

Schimmelpilzbelastungen bei der Abfallsammlung

Eine stichprobenhafte Bestandsaufnahme und Rückblick

H.-D. Neumann, M. Buxtrup, K. Klus

Zusammenfassung Seit 1994 führten die Unfallkasse Nordrhein-Westfalen und ihre Vorgängerinstitutionen umfangreiche Untersuchungen und Messungen durch, um die Belastung des Müllwerkers durch Schimmelpilze und Möglichkeiten zur Reduzierung zu ermitteln. Die Untersuchungsergebnisse und abgeleiteten Empfehlungen sind unter anderem im Jahr 2005 in die Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 213 „Abfallsammlung – Schutzmaßnahmen“ eingeflossen. Ziel der hier vorgestellten stichprobenhaften Untersuchung in einigen Untersuchungsgebieten der damaligen Zeit war es, zu überprüfen, ob und welche Veränderungen sich dadurch am Arbeitsplatz des Müllwerkers eingestellt haben. Als Fazit ist festzustellen, dass die Ergebnisse der aktuellen Studie auf dem gleichen Niveau liegen wie vor etwa 20 Jahren und die Werte sich zum Teil sogar verschlechtert haben. Technische Änderungen wurden kaum vorgenommen und organisatorisch bestehen weiterhin Verbesserungsmöglichkeiten. Eine Reduzierung des Bioaerosols am Arbeitsplatz des Müllwerkers ist daher immer noch möglich. Darüber hinaus steht die Frage im Raum, welcher Konzentrationsbereich für Schimmelpilze bei Müllwerkern im Bereich der Abfallsammlung dauerhaft toleriert werden kann.

Exposure to moulds during refuse collection – Spot check and review

Abstract The German Social Accident Insurance Institution for the public sector in North Rhine-Westphalia and its predecessor bodies have been conducting extensive studies and measurements since 1994 in order to determine the exposure of refuse workers to moulds and the scope for reducing this exposure. The study results and the recommendations derived from them contributed among other things to the Technical Rule for Biological Agents (TRBA) 213 „Waste collection – protective measures“ in 2005. The goal of the present spot check in a number of the study areas of the time was to determine whether change, if any, has taken place at the refuse worker's workplace. In conclusion, it can be said that the results of the present study are on the same scale as about 20 years ago and have even deteriorated in some cases. Hardly any technical modifications have been undertaken and there is still room for organisational improvement. A reduction in the bioaerosol at the refuse worker's workplace is therefore still possible. Furthermore, the question also arises as to the concentration range for moulds that can be tolerated in the long term for workers engaged in refuse collection.

1 Einleitung

Das Auftreten einer Atemwegserkrankung im Jahre 1994 bei einem Müllwerker führte zu einer erheblichen Verunsicherung der Fachwelt und der Allgemeinbevölkerung [1]. Die Abfalltrennung und insbesondere die Einführung der Bio-

tonne lagen noch nicht lange zurück und schon war erstmals eine Atemwegserkrankung bei der Abfallsammlung zu verzeichnen. Stellte die Biotonne also ein besonderes Gesundheitsrisiko für die Entsorger und vielleicht auch für die Bevölkerung dar? Zur Beantwortung dieser Frage wurden seither umfangreiche Untersuchungen und Messungen angestellt, um das Belastungsniveau des Müllwerkers durch Schimmelpilze und Möglichkeiten zur Reduzierung der Belastung zu ermitteln. Die Verunsicherung in der Allgemeinbevölkerung hat sich zwischenzeitlich gelegt und die Biotonne hat sich als ein akzeptiertes Abfallsammelgefäß etabliert. Die Untersuchungsergebnisse und abgeleiteten Empfehlungen flossen 2005 in die Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 213 „Abfallsammlung – Schutzmaßnahmen“ [2] ein. Ob und welche Veränderungen sich dadurch für die Schimmelpilzbelastung bei der Arbeit des Müllwerkers eingestellt haben, war Ziel einer stichprobenhaften Untersuchung in den Jahren 2012 und 2013, in der einige der damals beprobten Untersuchungsgebiete erneut untersucht wurden.

2 Material und Methoden

2.1 Probenahme und Analytik

Die Messungen der Schimmelpilzkonzentrationen bei der Müllladung fanden personengetragen und stationär im Bereich der Schüttung statt. Die Probenahmepumpen und die Probenahmeköpfe waren zu diesem Zweck an einem Tragegeschirr befestigt, wobei die Probenahmeköpfe in Schulter- und Brusthöhe des Laders positioniert waren. Zusätzlich wurde die Schimmelpilzkonzentration jeweils am Emissionsort im Bereich der Schüttung bestimmt (Bild 1). Beurteilungsfaktoren waren insofern neben dem Immissionswert am Lader der Emissionswert im Bereich der Ladekante sowie der Quotient aus dem Emissions- und dem Immissionswert $F_{E/I}$. Der Quotient verdeutlicht den Faktor, um den die Konzentration im Bereich der Atemwege des Laders geringer ist als am Emissionsort an der Schüttung.

Zeitgleich wurden mit dem gleichen Probenahmesystem im Bereich des Untersuchungsgebiets auf dem jeweiligen Betriebshof die Referenz-Außenluftwerte bestimmt. Die Probenräger und Pumpen waren dazu stationär an einem Stativ befestigt. Die Ansaugpunkte für die Außenluft befanden sich in einer Höhe von etwa 1,6 m über dem Erdboden. Die Probenahmezeiten lagen zwischen 2,4 und 7,5 h.

