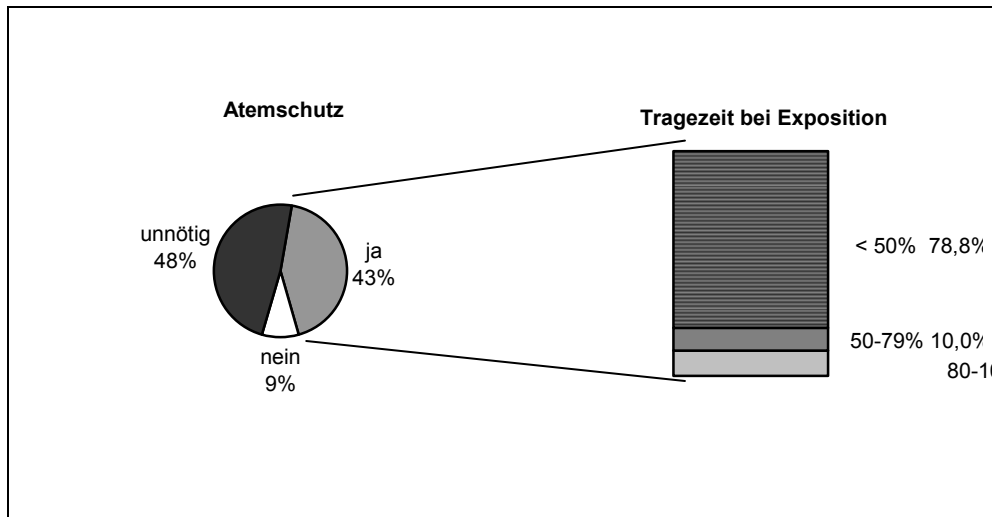
Arbeitsplätze und Tätigkeiten der Arbeitnehmer in 2009 (absteigende Häufigkeit)		Arbeitszeit (Anzahl der Stunden pro Tag)	
Arbeitsplätze	n (%)	Arbeitszeit	n (%)
Radlader	124 (65,3)	< 2 Stunden	49 (25,8)
		> 2 bis 4 Stunden	20 (10,5)
		> 4 bis 6 Stunden	29 (15,3)
		> 6 bis 9 Stunden	26 (13,7)
Maschinenwartung	96 (50,5)	< 2 Stunden	76 (40,0)
		> 2 bis 4 Stunden	10 (5,3)
		> 4 bis 6 Stunden	6 (3,2)
		> 6 bis 9 Stunden	4 (2,1)
Prozessbetreuung	68 (35,8)	< 2 Stunden	48 (25,3)
		> 2 bis 4 Stunden	12 (6,3)
		> 4 bis 6 Stunden	7 (3,7)
		> 6 bis 9 Stunden	1 (0,5)

Tab. 3.5 (Fortsetzung)

Arbeitsplätze und Tätigkeiten der Arbeitnehmer in 2009 (absteigende Häufigkeit)		Arbeitszeit (Anzahl der Stunden pro Tag)	
Arbeitsplätze	n (%)	Arbeitszeit	n (%)
Büro	54 (28,4)	< 2 Stunden	23 (12,1)
		> 2 bis 4 Stunden	11 (5,8)
		> 4 bis 6 Stunden	9 (4,7)
		> 6 bis 9 Stunden	11 (5,8)
Anlieferung	37 (19,5)	< 2 Stunden	25 (13,2)
		> 2 bis 4 Stunden	3 (1,6)
		> 4 bis 6 Stunden	4 (2,1)
		> 6 bis 9 Stunden	5 (2,6)
Sortierung	37 (19,5)	< 2 Stunden	22 (11,6)
		> 2 bis 4 Stunden	5 (2,6)
		> 4 bis 6 Stunden	3 (1,6)
		> 6 bis 9 Stunden	7 (3,7)
Sonstige	36 (18,9)	< 2 Stunden	20 (10,5)
		> 2 bis 4 Stunden	7 (3,7)
		> 4 bis 6 Stunden	3 (1,6)
		> 6 bis 9 Stunden	5 (2,6)
Waage	31 (16,3)	< 2 Stunden	29 (15,3)
		> 2 bis 4 Stunden	0 (0,0)
		> 4 bis 6 Stunden	1 (0,5)
		> 6 bis 9 Stunden	1 (0,5)
Umsetzgerät	27 (14,2)	< 2 Stunden	19 (10,0)
		> 2 bis 4 Stunden	5 (2,6)
		> 4 bis 6 Stunden	3 (1,6)
		> 6 bis 9 Stunden	0 (0,0)
Anlagenelektrik	25 (13,2)	< 2 Stunden	17 (8,9)
		> 2 bis 4 Stunden	1 (0,5)
		> 4 bis 6 Stunden	4 (2,1)
		> 6 bis 9 Stunden	3 (1,6)
Abpacken	5 (2,6)	< 2 Stunden	3 (1,6)
		> 2 bis 4 Stunden	1 (0,5)
		> 4 bis 6 Stunden	0 (0,0)
		> 6 bis 9 Stunden	1 (0,5)

#### Tragezeit von persönlichem Atemschutz

Die Beschäftigten wurden zur Tragezeit des persönlichen Atemschutzes während der Exposition befragt. Das Ergebnis spiegelt Abbildung 3.3 wieder. Fast 43% der Kompostwerker gaben an, Atemschutz bei Bioaerosolexposition zu tragen. Ca. 48% sagten, Atemschutz sei unnötig, da sie im schutzbelüfteten Radlader, im Büro oder an der Waage arbeiten. Von den 81 Arbeitnehmern, die Atemschutz trugen, lag die Tragezeit bei 79% der Arbeiter unter 50% ihrer Arbeitszeit.

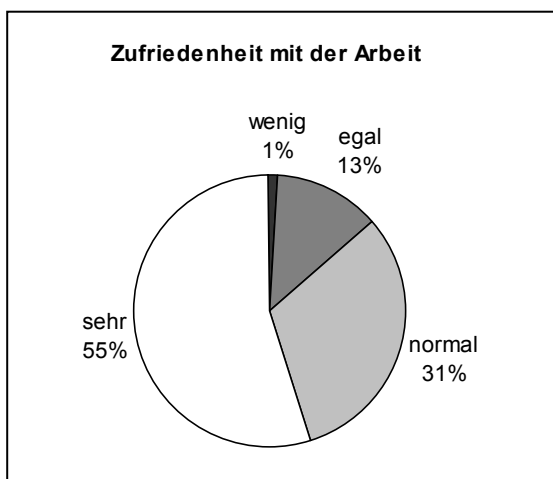


**Abb. 3.3** Atemschutz bei der aktuellen Tätigkeit und Tragezeit bei Exposition (n=190).

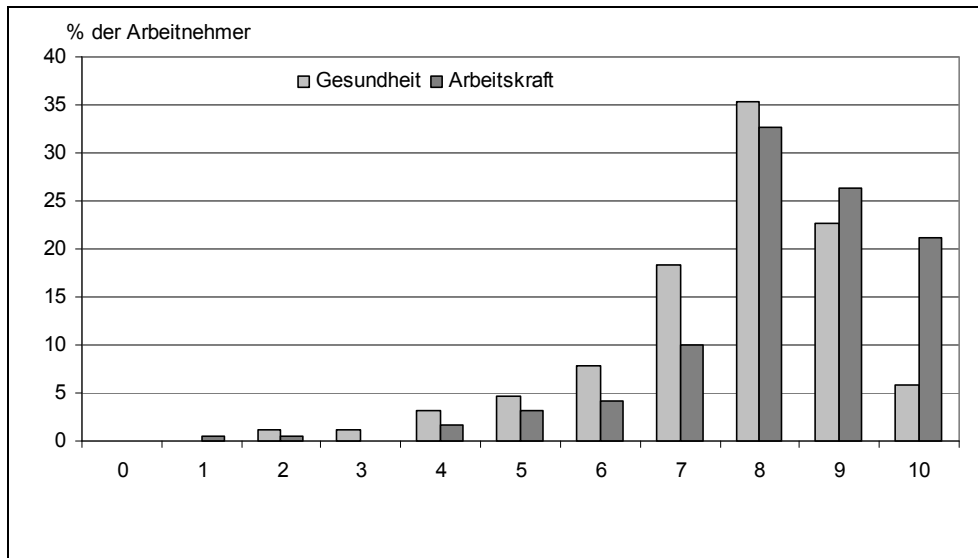
### Subjektive Arbeitszufriedenheit und Einschätzung von Gesundheit und Arbeitskraft

Bis auf wenige Ausnahmen sind die Kompostarbeiter zufrieden mit ihrer Arbeit, über die Hälfte ist sogar sehr zufrieden (Abb. 3.4).

Die Arbeitnehmer wurden gebeten, ihre Gesundheit und ihre Arbeitskraft auf einer Skala von 0-10 subjektiv einzuschätzen. Sie schätzten sich überwiegend als gesund ein. Bei der Arbeitskraft gaben 80% der Arbeiter eine 8 bis 10 an (hohe Arbeitskraft). Es fällt auf, dass etwa 15% der Beschäftigten eine hohe Arbeitskraft trotz Einschränkungen der Gesundheit angaben. Abbildung 3.5 stellt die Ergebnisse dar.



**Abb. 3.4** Zufriedenheit mit der Arbeit (n=189).



**Abb. 3.5** Einschätzung der Gesundheit und Arbeitskraft (n=190).

### 3.2.3 Krankheitsanamnese

#### Allgemeine Krankheitszeichen

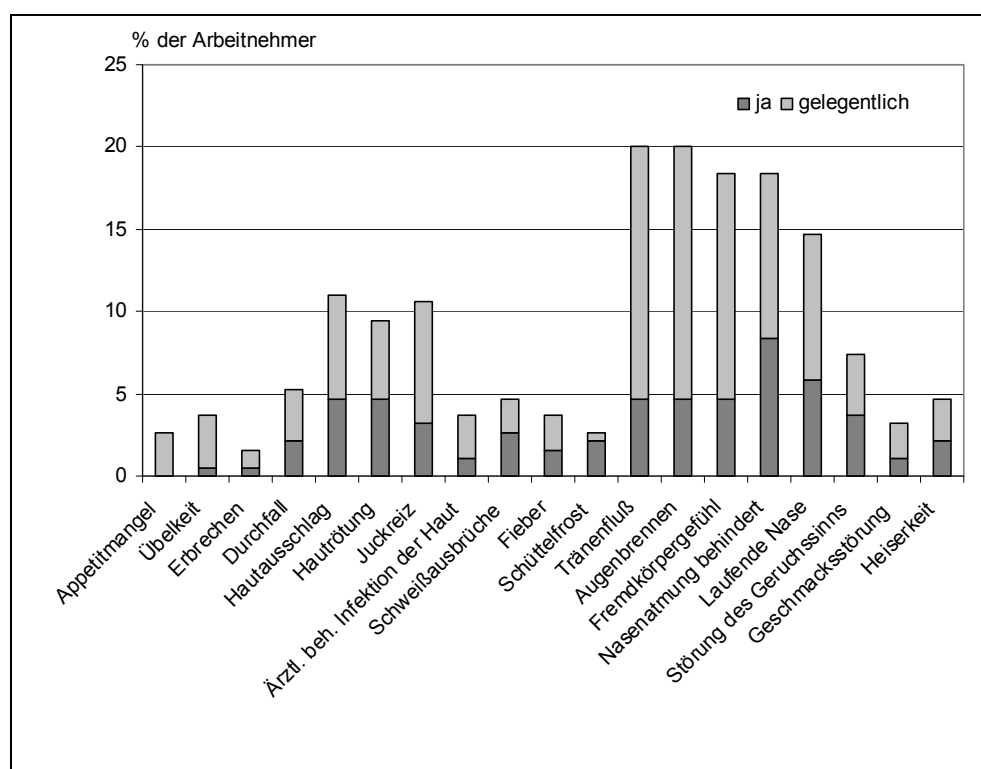
Im Arztinterview wurden 19 Punkte zu allgemeinen Krankheitssymptomen aus den Bereichen Appetit/Verdauung, Veränderung der Haut, Grippesymptome, Auge und Nase/Geschmack abgefragt. Die Ergebnisse zeigen Tabelle 3.6 und Abbildung 3.6. Auffallend oft werden Schleimhautreizungen der Augen, behinderte Nasenatmung und eine laufende Nase berichtet. Hier liegen offensichtlich Beschwerden im Sinne eines Mucous Membrane Irritation Syndrom (MMIS) vor. Diese Beschwerden waren auch in den früheren Untersuchungen schon beobachtet worden. Darüber hinaus wurden wie ebenfalls schon beim 1. Follow-up Veränderungen der Haut angegeben.

**Tab. 3.6** Anamnestische Angaben zu Symptomen und Beschwerden (n=190).

<b>Frage: Treten bei Ihnen seit Tätigkeit in diesem Betrieb folgende allgemeine Krankheitszeichen auf? (nein: bisher nicht aufgetreten; gelegentlich: 1 bis 3 mal im Jahr; ja: mehr als 3 mal im Jahr; Arzt: Arztbesuch wegen dieses Symptoms)</b>				
Krankheitssymptome	nein	gelegentlich	ja	Arzt
1 Appetitmangel	185	5	0	0
2 Übelkeit	183	6	1	0
3 Erbrechen	187	2	1	0
4 Durchfall	180	6	4	2
5 Hautausschlag	169	12	9	3
6 Hautrötung	172	9	9	3
7 Juckreiz	170	14	6	4
8 Ärztl. beh. Infektion der Haut	183	5	2	1
9 Schweißausbrüche	181	4	5	0
10 Fieber	183	4	3	1
11 Schüttelfrost	185	1	4	0
12 Tränenfluss	152	29	9	4

**Tab. 3.6** (Fortsetzung)

Krankheitssymptome	nein	gelegentlich	ja	Arzt
13 Augenbrennen	152	29	9	5
14 Fremdkörpergefühl	155	26	9	3
15 Nasenatmung behindert	155	19	16	2
16 Laufende Nase	162	17	11	1
17 Störung des Geruchssinns	175	7	7	0
18 Geschmacksstörung	184	4	2	0
19 Heiserkeit	181	5	4	0

**Abb. 3.6** Anamnestic Symptome und Beschwerden der Kompostwerker (n=190)

### Allergien

Die Kompostwerker wurden zu ihrem Allergiestatus befragt und ob ein Allergietest durchgeführt wurde. 23% von ihnen gaben an, Allergiker zu sein, wobei 8,4% eine Pollenallergie (bestätigt durch Allergietest bei 5,8%), 5,8% eine Allergie gegen Tiere (bestätigt durch Allergietest bei 4,2%) und 7,4% eine Hausstauballergie (bestätigt durch Allergietest bei 5,3%) nannten.

### Husten und Atemnot

Ca. 20% der aktuell tätigen Kompostarbeiter gaben Husten und ca. 5% Atemnot an, wobei jeweils die Hälfte von ihnen Arztbesuche im letzten Jahr aufgrund dieser Be-

schwerden wahrgenommen haben. Husten und/oder Atemnot haben ca. 24% aller Kompostwerker.

### 3.2.4 Körperliche Untersuchung

Die körperliche Untersuchung (Tab. 3.7) ergab auffällige Befunde an den Augen (vor allem Rötungen der Bindehaut) und den Schleimhäuten der oberen Atemwege. Die subjektiven Angaben der Beschäftigten werden dadurch objektiviert. Die relativ häufigen Auffälligkeiten bei den Atemgeräuschen untermauern die vermehrten Angaben von Husten und Atemnot in der Anamnese und sprechen für eine Beteiligung der tiefen Atemwege. Die Hautbefunde passen ebenfalls gut zu den anamnestischen Angaben.

**Tab. 3.7** Ergebnisse der körperlichen Untersuchung der aktuell tätigen Kompostwerker (n=190).

Pathologischer Befund	Kompostwerker n (%)
Augen	24 (12,6)
Stirnhöhle	3 (1,6)
Nasennebenhöhlen	5 (2,6)
Nase	5 (2,6)
Mundhöhle	1 (0,5)
Rachen	8 (4,2)
Foetor	0 (0,0)
Zunge	15 (7,9)
Schilddrüse	7 (3,7)
Lymphknoten	0 (0,0)
Asymmetrie	0 (0,0)
Klopfschall	0 (0,0)
Atemgeräusche	11 (5,8)
Nebengeräusche	2 (1,1)
Auskultation	1 (0,5)
Rhythmus	1 (0,5)
Varizen	22 (11,6)
Ödeme	3 (1,6)
Haut	20 (10,6)
Bläschen	1 (0,5)
Akne/Pickel	2 (1,1)
Neurodermitis	3 (1,6)
Psoriasis	2 (1,1)
Sonst. Befunde	7 (3,7)
Exantheme	12 (6,3)
Palmarerythem	5 (2,6)
Trommelschlegelfinger	1 (0,5)

### 3.2.5 Lungenfunktion

Für den Querschnitt der 190 aktuell tätigen Kompostarbeiter wurde lediglich die Lungenfunktionsmessung mit dem Gerät MasterScope berücksichtigt, da die Werte mit den Lungenfunktionsdaten eines Kontrollkollektivs verglichen wurden. Als Kontrollen dienten zunächst 77 aktuell tätige Straßenbauarbeiter, bei denen im Rahmen einer IPA-Feldstudie in den Jahren 2002 bis 2008 u. a. die Lungenfunktion mittels MasterScope erhoben wurde. Die Charakterisierung des Kontrollkollektivs geht aus Tabelle 3.8. hervor.

**Tab. 3.8** Demographische Daten des Kontrollkollektivs (n=77).

Geschlecht	Männlich, n (%)	77 (100)
Alter	in Jahren, MW $\pm$ SD	44,3 $\pm$ 11,2
	Median (Range)	45 (18 - 64)
Größe	in cm, MW $\pm$ SD	178,6 $\pm$ 6,8
	Median (Range)	178 (159 - 196)
Gewicht	in kg, MW $\pm$ SD	86,0 $\pm$ 11,2
	Median (Range)	85,0 (65,0 - 115,0)
BMI	in kg/cm <sup>2</sup> , MW $\pm$ SD	26,7 $\pm$ 3,2
	Median (Range)	26,6 (20,8 - 35,7)
aktuelle Raucher Nichtraucher	n (%)	40 (51,9)
		37 (48,1)

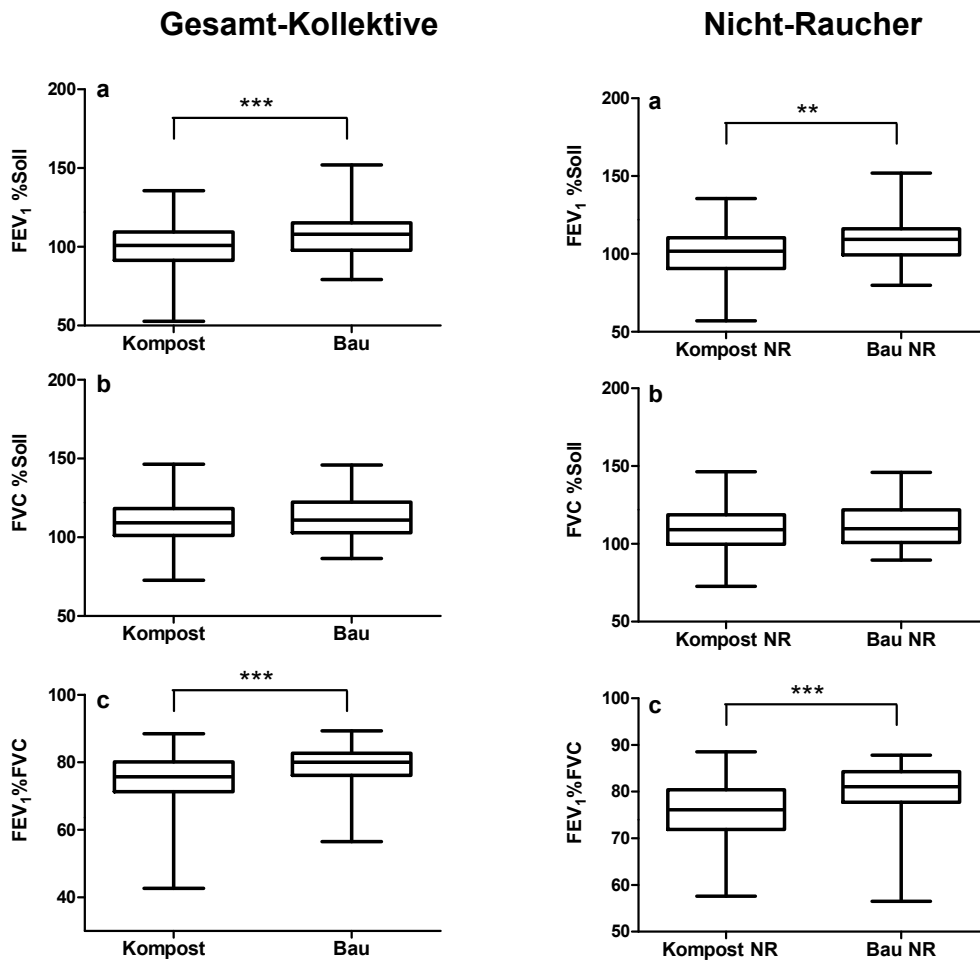
Tabelle 3.9 zeigt die Ergebnisse der Lungenfunktionstestung bei den aktuell tätigen Kompostarbeitern bzw. im Kontrollkollektiv. Da die Lungenfunktionsdaten lediglich für 70 Straßenbauarbeiter vorlagen, gingen auch nur diese in den Vergleich ein.

**Tab. 3.9** Lungenfunktionsmesswerte der aktuell tätigen Kompostarbeiter (Kompost, n=190) im Vergleich zu Straßenbauarbeitern (Bau, n=70). In beiden Kollektiven erfolgte die Messung mit dem MasterScope-Gerät.

	FEV <sub>1</sub> %Soll		FVC %Soll		FEV <sub>1</sub> %FVC	
	Kompost n=190	Bau n=70	Kompost n=190	Bau n=70	Kompost n=190	Bau n=70
Mittelwert $\pm$ SD	100,2 $\pm$ 13,4	107,7 $\pm$ 14,8	109,0 $\pm$ 13,1	112,4 $\pm$ 12,9	75,0 $\pm$ 7,0	78,1 $\pm$ 6,6
Median (Range)	100,9 (52,8 - 135,5)	107,9 (79,3 - 152,0)	109,2 (72,8 - 146,4)	111,0 (86,7 - 145,9)	75,7 (42,7 - 88,5)	80,0 (56,5 - 89,3)

Der statistische Vergleich der Lungenfunktionsparameter ergab bei den Kompostwerkern signifikant niedrigere Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll und FEV<sub>1</sub>%FVC als im Kontrollkollektiv der Straßenbauarbeiter (Abb. 3.7).

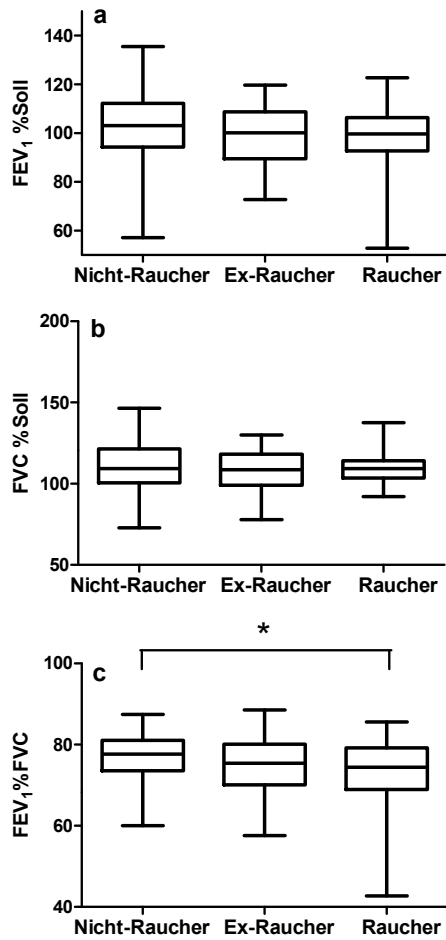




**Abb. 3.7** Vergleich der Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) der aktuell tätigen Kompostarbeiter (Kompost, n=190) mit denen der Straßenbauarbeiter (Bau, n=70) bzw. zwischen nicht-rauchenden Kompostarbeitern (Kompost NR, n=131) und nicht-rauchenden Straßenbauarbeitern (Bau NR, n=32).

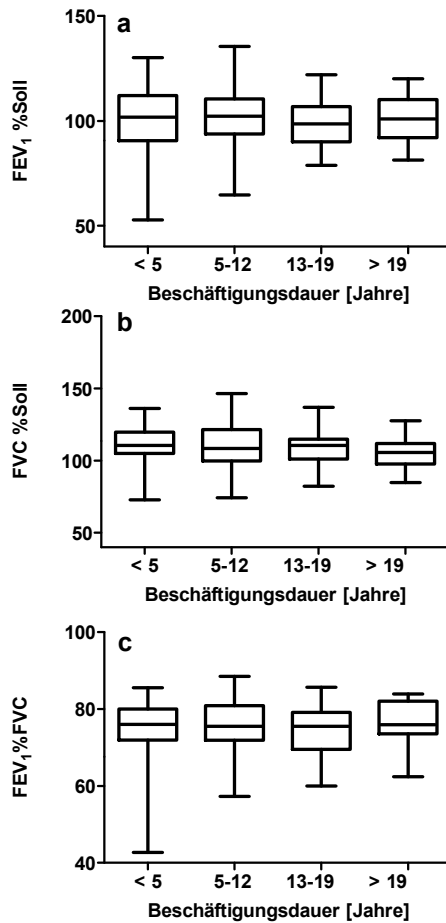
Um den Einfluss des Rauchens zu überprüfen, wurde der Vergleich der Lungenfunktionsparameter zwischen den Kompost- und Straßenbauarbeitern für Nicht-Raucher (Nicht- und Ex-Raucher) wiederholt. Auch beim Vergleich der nicht-rauchenden Kollektive blieb der Unterschied in den Lungenfunktionsparametern FEV<sub>1</sub>%Soll und FEV<sub>1</sub>%FVC signifikant (Abb. 3.7). Der prozentuale Anteil der aktuellen Raucher lag im Kollektiv der Kompostarbeiter mit 31% (n=59) niedriger als im Kontrollkollektiv mit 52% (n=40).

Vergleicht man innerhalb des Kollektives der 190 Kompostarbeiter die Lungenfunktionswerte der Gruppen Nicht-Raucher (n=60), Ex-Raucher (n=71) und aktuelle Raucher (n=59), so ergibt sich zwischen den Gruppen lediglich für FEV<sub>1</sub>%FVC ein signifikanter Unterschied zwischen Rauchern und Nicht-Rauchern (Abb. 3.8).



**Abb. 3.8** Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) der aktuell tätigen Kompostarbeiter in Abhängigkeit vom Rauchverhalten. Nicht-Raucher (n=60), Ex-Raucher (n=71), aktuelle Raucher (n=59).

Ein Zusammenhang zwischen der Beschäftigungsdauer im Kompostwerk und der Lungenfunktion konnte im Gesamt-Kollektiv nicht nachgewiesen werden (Abb. 3.9).



**Abb. 3.9** Zusammenhang zwischen Lungenfunktionsparametern FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) und der Beschäftigungsdauer im Kompostwerk (n=189) (Beschäftigungsdauer < 5 Jahre: n=35, 5-12 Jahre: n=65, 13-19 Jahre: n=64, >19 Jahre: n=25).

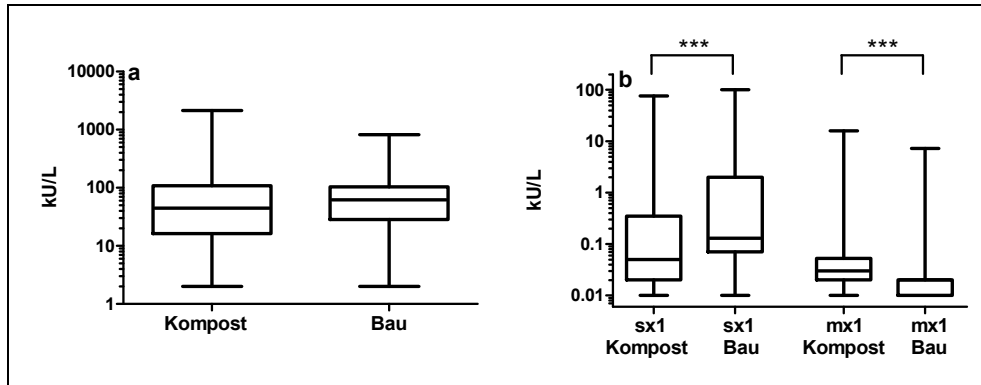
### 3.2.6 Antikörperbestimmung

Der Gehalt an relevanten spezifischen IgE- (sIgE) und IgG-Antikörpern (sIgG) und des Gesamt-IgE wurde mittels ImmunoCAP-System bestimmt. Wie im Methodenteil beschrieben, erfolgte die Antikörperbestimmung in den Seren aller aktuell untersuchten Kompostarbeiter sowie in den Altseren von den Mitarbeitern, die bereits an mindestens einer früheren Studie teilgenommen hatten. Außerdem wurden die Seren von 77 aktuell tätigen Straßenbauarbeitern (Kontrollkollektiv Bau; Charakterisierung s. Tab. 3.8) hinsichtlich derselben Parameter getestet (Tab. 3.10).

**Tab. 3.10** Positive sIgE- bzw. sIgG-Testergebnisse in den Seren von 190 aktuell tätigen Kompostarbeitern (2009), in den entsprechenden asservierten Seren von 1996, 1997 und 2001 sowie in Seren von 77 Straßenbauarbeitern (Bau).

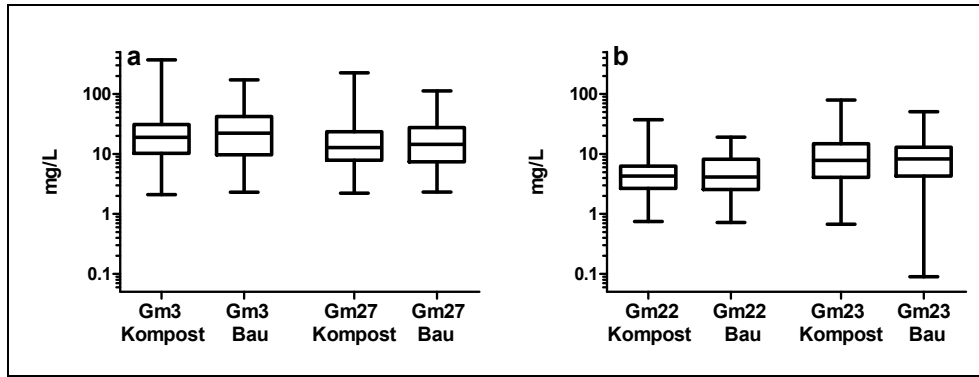
	Kompost 1996	Kompost 1997	Kompost 2001	Kompost 2009	Bau 2009
Anzahl getesteter Seren, n	59	62	92	190	77
Gesamt-IgE (positiv > 100 kU/L)					
Anzahl Positiver, n (%)	15 (25)	22 (36)	23 (25)	49 (26)	20 (26)
Median (Range)	33,2 (2-1213)	51,4 (2-501)	32,5 (2-1673)	44,4 (2-2133)	62 (2-816)
Spez. IgE Umwelallergene (sx1, pos. $\geq$ 0,35 kU/L)					
Anzahl Positiver, n (%)	18 (31)	16 (26)	17 (19)	48 (25)	26 (34)
Median (Range)	0,08 (0,01-70)	0,08 (0,01-63)	0,06 (0,01-61)	0,05 (0,0-76)	0,13 (0,01-100)
Spez. IgE Schimmelpilzmix (mx1, pos. $\geq$ 0,35 kU/L)					
Anzahl Positiver, n (%)	4 (6,8)	3 (4,8)	3 (3,3)	14 (7,4)	1 (1,3)
Median (Range)	0,03 (0,02-11,3)	0,04 (0,01-10,1)	0,03 (0,01-19,7)	0,03 (0,01-15,9)	0,02 (0,01-7,2)
Spez. IgG <i>Aspergillus fumigatus</i> (Gm3, pos. > 39 mg/L)					
Anzahl Positiver, n (%)	5 (8,5)	3 (4,8)	12 (13)	33 (17)	20 (26)
Median (Range)	16,3 (3,02-75,2)	13,7 (1,93-75,1)	15,2 (3,28-114)	19,0 (2,09-371)	22,3 (2,3-171)
Spez. IgG <i>Penicillium</i> spp. (Gm27, pos. > 50 mg/L)					
Anzahl Positiver, n (%)	0 (0)	1 (1,6)	2 (2,2)	13 (6,8)	8 (10)
Median (Range)	12,2 (2,57-48)	11,6 (1,82-65)	11,1 (2,55-79)	12,8 (2,22-224)	14,5 (2,32-112)
Spez. IgG <i>Saccharopolyspora rectivirgula</i> (Gm22, pos. > 10 mg/L)					
Anzahl Positiver, n (%)	7 (12)	4 (6,5)	5 (5,4)	16 (8,4)	11 (14)
Median (Range)	5,27 (1,32-23)	4,69 (0,82-16)	4,31 (1,31-28)	4,3 (0,75-37)	4,14 (0,72-19)
Spez. IgG <i>Thermoactinomyces vulgaris</i> (Gm23, pos. > 29 mg/L)					
Anzahl Positiver, n (%)	2 (3,4)	2 (3,2)	4 (4,3)	19 (10)	4 (5,2)
Median (Range)	7,95 (1,68-65)	6,70 (1,65-60)	5,91 (0,5-51)	7,86 (0,67-80)	8,28 (0,09-50)

Es wird deutlich, dass der prozentuale Anteil positiver Testergebnisse in den Gruppen variiert. Auffallend ist, dass der Anteil von Sensibilisierungen gegen den Schimmelpilzmix (slgE mx1) in allen vier Kompostarbeiter-Jahrgängen höher ist als im Kontrollkollektiv. Deutlich wird dieser Unterschied vor allem zwischen den aktuell untersuchten Kompostarbeitern (2009) und dem Bau-Kontrollkollektiv ( $p = 0,075$ ). Für die slgG-Werte sieht man diesen Effekt nur bei *Thermoactinomyces vulgaris* im Jahr 2009. Auf die Veränderung der Antikörpertiter im Längsschnitt wird in Kapitel 3.3.7 (Längsschnittstudie) eingegangen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Antikörpertestung in den Seren der 190 aktuell tätigen Kompostarbeiter im Vergleich zu den Ergebnissen des Kontrollkollektivs (77 Straßenbauarbeiter) dargestellt.



**Abb. 3.10** Gegenüberstellung der CAP-Ergebnisse für Gesamt-IgE (a) bzw. slgE (b) in den Seren der Kompostarbeiter (Kompost,  $n=190$ ) bzw. der Straßenbauarbeiter (Bau,  $n=77$ ).  
(sx1 = Umweltallergen-Mix, mx1 = Schimmelpilz-Mix)

Während sich die Gesamt-IgE-Werte in den beiden Kollektiven relativ wenig unterscheiden (Abb. 3.10a), weisen die aktuell tätigen Kompostarbeiter signifikant geringere slgE-Titer gegen den Umweltallergen-Mix (sx1) auf. Dieser Befund ist am ehesten als sogenannter „Healthy-Worker-Survivor-Effect“ zu interpretieren. Das bedeutet, dass Personen mit Sofortallergien wie Heuschnupfen und allergischem Asthma bronchiale an solchen Arbeitsplätzen nicht tätig werden, weil sie dort vermehrte Beschwerden vermuten oder die Arbeit nach kurzer Zeit wegen Beschwerden wieder aufgeben. Anders sieht es für slgE gegen Schimmelpilze aus, denn hier weisen die Kompostarbeiter signifikant höhere Werte auf (Abb. 3.10b). Bei der Interpretation der Abbildung muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass im Falle des spezifischen IgE erst Messwerte  $\geq 0,35$  kU/L als positiv im Sinne einer Sensibilisierung gelten und die Zahl der Sensibilisierten auf einem recht niedrigen Niveau liegt.



**Abb. 3.11** Gegenüberstellung der CAP-Ergebnisse für sIgG gegen Schimmelpilze (a) bzw. gegen Actinomyceten (b) in den Seren der Kompostarbeiter (Kompost, n=190) bzw. der Straßenbauarbeiter (Bau, n=77). (Gm3 = *Aspergillus fumigatus*, Gm27 = *Penicillium* spp., Gm22 = *Saccharopolyspora rectivirgula*, Gm23 = *Thermoactinomyces vulgaris*)

Obwohl IgG-Antikörper in der Regel als Expositionsmarker angesehen werden, zeigten sich 2009 keine signifikanten Unterschiede in den sIgG-Titern für Schimmelpilze und Actinomyceten zwischen den Kompostarbeitern und der Kontrollgruppe (Abb. 3.11). In diesem Zusammenhang muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass keinerlei Informationen darüber vorliegen, inwieweit das Kollektiv der Straßenbauarbeiter bei ihrer beruflichen Tätigkeit oder auch im privaten Umfeld gegenüber Schimmelpilzen und Bakterien (Actinomyceten) exponiert war. Darüber hinaus hängt die Bildung von Antikörpern noch von verschiedenen anderen Faktoren, wie Alter, Geschlecht und Rauchstatus ab. Um letzteres zu überprüfen, wurde der Vergleich zwischen den beiden Kollektiven für Nicht-Raucher (Nicht- und Ex-Raucher) wiederholt. Dies führte jedoch zu nahezu identischen Ergebnissen wie im Gesamt-Kollektiv (keine Abbildung).

In einem zweiten Schritt unserer Studie wurde das frühere NLÖ-Referenzkollektiv untersucht.

### 3.3 Längsschnitt

Die Längsschnittauswertung des 2. Follow-up basiert auf den Daten von 76 Probanden, die 1996/97 und 2009 an der Studie teilgenommen haben und seitdem kontinuierlich in der Kompostierung beschäftigt waren. Somit gehen 40% der 190 untersuchten aktuell tätigen Kompostarbeiter in die Längsschnittauswertung ein. Für das Kollektiv 1996/97 wurden die Daten aus dem Studiengang 1996 herangezogen und für Probanden, die 1996 nicht teilgenommen haben, durch deren Daten von 1997 ergänzt (Tab. 3.11).

**Tab. 3.11** Darstellung des Längsschnittkollektives (n=76).

	1996 - 2009	1997 - 2009	Gesamt
Kompostwerker	64	12	76

### 3.3.1 Demographie und Rauchverhalten

Die Mehrzahl (97%) des Längsschnittkollektives war männlich. Durchschnittlich war das Gewicht nach 12-13 Jahren um ca. 5% angestiegen. Dreizehn Kompostwerker haben in dieser Zeit das Rauchen aufgegeben und die Anzahl der Nichtraucher, die passivem Rauch ausgesetzt waren, hat sich um mehr als die Hälfte verringert (Tab. 3.12).

**Tab. 3.12** Übersicht der demographischen Daten des Längsschnittkollektivs (n=76).

Total (n=76)			1996	2009
Geschlecht	männlich	n (%)	74 (97,4)	
	weiblich	n (%)		
Alter	in Jahren	Mittelwert ± SD	35,5 ± 7,2	48,3 ± 7,1
		Median (Range)	35 (22-51)	48 (35-64)
Nationalität	deutsch	n (%)	74 (97,4)	
	türkisch	n (%)		
Größe	in cm	Mittelwert ± SD	179,5 ± 7,3	179,9 ± 7,0
		Median (Range)	180 (161-200)	180 (162-200)
Gewicht	in kg	Mittelwert ± SD	86,9 ± 13,8	91,2 ± 16,3
		Median (Range)	86 (58-133)	88 (60-148)
BMI	in kg/m <sup>2</sup>	Mittelwert ± SD	27,0 ± 4,0	28,2 ± 4,6
		Median (Range)	27 (20-40)	27 (20-44)
Raucher, davon	> 10 Zig./d	n (%)	30 (39,5)	17 (22,4)
		n (%)	25 (32,9)	11 (14,5)
starke Raucher	< 10 Zig./d	n (%)	5 (6,6)	5 (6,6)
		n (%)	26 (34,2)	26 (34,2)
mäßige Raucher	nie geraucht	n (%)	20 (26,3)	33 (43,4)
		n (%)		
Nichtraucher				
Ehemalige Raucher				
Passivraucher	Zu Hause/ Pausenraum	n (%)	31 (40,8)	12 (15,8)

### 3.3.2 Arbeitsanamnese und Exposition

#### Dauer der Betriebszugehörigkeit

Im Vergleich zu 1996/97 ist das Längsschnittkollektiv 2009 im Mittel seit 17,2 Jahren in der Kompostierung tätig. Damals lag die durchschnittliche Dauer der Betriebszugehörigkeit bei 3,8 Jahren.

#### Arbeitsvorgeschichte und landwirtschaftlicher Nebenerwerb

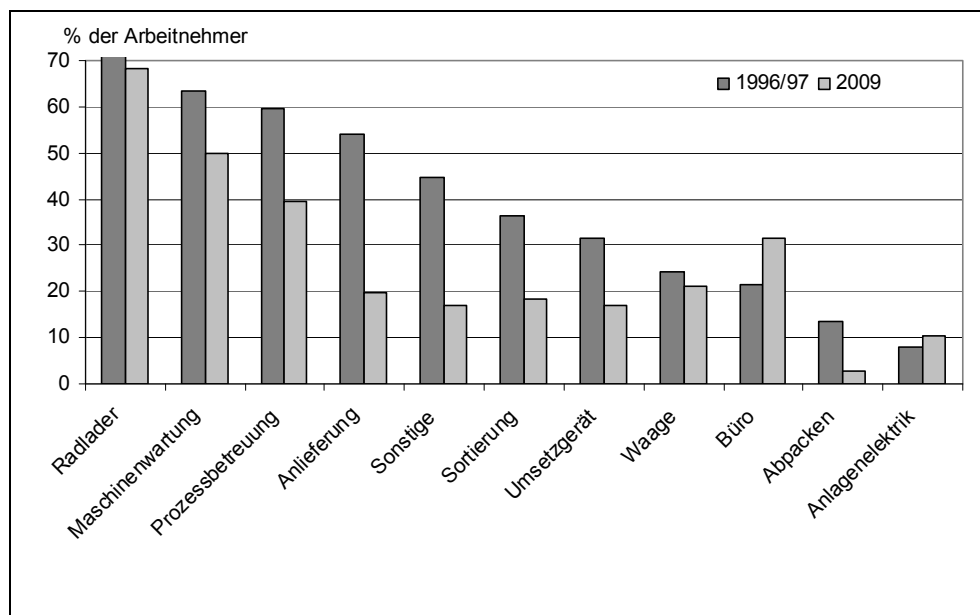
Bei der Befragung zur früheren Bioaerosolexposition gaben 1996/97 58% und 2009 70% der Kompostwerker an, früher in der Landwirtschaft und/oder Abfallwirtschaft gearbeitet zu haben. Die Angaben zur aktuellen außerberuflichen Exposition durch Landwirtschaft und/oder Gartentätigkeit liegt in beiden Studiendurchgängen bei ca. 50%.

### Arbeitsplätze und aktuelle Exposition

In Tabelle 3.13 und Abbildung 3.12 sind die Angaben zu den Arbeitsplätzen und zu den häufigsten Tätigkeiten gegenübergestellt. Sowohl 1996/97 als auch 2009 zählten die Arbeit mit dem Radlader, die Maschinenwartung und die Prozessbetreuung zu den häufigsten Tätigkeiten der befragten Kompostarbeiter. Die Arbeit in der manuellen Sortierung hat, vermutlich aufgrund von Automatisierungsprozessen, abgenommen. Aktuell arbeiten weniger Kompostwerker im Bereich der Anlieferung während Büroarbeiten häufiger ausgeübt werden.

**Tab. 3.13** Arbeitsplätze und Tätigkeiten des Längsschnittkollektivs.

<b>Arbeitsplätze und Tätigkeiten der Arbeitnehmer</b>				
	<b>1996/97 (n=74)</b>		<b>2009 (n=76)</b>	
<b>Arbeitsplätze</b>	<b>[n]</b>	<b>[%]</b>	<b>[n]</b>	<b>[%]</b>
Radlader	57	77,0	52	68,4
Maschinenwartung	47	63,5	38	50,0
Prozessbetreuung	44	59,5	30	39,5
Anlieferung	40	54,1	15	19,7
Sonstige	33	44,6	13	17,1
Sortierung	27	36,5	14	18,4
Umsetzgerät	23	31,5	13	17,1
Waage	18	24,3	16	21,1
Büro	16	21,6	24	31,6
Abpacken	10	13,5	2	2,6
Anlagenelektrik	6	8,1	8	10,5

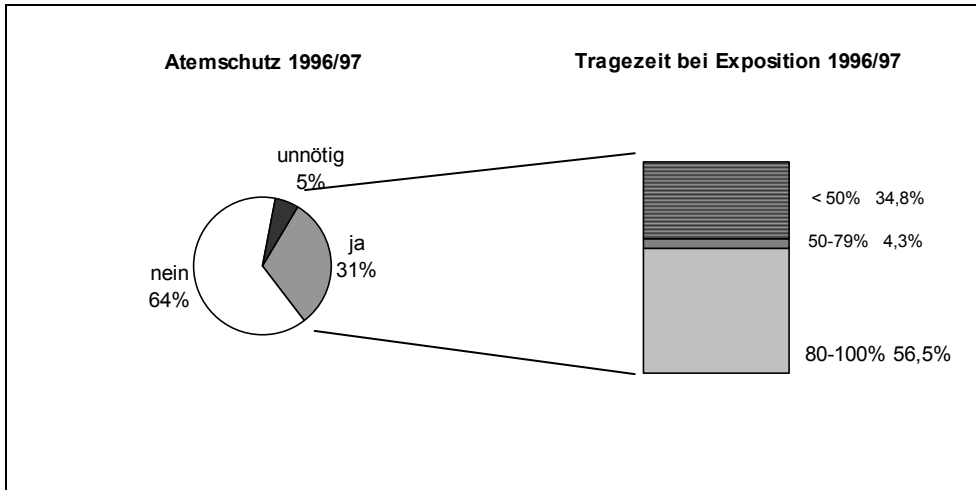


**Abb. 3.12** Definierte Arbeitsplätze der Kompostarbeiter 2009 (n=76) im Vergleich zu 1996/97 (n=74).

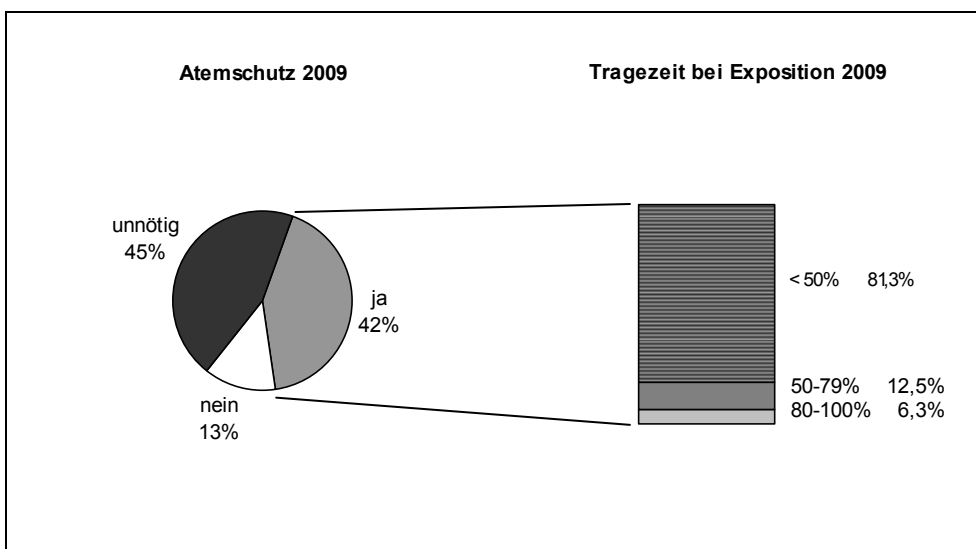


### Tragezeit von persönlichem Atemschutz

Bei der Betrachtung der Angaben zum Atemschutz fällt auf, dass im Gegensatz zu 1996/97 (5%) fast die Hälfte der Kompostwerker im Jahr 2009 angaben, keinen Atemschutz zu tragen, da dies unnötig sei. Gleichzeitig gaben 81% der Kompostwerker, die einen Atemschutz bei Exposition tragen an, dass die Tragezeit weniger als 50% der Arbeitszeit ausmacht (Abb. 3.13 u. 3.14). Die Gründe hierfür können in der Verbesserung der Schutzmaßnahmen (z. B. schutzbelüftete Radlader) und dem Wegfall von Tätigkeiten mit hoher Exposition in vielen Anlagen (z. B. manuelle Sortierung) liegen.



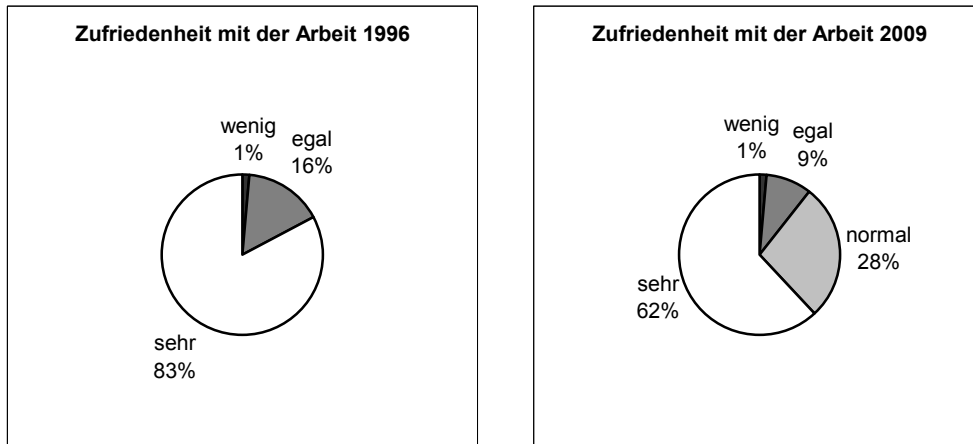
**Abb. 3.13** Atemschutz bei der aktuellen Tätigkeit (n=74) und Tragezeit bei Exposition (n=73), 1996/97.



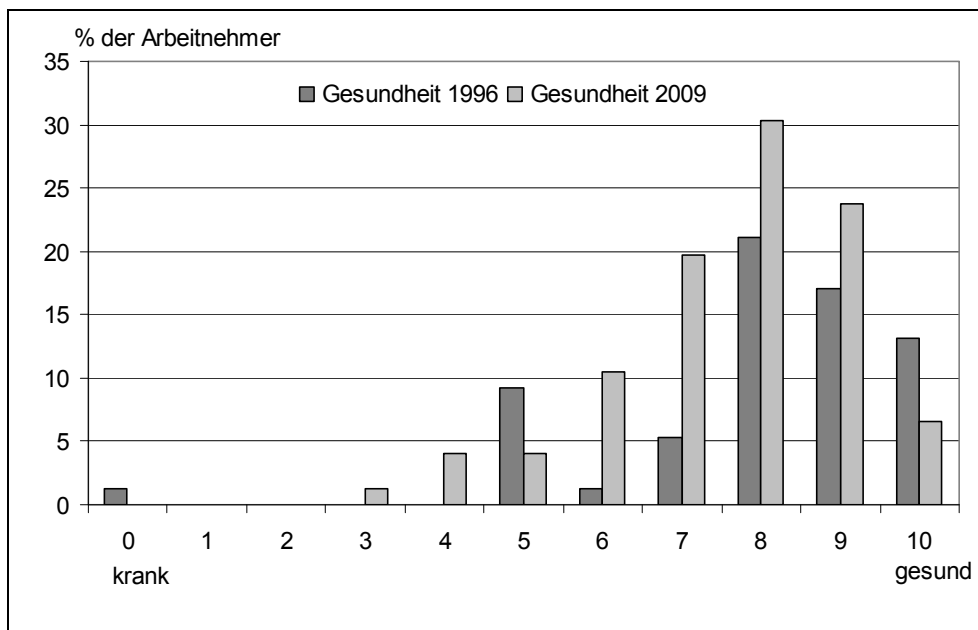
**Abb. 3.14** Atemschutz bei der aktuellen Tätigkeit (n=76) und Tragezeit bei Exposition (n=32), 2009.

### Subjektive Arbeitszufriedenheit und Einschätzung von Gesundheit und Arbeitskraft

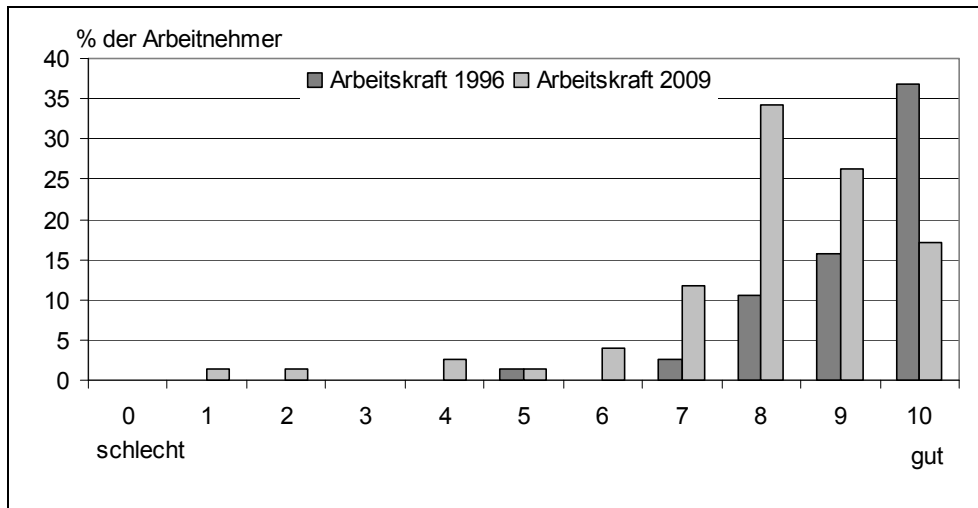
In Abbildung 3.15 wird der Unterschied bei der Bewertung der Arbeitszufriedenheit zwischen den Studien 1996/97 und 2009 dargestellt. Abbildung 3.16 und Abbildung 3.17 zeigen die Einschätzung der Gesundheit und Arbeitskraft des Längsschnittkollektives.



**Abb. 3.15** Zufriedenheit mit der Arbeit (n=76).



**Abb. 3.16** Selbsteinschätzung der Gesundheit (1996/97 n=52, 2009 n=76).



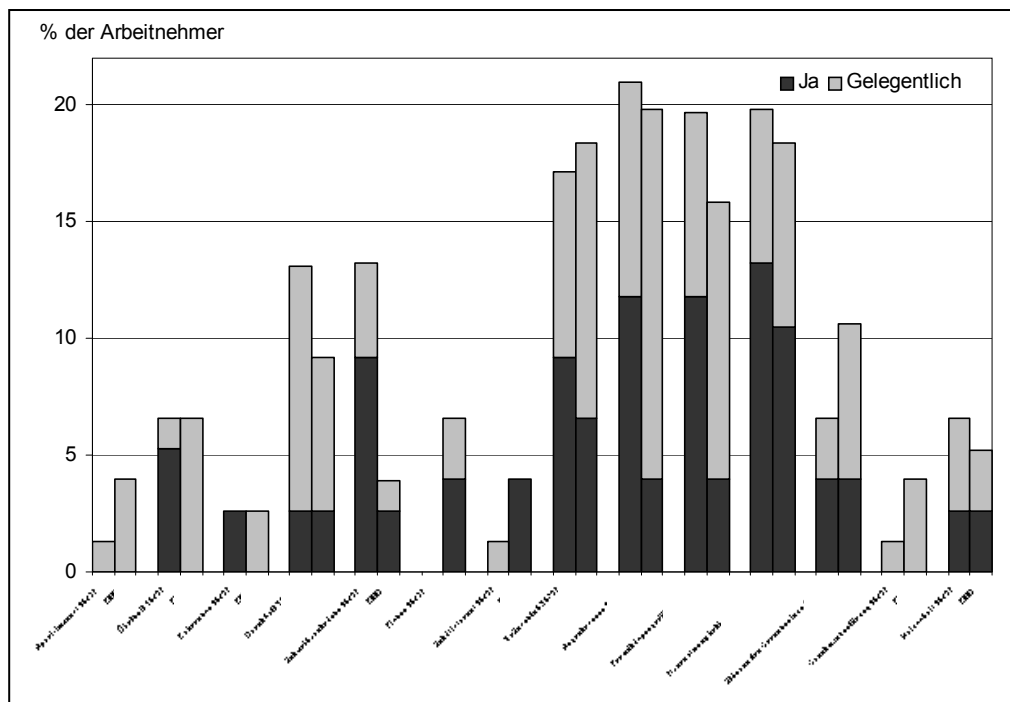
**Abb. 3.17** Selbsteinschätzung der Arbeitskraft (1996/97 n=51, 2009 n=76).

Aus den Abbildungen 3.15, 3.16 und 3.17 ist erkennbar, dass im Vergleich zu 1996/97 2009 weniger Personen eine sehr hohe Arbeitszufriedenheit angaben. Zwar bewerteten aktuell noch immer mehr als die Hälfte der Beschäftigten ihre Gesundheit und Arbeitskraft als gut (8 bzw. 9 Punkte auf der Skala), die Zahl derer, die beides als uneingeschränkt positiv beurteilten (10 Punkte), ist jedoch seit 1996/97 gesunken. Die Aussagekraft der Daten ist durch die hohe Zahl fehlender Angaben für 1996/97 eingeschränkt.

### 3.3.3 Krankheitsanamnese

#### Allgemeine Krankheitszeichen

Für das Längsschnittkollektiv wurden 14 Symptome ausgewertet, die sowohl im Studiendurchgang 1996/97 als auch im Studiendurchgang 2009 abgefragt wurden. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 3.18. Zusammenfassend kann man erkennen, dass die Kompostwerker in beiden Studiendurchgängen vermehrt Schleimhautreizungen der Augen mit vermehrtem Tränenfluss und Fremdkörpergefühl angaben, was höchstwahrscheinlich mit der Bioaerosolexposition in Zusammenhang steht. Insgesamt sind die Angaben über Beschwerden im Längsschnittkollektiv eher rückläufig, was auf einen Gewöhnungseffekt, aber auch auf besseren Arbeitsschutz, hinweisen kann.



**Abb. 3.18** Darstellung der allgemeinen Krankheitszeichen aus der Anamnese des Längsschnittkollektives (n=76).

### Allergien

Die Angabe der Häufigkeit von Allergien gibt Tabelle 3.14 wieder. Bei dem Allergiestatus handelt es sich um Eigenangaben; es wurde zusätzlich gefragt, ob die Allergie durch einen entsprechenden Allergietest bestätigt wurde. Nach den Angaben der 76 befragten Kompostarbeiter zu urteilen, hatte die Zahl der Allergiker zwischen 1996/97 und 2009 leicht zugenommen und lag aktuell bei 28,9%. Bezogen auf die westdeutsche Allgemeinbevölkerung ist dies eher gering, da laut einer Studie an 3000 Deutschen ein Drittel (33,3%) der Befragten angab, an einer Allergie zu leiden (NOWAK et al., 1996). Dieser Befund spricht für einen Healthy-Worker-Survivor-Effect in der Gruppe der Kompostarbeiter.