Basis für die Probenahme-strategie war die TRBA 405 „Anwendung von Messverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe“ [3]. Um Aussagen über die Expositionsverhältnisse während einer Schicht zu ermöglichen, wurde in der Regel eine Probenahmezeit von mindestens zwei Stunden eingehalten. Bedingt durch den Arbeitsablauf oder durch Witterungseinflüsse gelang dies nicht immer, wobei am Lader jedoch mindestens eine Probenahmezeit von 1,5 h realisiert werden konnte. Dennoch können die Messwerte als repräsentativ für die Tätigkeit des Müllladers angesehen wer-

Dr.-Ing. Heinz-Dieter Neumann, Martin Buxtrup,
Unfallkasse Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

Dr. rer. nat. Klaus Klus,
BMA-Labor, Bochum.



Bild 1. Probenahmesysteme an der Schüttung und an der Person.

Tabelle 1. Größe der Städte und Systeme der Abfalltrennung.

Stadt	Einwohnerzahl ca.	Abfalltrennung
1	362 000	Hausabfall/Leichtverpackungen/ Papier
2	584 000	Restabfall/Bioabfall/ Leichtverpackungen/Papier
3	50 000	Restabfall/Bioabfall/ Leichtverpackungen/Papier

den, da auch während dieser verkürzten Probenahmedauer kontinuierliches Arbeiten gewährleistet war.

Die Probenahme und Analytik der Schimmelpilze erfolgten unter Beachtung der einschlägigen technischen Regeln und Verfahrensanweisungen. Grundlage war die Verfahrensanweisung „Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz“ (IFA-Arbeitsmappe, Kennzahl 9420) [4]. Zur Probenahme wurde das personengetragene Gefahrstoff-Probenahmesystem (PGP) bestehend aus dem Personal Air Sampler (PAS-Pumpe) Gilian PP 5 ex und dem Gesamtstaub-Probenahmekopf (GSP) verwendet. Der Volumenstrom betrug 3,5 l/min. Die Proben wurden somit nach dem Gesamtstaubsammelprinzip genommen, bei dem der volumendefinierte Luftstrom über einen Filter mit 37 mm Durchmesser angesaugt und das Bioaerosol auf diesem abgeschieden wird. Als Filter kamen Polycarbonatmembranfilter mit einer Porengröße von 0,8 µm zum Einsatz.

Die Probenahmeköpfe wurden vor der Benutzung mithilfe eines alkoholischen Desinfektionsmittels (80%ige Ethanolösung) einer Sprühdesinfektion unterzogen. Die Ansaugkegel wurden darüber hinaus in einem Heißluftschrank bei 180 °C während vier Stunden sterilisiert. Die Sterilisation der Polycarbonatfilter erfolgte in einem Autoklaven bei 121 °C und 2,1 bar während 15 min. Probenahmekopf und Ansaugkegel wurden bis zur Probenahme in Alufolie verpackt.

Die Proben wurden am Tag der Probenahme in das BMA-Labor nach Bochum geliefert; die beaufschlagten Filter für Schimmelpilze wurden dabei bei Umgebungstemperaturen gelagert.

Die beaufschlagten Filter wurden im Labor nach Vorschrift in 10 ml physiologische Kochsalzlösung (0,9%ige Saline mit 0,01 % Tween) überführt. Zur Ablösung der Pilzbestandteile wurden sie bei 36 °C für 15 min im Schüttler bei einer Frequenz von 750/min geschüttelt und anschließend für 4 min kräftig gevortext. Aus der Lösung wurde eine dezimale Verdünnungsreihe erstellt. Ausplattiert wurden je 0,1 ml des Originals und der Verdünnungsstufen auf je drei Parallelplatten. Zur Bestimmung der Konzentration kultivierbarer Schimmelpilze (Einheit: KBE = Kolonie bildende Einheiten) kam Dichloran-Glycerin-(DG 18)-Agar mit Zusatz von Chloramphenicol (0,1 g/l) zur Unterdrückung des Bakterienwachstums zum Einsatz. Die Bebrütungstemperatur betrug 25 °C. Zur Bestimmung der Gesamtschimmelpilzkonzentration wurde das Ergebnis der DG-18-Platten verwendet. Nur Schimmelpilzarten, die auf DG-18 nicht kultiviert werden konnten, wurden auf Malzextrakt ausgewertet. Zur Konzentra-

tionsbestimmung von *Aspergillus fumigatus* kam Malzextrakt-Agar zum Einsatz, der bei 37 °C kultiviert wurde. Die gewachsenen Kolonien wurden erstmals nach 24 h, dann täglich bzw. zweitäglich bis zum siebten Tag ausgezählt.

2.2 Beschreibung der Bezirke, Müllsammeltechnik und Randbedingungen

Die Messungen erfolgten in drei Städten unterschiedlicher Größe im Ruhrgebiet (Tabelle 1) an neun Fahrzeugen während 25 Sammeltouren. In der Stadt 1 waren bei der Sammlung Rest- und Bioabfall nicht getrennt. Diese Art des Abfalls wird im Folgenden Hausabfall genannt. In den anderen Städten erfolgte die Trennung nach Bioabfall und Restabfall. In Tabelle 2 sind die Fahrzeugtechniken, die Temperaturen während der Gefäßstandzeit, die Bezirksstrukturen und die während der Sammlung auftretenden Besonderheiten aufgelistet. Bei den Fahrzeugen handelte es sich überwiegend um Sammelfahrzeuge mit Pressplattenverdichtung. Nur auf einem Fahrzeug wurde der Abfall durch Rotation verdichtet. An den Fahrzeugen in der Stadt 3 wurde der Ladevorgang manuell bedient. Die anderen Fahrzeuge verfügten über Automatikschüttungen. Die Ladekante der Schüttung lag in den meisten Fällen unterhalb der Kopfhöhe der Lader.