**Tab. 3.14** Subjektive Angaben zum Allergiestatus in % (n=76).

	1996/97		2009	
	Angabe	Test	Angabe	Test
Allergiker	22,4%		28,9%	
Pollen	10,5%	6,6%	11,8%	9,2%
Tiere	7,9%	3,9%	9,2%	6,6%
Hausstaub	5,3%	5,3%	11,8%	9,2%

## Husten und Atemnot

Die Kompostwerker wurden gefragt, ob sie unabhängig von einer Erkältung mehrere Tage bis Wochen Hustenphasen hätten. 1996/97 war dies bei sieben Befragten (9%) der Fall, von denen ca. ein Drittel zum Arzt ging. Allerdings gaben 2009 17 Kompostwerker (22%) an, unter Husten zu leiden, was einem signifikanten Anstieg seit 1996/97 entspricht ( $p = 0,026$ ). Nach den Angaben von 2009 befand sich etwa die Hälfte derjenigen, die über Husten klagten, deswegen in ärztlicher Behandlung. Die Angabe der Häufigkeit von Atemnot blieb im Verlauf etwa gleich. 1996/97 hatten drei Kompostwerker Atemnot, wobei einer deshalb in ärztlicher Behandlung war. 2009 waren dies zwei Kompostwerker, die aufgrund der Atemnot einen Arzt aufgesucht hatten.

### 3.3.4 Körperliche Untersuchung

Die körperliche Untersuchung im Längsschnitt zeigte einen Rückgang der oralen Beschwerden (Mundhöhle, Rachen) und der Haut-Beschwerden (Tab. 3.15). Im Gegensatz dazu nahmen die Beschwerden an Stirn- und Nasennebenhöhlen leicht zu. Pathologische Befunde an den Augen waren 2009 genauso wie 1996/97 recht häufig. Die Zunahme von Krampfadern (Varizen) ist am ehesten durch das höhere Alter der Kohorte bei der jetzigen Untersuchung zu erklären.

**Tab. 3.15** Ergebnisse der körperlichen Untersuchung des Längsschnittkollektives.

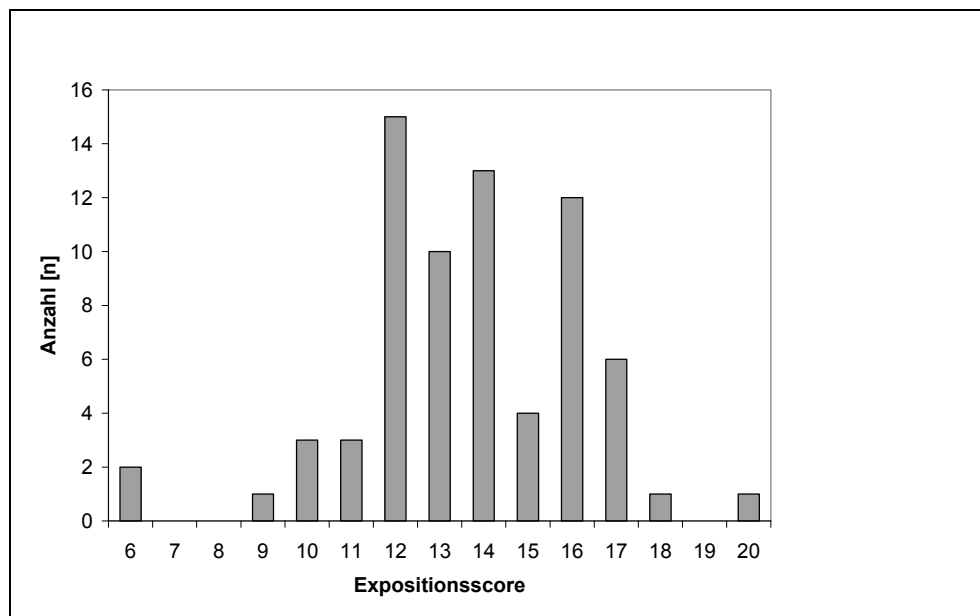
Pathologischer Befund	1996/97 (n=76) n (%)	2009 (n=76) n (%)
Augen	15 (19,7)	11 (14,5)
Stirnhöhle	0 (0,0)	3 (4,0)
Nasennebenhöhlen	2 (2,6)	5 (6,6)
Nase	6 (7,9)	1 (1,3)
Mundhöhle	10 (13,2)	0 (0,0)
Rachen	21 (27,6)	3 (4,0)
Foetor	7 (9,2)	0 (0,0)
Zunge	2 (2,6)	6 (7,9)
Schilddrüse	0 (0,0)	4 (5,3)
Lymphknoten	0 (0,0)	0 (0,0)
Asymmetrie	5 (6,6)	0 (0,0)
Klopfschall	2 (2,6)	0 (0,0)
Atemgeräusche	2 (2,6)	5 (6,6)
Nebengeräusche	0 (0,0)	1 (1,3)
Auskultation	3 (4,0)	1 (1,3)
Rhythmus	0 (0,0)	0 (0,0)
Varizen	3 (4,0)	11 (14,5)
Ödeme	0 (0,0)	2 (2,6)
Haut	23 (30,3)	9 (11,8)
Bläschen	0 (0,0)	1 (1,3)
Akne/Pickel	5 (6,6)	1 (1,3)
Neurodermitis	0 (0,0)	1 (1,3)

**Tab. 3.15** (Fortsetzung)

Pathologischer Befund	1996/97 (n=76) n (%)	2009 (n=76) n (%)
Psoriasis	0 (0,0)	1 (1,3)
Macula	6 (7,9)	0 (0,0)
Gesichtsröte	1 (1,3)	0 (0,0)
Dermographismus	1 (1,3)	0 (0,0)
Hämangiome	1 (1,3)	0 (0,0)
Folliculitis	1 (1,3)	0 (0,0)
Dyshidrosis	1 (1,3)	0 (0,0)
Seborrhoe	1 (1,3)	0 (0,0)
Sonst. Befunde	3 (4,0)	3 (3,9)
Exantheme	3 (4,0)	4 (5,3)
Palmaerythem	3 (4,0)	2 (2,6)
Trommelschlegelfinger	0 (0,0)	0 (0,0)

### 3.3.5 Ermittlung des Expositionsscores

Wie aus Abbildung 3.19 hervorgeht, war die Mehrzahl der im Längsschnitt analysierten Kompostarbeiter von 1996/97 bis 2009 mittel- bis höhergradig gegenüber Bioaerosolen exponiert. In 96% der Fälle ergab sich ein Expositionsscore  $\geq 10$ . Sehr geringe Expositionsbewertungen (Score  $< 5$ ) ergaben sich in keinem Fall.

**Abb. 3.19** Verteilung des Expositionsscores des Längsschnittkollektivs (n=71).

Der Mittelwert und auch die Summe der Wertzahlen für „Tragezeiten von Atemschutz“ bzw. „tägliche Bioaerosolexposition“, die in die Berechnung des Expositionsscores (s. Tab. 2.5) eingegangen sind, waren 2009 im Vergleich zu 1996/97 gesun-

ken, so dass man hier eine leichte Verbesserung registrieren kann (Mittelwerte 1996/97 vs. 2009: „Tragezeiten von Atemschutz“: 3,06 (Summe: 217) vs. 1,69 (Summe: 120); „tägliche Bioaerosolexposition“: 2,55 (Summe: 181) vs. 2,49 (Summe: 177)).

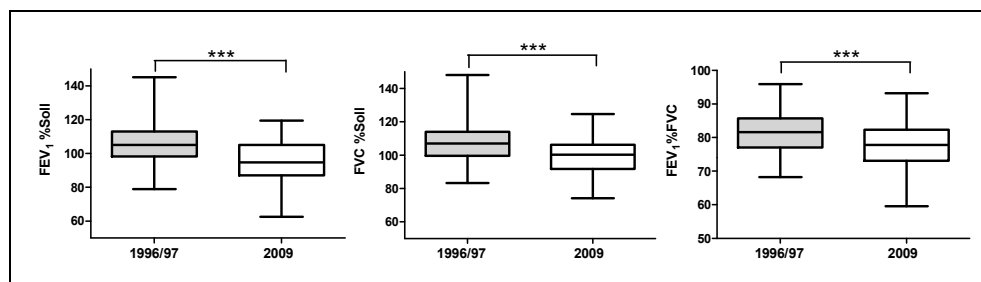
### 3.3.6 Lungenfunktion

Da die Lungenfunktionsparameter in den früheren Studien ausschließlich mit dem Spirometer Flowscreen gemessen wurden, werden im folgenden Längsschnittvergleich auch für die aktuelle Studie nur die mit diesem Gerät erhobenen Daten bewertet. Dabei wurden – wie unter 3.1 beschrieben – ausschließlich die „Filterkorrigierten“ Messwerte verwendet. Da aufgrund mangelnder Mitarbeit die Lungenfunktionsmesswerte für einen Probanden nicht auswertbar waren, basiert die Längsschnittanalyse für die Lungenfunktionsmesswerte auf den Daten von 75 Probanden.

**Tab. 3.16** Lungenfunktionsmesswerte im Längsschnittkollektiv von 1996/97 und 2009 (n=75).

	FEV <sub>1</sub> %Soll		FVC %Soll		FEV <sub>1</sub> %FVC	
	1996/97	2009	1996/97	2009	1996/97	2009
Mittelwert ± SD	105,3 ± 11,4	94,2 ± 11,7	107,3 ± 11,6	98,8 ± 11,4	81,6 ± 5,8	77,2 ± 6,8
Median (Range)	105,0 (78,9-145,0)	94,8 (62,6-119,3)	107,0 (83,3-148,0)	100,3 (74,2-124,7)	81,6 (68,2-95,9)	77,6 (59,3-93,1)

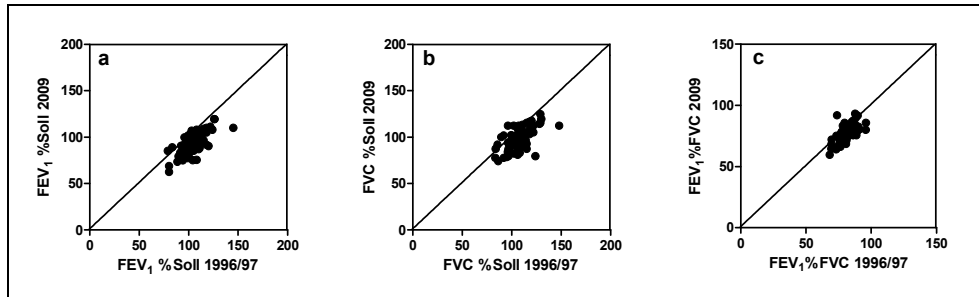
Während das Längsschnittkollektiv 1996/97 im Mittel FEV<sub>1</sub>- und FVC-Werte (bezogen auf die Sollwerte) über 100% erreichte, lagen die entsprechenden Messwerte 12 bis 13 Jahre später (2009) im Mittel unter 100%. Auch die mittleren FEV<sub>1</sub>%FVC-Werte waren seit der ersten Studie gesunken (Tab. 3.16). Die Abnahme betrug für FEV<sub>1</sub>% Soll im Mittel 11,1%, für FVC%Soll 8,5% und für FEV<sub>1</sub>%FVC 4,4%. Wie aus Abbildung 3.20 hervorgeht, ist die Abnahme zwischen 1996/1997 und dem 2. Follow-up für alle Lungenfunktionsparameter hochsignifikant.



**Abb. 3.20** Vergleich der Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) zwischen 1996/97 und 2009 im Längsschnitt (n=75).

Um die individuellen Veränderungen der Lungenfunktionswerte zwischen 1996/97 und 2009 zu erkennen, wurden die Daten gegeneinander aufgetragen (Abb. 3.21). Dabei ist erkennbar, dass für alle drei Lungenfunktionsparameter (FEV<sub>1</sub>, FVC und

FEV<sub>1</sub>%FVC-Werte) nahezu alle Datenpunkte unterhalb der Winkelhalbierenden liegen, also bis auf wenige Ausnahmen alle 75 Kompostarbeiter 2009 geringere Werte aufwiesen. Durch den Bezug auf die Sollwerte der altersgleichen Referenzpopulationen (EGKS) ist der Einfluss des Alterungsprozesses, der ebenfalls eine Minderung der Lungenfunktion bewirkt, bereits berücksichtigt.



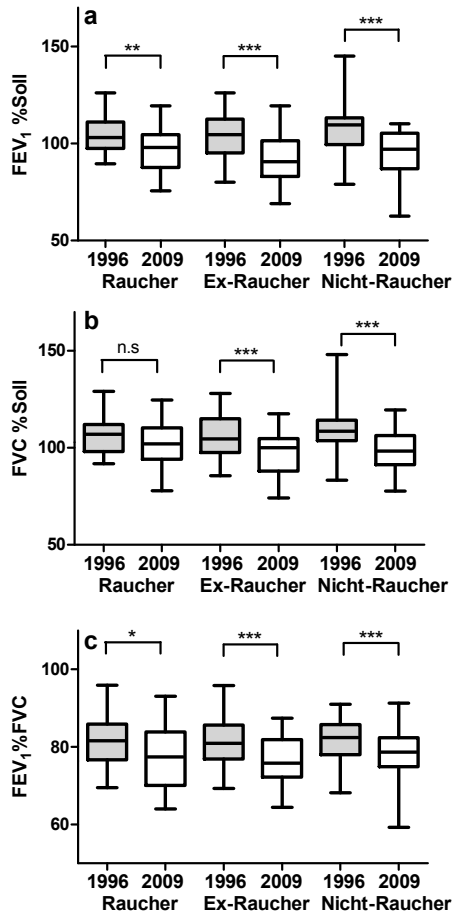
**Abb. 3.21** Korrelation der Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) zwischen 1996/97 und 2009 im Längsschnittkollektiv (n=75).

### Einfluss von Rauchen auf die Lungenfunktion

Da Rauchen bekanntermaßen einen starken Einfluss auf die Lungenfunktion hat, wurde die Veränderung der Messwerte zwischen 1996/97 und 2009 gezielt unter diesem Aspekt ausgewertet (Abb. 3.22). Bei der Studie im Jahr 2009 waren 17 Personen aktuelle Raucher, 26 Personen Nicht-Raucher (Nie-Raucher) und 32 Personen Ex-Raucher. Im Vergleich zur ersten Studie 1996/97 hatten 13 Kompostarbeiter mit dem Rauchen aufgehört (jetzt Ex-Raucher). Für die Gruppeneinteilung wurde der Rauchstatus 2009 zugrunde gelegt.

Obwohl alle drei Gruppen (Raucher, Ex-Raucher, Nicht-Raucher) eine Abnahme der untersuchten Lungenfunktionsparameter zeigen, scheint diese in der Gruppe der Raucher am wenigsten stark ausgeprägt zu sein. So ergab auch der Vergleich der FVC-Werte (bezogen auf den Sollwert) zwischen 1996/97 und 2009 für die Gruppe der Raucher keine signifikante, für die Gruppen Ex- und Nicht-Raucher jedoch eine hochsignifikante Abnahme (Abb. 3.22). Diese Beobachtung kann möglicherweise dadurch erklärt werden, dass Personen mit Atemwegsbeschwerden eher mit dem Rauchen aufhören als diejenigen ohne solche Beschwerden.

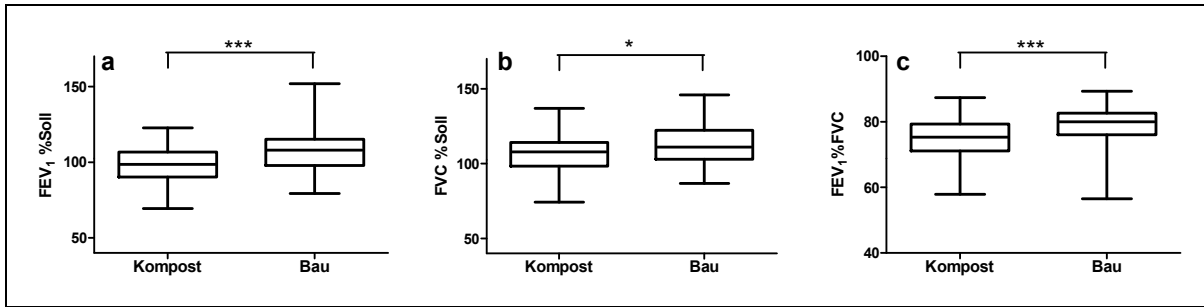




**Abb. 3.22** Abfall der Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) zwischen 1996/97 und 2009 im Längsschnittkollektiv (n=75) in Abhängigkeit vom Rauchstatus.

#### Vergleich mit Kontrollkollektiv der Straßenbauarbeiter

Obwohl für den Vergleich der Lungenfunktionsdaten im Längsschnitt ausschließlich die mit dem Flowscreen-Gerät erhobenen Lungenfunktionsparameter relevant sind, wurden für das Subkollektiv der 75 Kompostarbeiter, wie schon vorab für das Gesamtkollektiv der aktuell tätigen Kompostarbeiter (s. Abb. 3.7 und Tab. 3.9), die mit dem MasterScope-Gerät in 2009 erhobenen Lungenfunktionsparameter mit denen eines Kontrollkollektivs (70 Straßenbauarbeiter) verglichen. Dies ergab bei den Kompostwerkern signifikant niedrigere Lungenfunktionsparameter als im Kontrollkollektiv der Straßenbauarbeiter (Abb. 3.23).



**Abb. 3.23** Vergleich der aktuellen Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) zwischen Kompostarbeitern (Kompost, n=75) und Straßenbauarbeitern (Bau, n=70).

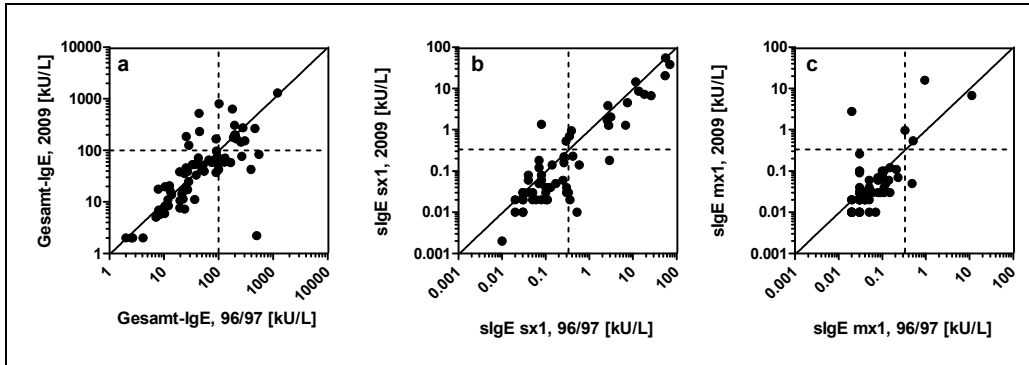
### 3.3.7 Antikörperbestimmung

Um beurteilen zu können, ob und wie sich der Immunstatus der seit mindestens 12 Jahren in der Kompostierung beschäftigten Probanden verändert hat, erfolgte sowohl in den asservierten als auch in den aktuell gewonnen Seren die Bestimmung ausgewählter IgE- und IgG-Antikörper. Wie im Methodenteil beschrieben, wurden die verschiedenen Serumproben desselben Probanden grundsätzlich innerhalb eines Messansatzes getestet. Da in fünf Fällen keine Altseren mehr zur Verfügung standen, erfolgte der Vergleich lediglich für 71 Kompostarbeiter. Die Ergebnisse über die Häufigkeit positiver Testergebnisse zeigt Tabelle 3.17.

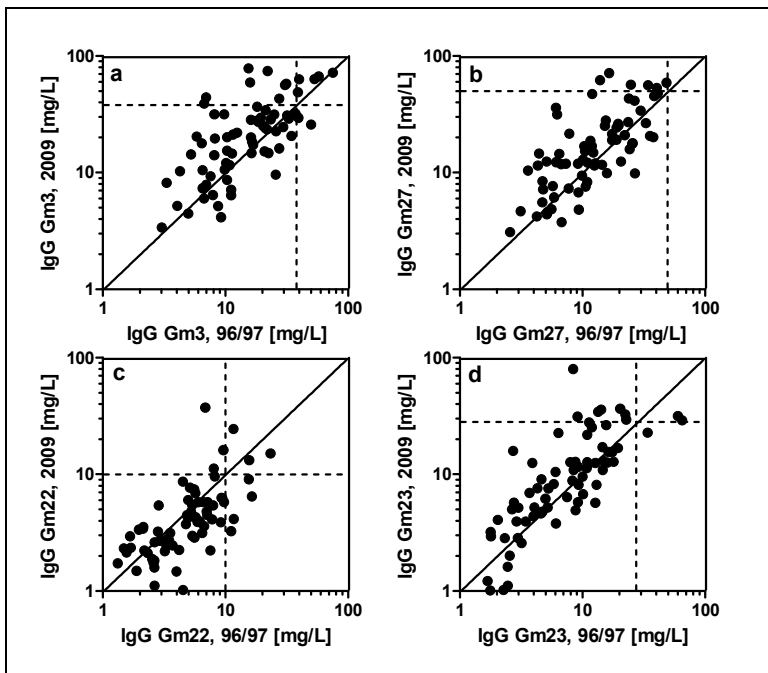
**Tab. 3.17** Ergebnisse der Antikörpertestung im Längsschnittkollektiv (n=71).

	Jahr der Blutabnahme	
	1996/97	2009
Anzahl getesteter Seren, n	71	71
Gesamt-IgE (positiv > 100 kU/L)		
Anzahl Positiver, n (%)	20 (28,2)	17 (23,9)
Spez. IgE Umweltallergene (sx1, pos. ≥ 0,35 kU/L)		
Anzahl Positiver, n (%)	20 (28,2)	17 (23,9)
Spez. IgE Schimmelpilzmix (mx1, pos. ≥ 0,35 kU/L)		
Anzahl Positiver, n (%)	4 (5,6)	5 (7,0)
Spez. IgG <i>Aspergillus fumigatus</i> (Gm3, pos. > 39 mg/L)		
Anzahl Positiver, n (%)	6 (8,5)	12 (16,9)
Spez. IgG <i>Penicillium</i> spp. (Gm27, pos. > 50 mg/L)		
Anzahl Positiver, n (%)	0 (0,0)	6 (8,5)
Spez. IgG <i>Saccharopolyspora rectivirgula</i> (Gm22, pos. > 10 mg/L)		
Anzahl Positiver, n (%)	7 (9,9)	6 (8,5)
Spez. IgG <i>Thermoactinomyces vulgaris</i> (Gm23, pos. > 29 mg/L)		
Anzahl Positiver, n (%)	3 (4,2)	8 (1,3)

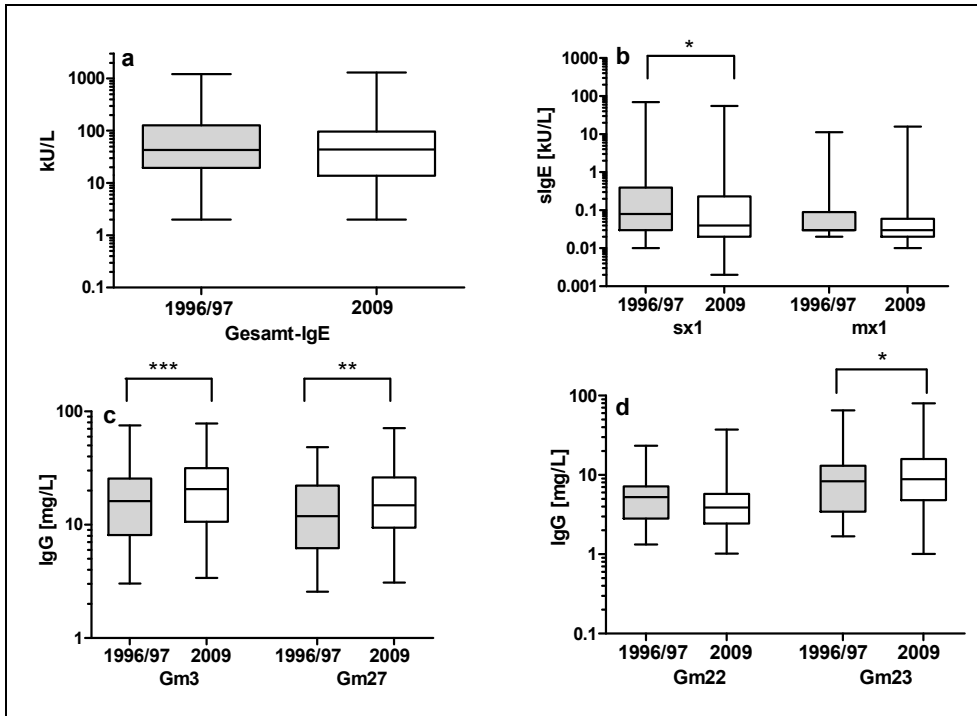
Während die Anzahl der positiven Testungen für Gesamt-IgE und spezifisches IgE (slgE) gegen Umweltallergene zwischen 1996/97 und 2009 leicht sank, war für die Zahl der positiven Tests bzgl. slgE gegen Schimmelpilzmix sowie IgG gegen Schimmelpilze (*Aspergillus*, *Penicillium*) bzw. gegen das Bakterium *Thermoactinomyces vulgaris* eine Zunahme erkennbar. Diese war jedoch lediglich für *Penicillium* signifikant ( $p = 0,028$ ). Die weitere Auswertung der Antikörperbestimmungen zeigen die Abbildungen 3.24, 3.25 und 3.26.



**Abb. 3.24** Korrelation der individuellen IgE-Titer von 1996/97 mit denen von 2009 im Längsschnitt (n=71).  
(sx1 = Umweltallergen-Mix, mx1 = Schimmelpilz-Mix)



**Abb. 3.25** Korrelation der IgG-Titer von 1996/97 mit denen von 2009 im Längsschnitt (n=71).  
(Gm3 = *Aspergillus fumigatus*, Gm27 = *Penicillium* spp., Gm22 = *Saccharopolyspora rectivirgula*, Gm23 = *Thermoactinomyces vulgaris*)



**Abb. 3.26** Ergebnisse der Antikörperbestimmung in Seren des Längsschnittkollektivs (n=71) aus den Jahren 1996/97 und 2009.  
 (sx1 = Umweltallergen-Mix, mx1 = Schimmelpilz-Mix, Gm3 = *Aspergillus fumigatus*, Gm27 = *Penicillium* spp., Gm22 = *Saccharopolyspora rectivirgula*, Gm23 = *Thermoactinomyces vulgaris*)

Der statistische Vergleich der Messwerte zeigt, dass bei den Kompostarbeitern seit 1996/97 die sIgE-Konzentrationen gegen Umweltallergene (sx1) abgenommen haben, während die IgG-Werte für Schimmelpilze (Gm3 und Gm27) und für das Bakterium *Thermoactinomyces vulgaris* (Gm23) signifikant angestiegen sind.

Wie auch im Querschnittkollektiv (n=190) zeigte der Vergleich der Antikörperwerte mit dem Kontrollkollektiv (77 Straßenbauarbeiter) für die 71 Kompostarbeiter signifikant niedrigere Werte für sIgE gegen Umweltallergene ( $p = 0,0009$ ) bzw. signifikant höhere Werte für sIgE gegen den Schimmelpilzmix ( $p = 0,0009$ ). Auch dieses Ergebnis ist, wie oben dargestellt, als Ausdruck eines Healthy-Worker-Survivor-Effects zu werten. Die Ergebnisse der IgG-Bestimmungen unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Gruppen (Daten nicht gezeigt).

### 3.3.8 Vergleichende Analysen (Längsschnitt)

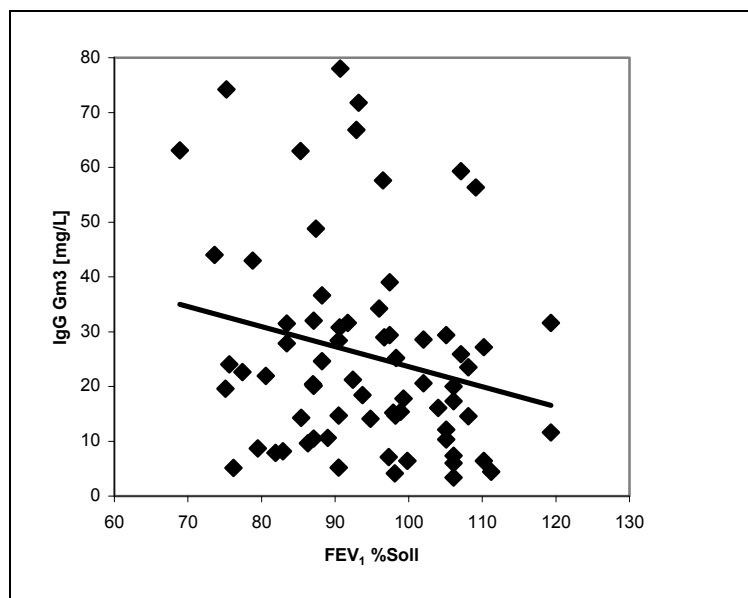
#### Serologie und Lungenfunktion

**Tab. 3.18** Korrelation zwischen den aktuellen Lungenfunktionsparametern und Antikörpertitern im Längsschnitt (n=70). Angegeben ist der Korrelationskoeffizient (R, Spearman)

	Gesamt-IgE	IgG Gm3	IgG Gm27	IgG Gm22	IgG Gm23	slgE sx1	slgE mx1
<b>FEV<sub>1</sub> %Soll</b>	0,021	-0,201	-0,109	0,057	0,047	0,066	0,050
<b>FVC %Soll</b>	0,096	-0,086	-0,026	0,058	0,066	0,099	-0,028
<b>FEV<sub>1</sub>%FVC</b>	-0,161	-0,161	-0,108	0,057	-0,018	0,023	-0,126

sx1 = Umweltallergen-Mix, mx1 = Schimmelpilz-Mix, Gm22 = *Saccharopolyspora rectivirgula*, Gm23 = *Thermo-actinomyces vulgaris*, Gm3 = *Aspergillus fumigatus*, Gm27 = *Penicillium* spp.