Der Vergleich der Einflussgrößen und der untersuchten Parameter (Tabelle 2) erfolgte weitgehend unter gleichen Bedingungen. So wurden die neun Heckladersysteme während zwei bis drei aufeinanderfolgender Sammeltouren bei annähernd gleicher Behälterstandzeit und ähnlichen klimatischen Bedingungen überprüft. Die arithmetischen Mittelwerte der Lufttemperatur während der Gefäßstandzeit lagen zwischen 10 und 18 °C. In der Stadt 1 standen die Gefäße am Straßenrand und wurden wieder an den Gefäßstandort zurückgebracht. In der Stadt 2 wurde im „Full-Service“ gesammelt, d. h. die Behälter wurden vor dem Laden durch einen Müllwerker an den Straßenrand geholt und nach dem Entladen wieder an den Standort zurückgebracht. Teilweise mussten die Gefäße dabei aus den Kellerstandorten geholt und dorthin zurückgebracht werden. Ein Müllwerker war dabei überwiegend als Lader eingesetzt, der die Behälter

Tabelle 2. Übersicht über die untersuchten Fahrzeugsysteme, Randbedingungen und Sammelbezirke.

MFH: Mehrfamilienhaus, EFH: Einfamilienhaus, ZFH: Zweifamilienhaus, MW: Mittelwert

Stadt	Fahrzeug		Gefäßgröße in l	Abfallart	Bedienung Ladelift	Verdichtung Aufbau	Höhe der Ladekante in m	Bodenhöhe der Einfüllmulde in m	Tiefe der Trittbrettnische in m	Lufttemperatur während der Gefäßstandzeit, Bereich und Mittelwert in °C	Struktur der Bezirke	Sonstiges
	Nr.	Baujahr										
1	1	2010	600 bis 1100	Hausmüll	Automatik	Rotation	1,7	1,2	1,3	7 bis 23 15	Gewerbe + MFH	3. Tag: Regen
	2	2011	60 bis 240	Hausmüll	Automatik	Pressplatte	1,6	0,6	0	8 bis 29 18	EFH/ ZFH MFH	System Mini Trittbett vor Einfüllöffnung
	3	2010	60 bis 1100	Hausmüll	Automatik	Pressplatte	1,4	0,4	0,8	11 bis 26 17	1. Tag: MFH, überwiegend 1100 l 2. + 3. Tag: EFH + MFH, 60 bis 240 l	
2	1	2002	80 bis 240	Biomüll	Automatik	Pressplatte	1,70	0,6	1,1	2 bis 17 10	MFH, 2. Tag: leichter Regen	Full-Service lange Wegezeiten
	2	2002	80 bis 1100	Biomüll	Automatik	Pressplatte	1,55	0,5	0,8	2 bis 22 11	MFH	Full-Service lange Wegezeiten
	3	2009	80 bis 1100	Biomüll	Automatik	Pressplatte	1,55	0,5	0,8	2 bis 25 12	MFH	Full-Service lange Wegezeiten
	4	2008	80 bis 1100	Restmüll	Automatik	Pressplatte	1,40	0,4	0,8	2 bis 25 12	MFH	Full-Service, 2. Tag: leichter Regen
3	1	2012	60 bis 240	Biomüll	manuell	Pressplatte	1,55	0,5	0,8	6 bis 26 16	EFH/ZFH	Laden vom Straßenrand, Öffnung Deckel und Nachrütteln
	2	2004	60 bis 240	Restmüll	manuell	Pressplatte	1,55	0,5	0,8	8 bis 28 18	EFH/ZFH	Laden vom Straßenrand

vom Straßenrand holte und dort wieder abstellte. Ein weiterer Müllwerker brachte die Behälter zum Standort zurück, half jedoch bei größeren Stationen gelegentlich auch beim Laden aus. In der Stadt 3 wurden die Gefäße vom Straßenrand geladen und dort auch wieder abgestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Außenluftreferenzwerte

In Bild 2 sind die auf den jeweiligen Betriebshöfen gemessenen Außenluftreferenzwerte während der Sammlung dargestellt. Da in sechs Fällen zwei Sammeltouren an einem Tag begleitet wurden, wurden die Außenluftreferenzwerte zeit-

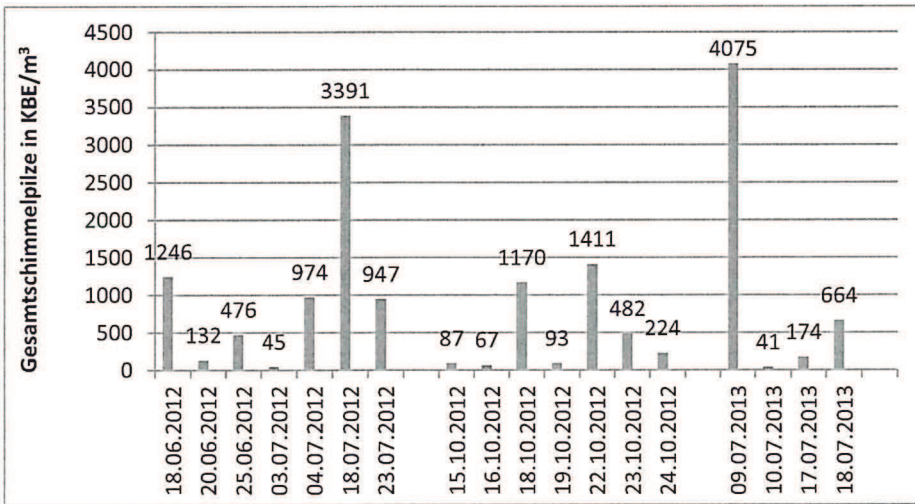


Bild 2. Messwerte für Gesamtschimmelpilze in der Außenluft.

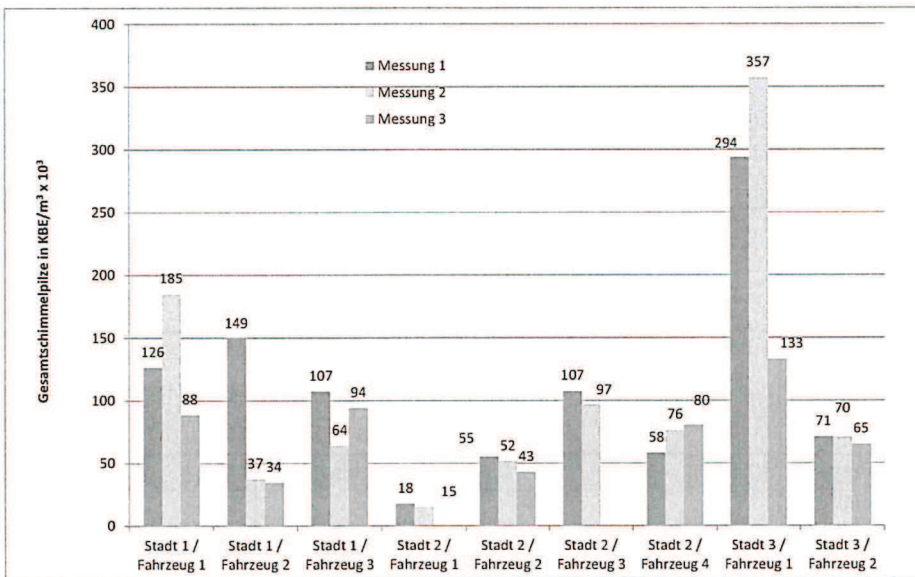


Bild 3. Messwerte für Gesamtschimmelpilze am Lader.



Bild 4. Abfallsammelsystem „Mini“.

lich über beide Sammeltouren gemessen. Die Zahl der Außenluftreferenzwerte entspricht insofern nicht der Zahl der gewonnenen Messwerte an den Fahrzeugen. Ein Außenluftreferenzwert in Höhe von 34 000 KBE/m⁵ wurde nicht in die Übersicht aufgenommen, da dieser Wert nicht plausibel erscheint. Ansonsten liegen die meisten Außenluftreferenzwerte unterhalb von 1 500 KBE/m⁵, nur in zwei Fällen wurden Werte von ungefähr 3 400 und 4 000 KBE/m⁵ ermittelt.

3.2 Ergebnisse der Gesamtschimmelpilzmessungen am Lader und im Bereich der Schüttung

Die Ergebnisse der personengetragenen Gesamtschimmelpilzmessungen am Lader sind in Bild 5 dargestellt. In der Stadt 1 ergaben sich die niedrigsten Werte an zwei Tagen am System „Mini“ (Bild 4). Dieses fuhr an zwei Tagen außenliegende Wohnhäuser am Stadtrand an, wodurch die Sammlung mit langen Wegezeiten verbunden war. An einem Tag wurde in engen Straßen von Siedlungsgebieten gesammelt. Die höchsten Werte in dieser Stadt wurden am Fahrzeug mit Rotationsverdichtung ermittelt. Der vergleichsweise niedrigere Wert am dritten Sammeltag war vermutlich dem einsetzenden Regen geschuldet. In der Stadt 2 wurden die niedrigsten Gesamtschimmelpilzwerte am Fahrzeug 1 ermittelt, ein Fahrzeug mit hoher Ladekante aus dem Baujahr 2002. Die Ergebnisse liegen hier deutlich unter 20 000 KBE/m⁵.

Die höchsten Werte während der Messkampagne wurden in der Stadt 3 ermittelt. Der höchste Wert betrug hier 357 100 KBE/m⁵ bei der Sammlung von Bioabfall. Die Bedienung des Schüttungslifts erfolgte manuell und die Deckel der Sammelgefäße wurden vor dem Ladevorgang geöffnet. Ferner wurden die Gefäße häufig nachgerüttelt, da sie vielfach gestopft waren.

Insgesamt lagen die ermittelten Messwerte über alle Fahrzeuge und Städte in der Mehrzahl über 50 000 KBE/m⁵.

In Bild 5 sind die links und rechts der Schüttung gewonnenen Messwerte dargestellt. Sie sind um ein Vielfaches höher als am Lader und liegen häufig in der Größenordnung von mehr als 1 000 000 KBE/m⁵. Am Fahrzeug 1 in der Stadt 1 ist auch hier der Einfluss des Regens zu erkennen, da die Werte im Bereich der Schüttung wie am Lader deutlich niedriger ausfallen als an den beiden Vortagen. Ansonsten sind die Werte im Bereich der Schüttung über alle Fahrzeuge gleichmäßiger verteilt und weisen nicht mehr so hohe Unterschiede auf

wie am Lader. Sie liegen häufig in der gleichen Größenordnung.