Anhand der in Tabelle 3.18 gezeigten Korrelationskoeffizienten und verschiedener graphischer Darstellungen (im Detail nicht gezeigt), konnte keine signifikante Assoziation zwischen den Lungenfunktionsparametern und den serologischen Befunden hergestellt werden. Zumindest leichte negative Korrelationen waren für die Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll bzw. FEV<sub>1</sub>%FVC und IgG-Antikörper gegen Schimmelpilze erkennbar, was zeigt, dass zumindest tendenziell erhöhte IgG-Werte mit erniedrigten Lungenfunktionswerten zusammenhängen. Der deutlichste Trend (R: -0,201, p = 0,095) ergab sich für den Zusammenhang zwischen der Einsekundenkapazität (FEV<sub>1</sub>%Soll) und dem IgG-Titer für *Aspergillus fumigatus* (s. Abb. 3.27).

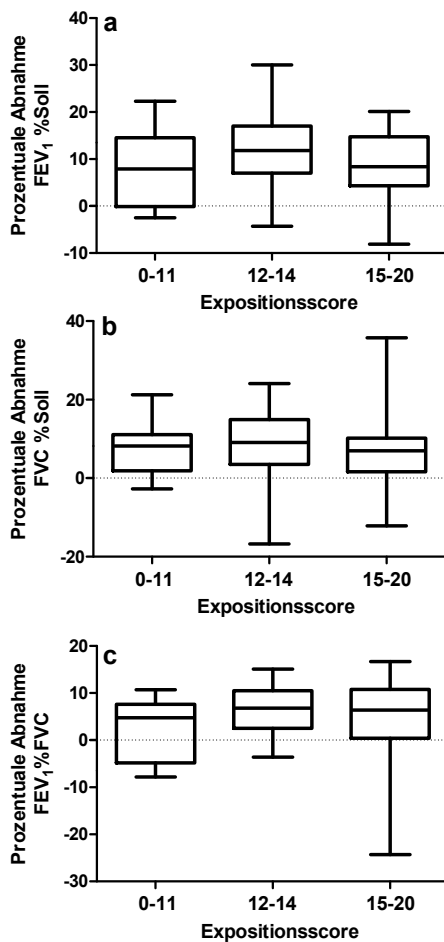


**Abb. 3.27** Zusammenhang zwischen den aktuellen FEV<sub>1</sub> %Soll-Werten und der Höhe des IgG-Titers gegen den Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus* (Gm3) bei 70 Kompostarbeitern.

### Zusammenhang zwischen Expositionsscore, Lungenfunktion und Antikörpern

Eine Korrelation (Spearman) zwischen dem Expositionsscore und den verschiedenen Lungenfunktionsparametern war nicht erkennbar (Daten nicht gezeigt).

Teilt man das Längsschnittkollektiv in Abhängigkeit vom Expositionsscore in drei Gruppen ein (Expositionsscore 0-11, n=9; 12-14, n=38; 15-20, n=24) und vergleicht den Abfall der Lungenfunktionsparameter seit 1996/97, so ergibt sich Abbildung 3.28.



**Abb. 3.28** Prozentuale Abnahme der Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) zwischen 1996/97 und 2009 im Längsschnittkollektiv (n=75) in Abhängigkeit vom Expositionsscore.

Wie aus Abbildung 3.28 hervorgeht, ergab sich für keinen der getesteten Lungenfunktionsparameter ein signifikanter Unterschied zwischen den Expositionsgruppen. Auch die Korrelation mit den Antikörperbefunden zeigte in keinem Fall eine eindeutige Assoziation.

### 3.4 Referenzkollektiv (Ehemalige Bedienstete des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ)) im Längsschnitt

Da alle 38 Probanden aus dem Untersuchungsjahr 2010 bereits 1996 an der Studie teilgenommen haben, wird hier eine Längsschnittauswertung des NLÖ-Referenzkollektivs gezeigt.

#### 3.4.1 Demographie und Rauchverhalten

Die Mehrzahl (97%) des Referenzkollektivs war männlich. Das Gewicht war nach 14 Jahren durchschnittlich um 4,5% angestiegen. In dieser Zeit haben vier Probanden das Rauchen aufgegeben; im aktuellen Durchgang gab es keine Passivraucher mehr. Die Tabelle 3.19 zeigt eine Zusammenstellung des Probandenkollektivs der Jahre 1996 und 2010.

**Tab. 3.19** Demographische Daten des Referenzkollektivs (Längsschnitt, n=38)

Total (n=38)			1996	2010
Geschlecht	männlich	n (%)	37 (97,4)	
	weiblich	n (%)	1 (2,6)	
Alter	in Jahren (min – max)	Mittelwert ± SD	43,9 ± 6,3	58,0 ± 6,4
		Median (Range)	43 (34 – 55)	57 (48 – 70)
Nationalität	deutsch	n (%)	38 (100,0)	
Größe	in cm (min – max)	Mittelwert ± SD	178,3 ± 8,2	178,0 ± 8,2
		Median (Range)	178,5 (165 – 206)	178 (163 – 204)
Gewicht	in kg (min – max)	Mittelwert ± SD	82,3 ± 12,4	86,0 ± 14,5
		Median (Range)	81,5 (55 – 112)	85 (58 – 124)
BMI	in kg/cm <sup>2</sup> (min – max)	Mittelwert ± SD	25,9 ± 3,8	27,2 ± 4,1
		Median (Range)	25 (20 – 35)	27 (20 – 36)
Starke Raucher	> 10 Zigaretten/d	n (%)	6 (15,8)	3 (7,9)
Mäßige Raucher	< 10 Zigaretten/d	n (%)	3 (7,9)	2 (5,3)
Nichtraucher	nie geraucht	n (%)	19 (50,0)	19 (50,0)
Ehemalige Raucher		n (%)	10 (26,3)	14 (36,8)
Passivraucher	Zu Hause/ Pausenraum	n (%)	8 (21,1)	0 (0)

#### 3.4.2 Krankheitsanamnese

Das Referenzkollektiv wurde wie auch die Kompostarbeiter bzgl. allgemeiner Krankheitssymptome befragt. Für die meisten Symptome zeigte sich dabei zwischen der ersten und der aktuellen Studie eine Abnahme (Tab. 3.20).

**Tab. 3.20** Anamnestische Angaben zu Symptomen und Beschwerden des Referenzkollektivs 1996 und 2010 (n=38)

<b>Frage: Treten bei Ihnen aktuell folgende allgemeine Krankheitszeichen auf?</b> ( <b>nein:</b> bisher nicht aufgetreten; <b>gelegentlich:</b> 1 bis 3 mal im Jahr; <b>ja:</b> mehr als 3 mal im Jahr; <b>Arzt:</b> wegen dieses Symptoms Arztbesuch)				
<b>Krankheitssymptom</b>	<b>Jahr</b>	<b>nein</b>	<b>gelegentlich</b>	<b>ja</b>
Appetitmangel	1996	92,1	7,9	0,0
	2010	100,0	0,0	0,0
Übelkeit	1996	100,0	0,0	0,0
	2010	94,7	5,3	0,0
Erbrechen	1996	100,0	0,0	0,0
	2010	100,0	0,0	0,0
Durchfall	1996	84,2	13,2	2,6
	2010	94,7	5,3	0,0
Schweißausbrüche	1996	76,3	7,9	15,8
	2010	97,4	0,0	0,0
Fieber	1996	100,0	0,0	0,0
	2010	97,4	0,0	0,0
Schüttelfrost	1996	100,0	0,0	0,0
	2010	97,4	0,0	0,0
Tränenfluss	1996	84,2	7,9	7,9
	2010	97,4	2,6	0,0
Augenbrennen	1996	65,8	15,8	18,4
	2010	89,5	10,5	0,0
Fremdkörpergefühl	1996	92,1	5,3	2,6
	2010	97,4	0,0	2,6
Nasatmung behindert	1996	78,9	10,5	10,5
	2010	84,2	5,3	10,5
Störung des Geruchssinns	1996	97,4	0,0	2,6
	2010	97,4	2,6	0,0
Geschmacksstörung	1996	100,0	0,0	0,0
	2010	100,0	0,0	0,0
Heiserkeit	1996	92,1	7,9	0,0
	2010	92,1	7,9	0,0

### Allergien

Vergleicht man die Angaben der Referenzprobanden zwischen 1996 und 2010, ist zu erkennen, dass die Zahl der Allergiker rückläufig ist (Tab. 3.21).

**Tab. 3.21** Subjektive Angaben zum Allergiestatus im Referenzkollektiv in % (Längsschnitt, n=38)

	<b>1996 (n=38)</b>		<b>2010 (n=38)</b>	
	<b>Angabe</b>	<b>Test</b>	<b>Angabe</b>	<b>Test</b>
Allergiker	31,6%		29,0%	
Pollen	13,2%	13,2%	15,8%	15,8%
Tiere	7,9%	7,9%	0,0%	0,0%
Hausstaub	13,2%	13,2%	7,9%	5,3%



## Husten und Atemnot

Bei der Frage nach Hustenphasen unabhängig von einer Erkältung gaben 1996 drei (7,9%) und 2010 fünf (13,2%) Referenzpersonen an, unter Husten zu leiden. Über Atemnot klagte 1996 eine (2,6%) Person und 2010 waren es zwei (5,3%). Insgesamt hat Husten und Atemnot in diesem Kollektiv leicht zugenommen.

### 3.4.3 Körperliche Untersuchung

In Tabelle 3.22 wurden die Befunde der körperlichen Untersuchung von 1996 und 2010 gegenübergestellt. Zusammenfassend ist festzustellen, dass alle Beschwerden rückläufig waren oder gleichgeblieben sind.

**Tab 3.22** Ergebnisse der körperlichen Untersuchung des Referenzkollektivs (Längsschnitt, n=38)

Pathologischer Befund	1996 (n=38) n (%)	2010 (n=38) n (%)
Augen	4 (10,5)	0 (0,0)
Stirnhöhle	0 (0,0)	0 (0,0)
Nasennebenhöhlen	0 (0,0)	0 (0,0)
Nase	5 (13,2)	0 (0,0)
Mundhöhle	4 (10,5)	0 (0,0)
Rachen	8 (21,1)	4 (10,5)
Foetor	5 (13,2)	0 (0,0)
Zunge	2 (5,3)	0 (0,0)
Schilddrüse	4 (10,5)	3 (7,9)
Lymphknoten	0 (0,0)	0 (0,0)
Asymmetrie	3 (7,9)	2 (5,3)
Klopfschall	0 (0,0)	0 (0,0)
Atemgeräusche	0 (0,0)	0 (0,0)
Nebengeräusche	0 (0,0)	0 (0,0)
Auskultation	4 (10,5)	2 (5,3)
Rhythmus	1 (2,6)	1 (2,6)
Varizen	6 (15,8)	4 (10,5)
Ödeme	1 (2,6)	0 (0,0)
Haut	9 (23,7)	1 (2,6)
Macula	1 (2,6)	0 (0,0)
Hyperhidrosis	1 (2,6)	0 (0,0)
Bläschen	0 (0,0)	0 (0,0)
Akne/Pickel	1 (2,6)	0 (0,0)
Teleangiectasien	2 (5,3)	0 (0,0)
Neurodermitis	0 (0,0)	0 (0,0)
Psoriasis	2 (5,3)	1 (2,6)
Dyshidrosis	1 (2,6)	0 (0,0)
Exantheme	0 (0,0)	0 (0,0)
Palmarerythem	0 (0,0)	0 (0,0)
Trommelschlegelfinger	0 (0,0)	0 (0,0)

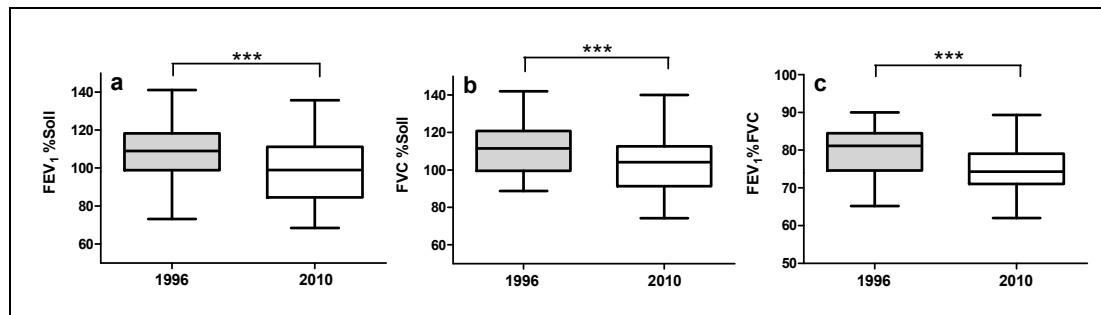
### 3.4.4 Lungenfunktion

Für die Auswertung der Lungenfunktionswerte wurden die Daten, welche mit dem Spirometer Flowscreen 1996 und 2010 gemessen wurden, herangezogen. Hier wurden ebenfalls die „Filter-korrigierten“ Messwerte verwendet.

**Tab. 3.23** Lungenfunktionsmesswerte im Referenzkollektiv von 1996 und 2010 (n=38).

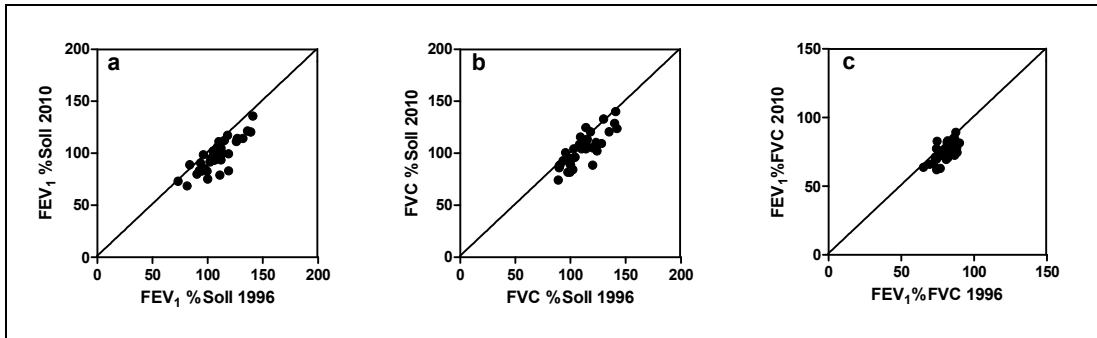
	FEV <sub>1</sub> %Soll		FVC %Soll		FEV <sub>1</sub> %FVC	
	1996	2010	1996	2010	1996	2010
Mittelwert ± SD	108,8 ± 15,5	98,2 ± 15,1	111,1 ± 14,9	103,9 ± 15,4	80,1 ± 5,8	75,0 ± 6,6
Median (Range)	109,0 (73,2-141,0)	99,0 (68,5-135,7)	111,5 (88,8-142,0)	104,2 (74,3-140,0)	81,1 (65,2-90,0)	74,3 (62,0-89,3)

Die mittleren Werte für FEV<sub>1</sub>- und FVC (bezogen auf die Sollwerte) lagen im Referenzkollektiv 1996 deutlich über den entsprechenden Werten ca. 13 Jahre später (2010). Auch die mittleren FEV<sub>1</sub>%FVC-Werte waren seit der ersten Studie gesunken (Tab. 3.23). Wie aus Abbildung 3.29 hervorgeht, ist die Abnahme zwischen 1996 und dem 2. Follow-up für alle Lungenfunktionsparameter hochsignifikant.



**Abb. 3.29** Vergleich der Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) zwischen 1996 und 2010 im Referenzkollektiv (Längsschnitt, n=38).

Um die individuellen Veränderungen der Lungenfunktionswerte für das Referenzkollektiv zwischen 1996 und 2010 zu erkennen, wurden die Daten gegeneinander aufgetragen (Abb. 3.30). Dabei ist erkennbar, dass für alle drei Lungenfunktionsparameter (FEV<sub>1</sub>, FVC und FEV<sub>1</sub>%FVC-Werte), wie zuvor auch im Längsschnittkollektiv der Kompostwerker, nahezu alle Datenpunkte unterhalb der Winkelhalbierenden liegen (Abb. 3.30). Dabei wurde die Lungenfunktionsabnahme mit zunehmendem Alter durch den Bezug auf die Sollwerte (EGKS) bereits berücksichtigt.



**Abb. 3.30** Korrelation der Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) zwischen 1996 und 2010 im Referenzkollektiv (n=38).

Betrachtet man nur die nicht-rauchenden NLÖ-Referenzprobanden, kam es auch hier zu einem signifikanten Lungenfunktionsabfall (Daten nicht gezeigt).

### 3.4.5 Antikörperbestimmung

Während die Anzahl der positiven Tests im NLÖ-Referenzkollektiv für spezifisches IgE gegen Umweltallergene zwischen 1996 und 2010 sank, war für die Zahl der positiven Tests bzgl. Gesamt-IgE, IgE gegen Schimmelpilze sowie IgG gegen Schimmelpilze (*Aspergillus*, *Penicillium*) bzw. gegen *Thermoactinomyces vulgaris* eine Zunahme erkennbar (Tab. 3.24).

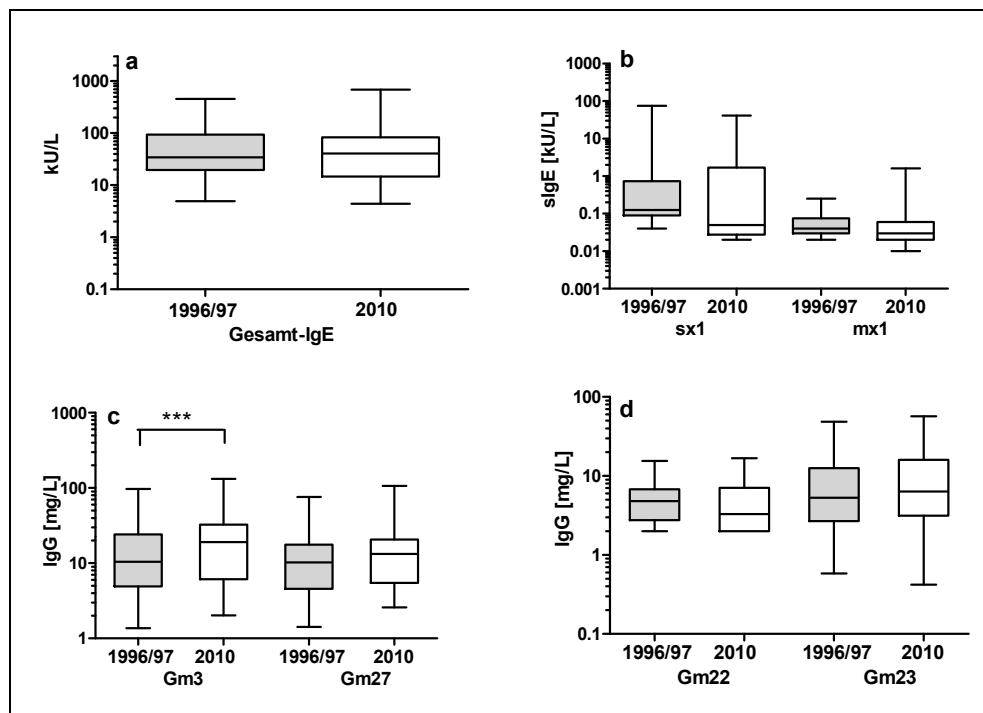
Der statistische Vergleich der Messwerte zeigt, dass ähnlich wie bei den Kompostarbeitern auch bei den Referenzpersonen seit 1996/97 die sIgE-Konzentrationen gegen Umweltallergene (sx1) abgenommen haben, während die IgG-Werte für Schimmelpilze (Gm3 und Gm27) und für das Bakterium *Thermoactinomyces vulgaris* (Gm23) angestiegen sind. Signifikant ist dieser Anstieg allerdings nur für *Aspergillus fumigatus* (Gm3,  $p = 0,0001$ ) (Abb. 3.31).

**Tab. 3.24** Ergebnisse der Antikörpertestung im Referenzkollektiv (n=38).

	Jahr der Blutabnahme	
	1996	2010
<b>Anzahl getesteter Seren, n</b>	<b>38</b>	<b>38</b>
Gesamt-IgE (positiv > 100 kU/L) Anzahl Positiver, n (%)	7 (18,4%)	8 (21,1%)
Spez. IgE Umweltallergene (sx1, pos. $\geq 0,35$ kU/L) Anzahl Positiver, n (%)	14 (36,8%)	10 (26,3%)
Spez. IgE Schimmelpilzmix (mx1, pos. $\geq 0,35$ kU/L) Anzahl Positiver, n (%)	0 (0%)	4 (10,5%)
Spez. IgG <i>Aspergillus fumigatus</i> (Gm3, pos. > 39 mg/L) Anzahl Positiver, n (%)	2 (5,3%)	8 (21,1%)

Tab. 3.24 (Fortsetzung)

	Jahr der Blutabnahme	
	1996	2010
Spez. IgG <i>Penicillium</i> spp. (Gm27, pos. > 50 mg/L) Anzahl Positiver, n (%)	1 (2,6%)	3 (7,9%)
Spez. IgG <i>Saccharopolyspora rectivirgula</i> (Gm22, pos. > 10 mg/L) Anzahl Positiver, n (%)	5 (13,2%)	3 (7,9%)
Spez. IgG <i>Thermoactinomyces vulgaris</i> (Gm23, pos. > 29 mg/L) Anzahl Positiver, n (%)	3 (7,9%)	4 (10,5%)



**Abb. 3.31** Ergebnisse der Antikörperbestimmung in Seren des Referenzkollektivs (n=38) aus den Jahren 1996 und 2010  
(sx1 = Umweltallergen-Mix, mx1 = Schimmelpilz-Mix, Gm3 = *Aspergillus fumigatus*, Gm27 = *Penicillium* spp., Gm22 = *Saccharopolyspora rectivirgula*, Gm23 = *Thermoactinomyces vulgaris*)

### 3.5 Drop-Out Analyse

Ein Projektziel des 2. Follow-up bestand darin, auch die bereits ausgeschiedenen Kompostwerker, die an mindestens einer der früheren Studien teilgenommen haben, in die klinischen Untersuchungen mit einzubeziehen.

Wie im Methodenteil beschrieben, wurden die Adressen aller Studienteilnehmer der Jahre 1996/1997 und 2001, die bei den aktuellen Untersuchungen 2009 nicht mehr

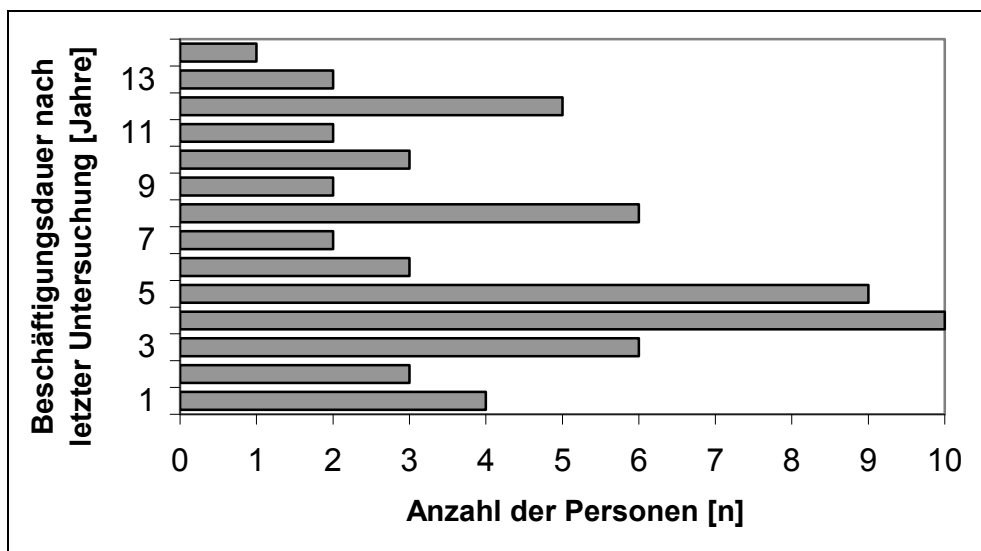
am Arbeitsplatz angetroffen wurden, recherchiert. Für 169 Probanden konnte der Aufenthalt ermittelt werden und ein Kurzfragebogen mit Fragen nach dem Grund der Abwesenheit, der Beschäftigungsdauer sowie möglichen Gesundheitsbeschwerden verschickt werden. Von den 117 Probanden, die den Fragebogen zurückgeschickt hatten, konnten 79 untersucht werden, wobei 59 letztendlich als Drop-Outs eingestuft wurden. Tabelle 3.25 fasst die Gründe der Nichtteilnahme an den Kompost-Untersuchungen 2009 der Probanden zusammen, die den Fragebogen zurückgeschickt haben.

**Tab. 3.25** Gründe für die Nichtteilnahme der Studienteilnehmer 1996/97 und 2001 an der Nachuntersuchung 2009.

Grund	Kompostwerker (n=117)	%
<b>Verstorben</b>	1	0,9
<b>Tätigkeitsaufgabe aus gesundheitlichen Gründen</b>		
Ausscheiden wegen gesundheitlicher Beschwerden	7	6,0
Frührente wegen gesundheitlicher Beschwerden	6	5,1
<b>Tätigkeitsaufgabe aus anderen Gründen</b>		
Altersrente, Vorruhestand	23	19,7
Persönliche Gründe (Arbeitsplatzwechsel)	28	23,9
Betriebsbedingte Gründe (Kündigung)	8	6,8
Betriebliche Umsetzung	23	19,7
<b>Nichtteilnahme aus anderen Gründen</b>		
Urlaub, Krankheit, Dienstliche Hinderung	12	10,3
Sonstige Gründe	4	3,4
Keine Angaben	5	4,3

Insgesamt waren 96 Personen (82%) nicht mehr in der Kompostierung tätig. Dreizehn Befragte (11%) gaben an, ihre Tätigkeit in der Kompostierungsanlage aus gesundheitlichen Gründen aufgeben zu haben.

An den aktuellen Untersuchungen (2009) nahmen 59 Personen teil, die, nachdem sie an einer früheren Studie (1996/97, n=47 bzw. 2001, n=12) teilgenommen hatten, aus dem Beruf ausgeschieden waren (Drop-Outs). Da aufgrund der unterschiedlichen Ausscheidungsdaten dem Kollektiv der Drop-Outs kein einheitlicher Beobachtungszeitraum zugrunde liegt, werden im Folgenden die Daten aller 59 Drop-Outs gemeinsam dargestellt. Insgesamt hatten die 59 Kompostarbeiter im Mittel  $9,4 \pm 6,5$  Jahre in der Kompostierung gearbeitet. Nach der ersten Untersuchung im Jahr 1996/97 bzw. 2001 waren sie im Mittel noch  $5,3 \pm 3,6$  Jahre als Kompostarbeiter tätig (Abb. 3.32). Zwölf der 59 untersuchten Drop-Outs (20%) hatten die Tätigkeit in der Kompostierung aufgrund von gesundheitlichen Beschwerden aufgegeben. Als konkrete Gründe für die Tätigkeitsaufgabe wurden genannt: Asthma (n=3), EAA (n=2), Rückenschmerzen (n=2), chronische Sinusitis (n=1), Hauterkrankung (n=1), Koronare Herzkrankheit (n=1), Darmkrebs (n=1), unbekannt (n=1).



**Abb. 3.32** Zeitraum zwischen der früheren Untersuchung (1996/97 bzw. 2001) und dem Ausscheiden aus der Kompostierung (n=59).

### 3.5.1 Demographie und Rauchverhalten

Die Zahl der weiblichen Kompostwerker ist im Kollektiv der Drop-Outs mit 10% deutlich höher als im Quer- bzw. Längsschnittkollektiv. In Tabelle 3.26 sind die Daten zusammengefasst.

**Tab. 3.26** Übersicht der demographischen Daten der ausgeschiedenen Kompostarbeiter (n=59).

Untersuchungsgang 2009		Ausgeschiedene Kompostwerker	
Geschlecht	männlich	n (%)	53 (89,8)
	weiblich	n (%)	6 (10,2)
Alter	in Jahren (min – max)	Mittelwert ± SD	52 ± 10,6
		Median (Range)	51 (34 – 71)
Nationalität	deutsch	n (%)	58 (98,3)
	pakistanisch	n (%)	1 (1,7)
Größe	in cm (min – max)	Mittelwert ± SD	179,2 ± 8,3
		Median (Range)	180 (162 – 197)
Gewicht	in kg (min – max)	Mittelwert ± SD	90,6 ± 16,4
		Median (Range)	90 (55 – 149)
BMI	in kg/cm <sup>2</sup> (min – max)	Mittelwert ± SD	28,1 ± 3,9
		Median (Range)	28 (21 – 43)
Raucher, davon	> 10 Zigaretten/d < 10 Zigaretten/d nie geraucht	n (%)	14 (23,7)
		n (%)	10 (16,9)
		n (%)	4 (6,8)
		n (%)	26 (44,1)
Ehemalige Raucher	nie geraucht	n (%)	19 (32,2)
		n (%)	
Passivraucher	Zu Hause/ Pausenraum	n (%)	4 (6,8)

### 3.5.2 Aktuelle Tätigkeit und Zwischentätigkeiten

Im Rahmen der Untersuchung wurden die ausgeschiedenen Mitarbeiter nach der Tätigkeit, die sie nach der Kompostierung aufgenommen hatten und nach ihrer aktuellen Tätigkeit befragt. Ein Viertel der Kompostarbeiter (27%) ist nach dem Ausscheiden aus dem Kompostwerk in Rente gegangen. Tabelle 3.27 fasst die Ergebnisse zusammen.