In **Tabelle 3** sind die Mittelwerte der in den Bildern 3 und 5 dargestellten Einzelwerte für die begleiteten Sameltouren am jeweiligen Fahrzeug mit den jeweiligen Übertragungsfaktoren $F_{E/I}$ dargestellt. Der höchste Übertragungsfaktor wurde am Fahrzeug 1 in der Stadt 2 ermittelt. Hierbei handelte es sich um das alte Fahrzeug mit hoher Ladekante und tiefer Trittbrettnische. Die niedrigsten Übertragungsfaktoren wurden am Fahrzeug 4 der Stadt 2 und an den Fahrzeugen in der Stadt 3 ermittelt. Bei dem Fahrzeug 4 in der Stadt 2 handelt es sich um ein Fahrzeug mit sehr niedriger Ladekante (**Bild 6**). Niedrige Werte für $F_{E/I}$ waren auch in der Stadt 3 zu

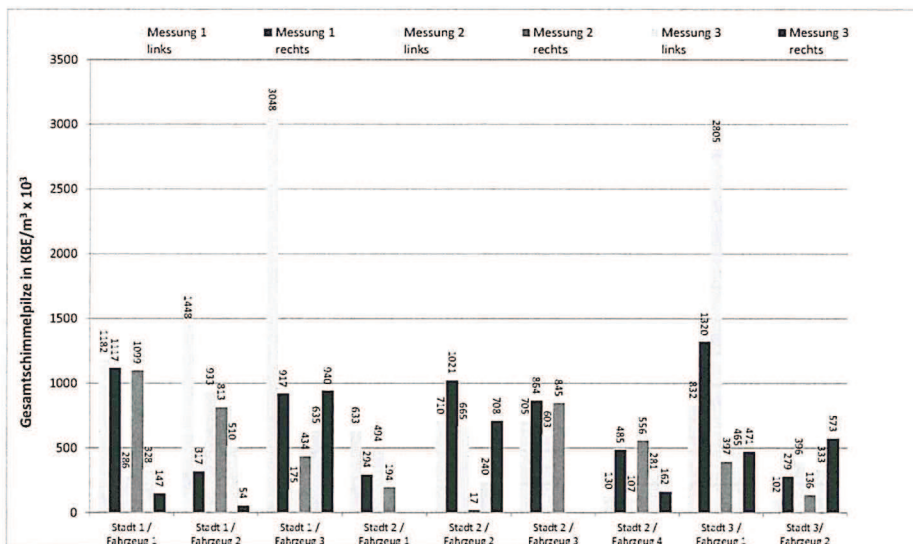


Bild 5. Messwerte für Gesamtschimmelpilze im Bereich der Schüttung.

Tabelle 3. Arithmetische Mittelwerte der Messwerte für Gesamtschimmelpilze am Lader in KBE/m³ und Emissions-/Immissionsfaktoren $F_{E/I}$.

Stadt	Fahrzeug	Lader Mittelwert	Schüttung			$F_{E/I}$		
			links	rechts	Mittelwert	links	rechts	Mittelwert
1	1	133 323	598 657	787 530	693 094	4,5	5,9	5,2
	2	73 668	963 679	394 750	679 215	13,1	5,4	9,2
	3	88 365	1 286 132	763 345	1 024 739	14,5	8,6	11,6
2	1	16 121	563 392	244 162	403 777	35	15,1	25
	2	49 862	538 342	582 185	560 264	10,8	11,7	11,2
	3	102 140	654 043	854 599	754 321	6,4	8,4	7,4
	4	71 499	172 807	400 738	286 773	2,4	5,6	4,0
3	1	261 170	1 367 417	729 126	1 048 272	5,2	2,8	4,0
	2	68 723	276 981	329 215	303 481	4	4,8	4,4

verzeichnen, in der der Ladeprozess überwiegend manuell gesteuert wurde und die Biomüllgefäße häufig gerüttelt und deren Deckel vor dem Laden geöffnet wurden. An diesen Fahrzeugen und durch diese Verfahrensweisen ergaben sich insofern die geringsten Reduzierungen der Schimmelpilzkonzentration im Vergleich zum Emissionsort.

3.3 Nachgewiesene Schimmelpilzgattungen und -arten

Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die nachgewiesenen Gattungen und Arten. In **Bild 7** sind die bei der personengetragenen Messung am Lader differenzierten Arten und Gattungen dargestellt. Insgesamt lagen 15 Gattungen und Arten oberhalb der Bestimmungsgrenze. Überwiegend wurde die Art *Aspergillus fumigatus* und nicht im Detail identifizierbare Arten der Gattung *Penicillium* nachgewiesen.

Aspergillus fumigatus war allerdings in mehreren Fällen nicht auswertbar, da die Platten während der Bebrütung durch die Schimmelpilzspezies *Chrysonilia sitophila* überwuchert wurden. Nachgewiesen wurden darüber hinaus in niedriger Konzentration nicht eindeutig identifizierbare Arten der Gattungen *Cladosporium*, *Aspergillus* und *Eurotium* sowie die Schimmelpilzarten *Aspergillus niger* und *Chrysonilia sitophila*. Häufiger nachgewiesen wurden darüber hinaus *Mycelia varia* (nicht bestimmte Schimmelpilze). Die differenzierten Gattungen und Spezies der Proben im Bereich der Schüttung sind den Bildern 8 und 9 zu entnehmen.



Bild 6. Abfallsammelfahrzeug mit sehr niedriger Ladekante.

Tabelle 4. Nachgewiesene Gattungen und Arten.

Gattung und Art
<i>Aspergillus sp.</i>
<i>Aspergillus fumigatus</i>
<i>Aspergillus niger</i>
<i>Aspergillus versicolor</i>
<i>Aspergillus penicillioides</i>
<i>Aspergillus flavus</i>
<i>Penicillium sp.</i>
<i>Penicillium digitatum</i>
<i>Cladosporium sp.</i>
<i>Chrysonilia sitophila</i>
<i>Botrytis cinerea</i>
<i>Wallemia sebi</i>
<i>Mucor sp.</i>
<i>Paecilomyces sp.</i>
<i>Chaetomium sp.</i>
<i>Eurotium spp.</i>
<i>Mycelia varia</i>
<i>Mycelia sterilia</i>
Hefen

men. Analog zur Zahl der Gesamtschimmelpilze sind hier höhere Messwerte für die differenzierten Gattungen und Spezies zu verzeichnen. Jedoch ist die Zahl der differenzierten Gattungen und Spezies ähnlich wie die am Lader.

4 Diskussion

Erste umfangreiche personengetragene Messungen erfolgten durch eine Vorgängerinstitution der Unfallkasse Nordrhein-Westfalen im Jahr 1995 im Zusammenhang mit der Berufskrankheitenermittlung zu einem Fall von allergischem Asthma bronchiale in Verbindung mit einer allergisch bedingten bronchopulmonalen Aspergillose (ABPA). Seinerzeit wurden für Schimmelpilze insgesamt Konzentrationen von 160 000 KBE/m³ bei der Sammlung von Bioabfall und 250 000 KBE/m³ bei der Sammlung von Restmüll ermittelt. Die Ermittlungen erfolgten seinerzeit bei einem relativ hohen Temperaturniveau während des Sommers mit Höchsttemperaturen bis zu 36 °C. Um die Ergebnisse auch unter anderen Temperaturbedingungen in Erfahrung zu bringen, wurden die Messungen in den Jahren 1996 und 1997 auf drei Städte ausgeweitet [5]. Die mittleren Tagestemperaturen lagen dabei zwischen -6 und 22 °C.

Auch bei diesen Messungen lagen die meisten Ergebnisse für Gesamtschimmelpilze im Konzentrationsbereich zwischen 50 000 und 150 000 KBE/m³ (n = 10). Sechs Messwerte lagen jeweils darunter und darüber. Sie lagen somit überwiegend in dem Bereich, der auch heute noch ermittelt wurde. Parallel zu den Luftmessungen wurde durch Abklatschproben/Abklatschnährböden auch eine erhebliche Kontamination der Kleidung durch Gesamtschimmelpilze festgestellt.

Auch die seinerzeit differenzierten Gattungen und Arten stimmen mit den hier ermittelten weitgehend überein. Häufigste Gattungen waren *Penicillium*, *Aspergillus* und *Chrysonilia*, wobei die Gattung *Penicillium* gefolgt von *Aspergillus* am meisten vertreten war. Ein ähnliches Verteilungsspektrum der Schimmelpilze ergab sich auch bei

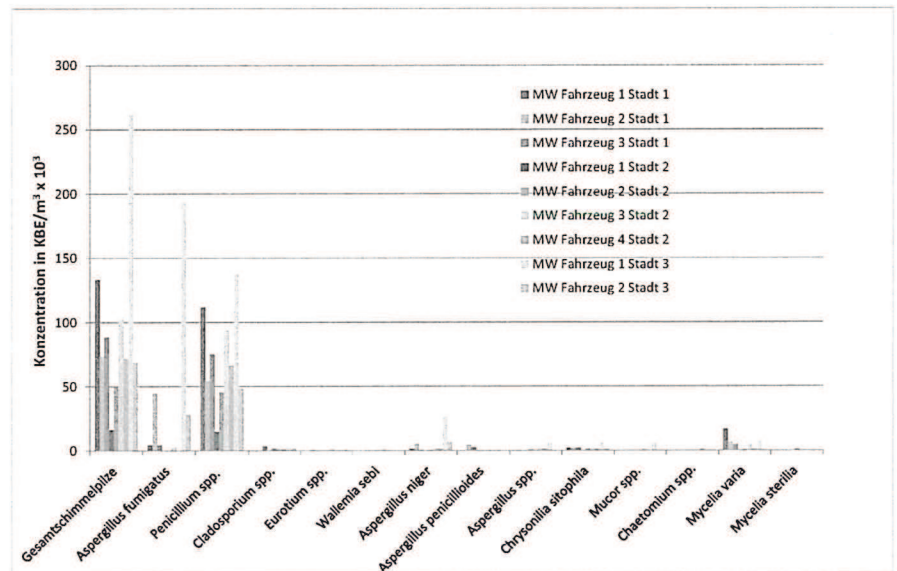


Bild 7. Mittelwerte der differenzierten Gattungen und Spezies am Lader. MW: Mittelwert

Messungen im Bereich der Anlieferung von vier Müllverbrennungsanlagen. Auch dort wurden die Gattungen *Penicillium* und *Aspergillus* am häufigsten nachgewiesen [6]. Häufiger festgestellt wurde seinerzeit allerdings die Spezies *Aspergillus fumigatus*. Das ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Kultivierung auf Malzextrakt-Agar bei einer Bebrütungstemperatur von 42 °C erfolgte, was einem thermophilen Pilz günstigere Wachstumsbedingungen verschafft und die Überwucherung durch *Chrysonilia sitophila* verhindert.

Ein deutlich niedrigeres Belastungsniveau durch Schimmelpilze für Müllwerker wurde dagegen in einem Forschungsvorhaben der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in den Jahren von 1996 bis 1998 festgestellt [7; 8]. Gegenstand des Forschungsvorhabens war es, die Belastungshöhe durch Bioaerosole bei der Sammlung unterschiedlicher Abfallarten, Gebietsstrukturen und durch jahreszeitliche Temperaturunterschiede zu ermitteln. Die Hauptuntersuchungsgebiete befanden sich in der Stadt 2. Das Konzentrationsniveau für Gesamtschimmelpilze war insgesamt bei allen Abfallarten und unter allen Bedingungen sehr niedrig. Es lag im Durchschnitt deutlich unter 10 000 KBE/m³ und erreichte nur unter Hochsommerbedingungen Werte zwischen 18 000 und 80 000 KBE/m³. Parallel zu diesen Messungen wurden auch in der Stadt 1 und in der Stadt 3 stichprobenhaft Vergleichsmessungen durchgeführt. Die Messwerte in der Stadt 1 lagen zwischen 34 000 und 190 000 KBE/m³ bei der Sammlung von Hausmüll sowie in der Stadt 3 zwischen 53 000 und 152 000 KBE/m³ bei der Sammlung von Restmüll und zwischen 72 000 und 89 000 KBE/m³ bei der Sammlung von Biomüll. Die jetzt gemessenen Werte lagen in der gleichen Größenordnung wie bei den früheren Messungen. Als Ursache für die niedrigen Messwerte in der Stadt 2 wurde die effektive Nutzung der Automatikschüttung angesehen, da sich die Müllwerker während des Ladeprozesses bereits häufig mit dem Heranholen oder Bereitstellen anderer Abfallbehälter befassten und sich nicht in unmittelbarer Nähe der Schüttung aufhielten.