**Tab. 3.27** Aktuelle Tätigkeit und Zwischentätigkeiten der ausgeschiedenen Kompostarbeiter (n=59).

<b>Aktuelle Tätigkeit, n (%)</b>	Rente	16 (27,1)
	Tätigkeit in der Abfallwirtschaft	13 (22,0)
	Schlosser	6 (10,2)
	Büro	6 (10,2)
	LKW-Fahrer	5 (8,5)
	Andere technische Berufe	5 (8,5)
	Arbeitslos/Babypause	3 (5,1)
	Landwirt	2 (3,4)
	Andere Tätigkeiten	3 (5,1)
<b>Entspricht die Tätigkeit nach der Kompostierung der jetzigen Tätigkeit, n (%)</b>	ja	42 (71,2)
	nein	17 (28,8)
<b>Zwischentätigkeiten, n (%)</b> (Mehrfachnennungen möglich)	Tätigkeit in der Abfallwirtschaft	7 (11,9)
	LKW-Fahrer	3 (5,1)
	Andere technische Berufe	3 (5,1)
	Büro	3 (5,1)
	Arbeitslos/Babypause	2 (3,4)
	Schlosser	1 (1,7)
	Andere Tätigkeiten	6 (10,2)

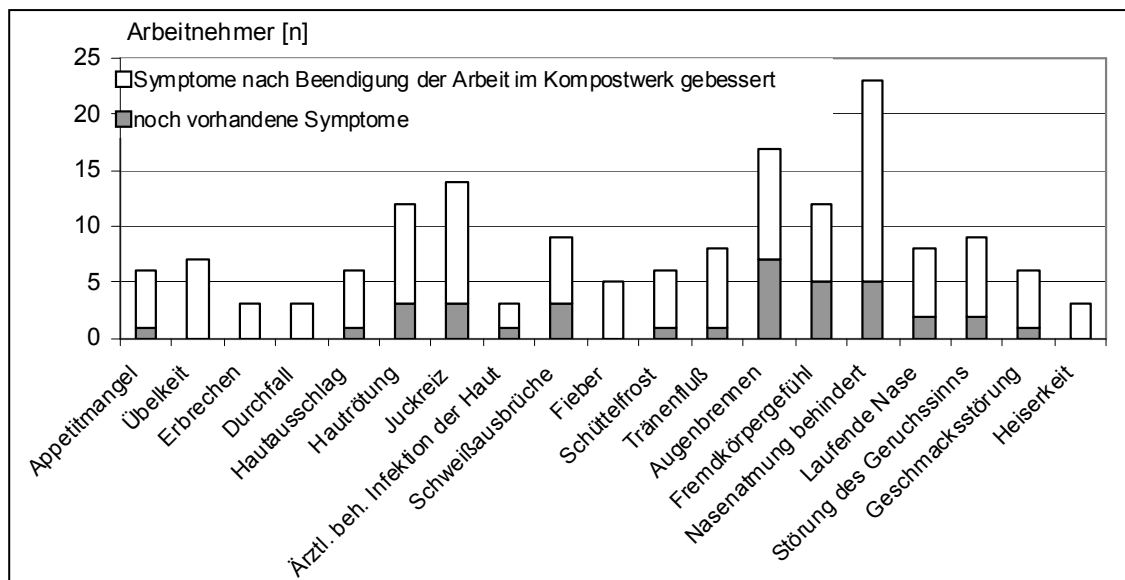
### 3.5.3 Subjektives Gesundheitsgefühl

Ein weiterer Aspekt der Befragung betraf den Verlauf der Gesundheitsbeschwerden der Probanden nach ihrem Ausscheiden aus dem Kompostwerk. Immerhin gaben etwas mehr als ein Viertel (27,6%) des Kollektivs an, sich heute gesünder zu fühlen. Gründe hierfür wurden wie folgt genannt:

- Weniger allergische Beschwerden
- Arbeitsunfall in Kompostanlage
- Keine Luftnot mehr
- Medikation: antihypertensive Therapie
- Weniger Rückenschmerzen
- Sehr starke Besserung, keine Medikation mehr
- Weniger Hauterscheinungen und weniger Kopfschmerz
- Weniger Staub
- Weniger Stress

### 3.5.4 Krankheitszeichen

Die ausgeschiedenen Kompostarbeiter wurden im Arztinterview nach Symptomen und Erkrankungen während ihrer Tätigkeit im Kompostwerk befragt, ob sich die Symptome gebessert hätten, und ob aktuell Erkrankungen vorliegen (Abb. 3.33). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich mindestens Dreiviertel der während der Tätigkeit im Kompostwerk angegebenen Symptome nach dem Ausscheiden gebessert hatten bzw. aktuell nicht mehr vorhanden waren.



**Abb. 3.33** Vergleich der Krankheitssymptome während der Tätigkeit im Kompostwerk und aktuell bei den ausgeschiedenen Kompostarbeitern (n=59).

Im Einzelnen waren die Beschwerden seitens des Magen-Darm-Trakts wie Appetitmangel und Übelkeit völlig verschwunden; Hautsymptome und irritative Effekte der oberen Atemwege und der Augen (MMIS) hatten sich weitestgehend zurückgebildet.

#### Allergien

Die ausgeschiedenen Kompostarbeiter wurden ebenfalls zu ihrem Allergiestatus befragt. 40,7% von ihnen gaben an, Allergiker zu sein, wobei 18,6% eine Pollenallergie, 10,2% eine Allergie gegen Tiere und 8,5% eine Hausstauballergie nannten.

#### Husten und Atemnot

Für die Betrachtung der Häufigkeit von Husten und Atemnot wurden die Angaben, welche die Kompostarbeiter 1996/97 bzw. 2001 gemacht hatten, mit denen von 2009 verglichen. Dabei war sowohl eine deutliche Zunahme von Husten als auch eine Zunahme von Atemnot erkennbar. Fasst man die Daten der Studiengänge von 1996/97 und 2001 zusammen, ist ein Anstieg von Husten um 27% und von Atemnot um 12% in den Angaben von 2009 zu verzeichnen. Eine genaue Übersicht der Daten ist der Tabelle 3.28 zu entnehmen.



**Tab. 3.28** Husten und Atemnot der ausgeschiedenen Kompostarbeiter im Vergleich 1996/97 und 2009 (n=47) bzw. 2001 und 2009 (n=12).

<b>Symptom</b>	<b>1996/97 (n=47)</b>	<b>2009 (n=47)</b>	<b>p-Wert</b>
Husten, n (%)	6 (12,8)	16 (34,0)	0,027*
Atemnot, n (%)	4 (8,5)	7 (14,9)	0,523
	<b>2001 (n=12)</b>	<b>2009 (n=12)</b>	
Husten, n (%)	1 (8,3)	7 (58,3)	0,027*
Atemnot, n (%)	1 (8,3)	5 (41,7)	0,155
	<b>1996/97 + 2001 (n=59)</b>	<b>2009 (n=59)</b>	
Husten, gesamt, n (%)	7 (11,9)	23 (39,0)	0,013*
Atemnot, gesamt, n (%)	5 (8,5)	12 (20,3)	0,114

### 3.5.5 Körperliche Untersuchung

Die pathologischen Befunde der körperlichen Untersuchung 1996/97 bzw. 2001 im Vergleich zu denen von 2009 sind in Tabelle 3.29 dargestellt. Auch hier ist wie zuvor bei den anamnestischen Angaben ein Rückgang der Befunde im Bereich der Augen, Mundhöhle, Rachen sowie der Haut sichtbar. Im Gegensatz dazu nahmen die Befunde an Stirn- und Nasennebenhöhlen leicht zu.

**Tab. 3.29** Pathologische Befunde der körperlichen Untersuchung der ausgeschiedenen Kompostarbeiter (n=59).

<b>Pathologischer Befund</b>	<b>1996/97 und 2001</b>	<b>2009</b>
Augen	18,6%	0,0%
Stirnhöhle	1,7%	5,1%
Nasennebenhöhlen	5,1%	10,2%
Nase	8,5%	1,7%
Mundhöhle	10,2%	0,0%
Rachen	22,0%	1,7%
Foetor	3,4%	0,0%
Zunge	5,1%	0,0%
Schilddrüse	1,7%	0,0%
Lymphknoten	0,0%	0,0%
Asymmetrie	1,7%	0,0%
Klopfschall	3,4%	1,7%
Atemgeräusche	6,8%	6,8%
Nebengeräusche	6,8%	5,1%
Auskultation	0,0%	3,4%
Rhythmus	0,0%	1,7%
Varizen	10,2%	8,5%
Ödeme	0,0%	1,7%

**Tab. 3.29** (Fortsetzung)

Pathologischer Befund	1996/97 und 2001	2009
Haut	18,6%	5,1%
Akne/Pickel	1,7%	0,0%
Macula	3,4%	0,0%
Psoriasis	1,7%	1,7%
Gesichtsröte	1,7%	0,0%
Teleangiektasien	1,7%	0,0%
Folliculitis	1,7%	0,0%
Dyshidrosis	1,7%	0,0%
Sonst. Befunde	3,4%	0,0%
Exantheme	3,4%	5,1%
Palmarerythem	0,0%	0,0%
Trommelschlegelfinger	0,0%	0,0%

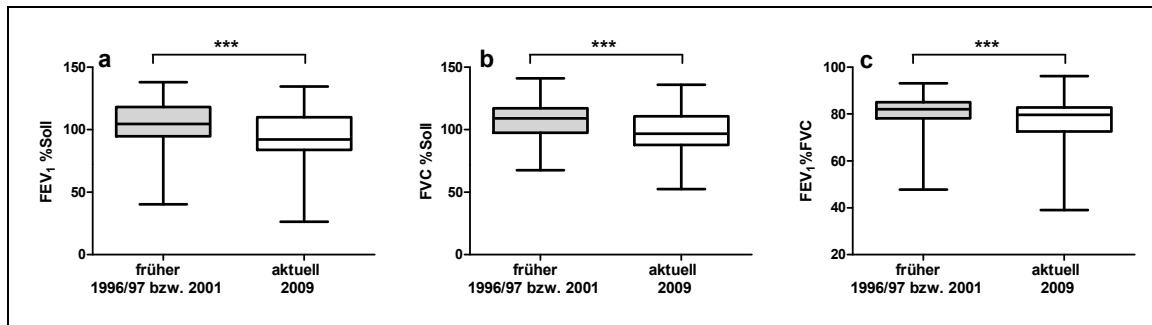
### 3.5.6 Lungenfunktion

Da die Lungenfunktionsparameter in den Studien 1996/97 und 2001 ausschließlich mit dem Spirometer Flowscreen gemessen wurden, werden im folgenden Längsschnittvergleich für die aktuelle Drop-Out-Untersuchung auch nur die mit diesem Gerät erhobenen Daten bewertet. Da aufgrund mangelnder Mitarbeit die Lungenfunktionsmesswerte für einen Probanden nicht auswertbar waren, basiert die Analyse der Lungenfunktionsparameter auf den Daten von 58 Probanden.

**Tab. 3.30** Lungenfunktionsmesswerte der früheren (1996/97 bzw. 2001) und der aktuellen Messung (2009) (n=58).

	FEV <sub>1</sub> %Soll		FVC %Soll		FEV <sub>1</sub> %FVC	
	früher 96/97 oder 2001	2009	früher 96/97 oder 2001	2009	früher 96/97 oder 2001	2009
Mittelwert ± SD	105,7 ± 17,0	94,5 ± 19,7	108,4 ± 13,4	99,3 ± 16,1	80,1 ± 8,4	76,4 ± 10,2
Median (Range)	104,5 (40,3-138,0)	92,0 (26,4-134,6)	109,0 (67,5-141,0)	96,8 (52,6-135,9)	82,0 (47,8-93,1)	79,6 (39,0-96,2)

Während bei den früheren Untersuchungen im Mittel FEV<sub>1</sub>- und FVC-Werte (bezogen auf die Sollwerte) über 100% erreicht wurden, lagen die entsprechenden Werte bei der aktuellen Untersuchung im Mittel unter 100%. Die Abnahme betrug für FEV<sub>1</sub>%Soll 11,2%, für FVC% Soll 9,1% und für FEV<sub>1</sub>%FVC 3,7% (Tab. 3.30).



**Abb. 3.34** Abfall der Lungenfunktionsparameter  $FEV_1\%Soll$  (a),  $FVC\%Soll$  (b) und  $FEV_1\%FVC$  (c) der Drop-Outs zwischen einer früheren Untersuchung 1996/97 bzw. 2001 und 2009 (n=58).

Wie aus Abbildung 3.34 hervorgeht, ist die Abnahme zwischen der früheren und der aktuellen Untersuchung für alle Lungenfunktionsparameter hochsignifikant. Wegen des Bezugs auf die Sollwerte ist diese Abnahme auch hier nicht auf das höhere Alter zurückzuführen.

Betrachtet man diejenigen Drop-Outs, die die Tätigkeit in der Kompostanlage aufgrund von gesundheitlichen Beschwerden aufgegeben hatten (n=12) getrennt vom restlichen Drop-Out-Kollektiv (n=47), so fällt auf, dass bei der aktuellen Untersuchung alle drei Lungenfunktionsparameter bei ersteren niedriger lagen (Tab. 3.31). Dieser Effekt war jedoch nicht signifikant.

**Tab. 3.31** Lungenfunktionsmesswerte (MasterScope) der Drop-Outs in Abhängigkeit vom Grund der Tätigkeitsaufgabe.

	Tätigkeitsaufgabe aus gesundheitlichen Gründen	Tätigkeitsaufgabe aus anderen Gründen	P-Wert
a) Alle Drop-Outs (n=59)	(n=12)	(n=47)	
$FEV_1\%Soll$ : % [MW $\pm$ SD]	88.6 $\pm$ 22.4	100.7 $\pm$ 17.9	p=0.134
$FVC\%Soll$ : % [MW $\pm$ SD]	101.8 $\pm$ 12.0	111.3 $\pm$ 15.2	p=0.056
$FEV_1/FVC\%Soll$ : % [MW $\pm$ SD]	89.6 $\pm$ 21.4	93.5 $\pm$ 11.8	p=0.844
b) Nur nicht-rauchende Drop-Outs (n=45)	(n=8)	(n=37)	
$FEV_1\%Soll$ : % [MW $\pm$ SD]	94.7 $\pm$ 10.8	105.0 $\pm$ 15.8	p=0.099
$FVC\%Soll$ : % [MW $\pm$ SD]	104.1 $\pm$ 12.7	112.3 $\pm$ 15.9	p=0.197
$FEV_1/FVC\%Soll$ : % [MW $\pm$ SD]	94.0 $\pm$ 7.5	96.8 $\pm$ 8.3	p=0.365

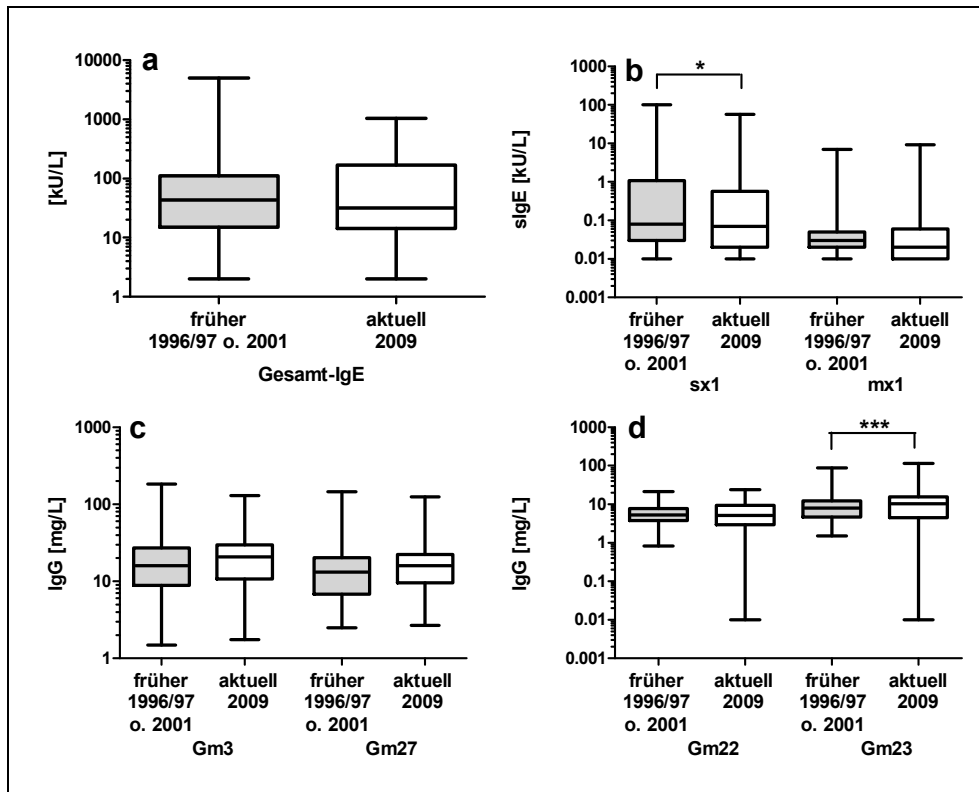
### 3.5.7 Antikörperbestimmung

Um beurteilen zu können, ob und wie sich die Antikörpertiter der Drop-Outs seit der früheren Untersuchung verändert haben, erfolgte sowohl in den asservierten als auch in den aktuell gewonnenen Seren die Bestimmung spezifischer IgE- und IgG-Antikörper. Die Ergebnisse über die Häufigkeit positiver Testergebnisse zeigt Tabelle 3.32.

**Tab. 3.32** Ergebnisse der Antikörpertestung im Längsschnitt der Drop-Outs (n=59).

	Jahr der Blutabnahme	
	früher (1996/97 o. 2001)	aktuell (2009)
Anzahl getesteter Seren, n	59	59
Gesamt-IgE (positiv > 100 kU/L) Anzahl Positiver, n (%)	18 (30,5)	18 (30,5)
Spez. IgE Umweltallergene (sx1, pos. $\geq$ 0,35 kU/L) Anzahl Positiver, n (%)	20 (33,9)	18 (30,5)
Spez. IgE Schimmelpilzmix (mx1, pos. $\geq$ 0,35 kU/L) Anzahl Positiver, n (%)	8 (13,6)	7 (11,9)
Spez. IgG <i>Aspergillus fumigatus</i> (Gm3, pos. > 39 mg/L) Anzahl Positiver, n (%)	9 (15,3)	9 (15,3)
Spez. IgG <i>Penicillium</i> spp. (Gm27, pos. > 50 mg/L) Anzahl Positiver, n (%)	4 (6,8)	4 (6,8)
Spez. IgG <i>Saccharopolyspora rectivirgula</i> (Gm22, pos. > 10 mg/L) Anzahl Positiver, n (%)	7 (11,9)	12 (20,3)
Spez. IgG <i>Thermoactinomyces vulgaris</i> (Gm23, pos. > 29 mg/L) Anzahl Positiver, n (%)	1 (1,7)	4 (6,8)

Die Anzahl der positiven Testungen blieben im Längsschnitt der Drop-Out-Analyse nahezu konstant. Lediglich die Anzahl positiver Tests gegen Actinomyceten (Gm22 und Gm23) erhöhte sich seit der ersten Untersuchung leicht, allerdings nicht signifikant. Die weitere Auswertung der Antikörperbestimmungen zeigt Abbildung 3.35.



**Abb. 3.35** Ergebnisse der Antikörperbestimmung in asservierten und aktuellen Drop-Out-Seren (n=58).  
 (sx1 = Umweltallergen-Mix, mx1 = Schimmelpilz-Mix, Gm 3 = *Aspergillus fumigatus*, Gm 27 = *Penicillium* spp., Gm 22 = *Saccharopolyspora rectivirgula*, Gm 23 = *Thermoactinomyces vulgaris*)

Wie aus Abbildung 3.35 hervorgeht, kam es nur zu geringen Änderungen der Antikörperkonzentrationen der Drop-Outs seit der ersten Untersuchung.

### 3.6 Gruppenübergreifende Analysen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die einzelnen Kollektive (Kompostarbeiter Querschnitt und Längsschnitt, Referenzkollektiv (ehemals NLÖ), Drop-Outs) separat beschrieben und die beobachteten Effekte analysiert. Im Folgenden schließen sich übergreifende Analysen an.

#### 3.6.1 Längsschnitt Kompostarbeiter versus Längsschnitt NLÖ-Referenzkollektiv

Um die Frage beantworten zu können, wie sich eine lang andauernde Bioaerosolexposition auf den Gesundheitszustand von exponierten Kompostarbeitern auswirkt, werden im Folgenden die Längsschnittdaten der 76 Kompostarbeiter mit denen der 38 ebenfalls im Längsschnitt untersuchten NLÖ-Kontrollen verglichen.

## Symptome

Aus Tabelle 3.33 geht hervor, dass im Referenzkollektiv seit 1996 nur die Symptome Husten, Atemnot und Übelkeit zugenommen hatten, während die anderen Symptome gleich häufig bzw. deutlich zurückgegangen waren. Bei den Kompostarbeitern kam es im Beobachtungszeitraum zu einer prozentualen Zunahme von insgesamt sieben Symptomen. Dabei war die deutlich höhere Zunahme der Hustensymptomatik auffallend.

**Tab. 3.33** Prozentuale Veränderung\* der anamnestisch erhobenen Symptome zwischen 1996/97 und 2009/10 bei 76 Kompostarbeitern bzw. 38 Referenzpersonen.

Krankheitssymptom	Kompost n=76	Referenz n=38
Husten	+13,1%	+5,3%
Atemnot	0,0%	+2,7%
Appetitmangel	+2,7%	-7,9%
Übelkeit	0,0%	+5,3%
Erbrechen	0,0%	0,0%
Durchfall	-3,9%	-10,5%
Schweißausbrüche	-9,3%	-23,7%
Fieber	+6,6%	0,0%
Schüttelfrost	+2,7%	0,0%
Tränenfluss	+1,3%	-13,2%
Augenbrennen	-1,2%	-23,7%
Fremdkörpergefühl	-3,9%	-5,3%
Nasatmung behindert	-1,4%	-5,2%
Störung des Geruchssinns	+4,0%	0,0%
Geschmacksstörung	+2,7%	0,0%
Heiserkeit	-1,4%	0,0%

\* negativer Wert: Abnahme, positiver Wert: Zunahme

Dies wird auch deutlich, wenn man die aktuellen Symptome beider Kollektive vergleicht. Insbesondere Augenreizungen ( $p=0,019$ ) und Husten ( $p=0,317$ ) wurden von den exponierten Kompostarbeitern vermehrt angegeben (Tab. 3.34).

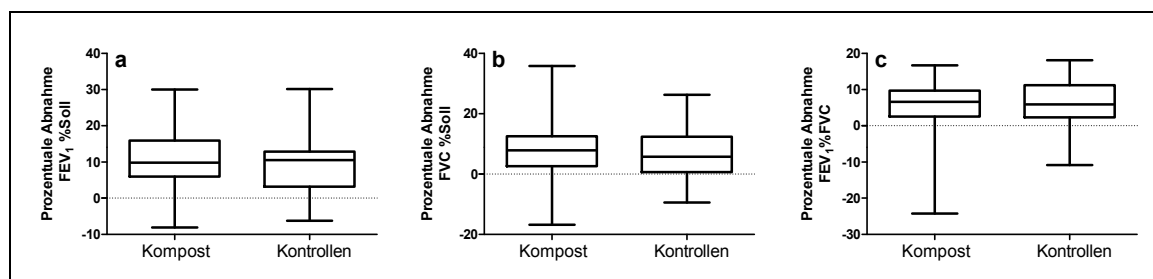
**Tab. 3.34** Vergleich der Häufigkeiten aktueller anamnestisch erhobener Symptome zwischen 76 Kompostarbeitern und 38 Referenzpersonen.

Krankheitssymptom	Kompost n=76	Referenz n=38
Husten	22,4%	13,2%
Atemnot	3,9%	5,3%
Appetitmangel	3,9%	0,0%
Übelkeit	6,6%	5,3%
Erbrechen	2,6%	0,0%
Durchfall	9,2%	5,3%
Schweißausbrüche	3,9%	0,0%
Fieber	6,6%	0,0%
Schüttelfrost	3,9%	0,0%
Tränenfluss	18,4%	2,6%
Augenbrennen	19,8%	10,5%
Fremdkörpergefühl	15,8%	2,6%
Nasatmung behindert	18,4%	15,8%
Störung des Geruchssinns	10,5%	2,6%
Geschmacksstörung	3,9%	0,0%
Heiserkeit	5,3%	7,9%

Identische Ergebnisse ergab der Vergleich des Referenzkollektivs mit dem Gesamtkollektiv der 190 aktuell exponierten Kompostarbeiter.

### Lungenfunktion

Um zu überprüfen, ob der im Kompostkollektiv zwischen der ersten und der jetzigen Studie beobachtete Lungenfunktionsabfall größer war als der des Referenzkollektivs, wurden zunächst die prozentualen Abnahmen der Lungenfunktionsparameter gegenüber gestellt. Es wurden in beiden Fällen die Flowscreen-Daten bezogen auf die altersentsprechenden Sollwerte verwendet.



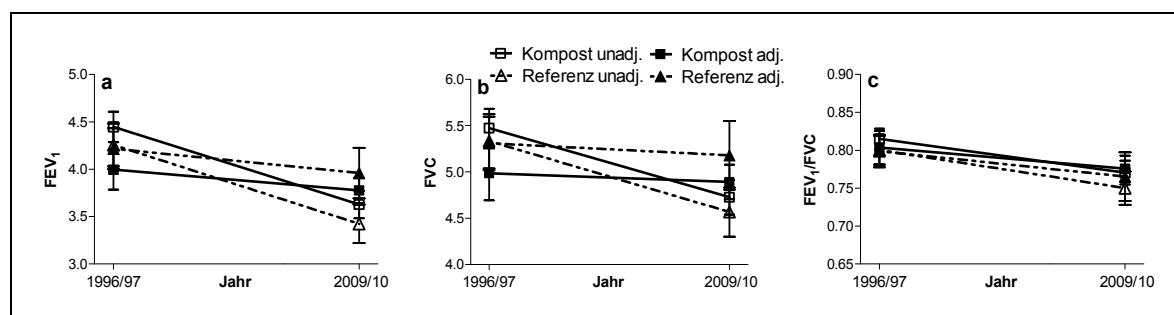
**Abb. 3.36** Prozentuale Abnahme der Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub> %Soll (a), FVC %Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) (Flowscreen) zwischen der ersten und der aktuellen Untersuchung bei Kompostarbeitern (n=75) bzw. NLÖ-Referenzpersonen (n=38).

Die Abbildung 3.36 zeigt, dass sich die Mediane für  $FEV_1\%$ Soll und  $FEV_1\%$ FVC zwischen den beiden Gruppen nicht unterscheiden. Bzgl. FVC ist die Abnahme bei den Kompostarbeitern etwas höher (7,8%) als in der Referenzgruppe (5,9%). Dieser Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant.

Eine detaillierte Analyse unter Verwendung der absoluten Lungenfunktionsmesswerte (Flowscreen) über den Zeitraum von 13 Jahren erfolgte mittels eines linearen gemischten Modells (Tab. 3.35 und Abb. 3.37).

**Tab. 3.35** Ergebnisse der Lungenfunktionsanalyse (Flowscreen) von 75 Kompostarbeitern bzw. 38 Referenzpersonen im linearen gemischten Modell.

	FEV <sub>1</sub>		FVC		FEV <sub>1</sub> %FVC	
	Schätzer	p-Wert	Schätzer	p-Wert	Schätzer	p-Wert
<b>Unadjustiertes Modell</b>						
Kompost vs. Kontrolle	0,19	0,1763	0,14	0,4345	0,02	0,2086
2009/10 vs. 1996/97	-0,83	<b>&lt;0,0001</b>	-0,77	<b>&lt;0,0001</b>	-0,05	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Adjustiertes Modell</b>						
Kompost vs. Kontrolle	-0,22	0,1410	-0,33	0,1065	0,01	0,7397
2009 vs. 1996	-0,26	<b>0,0246</b>	-0,13	0,4048	-0,03	<b>0,0146</b>
Alter (Jahre)	-0,04	<b>&lt;0,0001</b>	-0,05	<b>&lt;0,0001</b>	-0,001	0,1440
BMI 25-30 vs. < 25	-0,04	0,5861	-0,04	0,7000	-0,01	0,5693
BMI ≥30 vs. < 25	-0,21	<b>0,0282</b>	-0,27	0,0508	-0,01	0,7221
Husten Ja vs. Nein	0,01	0,8863	0,03	0,7407	0,002	0,8463
Ex-Raucher vs. Nicht-Raucher	-0,08	0,4141	0,04	0,7631	-0,01	0,2728
Raucher vs. Nicht-Raucher	-0,07	0,5287	0,001	0,9949	-0,01	0,5136



**Abb. 3.37** Unadjustierte (leere Symbole) und adjustierte (gefüllte Symbole) Mittelwerte der Lungenfunktionsparameter  $FEV_1$  (a), FVC (b) und  $FEV_1\%$ FVC (c) (Flowscreen) von Kompostarbeitern (n=75) bzw. NLO-Referenzpersonen (n=38) bei der ersten und der aktuellen Untersuchung.