Im Sommer 1999 wurden auch stichprobenhaft parallele Messungen am Immissions- und Emissionsort bei der Ver-

wendung von Automatikschüttungen durchgeführt. Der Messort für den Emissionsmesswert befand sich in diesem Fall auf der rechten Seite des Fahrzeugs. In fünf von acht Fällen unterschieden sich die Immissions- und Emissionswerte dabei um den Faktor 10 oder mehr, was als Bestätigung für die oben genannte Annahme angesehen wurde.

In einem weiteren Forschungsvorhaben der BAuA wurden im Jahr 2000 die technischen und organisatorischen Möglichkeiten zur Reduzierung der Exposition von Beschäftigten bei der Abfallsammlung untersucht und bewertet [9; 10]. Hierbei kamen unterschiedliche Fahrzeugtechniken, Aufbauten und Ladesysteme zum Einsatz. Wiederum waren die Ergebnisse für Gesamtschimmelpilze an dem in der Vorläuferstudie im Hauptuntersuchungsgebiet eingesetzten Fahrzeug mit Pressplattenverdichtung sehr niedrig. Die Gesamtschimmelpilzbelastung lag zwischen 5 000 und 14 000 KBE/m³ bei Nutzung des Automatikliftes und zwischen 8 000 und 26 000 KBE/m³ bei manueller Bedienung des Liftes. Die Immissions-/Emissionsfaktoren ($F_{E/I}$) lagen wiederum bei Faktor 10 auf der rechten Seite bei Nutzung des Automatikliftes und zwischen 6 und 8 als Mittelwert. Die Werte bei der manuellen Bedienung des Liftes lagen zwischen 2 und 6,3 als Mittelwert. Deutlich höhere Werte ergaben sich beim Einsatz des Fahrzeugs mit Rotationsverdichtung im Untersuchungsgebiet. Diese Werte lagen bei 77 000 und 330 000 KBE/m³ bei manueller Nutzung der Steuerung und 47 000 KBE/m³ bei Nutzung der Automatiksteuerung. Dennoch wurde bei Nutzung der Automatiksteuerung ein $F_{E/I}$ von 9 erzielt, bei manueller Bedienung jedoch nur noch ein Wert von 2 bis 3. Die Ergebnisse entsprechen insofern auch den heutigen Ergebnissen.

Bei der Bewertung der Ergebnisse kam man zu dem Schluss, dass nicht nur die Automatikschüttung die niedrigen Gesamtschimmelpilzwerte bei der Nutzung des Pressplattenfahrzeugs bedingen, wiewohl diese einen erheblichen Einfluss auf die mögliche Belastung des Müllwerkers hat. So wurde bei den Untersuchungen unter standardisierten Bedingungen im Rahmen des Forschungsprojektes [9] die Abnahme der Schimmelpilzkonzentration um den Faktor 10 im Abstand von 2 m von der Schüttung festgestellt. In 4 m Entfernung von der Schüttung wurden nur noch Werte im Bereich der Hintergrundbelastung gemessen. Darüber hinaus wurden auch die Tiefe und Größe der Einfüllmulde in Verbindung mit der vergleichsweise hohen Ladekante der schrägen Rutsche im Aufprallbereich und der verlängerten

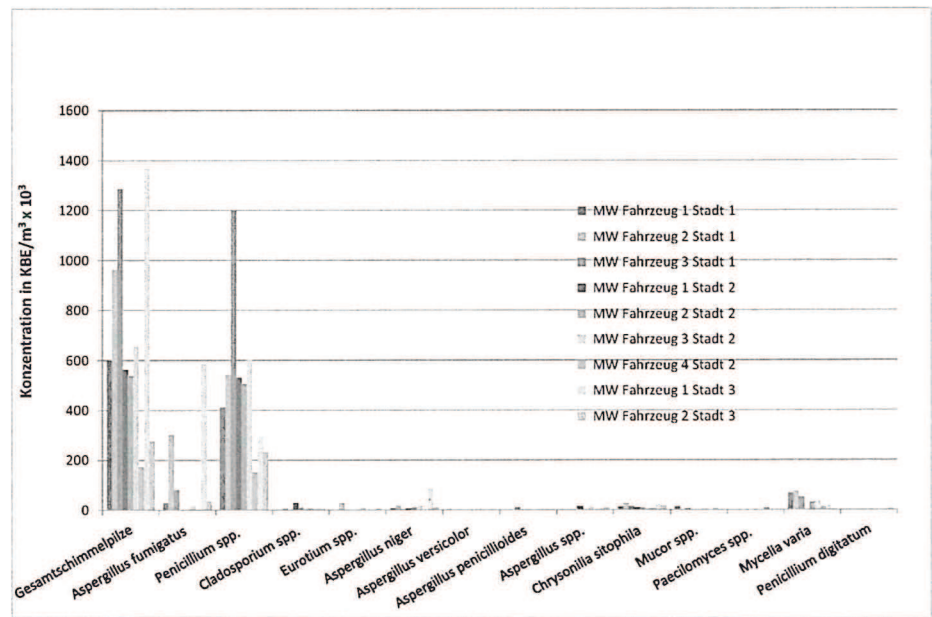


Bild 8. Mittelwerte der differenzierten Gattungen und Spezies im linken Bereich der Schüttung. MW: Mittelwert