Wie aus Tabelle 3.35 und der graphischen Umsetzung (Abb. 3.37) hervorgeht, ist nach der Adjustierung mit den in der Tabelle aufgeführten Parametern der Lungenfunktionsabfall der Kompostarbeiter nicht signifikant verschieden von dem der Referenzpersonen.

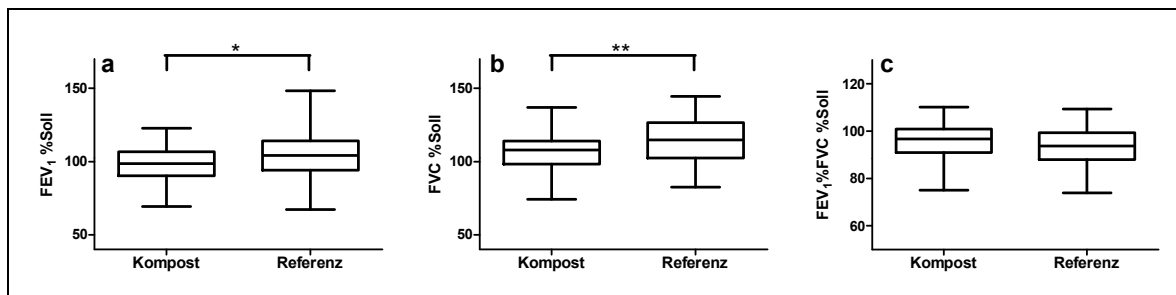


renzpersonen. Interessanterweise ergibt sich jedoch auch nach Adjustierung für  $FEV_1$  und  $FEV_1\%FVC$  ein signifikanter Abfall von 1996/97 bis 2009/10, dies jedoch gleichermaßen für Kompostarbeiter wie Kontrollen.

Da der beobachtete Lungenfunktionsabfall gleichermaßen im Kompostarbeiter- und im Referenzkollektiv aufgetreten ist und die berichteten Symptome nicht mit einer so massiven Lungenfunktionsbeeinträchtigung korrelierten, kann geschlussfolgert werden, dass die aktuell erniedrigten Messwerte sicherlich nicht mit einer lang andauernden Bioaerosolexposition im Zusammenhang stehen und darüber hinaus vermutlich sogar ohne klinische Relevanz sind. Es muss vielmehr davon ausgegangen werden, dass dieses Ergebnis methodisch bedingt ist.

So wurde für das 2. Follow-up neben einem neueren modernen Spirometer (MasterScope) das identische Spirometer der ersten beiden Studien verwendet (Flowscreen), um die Lungenfunktionsparameter im Längsschnitt exakt vergleichen zu können. Aufgrund der Qualitätssicherung war dieses Spirometer vor der aktuellen Studie gewartet und geeicht worden, was vermutlich als Ursache für die systematisch niedrigeren Messwerte angesehen werden muss. Da die Lungenfunktionsmessungen im Rahmen des aktuellen Follow-up mit den beiden parallel verwendeten Spirometern gut übereinstimmten, können die aktuell erhobenen Daten als valide angesehen werden, so dass insbesondere die Analysen im Querschnitt nicht an Bedeutung verlieren.

In Abbildung 3.37 fiel auf, dass für  $FEV_1$  und FVC sowohl die adjustierten Ausgangswerte (1996/97) als auch die adjustierten aktuellen Werte (2009/10) der Kompostarbeiter niedriger lagen als die der Referenzgruppe. Beim Vergleich der aktuellen MasterScope-Werte (2009/10) zeigt sich dies ebenfalls (Abb. 3.38). Dabei ist der Effekt für FVC stärker ausgeprägt als für  $FEV_1$ .



**Abb. 3.38** Vergleich der aktuellen Lungenfunktionsparameter  $FEV_1\%Soll$  (a),  $FVC\%Soll$  (b) und  $FEV_1\%FVC$  %Soll (c) (MasterScope) zwischen Kompostwerkern (n=75) und dem Referenzkollektiv (n=38).

Identische Ergebnisse ergab der Vergleich des Referenzkollektivs mit dem Gesamtkollektiv der 190 aktuell exponierten Kompostarbeiter. Hier könnten auch sozioökonomische Faktoren eine Rolle spielen. Eine Studie an 1.644 norwegischen Personen hat gezeigt, dass "blue-collar"-Arbeiter mit eher niedrigem Bildungsstand eine um 13 mL höhere jährliche  $FEV_1$ - und FVC-Abnahme aufweisen als "white-collar"-Beschäftigte mit eher hohem Bildungsstand (JOHANNESSEN et al., 2010). Andererseits ist jedoch auch bekannt, dass Personen, die einer körperlich anstrengenden

Tätigkeit nachgehen in der Regel bessere Lungenfunktionsparameter aufweisen als beispielsweise Büroangestellte (PELKONEN et al., 2003).

### Antikörperbestimmung

Wie sich in den Kapiteln 3.3.7 und 3.4.5 bereits gezeigt hatte, ähneln sich die Verläufe der IgE- und IgG-Antikörperkonzentrationen von Kompostierern und Referenzpersonen über den Studienzeitraum von 13 Jahren sehr. Dabei zeigt das nicht bioaerosol-exponierte Referenzkollektiv deutlichere Zu- bzw. Abnahmen, so dass man davon ausgehen kann, dass diese Veränderungen nicht mit einer Bioaerosolexposition im Zusammenhang stehen (Tab. 3.36).

**Tab. 3.36** Prozentuale Veränderung\* der Anzahl positiver Antikörpertests zwischen 1996/97 und 2009/10 bei 71 Kompostarbeitern bzw. 38 Referenzpersonen.

	<b>Kompost</b>	<b>Referenz</b>
Anzahl getesteter Seren, n	<b>71</b>	<b>38</b>
Gesamt-IgE	-4,3%	+2,7%
Spez. IgE Umweltallergene, sx1	-4,3%	-10,5%
Spez. IgE Schimmelpilzmix, mx1	+1,4%	+10,5%
Spez. IgG <i>Aspergillus fumigatus</i> , Gm3	+8,4%	+15,8%
Spez. IgG <i>Penicillium</i> spp. Gm27	+8,5%	+10,5%
Spez. IgG <i>Saccharopo. rectivirgula</i> Gm22	-1,4%	-5,3%
Spez. IgG <i>Thermoacti. vulgaris</i> Gm23	-2,9%	+2,6%

\* negativer Wert: Abnahme, positiver Wert: Zunahme

### **3.6.2 Längsschnitt Kompostarbeiter versus Längsschnitt Drop-Outs**

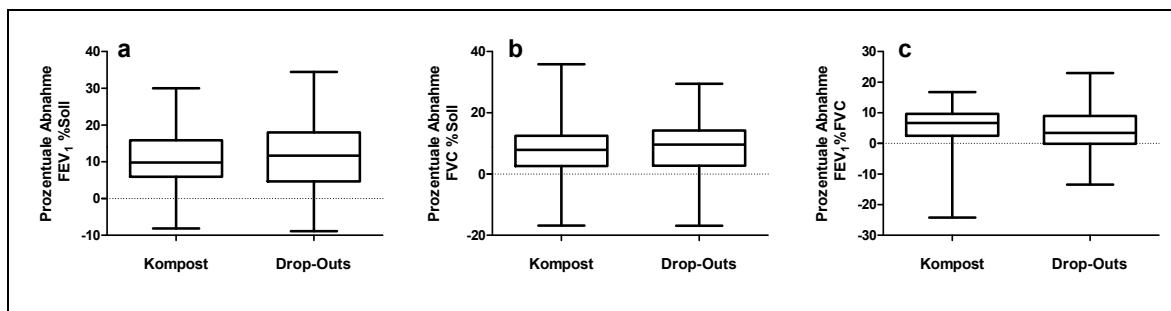
#### Symptome

Wie bereits im Kapitel 3.5.4 ausgeführt, gingen bei den Drop-Outs nach Tätigkeitsaufgabe Magen-Darm-Beschwerden völlig, Hautsymptome und irritative Effekte der oberen Atemwege und der Augen (MMIS) weitgehend zurück. Aus diesem Grunde erscheint ein Vergleich der aktuellen Symptome zwischen dem Längsschnitt der Kompostarbeiter und dem der Drop-Outs als nicht sinnvoll.

Anders sieht es für Husten und Atemnot aus. Hier klagten bei der aktuellen Untersuchung im Vergleich zu den Kompostarbeitern im Längsschnitt signifikant mehr Drop-Outs über Husten (40,0% vs. 22,4%,  $p = 0,039$ ) und Atemnot (20,3% vs. 3,9%,  $p = 0,004$ ). Dabei fällt auch auf, dass sechs (50%) der Drop-Outs, die ihren Beruf als Kompostwerker aus gesundheitlichen Gründen aufgegeben hatten, auch noch aktuell über Husten klagten.

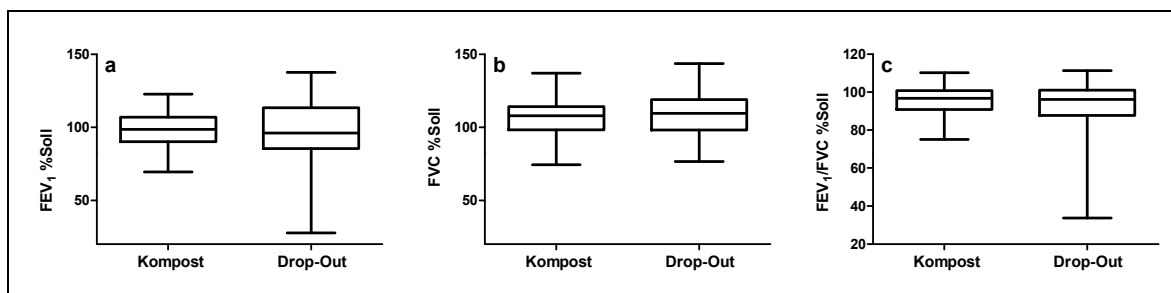
## Lungenfunktion

Vergleicht man den prozentualen Abfall der verschiedenen Lungenfunktionsparameter im Längsschnittkollektiv der aktuell tätigen Kompostarbeiter (n=75) mit dem im Drop-Out-Kollektiv (n=58), sieht man keine signifikanten Unterschiede (Abb. 3.39).



**Abb. 3.39** Prozentuale Abnahme der Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC (c) (Flowscreen) zwischen der ersten und der aktuellen Untersuchung bei noch tätigen (n=75) bzw. ausgeschiedenen (n=58) Kompostarbeitern.

Dies gilt auch für den Vergleich der aktuellen MasterScope-Werte (2009/10) zwischen den aktuell tätigen Kompostarbeitern und den aus dem Beruf ausgeschiedenen Drop-Outs (Abb. 3.40).



**Abb. 3.40** Vergleich der aktuellen Lungenfunktionsparameter FEV<sub>1</sub>%Soll (a), FVC%Soll (b) und FEV<sub>1</sub>%FVC %Soll (c) (MasterScope) zwischen Kompostwerkern (n=75) und dem Drop-Out-Kollektiv (n=59).

Auch im Vergleich zum Referenzkollektiv (NLÖ, n=38) ergaben sich aktuell keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Lungenfunktion (Daten nicht gezeigt).

## Antikörperbestimmung

Zwar kann man leichte Unterschiede in den Verläufen der Antikörperkonzentrationen von Kompostarbeitern und Drop-Outs über die Studiendauer erkennen, signifikante Unterschiede konnten jedoch nicht beobachtet werden (Tab. 3.37). Da sich, wie zuvor gezeigt, die Antikörper-Verläufe zwischen Kompostarbeitern und Referenzpersonen im Längsschnitt nicht unterscheiden, kann dies jedoch nicht als Marker für eine stattgehabte Bioaerosolexposition angesehen werden.

**Tab. 3.37** Prozentuale Veränderung\* der Anzahl positiver Antikörpertests zwischen 1996/97 und 2009/10 bei 71 Kompostarbeitern bzw. 59 Drop-Outs.

	<b>Kompost</b>	<b>Drop-Outs</b>
Anzahl getesteter Seren, n	<b>71</b>	<b>59</b>
Gesamt-IgE	-4,3%	0,0%
Spez. IgE Umweltallergene, sx1	-4,3%	-3,4%
Spez. IgE Schimmelpilzmix, mx1	+1,4%	-1,7%
Spez. IgG <i>Aspergillus fumigatus</i> , Gm3	+8,4%	0,0%
Spez. IgG <i>Penicillium</i> spp. Gm27	+8,5%	0,0%
Spez. IgG <i>Saccharopo. rectivirgula</i> Gm22	-1,4%	+8,4%
Spez. IgG <i>Thermoacti. vulgaris</i> Gm23	-2,9%	+5,1%

\* negativer Wert: Abnahme, positiver Wert: Zunahme

# **Ermittlung luftgetragener biologischer Arbeitsstoffe an Arbeitsplätzen in Kompostierungsanlagen (Teil B)**

(E. Willer, H.-D. Neumann, M. Buxtrup, Ch. Felten)

## **4 Allgemeines**

Aus Sicht der Prävention sind Gefährdungen durch Einwirkungen biologischer Arbeitsstoffe in Kompostierungsanlagen durch technische Maßnahmen zu vermeiden. Ziel ist daher die Verringerung der Luftbelastung durch biologische Arbeitsstoffe, was vor allem durch die Umsetzung der Maßnahmen der Biostoffverordnung, konkretisiert durch die Technische Regel für biologische Arbeitsstoffe „Abfallbehandlungsanlagen einschließlich Sortieranlagen in der Abfallwirtschaft“ (TRBA 214), sichergestellt wird. Diese Regel entstand im Jahr 2007 und basiert u.a. auf der Vorgängerregelung TRBA 211 „Biologische Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen“, welche bereits 2001 in Kraft trat. Insofern haben sich während der Laufzeit der Längsschnittstudie bei den Technischen Regeln und somit bei der Beschreibung des Standes der Technik wichtige Änderungen ergeben.

### **4.1 Zielsetzung**

Im Rahmen der Studie sollte überprüft werden, ob der aktuelle Stand der Technik auch Einzug in die untersuchten Anlagen gehalten hat und ob damit ggf. Absenkungen des Expositionsniveaus der Kompostarbeiter einhergehen. Aus diesem Grund wurden in einem Teil der Anlagen durch die BG Verkehr und die Unfallkasse NRW Arbeitsplatzmessungen in insgesamt neun Anlagen vorgenommen.

### **4.2 Der Technische Kontrollwert der TRBA 214**

Die TRBA 405 "Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe" legt den Begriff des technischen Kontrollwertes (TKW) durch Definition eindeutig fest: "Der technische Kontrollwert legt die Konzentration biologischer Arbeitsstoffe in der Luft für einen bestimmten Arbeitsbereich, ggf. auch für ein bestimmtes Verfahren oder einen bestimmten Anlagentyp fest, die grundsätzlich nach dem Stand der Technik erreicht werden kann. Dieser Wert dient der Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen und wird vom ABAS festgelegt. Er kann als Summenwert oder bezogen auf Mikroorganismengruppen definiert werden. Der TKW ist an die jeweils festgelegte Messstrategie gebunden".

TKWs sind keine Grenzwerte, weil sie nicht gesundheitsbasiert sind. Es handelt sich vielmehr um eine Konvention auf der Grundlage von Erfahrungen, die durch Messergebnisse abgesichert sind.

Die TRBA 214 verfolgt das Ziel, "... die Exposition von Beschäftigten gegenüber biologischen Arbeitsstoffen und damit die Gefährdung durch diese zu minimieren". Generell gilt, dass im Arbeitsschutz folgende Rangfolge der Schutzmaßnahmen einzuhalten ist:

1. bauliche Maßnahmen
2. technische Maßnahmen

3. organisatorische / hygienische Maßnahmen
4. personenbezogene Maßnahmen (PSA)

Für die Überprüfung der technischen Schutzmaßnahmen in Sortierkabinen, Kabinen und Steuerständen hinsichtlich Funktion und Wirksamkeit wurde ein technischer Kontrollwert festgelegt. Als TKW wurde ein Summenwert gemäß TRBA 405 für mesophile Schimmelpilze definiert.

Die allgemeinen Ausführungen zu technischen Kontrollwerten gemäß TRBA 405 werden in der TRBA 214 wie folgt konkretisiert:

- Die Höhe des TKW nach TRBA 214 beträgt 50.000 koloniebildende Einheiten pro  $\text{m}^3$  Luft (KBE/ $\text{m}^3$ ) als Summenwert für mesophile Schimmelpilze.
- Er gilt nur für ständige Arbeitsplätze in Sortierkabinen, Kabinen und Steuerständen.
- Messergebnisse sind nur zulässig, wenn sie gemäß dem detailliert beschriebenen Verfahren generiert wurden und wenn die ausführende Stelle über die geforderten Erfahrungen und Qualifikationen verfügt.
- Wird der Wert unterschritten oder eingehalten, ist die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegeben. Es wird empfohlen, die Maßnahmen zu dokumentieren.
- Wird der Wert überschritten, sind technische und organisatorische Maßnahmen zu optimieren.
- Ist das Messergebnis größer als 100.000 KBE/ $\text{m}^3$  Luft, muss zusätzlich die Gefährdungsbeurteilung wiederholt werden. Ergibt diese, dass die getroffenen Schutzmaßnahmen nicht ausreichen, sind sie dem Stand der TRBA anzupassen und in deren Wirksamkeit erneut zu überprüfen.

## **4.3 Arbeitsplätze**

### **4.3.1 Sortierkabinen**

Um die Sortierarbeitsplätze von der hoch belasteten Luft aus der Anliefer- und Maschinenhalle zu trennen, wird eine geschlossene Sortierkabine eingerichtet, die mit einer Lüftungstechnischen Anlage ausgestattet ist. Die Sortierung erfolgt ein- oder beidseitig am Sortierband, wobei die aussortierten Fraktionen durch Abwurfschächte in offene Erfassungssysteme abgeworfen werden. Die Abdichtung der Sortierband-Durchführungen in und aus der Sortierkabine erfolgt üblicherweise mit Lamellenvorhängen, die bis auf das Band reichen sollen. Die manuelle Sortierung von Abfällen wird zunehmend von maschinellen Sortierverfahren ersetzt.

### **4.3.2 Anlieferungsbereiche**

Die Anlieferung von Biomüll erfolgt meist in geschlossenen Hallenbereichen („Flachbunkern“) in der Regel durch Abfallsammelfahrzeuge. Der Austrag des Abfalls wird je nach Fahrzeug über Abkippen, über die Betätigung des Pressschildes oder durch die umgekehrte Betätigung der Rotationsverdichtung bewirkt. Der weitere Transport zur Materialaufgabe erfolgt normalerweise über Schaufelradlader. Die Bereiche sind gekennzeichnet von mitunter großen zwischengelagerten Abfallmengen und je nach Größe der Anlage regem Fahrzeugverkehr. In diesen Bereichen bestehen üblicherweise keine ständigen Arbeitsplätze, erfahrungsgemäß sind hier jedoch häufig Beschäftigte anzutreffen. Grünschnitt wird überwiegend im Freien oder in überdachten Bereichen angeliefert.

### **4.3.3 Fahrerinnen**

Fahrerinnen von Radladern und vergleichbaren Geräten umfassen ein Luftvolumen von wenigen Kubikmetern. Die technische Belüftung der Kabinen erfordert daher nur geringen Aufwand. Die TRBA 214 sieht eine Schutzbelüftungsanlage mit kontrollierter Überdruckhaltung vor, die sich auf Erdbaumaschinen für den Einsatz in kontaminierten Bereichen bewährt hat. Der Aufbau dieser Anlagen ist in der Berufsgenossenschaftlichen Information BGI 581 „Fahrerinnen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen des Tiefbaues“ beschrieben (BGI 581).

### **4.3.4 Hallenbereich, Förderbänder**

Diese Bereiche schließen sich meist direkt an den Anlieferungsbereich an und sind in der gleichen Halle angesiedelt. Hier werden die Abfälle per Stetigförderer den verschiedenen Prozessen zugeführt (Siebung, Metallabscheidung, Sortierkabine, Rottehalle). In diesen Bereichen bestehen üblicherweise keine ständigen Arbeitsplätze. Erfahrungsgemäß sind hier jedoch gelegentlich Beschäftigte anzutreffen, wie z. B. zu Reinigungs- und Wartungszwecken.

### **4.3.5 Mieten im Freien; Siebung des Fertigkompostes**

Diese Bereiche sind im Freien oder überdacht, jedoch nicht in geschlossenen Hallen angesiedelt. Tätigkeiten bestehen im Umsetzen der Mieten (Radlader) bzw. Aufgabe des Fertigkompostes auf ein Trommelsieb (Radlader) oder Verladung gesiebten Fertigkompostes (Radlader oder händisches Absacken).

## 5 Methoden

### 5.1 Schimmelpilzmessungen mit dem PGP-GSP-System

Für die Schimmelpilz-Messungen wurde das Personengetragene Probenahmesystem (PGP) mit dem Gesamtstaub-Probenahmekopf (GSP) verwendet. Die Probenahme zur Keimzahlbestimmung mit dem PGP-GSP-System ist nach BIA Arbeitsmappe 9420 standardisiert (MEFFERT und BLOME, 2006). Das Probenahmesystem wurde in Verbindung mit der Probenahmepumpe 224-PCXR8 (SKC, USA) oder PP5-Ex, Modell HFS-513A (Gilian, USA) bei einem festen Volumenstrom von 3,5 L/min betrieben. In Radladerkabinen wurde der GSP, so weit dies bei der Ausstattung des Kabineninneren möglich war, in Atemhöhe des Fahrzeugführers befestigt. In allen anderen Bereichen wurden die Probenahmen ortsfest an Stativen in etwa 1,6 m Höhe durchgeführt.

Je Arbeitsplatz wurden zwei bzw. drei Messungen in sukzessiver Folge durchgeführt, die Messdauer der Einzelprobenahmen betrug jeweils mindestens 60 Minuten; im Falle kürzerer Arbeitsprozesse wurde die Messdauer ebenfalls entsprechend verkürzt. Als Messergebnis (s. Tab. 6.1) wurde jeweils der arithmetische Mittelwert der Mehrfachmessungen angegeben.

Die Bestimmung der Schimmelpilz-Konzentrationen an Arbeitsplätzen erfolgte mit der indirekten Filtrationsmethode nach BIA Arbeitsmappe 9420. Als Abscheidemedium wurden Polykarbonatfilter benutzt (Hersteller: Millipore, Eschborn; Porenweite: 0,8 µm). Für die Kultivierung der Schimmelpilze wurde DG 18-Agar verwendet, die Bebrütung der Medien erfolgte bei 25°C für 5-7 Tage.

Die Aufarbeitung der Polykarbonatmembranen erfolgte nach den Vorgaben der BIA Arbeitsmappe 9420. Zur Herstellung der Stammlösungen und deren Verdünnungen wurde 0,9%ige NaCl-Lösung mit Tween 80 als Netzmittel benutzt (0,01%). Gelatinefilter und Polykarbonatfilter wurden in 10 ml auf 32°C erwärmte NaCl-Lösung überführt. Die Filterlösungen bzw. Spüllösungen wurden anschließend für 30 Minuten bei 32°C im Wasserbad geschüttelt und direkt vor dem Ausplattieren für 4 min auf höchster Stufe gevortext.

### 5.2 Korrelierte Partikelzählung (KPZ)

Die Korrelierte Partikelzählung (MISSEL und HARTUNG, 2005) basiert auf der festen statistischen Beziehung zwischen den Konzentrationen an Schimmelpilzen einerseits und Partikeln entsprechender Größenfraktionen in der Luft andererseits. Das statistische Verhältnis wird durch lineare Regression der Messdaten zeitparalleler Schimmelpilz- und Staubpartikelmessungen bestimmt. Anhand der Steigungsgleichung der Regressionsgeraden als Umrechnungsfaktor werden die Verläufe der Schimmelpilz-Konzentrationen aus den 1-minütig gemessenen Partikelkonzentrationen errechnet und in kontinuierlichen Verläufen über die Zeit grafisch dargestellt.

Für die Partikelzählung wurden direktanzeigende, tragbare Partikelzählgeräte (Typ 1.108, Grimm, Ainring) benutzt. Diese Staubmessgeräte arbeiten nach dem Streulichtprinzip und messen die Partikelzahl in 1-Minuten-Messintervallen. Erfasst werden 15 unterschiedliche Partikelfraktionen zwischen 0,3 µm und größer 20 µm Teilchendurchmesser. Um die Schimmelpilz- und Partikelmessungen möglichst ver-



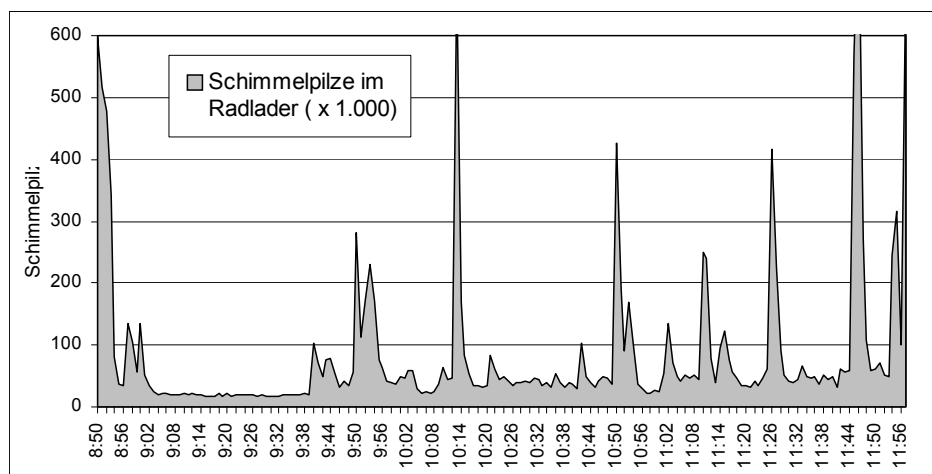
gleichbar zu gestalten, werden die Staubsammelköpfe des Partikelzählgeräts und des PGP maximal 10 cm entfernt voneinander positioniert.

Bei der KPZ wird zunächst für jede der nach BIA Arbeitsmappe 9420 gemessene Schimmelpilz-Konzentration die dem Zeitintervall der Messung exakt entsprechende durchschnittliche Partikelkonzentration errechnet. Die Messwerte der Schimmelpilz-Konzentrationen werden mit den zugehörigen Partikelmesswerten in Streudiagrammen verbunden und ein lineares Regressionsmodell angepasst. Die lineare Regression wird mit den Messwerten von allen „schimmelpilzrelevanten“ Staubpartikel-Größenfraktionen des Einatembaren Staubs durchgeführt ( $> 1 \mu\text{m}$ ).

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Radlader mit Schutzbelüftungsanlage

Im Rahmen der messtechnischen Beurteilung der Arbeitsplätze auf den untersuchten Kompostierungsanlagen kamen in neun von zehn Fällen Radlader mit Schutzbelüftungsanlagen zum Einsatz. Ein Radlader wurde ohne Schutzbelüftungsanlage betrieben. Beim Betrieb der neun schutzbelüfteten Radlader ergab sich nur einmal eine Überschreitung des TKW. Diese Überschreitung ist darauf zurückzuführen, dass der Fahrer während des Verladebetriebes mehrfach die Tür zum Ein- und Aussteigen öffnete. Der Anstieg während dieses Ein- und Aussteigens ist der Abbildung 6.1 zu entnehmen. Bei sechs Radladern lag die Arbeitsplatzbelastung deutlich unter 10.000 KBE/m<sup>3</sup>. Der höchste Wert wurde bei dem Radlader ohne Schutzbelüftungsanlage ermittelt. Der zulässige TKW wurde hier mehr als dreifach überschritten.



**Abb. 6.1** Mit korrelierter Partikelzählung ermittelter Verlauf der Schimmelpilzkonzentration in der schutzbelüfteten Radladerkabine mit TKW-Überschreitung.

Insgesamt ist festzustellen, dass sich das Schutzniveau an diesem Arbeitsplatz deutlich verbessert hat. Bei Messungen aus den Vorläuferstudien (SCHAPPLER-SCHEELE et al., 1999; BÜNGER et al., 2003) waren auf den meisten Radladern noch keine Schutzbelüftungsanlagen vorhanden, was zu Arbeitsplatzkonzentrationen von deutlich mehr als 100.000 KBE/m<sup>3</sup> führte.

### 6.2 Sortierkabinen

Eine Handsortierung von angeliefertem Bioabfall fand nur noch in vier von neun Anlagen statt. Zwei von diesen Anlagen (Nr. 5 und Nr. 45) waren mit einer Überbandabsaugung nach TRBA 214 ausgestattet. Auf der Anlage 5 wurde der TKW damit deutlich unterschritten, auf der Anlage 45 jedoch überschritten (Tab. 6.1). Diese Überschreitung ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Positionierung der Probenahmeeinrichtung in der Sortierkabine nicht optimal gewählt war. Die Probenahmeeinrichtung befand sich nicht unmittelbar am Sortierband, sondern war teilwei-

se durch den Bediener verdeckt und stand in der Nähe der Abwurfklappe. Bei einer Wiederholungsmessung am 20.5.2011 bei normgerechter Aufstellung der Probenahmeeinrichtung wurden dagegen Konzentrationen für Gesamtschimmelpilze in Höhe von 17.800 KBE/m<sup>3</sup> und 19.800 KBE/m<sup>3</sup> gemessen. Wie auf der Anlage 5 war damit auch auf der Anlage 45 der TKW am Sortierband deutlich unterschritten.

In den beiden anderen Sortierkabinen (Nr. 18 und Nr. 42) lagen sehr deutliche Überschreitungen des TKW vor. Installiert waren in beiden Fällen Absaugvorrichtungen, Zuluft wurde aktiv eingebracht. Die Anordnungen bzw. Luftmengenverhältnisse (Zuluft > Abluft) entsprachen jedoch nicht den Vorgaben der TRBA 214, so dass eine Schutzfunktion nicht erzielt werden konnte. In Anlage Nr. 18 werden jedoch nur kurze Zeiträume in der Sortierkabine verbracht (ca. 1 Stunde am Tag).

### **6.3 Anlieferung**

In den Anlieferungsbereichen ist festzustellen, dass die Konzentration in geschlossenen Hallen erwartungsgemäß eine deutlich höhere Konzentration aufweist als im Außenbereich. Im Übrigen sind die festgestellten Messwerte abhängig von zahlreichen Zufälligkeiten wie der Art, dem Alter und der Menge des Anliefergutes sowie der Nähe der Probenahmeeinrichtung zur Abladestelle. So wurde der niedrigste Wert auf der Anlage 23 am Eingang einer gut durchlüfteten Anlieferungshalle gemessen. Die Messwerte variieren daher entsprechend. Insgesamt zeigen die Messwerte jedoch, dass sich Personen in diesem Arbeitsbereich nicht ungeschützt aufhalten dürfen.

### **6.4 Hallenbereich Förderbänder**

Auch im Hallenbereich gilt, dass die Belastung mit biologischen Arbeitsstoffen dort abhängig vom jeweiligen Materialumsatz und Zustand des Materials ist. Auch die Bewegung des Materials insbesondere an den Übergabestellen (z. B. Fallhöhen) sowie Schutzmaßnahmen wie Bandabdeckungen und Punktabsaugungen spielen eine Rolle. Die Messwerte variieren daher auch hier entsprechend. Somit wird auch im Hallenbereich deutlich, dass sich Personen dort nicht ungeschützt aufhalten bzw. dort ungeschützt Arbeiten verrichten dürfen.

### **6.5 Siebung des Fertigkompostes**

In diesem Arbeitsbereich wurden die niedrigsten Werte für die Gesamtschimmelpilzkonzentration ermittelt. Die Arbeitsbereiche waren insgesamt gut gelüftet. Ferner war eine große Konzentration von Schimmelpilzen dort auch nicht mehr zu erwarten, da die im Eingangsmaterial vorhandenen mesophilen Schimmelpilze beim Vorgang der Intensivrotte mit Temperaturen über 45°C weitgehend absterben.

### **6.6 Mieten im Freien oder überdacht**

Die Messwerte zeigen, dass auch in diesem Bereich keine hohe Schimmelpilzbelastung zu erwarten ist, solange dort keine Umsetzarbeiten oder Reinigungs- und Wartungsarbeiten verrichtet werden. Ursache sind die günstigen Lüftungsbedingungen. Bei Umsetzarbeiten müssen wegen der erheblichen Freisetzung von biologischen Stäuben Radlader mit Schutzbelüftung zum Einsatz kommen. Der dadurch erzielte

Schutzeffekt wurde unter Ziffer 3.1 erläutert. Bei Wartungs- und Reinigungsarbeiten sind in diesen Bereichen persönliche Schutzausrüstungen zu tragen. Diese bestehen aus einem körperbedeckenden Arbeitsanzug und in der Regel aus einem geeigneten Atemschutz. Geeignet ist der Atemschutz, wenn er mindestens aus einer Halbmaske mit Partikelfilter der Klasse P2 oder einer partikelfiltrierenden Halbmaske FFP2 besteht. Filtrierende Halbmasken mit Ausatemventil sind bevorzugt einzusetzen. Atemschutzfilter und filtrierende Halbmasken sind arbeitstäglich zu wechseln.

**Tab. 6.1** Messwerte für mesophile Schimmelpilze

Anlage Nr.	23	29	5	45	18	42	21/22	16	28
Probenahmedaten (2009)	16.09.	17.09.	10.07.	09.07.	31.08.	01.09.	03.09.	21.09.	22.09.
Radlader mit Schutzbelüftung	238	318	9.368	714	7.500	84.333	6.300 1.900 <sup>1)</sup>	39.667	181.000
Sortierkabine			24.450	143.500	13.495.333	1.337.333			
Anlieferung	97.300	6.585	1.680.000	220.500	102.333	4.051.667	747.667	460.667	
Hallenbereich, Förderbänder		578.000				4.141.333			
Absiebung Fertigkompost, offene Halle	1.430	3.570			5.733			300	251.000
Mieten offen oder überdacht	2.380		19.510	5.080			5.600		533.000
Referenz	4.840	2.060	5.080	2.300	2.600	4.500	3.500	700	1.900

alle Zahlen in KBE/m<sup>3</sup> (arithmetische Mittelwerte der Einzelmessungen)

<sup>1)</sup> zwei Radlader im Betrieb

## **7 Zusammenfassung (Teil A und Teil B)**

Ziel der durchgeführten Studie war die Beobachtung der Kompostarbeiter über einen Zeitraum von 12-13 Jahren, was erstmals die Chance bot, Risiken für chronische Erkrankungen durch eine lang andauernde Exposition gegenüber Bioaerosolen zu erfassen. Dazu wurden analog zu den Studiendurchgängen 1996, 1997 und 2001 eine klinische Untersuchung, ein Arztinterview sowie die Erhebung von Lungenfunktionsparametern durchgeführt. Erstmals wurden auch die bereits ausgeschiedenen Kompostarbeiter (Drop-Outs) in die klinischen Untersuchungen miteinbezogen, um einen eventuellen „Healthy-Worker-Survivor-Effect“ zu ermitteln und das tatsächliche Gesundheitsrisiko aller Beschäftigten zu quantifizieren.

Die Bestimmung von spezifischen IgE- und IgG-Antikörpern, parallel in den alten aservierten und den neu gewonnenen Seren, erfolgte, um den Verlauf der Immunserologie über den Beobachtungszeitraum beurteilen zu können. Dabei sollten IgG-Antikörper gegen Schimmelpilze und thermophile Actinomyceten als Biomarker der Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen dienen.

Um die Qualität der Schutzmaßnahmen an den Arbeitsplätzen beurteilen zu können, wurden bereits bei dem Studiendurchgang 1996/97 alle Arbeitsschutzmaßnahmen in den Anlagen erfasst und deren Effektivität in dem 5-Jahres-Follow-up 2001 überprüft sowie Vorschläge für eine Optimierung erarbeitet. In der jetzigen Studie wurden vor allem die technischen und persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen erneut erfasst, um die Effektivität der getroffenen Maßnahmen zu beurteilen. Ein Expositionsscore wurde entwickelt, um die Expositionshöhe des Längsschnittskollektivs über den Zeitraum von 13 Jahren abzuschätzen. Eine mögliche Korrelation dieses Scores mit Lungenfunktionsdaten bzw. Antikörpertitern wurde überprüft.

Darüber hinaus erfolgte in neun Kompostierungsanlagen die Messung luftgetragener biologischer Arbeitsstoffe an verschiedenen Arbeitsplätzen. Dabei wurde der aktuelle Stand der Technik überprüft und es wurde ermittelt, ob im Laufe der letzten Jahre die Exposition vermindert werden konnte.

### **7.1 Symptome und arbeitsmedizinische Untersuchung (Teil A)**

Die anamnestisch bzw. bei der körperlichen Untersuchung erfassten Beschwerden der aktuell tätigen Kompostarbeiter betrafen neben Husten überwiegend die Augen (Bindehautreizungen, vermehrter Tränenfluss, Fremdkörpergefühl) und die Nase (behinderte Nasenatmung, laufende Nase). Hier liegen offensichtlich Beschwerden im Sinne eines Mucous Membrane Irritation Syndroms (MMIS) vor. Diese Beschwerden waren auch bereits in den früheren Untersuchungen beobachtet worden und werden von verschiedenen Autoren im Zusammenhang mit Bioaerosolexposition beschrieben (GRÜNER et al., 2006; PORTNOY et al., 2005). Darüber hinaus wurden wie ebenfalls schon beim ersten Follow-up Veränderungen der Haut diagnostiziert. Insbesondere die MMIS-Symptome nahmen bei den Drop-Outs nach der Tätigkeitsaufgabe deutlich ab, was einen klaren Zusammenhang zwischen den Symptomen und der beruflichen Bioaerosolexposition belegt.

Auffallend ist, dass sowohl im Längsschnittkollektiv der aktuell tätigen und der ehemaligen Kompostarbeiter (Drop-Outs) insbesondere Husten, zum Teil jedoch auch Atemnot, während des Beobachtungszeitraums deutlich zugenommen hatte. Allgemein wird auch Husten als ein Symptom von MMIS verstanden. Die Tatsache, dass bei den Drop-Outs der Husten jedoch im Gegensatz zu den anderen MMIS-Symptomen nach Beendigung der Bioaerosolexposition nicht rückläufig war, deutet möglicherweise auf ein chronifiziertes Geschehen im Zusammenhang mit der stattgehabten Bioaerosolexposition hin.

Zwar war die anamnestisch erhobene Zahl der Allergiker mit 29% im Längsschnittkollektiv während des Beobachtungszeitraums leicht angestiegen, dennoch liegt dieser Wert noch immer unter dem Bevölkerungsdurchschnitt. Im Gesamtkollektiv gaben zudem nur 23% an, an einer Allergie zu leiden. Dies weist auf einen „Healthy-Worker-Survivor-Effect“ hin, da man davon ausgehen kann, dass Allergiker Atemwegsbeschwerden befürchten und eine berufliche Bioaerosolexposition meiden oder einen solchen Arbeitsplatz nach kurzer Zeit wieder verlassen. Dies könnte auch erklären, weshalb knapp 41% der Drop-Outs angaben, Allergiker zu sein.

## 7.2 Lungenfunktion (Teil A)

Im ersten Follow-up nach 5 Jahren hatte sich in der Lungenfunktionsprüfung bei den Kompostierern im Vergleich zum damaligen Referenzkollektiv ein signifikanter Abfall der forcierten Vitalkapazität (FVC) gezeigt. In der aktuellen Studie ergab sich nun für das Längsschnittkollektiv der aktuell tätigen Kompostarbeiter und der Drop-Outs nach 12 Jahren eine hochsignifikante Abnahme aller drei Lungenfunktionsparameter (alterskorrigierte forcierte Einsekundenkapazität ( $FEV_1\%Soll$ ), alterskorrigierte forcierte Vitalkapazität ( $FVC\%Soll$ ),  $FEV_1\%FVC$ ), die vom Rauchen unabhängig war. Da diese Effekte so deutlich waren und nahezu alle Probanden betrafen, wurde, um einen systematischen Fehler auszuschließen, noch zusätzlich das ehemalige Referenzkollektiv (NLÖ) der ersten Studie untersucht. Da sich auch hier über den Beobachtungszeitraum von 12/13 Jahren ein signifikanter Lungenfunktionsabfall zeigte, der in derselben Größenordnung lag wie bei den Kompostarbeitern, kann eine essentielle Lungenfunktionsbeeinträchtigung aufgrund der stattgehabten Bioaerosolexposition ausgeschlossen werden.

Der Querschnittvergleich ergab allerdings ein signifikant vermindertes  $FEV_1\%Soll$  (Vergleich Kompostarbeiter vs. Straßenbauarbeiter) bzw. eine signifikante Verminderung von  $FEV_1\%Soll$  und  $FVC\%Soll$  (Vergleich Kompostarbeiter vs. NLÖ-Referenzkollektiv) für das Kollektiv der Kompostarbeiter. Da bei Querschnittanalysen jedoch bekanntermaßen verschiedene Einflussfaktoren, insbesondere die Wahl des Kontrollkollektivs bzgl. sozioökonomischer Faktoren, körperlicher Fitness, Rauchverhalten etc. die Ergebnisse beeinflussen, können die hier beobachteten Unterschiede in der Lungenfunktion nicht zwangsläufig mit der Bioaerosolexposition in Verbindung gebracht werden.

### 7.3 Antikörperbestimmung (Teil A)

#### IgE-Antikörper

Die serologische Antikörperbestimmung für IgE gegen sx1 (Umweltallergene) ergab im Gesamtkollektiv eine Sensibilisierungsrate von 25% (Längsschnitt 24%). Wie aus der Literatur hervorgeht, zeigen durchschnittlich 31% der Westdeutschen eine Sensibilisierung gegen diese Allergenmischung, bei den 20-44jährigen sind es sogar 39% (HERRMANN-KUNZ und THIERFELDER, 2001). In dem Kontrollkollektiv der Straßenbauarbeiter betrug die Sensibilisierungsrate somit auch 34%, was ein Hinweis darauf ist, dass Pollenallergiker im Kollektiv der Kompostarbeiter unterrepräsentiert sind. Im Gegensatz dazu betrug die sx1-Sensibilisierungsrate im Referenzkollektiv (NLÖ) nur 26%, was die Ergebnisse somit wieder relativiert.

Während im Kontrollkollektiv der Straßenbauarbeiter lediglich 1,3% gegen Schimmelpilze (mx1) sensibilisiert waren, traf dies auf 7% der Kompostarbeiter zu. Da jedoch das NLÖ-Referenzkollektiv aktuell eine Sensibilisierungsrate von 10,5% aufwies, kann nicht geschlussfolgert werden, dass Kompostarbeiter häufiger von Schimmelpilzsensibilisierungen betroffen sind als andere Kollektive. Die Tatsache, dass die höchste Schimmelpilzsensibilisierungsrate mit 12% für die Drop-Outs ermittelt wurde, legt das Phänomen des sog. Healthy-Worker-Survivor-Effects nahe. Somit findet man im Kollektiv der Kompostarbeiter keine erhöhte Sensibilisierungsrate trotz vermehrter Exposition, da die Personen mit einer Schimmelpilzallergie aus dem Beruf vorzeitig ausscheiden.

#### IgG-Antikörper

Obwohl IgG-Antikörper in der Regel als Expositionsmarker angesehen werden, zeigten sich 2009 keine signifikanten Unterschiede in den IgG-Titern für Schimmelpilze und Actinomyceten zwischen den Kompostarbeitern und dem Kontrollkollektiv der Straßenbauarbeiter bzw. dem NLÖ-Referenzkollektiv. Warum sich die Bioaerosolexposition der Kompostarbeiter nicht in erhöhten IgG-Titern widerspiegelt, ist unklar. Jedoch haben auch einige Autoren für andere vermeintlich bioaerosol-exponierten Kollektive keine Erhöhung der IgG-Antikörpertiter gefunden (TASKINEN et al., 2002). Darüber hinaus wird die IgG-Bildung noch von verschiedenen anderen Faktoren wie Alter, Geschlecht und Rauchstatus beeinflusst (TERHO et al., 1987). Nicht zuletzt können die relativ geringen IgG-Titer gegen Schimmelpilze und Actinomyceten im Kollektiv der Kompostarbeiter jedoch auch Ausdruck einer reduzierten Exposition sein.

Zwar war im Längsschnittkollektiv über den Beobachtungszeitraum von 12 Jahren ein signifikanter Anstieg der IgG-Werte für Schimmelpilze *Aspergillus fumigatus* und *Penicillium* spp. und für das Bakterium *Thermoactinomyces vulgaris* nachweisbar. Dieser konnte jedoch in vergleichbarer Form auch für das NLÖ-Referenzkollektiv gezeigt werden.

## 7.4 Expositionsscore (Teil A)

Unter Berücksichtigung der früheren und aktuellen Tragezeiten von Atemschutz, der früheren und aktuellen täglichen Bioaerosolexposition und dem Risikorang der Anlage, wurde für jeden Kompostarbeiter des Längsschnitts ein Expositionsscore mit Werten zwischen 0 und 20 errechnet, der die stattgehabte Bioaerosolexposition über den gesamten Beobachtungszeitraum abschätzen soll. Dabei muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass damit eine exakte Beurteilung der Exposition, die von unzähligen Faktoren abhängig ist, unmöglich erreicht werden kann.

Im Mittel lag der Expositionsscore recht hoch; in 96% der Fälle ergaben sich Werte  $\geq 10$ . Im Vergleich zu 1996/97 lieferte die aktuelle Bewertung der Tragezeiten von Atemschutz und der täglichen Bioaerosolexposition bessere Ergebnisse, was für eine Expositionsreduktion seit der ersten Studie spricht. Eine Assoziation zwischen dem Expositionsscore und den Lungenfunktionsparametern existierte nicht.

## 7.5 Drop-Out Analyse (Teil A)

Die Befragung der ausgeschiedenen Arbeiter (Drop-Outs) ergab, dass 20% von ihnen ihre Tätigkeit aus gesundheitlichen Gründen aufgegeben hatten, wobei in zwei Fällen eine exogen-allergische Alveolitis vorgelegen hatte.

Ebenso wie bei den aktuell tätigen Kompostarbeitern, nahmen auch bei den Drop-Outs im Vergleich zur ersten Untersuchung alle drei Lungenfunktionsparameter hochsignifikant ab. Dies lag jedoch in der gleichen Größenordnung wie der Lungenfunktionsabfall im Referenzkollektiv (NLÖ) über den gleichen Zeitraum und ist somit ohne klinische Relevanz.

Als Symptome während der früheren Tätigkeit in der Kompostierung wurden unter anderem Schleimhautreizungen (Nase, Auge) und Hauterkrankungen angegeben. In der Mehrzahl der Fälle endeten oder besserten sich diese Beschwerden nach Beendigung der Tätigkeit. Mehr als ein Viertel (28%) des Drop-Out-Kollektivs gab an, sich seit Aufgabe der Tätigkeit in der Kompostierungsanlage gesünder zu fühlen. Andererseits berichteten die Drop-Outs bei der Untersuchung 2009, wie auch zuvor die aktuell tätigen Kompostarbeiter, über eine signifikante Zunahme von Husten. Dies könnte auf eine Chronifizierung des Hustens hinweisen.

## 7.6 Ermittlung luftgetragener Arbeitsstoffe (Teil B)

Die stichprobenhafte messtechnische Überprüfung von Arbeitsplätzen in Kompostierungsanlagen zeigt, dass sich im Vergleich zu den Vorläuferstudien (SCHAPPLER-SCHEELE et al., 1999; BÜNGER et al., 2003) der Stand der Technik verbessert hat. Folgende Feststellungen können getroffen werden:

1. Die Radlader in Kompostierungsanlagen sind weit häufiger mit Schutzbelüftungsanlagen ausgestattet. Diese garantieren eine sehr niedrige Arbeitsplatzbelastung, sofern die Radlader bei den entsprechenden Arbeiten sachgerecht betrieben und regelmäßig gewartet werden. Zum Schutz der Beschäftigten ist es daher unbedingt erforderlich, die Fahrer darauf hinzuweisen, dass das Ein- und Aussteigen aus den Fahrer cabins oder das Öffnen der Fenster in belasteten Bereichen zu unterbleiben hat.



2. Die Sortierung von Bioabfall in Sortierkabinen hat abgenommen und wurde vielfach durch maschinelle Sortierung ersetzt. Wenn jedoch noch eine Handsortierung stattfindet, muss die Lüftungsanlage des Sortierbandes den Anforderungen der TRBA 214 entsprechen. Dadurch lässt sich der technische Kontrollwert deutlich unterschreiten. Dieses entspricht auch dem Ergebnis einer Untersuchung in 29 Kompostierungsanlagen aus dem Jahr 2004 (FELTEN et al., 2006). Auch damals wurde festgestellt, dass der TKW bei Umsetzung der Maßnahmen aus der TRBA 214 sicher eingehalten werden kann.
3. Im Bereich der Anlieferung und im Hallenbereich von Kompostierungsanlagen ist immer mit höheren Konzentrationen von biologischen Arbeitsstoffen zu rechnen. Hier befinden sich im Regelfall jedoch keine ständigen Arbeitsplätze. Wenn diese Arbeitsbereiche zu Kontroll-, Wartungs- oder Reparaturzwecken betreten werden müssen, ist in jedem Fall das Tragen von persönlichem Atemschutz (FFP2 oder FFP3) erforderlich.

## 8 Schlussfolgerungen und Ausblick (Teil A und Teil B)

Diese Kohortenstudie mit einem Follow-up nach 12 Jahren ergab im Längsschnitt sowohl für das Kollektiv der aktuell tätigen Kompostarbeiter als auch für das der Drop-Outs keine konkreten Hinweise auf eine Lungenfunktionseinschränkung bedingt durch lang anhaltende Bioaerosolexposition.

Allerdings wiesen die aktuell tätigen Kompostarbeiter im Vergleich zu zwei nicht bioaerosolexponierten Kontrollkollektiven (Straßenbauarbeiter bzw. Büroangestellte) leicht, aber signifikant, niedrigere Lungenfunktionsparameter auf. Dies kann jedoch auch auf andere Faktoren zurückzuführen sein.

Eindeutig scheint der Zusammenhang zwischen stattgehabter Bioaerosolexposition und Husten sowie Schleimhautreizungen (insbesondere der Augen) im Sinne eines Mucous Membrane Irritation Syndrom (MMIS). Die vorliegenden Daten lassen darauf schließen, dass insbesondere der Husten auch nach der Beendigung der Bioaerosolexposition in einigen Fällen persistiert.

Die IgG-Antikörperkonzentrationen gegen Schimmelpilze und Actinomyceten korrelierten nicht klar mit der Exposition. Sie nahmen im Längsschnitt zwar bei den aktuell tätigen Kompostarbeitern signifikant zu. Dies war jedoch auch im Referenzkollektiv der Fall.

Obwohl der Arbeitsschutz in Kompostierungsanlagen seit Beginn der ersten Studie stetig verbessert wurde und umfangreiche Schutzmaßnahmen existieren, sollten weitere organisatorische und technische Maßnahmen zur Reduktion der Bioaerosolexposition bzw. deren strikte Einhaltung und Wartung angestrebt werden. Nach den Beobachtungen während der Untersuchungen ist vor allem eine stringente Einhaltung der Hygienepläne anzustreben. Hier bedarf es der intensivierten Schulung der Beschäftigten und deren Mitarbeit. Auch die Relevanz von persönlichem Atemschutz sollte den Mitarbeitern immer wieder vermittelt werden, um so eine entsprechende Akzeptanz zu erwirken. Insbesondere der Betriebsarzt und die Fachkraft für Arbeitssicherheit sind gefordert, im Rahmen der Unterweisungen, der arbeitsmedizinisch-toxikologischen Beratungen und der Vorsorgeuntersuchungen die Beschäftigten zu schulen und eindringlich auf die Einhaltung der Schutzmaßnahmen hinzuweisen.

Menschen mit Lungenerkrankungen oder Störungen der Immunabwehr sollte von einer Tätigkeit in einer Kompostierungsanlage abgeraten werden. In jedem Fall müssen sie vom Betriebsarzt über eventuelle Risiken aufgeklärt werden. Dies gilt auch für Allergiker und Personen mit einer Veranlagung zu Allergien (Atopiker). Der Betriebsarzt muss die Mitarbeiter in der Erkennung von Frühsymptomen möglicher Erkrankungen durch Staub und biologische Arbeitsstoffe (z. B. vermehrter Husten, Fieber, Grippegefühl) unterweisen und sollte die Lungenfunktionsparameter regelmäßig überprüfen (z. B. G 23).

Eine regelmäßige Überprüfung der IgG-Antikörper-Konzentrationen gegen Schimmelpilze oder Actinomyceten erscheint nach den hier vorliegenden Ergebnissen nicht sinnvoll.

## Literaturverzeichnis (Teil A und B)

- Allmers H, Huber H, Baur X: Two year follow-up of a garbage collector with allergic bronchopulmonary aspergillosis (ABPA). *Am J Ind Med* 37(4) (2000) 438-442
- Bidlingmaier W, Biologische Abfallverwertung. Ulmer Verlag, Stuttgart, 2000
- Berufsgenossenschaftlichen Information(BGI) 581 „Fahrerkabinen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen des Tiefbaues“, Berufsgenossenschaftliche Information, Carl Heymanns Verlag, Köln
- Bünger J, Antlauf-Lammers M, Westphal G, Müller M, Hallier E: Immunologische Reaktionen und Gesundheitsbeschwerden bei Biomüllentsorgern und Kompostierern durch Bioaerosolexpositionen. *Schriftenr Ver Wasser Boden und Lufthyg* 104 (1999) 141-148
- 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 (2000) 458-464
- Bünger J, Westphal G, Mönnich A, Hinnendahl B, Hallier E, Müller M Cytotoxicity of occupationally and environmentally relevant mycotoxins. *Toxicology* 202 (2004) 199-211
- Bünger J, Schappler-Scheele B, Hilgers R, Hallier E: A 5-year follow-up study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants. *Int Arch Occup Environ Health* 80(4) (2007) 306-312
- Bünger J, Schappler-Scheele B, Missel T, Hilgers R, Kämpfer S, Felten C, Leifert I, Hasenkamp P: Gesundheitsrisiken in Kompostierungsanlagen durch biologische Arbeitsstoffe: Ein 5-Jahres-Follow-up. *Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Fb 993)* Dortmund / Berlin, NW-Wirtschaftsverlag, Bremerhaven (2003) 1-125
- Grüner C, Haberditzl A, Gabrio T, Härtig E, Henkel-Hancok C, Horras-Hun G, Roth A, Wagner H, Weidner U, Zöllner I: Belastung und Beanspruchung von Beschäftigten in Archiven durch Schimmelpilze und Milben. *Gefahrstoffe, Reinhaltung, Luft* 66(9) (2006) 373-377
- Felten, Ch. et al. 2006. Fb 1081: Schimmelpilzkonzentrationen an Arbeitsplätzen in Kompostierungsanlagen. *Wirtschaftsverlag NW. Bremerhaven*
- Grüner C, Bittighofer PM, Roller A, Pfaff G, Freerksen R, Backe H, Bünger J, Goldberg S: Gesundheitliche Belastung, Beanspruchung und Beschwerden bei Wertstoffsortierern und Deponie-Beschäftigten durch Mikroorganismen. In: Hallier E, Bünger J (hrsg.), *Dokumentationsband über die 38. Jahrestagung der DGAUM, ISSN 1430-8754* (1998) 213-216

- Hermann-Kunz E, Thierfelder W: Allergische Rhinitis und Sensibilisierungsraten – Nimmt die Prävalenz wirklich zu? Bundesgesundheitsbl. 7 (2001) 643-653
- Humuswirtschaft und Kompost aktuell (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., Hrsg). 3. Jahrgang, 02/2008, Köln-Gremberghoven
- Johannessen A, Eagan TM, Omenaas ER, Bakke PS, Gulsvik A: Socioeconomic risk factors for lung function decline in a general population. Eur Respir J 36 (2019) 480-487
- Landau K, Pressel G: Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen. Gentner-Verlag, Stuttgart (2009) 1-1099
- Meffert, K. und Blome, H. (Hg.). 2006 Messung von Gefahrstoffen – BGIA-Arbeitsmappe Nr. 9420. Erich-Schmidt-Verlag, Köln
- Missel, T. und Hartung, J.: Partikelzählung zur Erfassung von Schimmelpilzen in der Arbeitsplatzatmosphäre. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2005 (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Forschung), Fb 1043
- Neumann HD, Mathys W, Raulf-Heimsoth M, Becker G, Balfanz J: Gefährdung von Beschäftigten bei der Abfallsammlung und -abfuhr durch Keimexpositionen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Dortmund/ Berlin, Forschungsbericht Fb 920 (2001)
- Nowak D, Heinrich J, Jörres R, Wassmer G, Berger J, Beck E, Boczor S, Claussen M, Wichmann HE, Magnussen H: Prevalence of respiratory symptoms, bronchial hyperresponsiveness and atopy among adults: west and east Germany. Eur Respir J. 9(12) (1996) 2541-2552
- Pelkonen M, Notkola IL, Lakka T, Tukiainen HO, Kivinen P, Nissinen A: Delaying decline in pulmonary function with physical activity: a 25-year follow-up. Am. J. Respir. Crit Care Med 168 (2003) 494-499
- Portnoy JM, Kwak K, Dowling P, van Osdol T, Barnes C: Health effects of indoor fungi Ann Allergy Asthma Immunol. 94(3) (2005) 313-319
- Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC: Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. Eur Respir J 16 Suppl (1993) 5-40
- Schappler-Scheele B, Schürmann W, Hartung J, Missel Th, Benning Ch, Schröder H, Weber J: Untersuchung der gesundheitlichen Gefährdung von Arbeitnehmern der Abfallwirtschaft in Kompostierungsanlagen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Fb 844) Dortmund / Berlin, NW-Wirtschaftsverlag, Bremerhaven (1999) 1-358

- Sennekamp J, Müller-Wening D, Amthor M, Baur X, Bergmann KC, Costabel U, Kirsten D, Koschel D, Kroidl R, Liebetrau G, Nowak D, Schreiber J, Vogelmeier C; German Extrinsic Allergic Alveolitis Study Group: Empfehlungen zur Diagnostik der exogen-allergischen Alveolitis Arbeitsgemeinschaft Exogen-Allergische Alveolitis der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e. V. (DGP) und der Deutschen Gesellschaft für Allergologie und Klinische Immunologie (DGA-KI) *Pneumologie* 61(1) (2007) 52-56
- Stadtmüller U, Grundlagen der Bioabfallwirtschaft, Lehr- und Handbuch. TK Verlag Karl Thome-Kozmiensky, Neuruppin, 2004
- Stalder K, Verkoyen C: Gesundheitsrisiken bei der Entsorgung kommunaler Abfälle. Göttingen. Verlag Die Werkstatt, 1994
- Taskinen TM, Laitinen S, Nevalainen A, Vepsäläinen A, Meklin T, Reiman M, Korppi M, Husman T: Immunoglobulin G antibodies to moulds in school-children from moisture problem schools *Allergy* 57(1) (2002) 9-16
- Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA)  
<http://www.baua.de/trba>
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)  
<http://www.baua.de/trgs>
- Terho EO, Husman K, Vohlonen I, Mäntyjärvi RA.: Serum precipitins against microbes in mouldy hay with respect to age, sex, atopy, and smoking of farmers. *Eur J Respir Dis Suppl.* 152 (1987) 115-121
- TRBA 214 "Abfallbehandlungsanlagen einschließlich Sortieranlagen in der Abfallwirtschaft" (<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/TRBA/TRBA-214.html>)
- Umweltbundesamt: Abfallwirtschaft - Bioabfallsammlung, -behandlung und -verwertung 2008,  
<http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/entsorgung/index.htm>
- Zock JP, Hollander A, Heederik D, Douwes J: Acute lung function changes and low endotoxin exposures in the potato processing industry. *Am J Ind Med* 33(4) (1998) 384-391

## Danksagung

In diesem vierten Forschungsansatz konnten wichtige Erkenntnisse über die langfristige gesundheitliche Entwicklung von Kompostarbeitern bei langjähriger Tätigkeit in Kompostierungsanlagen erzielt werden. Eine wissenschaftliche Arbeit wie diese braucht die Unterstützung Vieler, um zum Abschluss zu kommen.

Der Dank des Projektteams gilt daher

- den Kompostwerkbetreibern und den Personalräten der Betriebe für den freien Zutritt zu den Anlagen, bereitwillige Auskünfte und gute Zusammenarbeit,
- den Mitgliedern des Projektbeirates für die wissenschaftliche und fachliche Begleitung,
- den Verantwortlichen des Institut für Arbeits- und Sozialmedizin, Georg-August-Universität Göttingen; Berufgenossenschaft Metall Nord-Süd, Hannover; AMD-Zentrum der BG Bau, Oldenburg; Berufgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr) in Hamburg für die Bereitstellung der Räumlichkeiten im Rahmen der Drop-Out Untersuchungen,
- Frau Marita Kaßen, Frau Nina Rosenkranz, Frau Heike Stubel und Frau Anja Molkenhuth für das Engagement bei der Durchführung der technischen Untersuchungen,
- Frau Astrid Scholz für die Unterstützung bei der Rekrutierung und Dateneingabe
- und den Herren Brinkmann, Dr. Bramer und Dr. Hoffmeyer für die Durchführung der klinischen Untersuchungen.

### **insbesondere aber**

- den Arbeitnehmern und Arbeitnehmerinnen in den Kompostierungsanlagen,
- den ehemals in den Kompostierungsanlagen Tätigen (Drop-Outs) sowie den teilnehmenden Personen des ehemaligen Referenzkollektivs, die manchmal lange Wege zum Untersuchungsort in Kauf genommen haben,

für ihre bereitwillige Teilnahme und Mitarbeit an den medizinischen Untersuchungen.

### **Besonderer Dank gebührt auch**

- der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fachbereich Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe, Berlin,

die dieses Projekt (Projekt nr. F2063) gefördert und beratend begleitet hat,

sowie

- dem Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (BDE)
- dem Verband kommunaler Abfallbehandlung und Stadtreinigung im Verband kommunaler Unternehmen e.V. (VKS im VKU)
- dem Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung (bvse)
- der Berufgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr)
- der Unfallkasse Nordrhein-Westfalen (UK NRW)

für die Unterstützung des Projekts und eine vertrauensvolle Zusammenarbeit.

# Anhang 1 Biometrische Daten

Anh. 1, Tab. 1 Detaillierte Ergebnisse der Antikörpertestung (Drop-Outs)

	Drop Outs			
	Jahr der Blutabnahme			
	1996	1997	2001	2009
Anzahl getesteter Seren, n	42	37	31	59
<b>Gesamt-IgE (positiv &gt; 100 kU/L)</b>				
Anzahl Positiver, n (%)	10 (24%)	7 (19%)	10 (32%)	18 (31%)
Median (Range)	39,9 (2-5000)	37,4 (2-2964)	56,3 (2-2191)	35 (2-1044)
<b>Spez. IgE Umweltallergene</b> (sx1, pos. $\geq 0,35$ kU/L)				
Anzahl Positiver, n (%)	13 (31%)	12 (32%)	10 (32%)	18 (31%)
Median (Range)	0,07 (0,01-56)	0,06 (0,01-59)	0,11 (0,01-100)	0,07 (0,01-57)
<b>Spez. IgE Schimmelpilzmix</b> (mx1, pos. $\geq 0,35$ kU/L)				
Anzahl Positiver, n (%)	3 (7,1%)	4 (11%)	5 (16%)	7 (12%)
Median (Range)	0,03 (0,01-6,93)	0,03 (0,01-5,46)	0,02 (0,01-6,83)	0,02 (0,01-9,2)
<b>Spez. IgG <i>Aspergillus fumigatus</i></b> (Gm3, pos. > 39 mg/L)				
Anzahl Positiver, n (%)	7 (17%)	5 (14%)	4 (13%)	9 (15%)
Median (Range)	14,8 (1,48-80)	15,7 (1,72-84)	18,30 (2,0-183)	20,7 (1,74-130)
<b>Spez. IgG <i>Penicillium spp.</i></b> (Gm27, pos. > 50 mg/L)				
Anzahl Positiver, n (%)	3 (7,1%)	2 (5,4%)	1 (3,2%)	4 (6,8%)
Median (Range)	11,3 (2,49-75)	10,1 (2,58-83)	13,9 (2,71-145)	15,5 (2,69-124)
<b>Spez. IgG <i>Saccharopolyspora rectivirgula</i></b> (Gm22, pos. > 10 mg/L)				
Anzahl Positiver, n (%)	6 (14%)	5 (13%)	4 (13%)	12 (20%)
Median (Range)	5,0 (0,82-21)	5,98 (1,38-16)	5,64 (1,21-22)	5,22 (0,01-24)
<b>Spez. IgG <i>Thermoactinomyces vulgaris</i></b> (Gm23, pos. > 29 mg/L)				
Anzahl Positiver, n (%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (6,5%)	4 (6,8%)
Median (Range)	8,34 (1,5-22)	8,41 (1,16-19)	9,64 (1,5-88)	10,6 (0,01-114)

**Anh. 1, Tab. 2** Detaillierte Ergebnisse der Antikörpertestung (Referenzkollektiv)

	Referenzkollektiv		
	Jahr der Blutabnahme		
	1996/97	2001	2010
Anzahl getesteter Seren, n	38	30	38
<u>Gesamt-IgE (positiv &gt; 100 kU/L)</u> Anzahl Positiver, n (%) Median (Range)	7 (18,4%) 34,3 (4,93-457)	9 (30%) 34,4 (6,7-354)	8 (21,1%) 40,9 (4,39-688)
<u>Spez. IgE Umweltallergene</u> (sx1, pos. $\geq$ 0,35 kU/L) Anzahl Positiver, n (%) Median (Range)	14 (36,8%) 0,13 (0,04-74,7)	9 (30%) 0,09 (0,05-74)	10 (26,3%) 0,05 (0,02-41,6)
<u>Spez. IgE Schimmelpilzmix</u> (mx1, pos. $\geq$ 0,35 kU/L) Anzahl Positiver, n (%) Median (Range)	0 (0,0%) 0,04 (0,02-0,25)	1 (3,3%) 0,03 (0,02-0,46)	4 (10,5%) 0,03 (0,01-1,59)
<u>Spez. IgG <i>Aspergillus fumigatus</i></u> (Gm3, pos. > 39 mg/L) Anzahl Positiver, n (%) Median (Range)	2 (5,3%) 10,4 (1,37-97)	2 (6,7%) 13,2 (1,27-77,5)	8 (21,1%) 19,1 (2,03-132)
<u>Spez. IgG <i>Penicillium spp.</i></u> (Gm27, pos. > 50 mg/L) Anzahl Positiver, n (%) Median (Range)	1 (2,6%) 10,2 (1,42-75,5)	2 (6,7%) 9,16 (1,63-66,2)	3 (7,9%) 13,3 (2,59-106)
<u>Spez. IgG <i>Saccharopolyspora rectivirgula</i></u> (Gm22, pos. > 10 mg/L) Anzahl Positiver, n (%) Median (Range)	5 (13,2%) 4,8 (2,0-15,4)	5 (16,7%) 5,32 (2,0-14,1)	3 (7,9%) 3,29 (2,0-16,7)
<u>Spez. IgG <i>Thermoactinomyces vulgaris</i></u> (Gm23, pos. > 29 mg/L) Anzahl Positiver, n (%) Median (Range)	3 (7,9%) 5,3 (0,58-48,6)	3 (10,0%) 6,78 (0,74-58,6)	4 (10,5%) 6,37 (0,42-56,6)



**Anh. 1, Tab. 3** Relative Häufigkeit (in %) der anamnestischen Angaben von Krankheitszeichen im Vergleich 1996/97 und 2009 (Längsschnitt, n=76).

<b>Krankheitssymptom</b>	<b>Jahr</b>	<b>nein</b>	<b>gelegentlich</b>	<b>ja</b>
Appetitmangel	1996/97	98,7	1,3	0,0
	2009	96,1	4,0	0,0
Übelkeit	1996/97	93,4	1,3	5,3
	2009	93,4	6,6	0,0
Erbrechen	1996/97	97,4	0,0	2,6
	2009	97,4	2,6	0,0
Durchfall	1996/97	86,8	10,5	2,6
	2009	90,8	6,6	2,6
Schweißausbrüche	1996/97	86,4	4,0	9,2
	2009	96,1	1,3	2,6
Fieber	1996/97	100,0	0,0	0,0
	2009	93,4	2,6	4,0
Schüttelfrost	1996/97	98,7	1,3	0,0
	2009	96,1	0,0	4,0
Tränenfluss	1996/97	82,9	7,9	9,2
	2009	81,6	11,8	6,6
Augenbrennen	1996/97	79,0	9,2	11,8
	2009	80,3	15,8	4,0
Fremdkörpergefühl	1996/97	80,3	7,9	11,8
	2009	84,2	11,8	4,0
Nasatmung behindert	1996/97	80,3	6,6	13,2
	2009	81,6	7,9	10,5
Störung Geruchssinn	1996/97	93,4	2,6	4,0
	2009	89,5	6,6	4,0
Geschmacksstörung	1996/97	98,7	1,3	0,0
	2009	96,1	4,0	0,0
Heiserkeit	1996/97	93,4	4,0	2,6
	2009	94,7	2,6	2,6

**Anh. 1, Tab. 4** Relative Häufigkeit (in %) der anamnestischen Angaben von Krankheitszeichen während der Zeit im Kompostwerk (Kompost) und aktuell (Drop-Outs, n=59).

<b>Krankheitssymptome</b>	<b>a) Kompost</b>	<b>b) aktuell</b>
	Symptome vorhanden, %	Symptome vorhanden, %
1 Appetitmangel	10,3	0,0
2 Übelkeit	12,1	0,0
3 Erbrechen	5,1	0,0
4 Durchfall	5,1	1,7
5 Hautausschlag	10,9	1,8
6 Hautrötung	21,4	5,4
7 Juckreiz	24,6	5,3
8 Ärztl. beh. Infektion der Haut	5,3	0,0
9 Schweißausbrüche	15,3	3,4
10 Fieber	8,5	1,7
11 Schüttelfrost	10,2	1,7
12 Tränenfluss	13,8	1,7
13 Augenbrennen	29,3	5,2
14 Fremdkörpergefühl	20,7	1,7
15 Nasenatmung behindert	39,7	6,9
16 Laufende Nase	14,5	3,6
17 Störung des Geruchssinns	16,7	3,7
18 Geschmacksstörung	10,9	1,8
19 Heiserkeit	5,5	0,0



**3a. Atmung und Immunität**

Wie oft im Jahr haben Sie eine Erkältung/Infekt? ca. |\_|\_| mal

Haben Sie derzeit eine Lungenerkrankung? nein ja

Erkältung/Infekt

Asthma bronchiale

chronische Bronchitis

Tuberkulose

Lungenentzündung

Sind Sie Allergiker?  nein  ja  unbek. wenn ja, Allergietest/ Arztdiag.

wenn ja, gegen: Pollen

Tiere

Hausstaub

Nahrung

Medikamente

Metalle

Sonstiges

Welche Schutzimpfungen haben Sie? nein ja unbekannt Letzte Impfung im Jahre

Hepatitis A    |\_|\_|

Hepatitis B    |\_|\_|

**3b. Haben Sie ohne Erkältung Hustenphasen (mehrere Tage bis Wochen)?**

nein  ja

Wie viele solcher Hustenphasen pro Jahr? ca. |\_|\_| mal

Wie viele Tage pro Hustenphase? ca. |\_|\_| Tage

Seit wann treten diese Hustenphasen auf? |\_|\_|. |\_|\_| MM.JJ

Haben Sie mit dem Husten Auswurf?  selten  öfter  meist

Welche Farbe hat der Auswurf meistens?  unbekannt  klar/weiß  grün/gelb

Wann tritt der Husten gehäuft auf, wann selten? gehäuft selten indifferent

Wochenanfang

Wochenmitte

Wochenende

Urlaub

Wie stark war der Husten im letzten halben Jahr? kaum mäßig stark

Wie stark ist der Husten? morgens

mittags

Abends

nachts

		kaum	mäßig	stark
Wie stark ist der Husten?	im Frühjahr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	im Sommer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	im Herbst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	im Winter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie häufig waren Sie wegen des Hustens im Letzten Jahr beim Arzt?		<input type="checkbox"/> gar nicht	<input type="checkbox"/> 1-3 mal	<input type="checkbox"/> > 3 mal

### 3c. Bekommen Sie gelegentlich schlecht Luft oder können Sie schlecht ausatmen?

nein  ja

Wie häufig haben Sie Atemnot?  >2x/Woche  1x/Woche  monatlich  jährlich

Haben Sie in letzter Zeit häufiger Atemnot?  nein  ja, seit wann? |\_|\_|\_|.|\_|\_|\_| MM.JJ

Wie viele Stockwerke können Sie bei Atemnot gehen?  1  2  3  4

Wann tritt die Atemnot gehäuft auf, wann selten?		gehäuft	selten	indifferent
	Wochenanfang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Wochenmitte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Wochenende	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Urlaub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		kaum	mäßig	stark
Wie stark war die Atemnot im letzten halben Jahr?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie stark ist die Atemnot?	morgens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	mittags	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	abends	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	nachts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie stark ist die Atemnot?	im Frühjahr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	im Sommer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	im Herbst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	im Winter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie häufig waren Sie wegen der Atemnot in den  
vergangenen 12 Monaten beim Arzt?  gar nicht  1-3 mal  > 3 mal

### 4. Genußmittel und Medikamente

#### Tabak

keinen  aktuell Raucher  Ex-Raucher

Stück pro Tag: |\_|\_|\_|\_| Zigaretten

von |\_|\_|\_| (Jahr) bis |\_|\_|\_| (Jahr)

Wird zu Hause geraucht?  nein  ja  Wird im Pausenraum geraucht?  nein  ja

#### Regelmäßige Medikamenteneinnahme (nur Haut- und Atemwegserkrankungen)

nein

ja bei:  Präparatname

Hauterkrankungen

- Steroide .....
- Antimykotika .....
- Sonstige .....

Atemwegserkrankungen

- Steroide .....
- Bronchodilatator .....
- Mukolytikum .....
- Sonstige .....

**5. Familienanamnese / Krankheiten in der Blutsverwandtschaft**

	nein	unbekannt	ja	Wer:
Allergien				
Heuschnupfen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Asthma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Lungenerkrankungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
Wenn ja, welche:	.....			

**6. Psychosoziale Anamnese**

- Schulbildung  kein Abschluß  
 Hauptschule  
 Mittlere Reife  
 Fachabitur / Abitur

**7. Arbeitsanamnese**

in diesem Betrieb seit ..

Erlerner Beruf..... Tätigkeit im Betrieb als .....

Arbeitsplatz	Arbeitszeit	Std. / Tag
Kompostwerk	<input type="checkbox"/> Anlieferung	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Sortierung	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Prozeßbetreuung	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Radlader / Bagger	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Umsetzgerät	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Waage	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Abpacken	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Maschinenwartung	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Anlagenelektrik	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Büro	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Sonstiger .....	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>

- Landwirtschaft als Nebenerwerb  nein  ja  
 Gartentätigkeit  nein  ja

**Vorherige Tätigkeit**

Staubige Arbeitsplatzatmosphäre?	Monate	Tätigkeitsbeschreibung
<input type="checkbox"/> Landwirtschaft	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>	.....
<input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>	.....
<input type="checkbox"/> .....	<input type="text"/> . <input type="text"/> . <input type="text"/>	.....

**Atemschutz jetzige Tätigkeit**

Atemschutz wird getragen?  unnötig  nein  ja, seit |\_|\_| Jahren  
 Tragezeit bei Exposition (%)  80-100  50-79  <50

**Zufriedenheit mit der Arbeit** wenig  egal  sehr

**Subjektive Einschätzung Gesundheit/Arbeitskraft:**

Gesundheit 0 · 1 · 2 · 3 · 4 · 5 · 6 · 7 · 8 · 9 · 10 (krank → gesund)  
 Arbeitskraft 0 · 1 · 2 · 3 · 4 · 5 · 6 · 7 · 8 · 9 · 10 (schlecht → gut)

**8. Körperliche Untersuchung**

Größe |\_|\_|\_| cm Gewicht |\_|\_|\_|,|\_| kg

**N** = Normbereich (siehe Definitionsliste), **P** = pathologisch (siehe Codierungsliste)

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>Bemerkung:</b>		<b>N</b>	<b>P</b>	<b>Bemerkung:</b>
<b>Kopf</b>				<b>Lungen</b>			
1. Augen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	12. Klopfeschall	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
2. Stirnhöhle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	13. Atemgeräusche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
3. NNH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	14. Nebengeräusche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
4. Nase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	<b>Herz</b>			
5. Mundhöhle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	15. Auskultation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
6. Rachenring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	16. Rhythmus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
7. Foetor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	17. Varizen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
8. Zunge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	18. Ödeme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
<b>Hals</b>				19. Haut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
9. Schilddrüse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....		<input type="checkbox"/>		Exantheme
10. Lymphknoten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....		<input type="checkbox"/>		Palmarerythem
<b>Brustkorb</b>					<input type="checkbox"/>		Trommelschlegel- finger
11. Asymmetrie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	<b>Bemerkungen:</b> .....			
				.....			
				.....			
				.....			





Symptom oder Erkrankung	a) Kompost			Haben sich die Symptome nach Aufgabe der Tätigkeit gebessert?		b) aktuell		
	ja	nein	Arzt	ja	nein	ja	nein	Arzt
<i>Nase / Geschmack</i>								
15. Nasenatmung behindert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Laufende Nase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Störung des Geruchssinns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Geschmacksstörung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Heiserkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wann haben Sie die Tätigkeit in der Kompostanlage beendet? |\_\_|\_\_| (Monat/Jahr)

Wie lange haben Sie insgesamt in der Kompostierung gearbeitet? \_\_\_\_ Jahre

Entspricht die Tätigkeit, die Sie nach der Kompostierung aufgenommen haben, Ihrer jetzigen Tätigkeit?  nein  ja

Wenn nein, bitte die Zwischentätigkeiten angeben:

- 1) .....
- 2) .....
- 3) .....

**3a. Atmung und Immunität**

Wie oft im Jahr haben Sie eine Erkältung/Infekt? ca. |\_\_|\_\_| mal

Haben Sie derzeit eine Lungenerkrankung? nein ja

Erkältung/Infekt

Asthma bronchiale

chronische Bronchitis

Tuberkulose

Lungenentzündung

Sind Sie Allergiker?  nein  ja  unbek. wenn ja, Allergietest/ Arztdiag.

wenn ja, gegen: Pollen

Tiere

Hausstaub

Nahrung

Medikamente

Metalle

Sonstiges

.....

Welche Schutzimpfungen haben Sie? nein ja unbekannt Letzte Impfung im Jahre

Hepatitis A    |\_|\_|

Hepatitis B    |\_|\_|

**3b. Haben Sie ohne Erkältung Hustenphasen (mehrere Tage bis Wochen)?**

nein  ja

Wie viele solcher Hustenphasen pro Jahr?	ca. [ ][ ] mal		
Wie viele Tage pro Hustenphase?	ca. [ ][ ] Tage		
Seit wann treten diese Hustenphasen auf?	[ ][ ]-[ ][ ] MM.JJ		
Haben Sie mit dem Husten Auswurf?	<input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> öfter	<input type="checkbox"/> meist
Welche Farbe hat der Auswurf meistens?	<input type="checkbox"/> unbekannt	<input type="checkbox"/> klar/weiß	<input type="checkbox"/> grün/gelb
Wann tritt der Husten gehäuft auf, wann selten?	gehäuft	selten	indifferent
Wochenanfang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wochenmitte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wochenende	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Urlaub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	kaum	mäßig	stark
Wie stark war der Husten im letzten halben Jahr?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie stark ist der Husten?			
morgens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mittags	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
abends	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nachts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	kaum	mäßig	stark
Wie stark ist der Husten?			
im Frühjahr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
im Sommer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
im Herbst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
im Winter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie häufig waren Sie wegen des Hustens im letzten Jahr beim Arzt?	<input type="checkbox"/> gar nicht	<input type="checkbox"/> 1-3 mal	<input type="checkbox"/> > 3 mal

**3c. Bekommen Sie gelegentlich schlecht Luft oder können Sie schlecht ausatmen?**

nein  ja

Wie häufig haben Sie Atemnot?	<input type="checkbox"/> >2x/Woche	<input type="checkbox"/> 1x/Woche	<input type="checkbox"/> monatlich	<input type="checkbox"/> jährlich
Haben Sie in letzter Zeit häufiger Atemnot?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja, seit wann? [ ][ ]-[ ][ ] MM.JJ		
Wie viele Stockwerke können Sie bei Atemnot gehen?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
Wann tritt die Atemnot gehäuft auf, wann selten?	gehäuft	selten	indifferent	
Wochenanfang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Wochenmitte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Wochenende	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Urlaub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	kaum	mäßig	stark	
Wie stark war die Atemnot im letzten halben Jahr?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Wie stark ist die Atemnot?				
morgens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
mittags	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
abends	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
nachts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Gab es Änderungen in Ihrer Tätigkeit aufgrund von gesundheitlichen Beschwerden?  nein  ja

Wenn ja: welche? .....

Haben Sie Ihre Tätigkeit im Kompostwerk aus gesundheitlichen Gründen aufgegeben?  nein  ja

Wenn ja: welche? .....

**Vorherige Tätigkeit (vor Kompostwerk)**

Staubige Arbeitsplatzatmosphäre?	Monate	Tätigkeitsbeschreibung
<input type="checkbox"/> Landwirtschaft	____	.....
<input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft	____	.....
<input type="checkbox"/> .....	____	.....

**Jetzige Tätigkeit**

Landwirtschaft als Nebenerwerb  nein  ja  
 Gartentätigkeit  nein  ja

**Atemschutz bei jetziger Tätigkeit**

Atemschutz wird getragen?  unnötig  nein  ja, seit \_\_\_\_ Jahren  
 Tragezeit bei Exposition (%)  80-100  50-79  <50

Zufriedenheit mit der jetzigen Tätigkeit  wenig  egal  sehr

**Subjektive Einschätzung jetzige Gesundheit/Arbeitskraft:**

Gesundheit 0 · 1 · 2 · 3 · 4 · 5 · 6 · 7 · 8 · 9 · 10 (krank → gesund)  
 Arbeitskraft 0 · 1 · 2 · 3 · 4 · 5 · 6 · 7 · 8 · 9 · 10 (schlecht → gut)

**Fühlen Sie sich jetzt "gesünder" als zur Zeit Ihrer Tätigkeit im Kompostwerk?**  nein  ja

Wenn ja, warum? .....

**8. Körperliche Untersuchung**

Größe \_\_\_\_\_ cm Gewicht \_\_\_\_\_ kg

**N** = Normbereich (siehe Definitionsliste), **P** = pathologisch (siehe Codierungsliste)

	N	P	Bemerkung:		N	P	Bemerkung:
<b>Kopf</b>				<b>Lungen</b>			
1. Augen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	12. Klopfeschall	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
2. Stirnhöhle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	13. Atemgeräusche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
3. NNH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	14. Nebengeräusche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
4. Nase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	<b>Herz</b>			
5. Mundhöhle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	15. Auskultation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
6. Rachenring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	16. Rhythmus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
7. Foetor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	17. Varizen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
8. Zunge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....	18. Ödeme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
<b>Hals</b>				19. Haut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....
9. Schilddrüse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....				Exantheme
10. Lymphknoten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	.....				Palmarerythem

**Brustkorb**

Trommelschlegel-  
finger

11. Asymmetrie   .....

**Bemerkungen:** .....

.....  
.....  
.....  
.....

## Anhang 4 Fragebogen zur Kompostierungsanlage

Angaben zur Kompostierungsanlage:

Datum: \_\_\_\_\_

(Name der Anlage eintragen)

Anzahl der Beschäftigten insgesamt \_\_\_\_\_, davon:

- überwiegend in der Produktion \_\_\_\_\_,
- überwiegend in der Verwaltung \_\_\_\_\_.

Bauart der Anlage \_\_\_\_\_

(z.B. Dreieck-Miete, Tunnel-Kompostierung, Boxen-Kompostierung etc.)

Wurde die Anlage seit 2001 wesentlich verändert? ja  nein

(z.B. Änderung des Kompostierungsverfahrens, Anbringung einer Überdachung, sonstige bauliche Maßnahmen)

Wenn ja, bitte Änderungen (inkl. Jahreszahl) nennen:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Produktionsdaten

Jahrestonnage: \_\_\_\_\_ Mg/a

- nur Grünabfallkompostierung
- nur Bioabfallkompostierung
- Grün- und Bioabfallkompostierung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

Wie häufig wird Kompostierungsgut angeliefert? \_\_\_\_\_

Wie lange dauert eine Anlieferung durchschnittlich? \_\_\_\_\_

Erfolgt die Störstoffauslese manuell? ja  nein

Wenn ja, existiert eine Sortierkabine? ja  nein

Wenn ja, ist diese schutzbelüftet? ja  nein

Anzahl der Radlader/Umsetzer: \_\_\_\_\_

Sind die Radlader/Umsetzer schutzbelüftet? ja  nein

Die Anlage ist:

- komplett überdacht
- teilweise überdacht
- komplett offen

Welcher Rottegrad wird in dieser Anlage erreicht?

Rottegrad 1

Rottegrad 2

Rottegrad 3

Existieren bauliche Abtrennungen von?

- Sozialraum ja  nein
- Verwaltung ja  nein

Die Reinigung der Anlage erfolgt durch:

- die Mitarbeiter
- Fremdpersonal

**Die Reinigung der Anlage erfolgt mittels:**

- Handbesen
- Kehrsaugmaschine
- Kehrsaugmaschine mittels Befeuchtungseinrichtung

**Erfolgt die Abluftbehandlung mittels Biofilter?**

ja

nein

**Welches ist Ihrer Meinung nach der Anlagenbereich mit der höchsten Exposition gegenüber organischen Stäuben?**

---

Bitte begründen Sie dies:

---

---

---

---

---

---

---

## Anhang 5 Projektbeirat, Projektgruppe

### Projektbeirat:

#### Dr. Christian Felten

Berufsgenossenschaft für Transport und  
Verkehrswirtschaft (BG Verkehr)  
Ottenser Hauptstr. 54  
22765 Hamburg

#### Dr. Heinz-Dieter Neumann

Unfallkasse Nordrhein Westfalen  
Sankt-Franziskus-Str. 146  
40470 Düsseldorf

#### Meinhard Müller

Klasmann Deilmann GmbH  
Georg-Klasmann-Straße 2-10  
49744 Geeste-Groß Hesepe

#### Dr. Ing. Annette Ochs

Bundesverband der deutschen Entsor-  
gungswirtschaft e.V. (BDE)  
Wirtschafts- und Arbeitgeberverband  
Behrenstraße 29  
10117 Berlin

#### Rüdiger Schöneich

Bundesanstalt für Arbeitsschutz  
und Arbeitsmedizin (BAuA)  
Nöldnerstr. 40/42  
10317 Berlin

#### Eva-Maria Pabsch

Verband der Humus- und Erdenwirtschaft  
Region Nord e.V. (VHE-Nord)  
Johannsenstr. 10  
30159 Hannover

### Projektgruppe:

Prof. Dr. Jürgen Bünger

Dr. Vera van Kampen

Anja Deckert

Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Institut der Ruhr Universität Bochum (IPA)

Bürkle-de-la-Camp-Platz 1

44789 Bochum

#### Dr. Udo Jäckel

Bundesanstalt für Arbeitsschutz  
und Arbeitsmedizin (BAuA)  
Nöldnerstr. 40/42  
10317 Berlin

#### Dr. Thomas Probst

Bundesverband Sekundärrohstoffe  
und Entsorgung e.V. (bvse)  
Hohe Straße 73  
53119 Bonn

#### Michael Schneider

Verband der Humus- und  
Erdenwirtschaft e.V. (VHE)  
Kirberichshofer Weg 6  
52066 Aachen

#### Dr.-Ing. Martin J. Gehring

Verband kommunale Abfallwirtschaft  
und Stadtreinigung Unternehmen e.V.  
(VKS im VKU)  
Alexanderstr. 1  
10178 Berlin

#### Dr. Achim Schröter

Verband kommunale Abfallwirtschaft  
und Stadtreinigung Unternehmen e.V.  
(VKS im VKU)  
Alexanderstr. 1  
10178 Berlin

#### Ruth Schäfer

Verband kommunale Abfallwirtschaft  
und Stadtreinigung Unternehmen e.V.  
(VKS im VKU)  
Alexanderstr. 1  
10178 Berlin