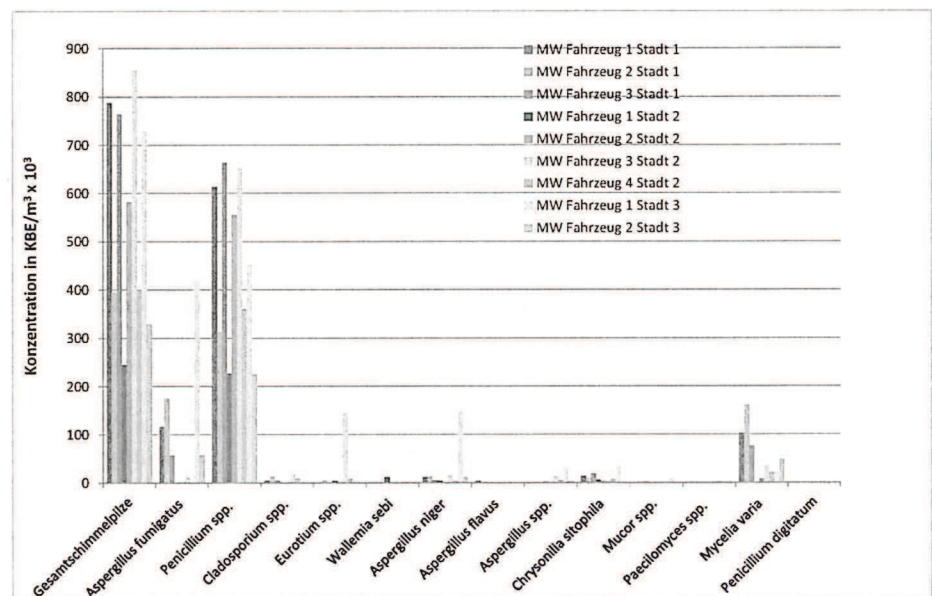


Bild 9. Mittelwerte der differenzierten Gattungen und Spezies im rechten Bereich der Schüttung. MW: Mittelwert

Schürze im Bereich der Bedienung als zusätzliche positive Faktoren festgestellt. Somit ergibt sich eine Art Kamineffekt, der das Bioaerosol über den Müllwerker hinweg transportiert. Die großen Schürzen im Trittbereich wirken darüber hinaus als Schutz vor Verwirbelungen beim Anfahren [11]. Wiewohl das Rotationsfahrzeug auch eine vergleichsweise hohe Schüttkante aufweist, sind die Bedingungen jedoch nicht mit dem damals eingesetzten Pressplattenfahrzeug vergleichbar. Die Rotation des Abfalls im Aufbau verursacht eine permanente Staubaufwirbelung und die Mulde der Einfüllöffnung ist relativ flach und nicht schräg ausgebildet, was beim Einfüllen des Abfalls zu einer höheren Staubaufwirbelung führt. Gute Ergebnisse wurden auch bei einem Prototyp eines Abfallsammelfahrzeugs ermittelt, das mit einer Absaugung ausgestattet war. Dieses Fahrzeug hat sich in der Praxis jedoch nicht durchgesetzt.

Die Ergebnisse der oben genannten Forschungsvorhaben sind mit folgenden Passagen in die TRBA 215 „Abfallsammlung – Schutzmaßnahmen“ [2] eingeflossen:

„Ziffer 5.4.1 Technische Schutzmaßnahmen

(1) Die Beladung und Verdichtung des Abfalls im Aufbau soll möglichst staubarm erfolgen. Dieser Anforderung genügen z. B. Aufbauten mit Pressplattenverdichtung.

(2) Zur Minimierung der Exposition von Beschäftigten während des Lade- und Schüttprozesses sollen vorzugsweise automatische Ladesysteme eingesetzt werden.

(3) Abfallsammelsysteme sind so auszuwählen und auszurüsten, dass die Bedienelemente für die Schüttung außerhalb des Bereiches angeordnet sind, in dem während des Ladeprozesses eine erhöhte Exposition durch Staub und Aerosole besteht. Das ist z. B. der Fall, wenn bei Fahrzeugen mit Schüttung die Ladekante hoch und der Boden der Ladewanne tief angeordnet sind. So haben sich in der behältergebundenen Entleerung Hecklader-Fahrzeuge mit einer Ladekante von mindestens 2 m Höhe bewährt ...

(9) Sind die genannten technischen Maßnahmen nicht anwendbar, ist zu prüfen, ob das Schutzziel durch andere Maßnahmen (z. B. Lüftungstechnik, Absaugung) erreicht werden kann ...

Ziffer 5.4.2 Organisatorische Schutzmaßnahmen

(3) Um die Exposition zu vermindern, sind die Beschäftigten im Rahmen der jährlichen Unterweisungen anzuweisen, dass sie sich während des Ladeprozesses nicht in der unmittelbaren Nähe der Schüttung aufhalten dürfen.“

Die zitierten Empfehlungen fanden jedoch keinen Eingang in die DIN EN 1501-1 [12], die sich auf die Vermeidung mechanischer Gefährdungen konzentriert. Hier wird als Mindestanforderung immer noch eine Ladekantenhöhe von 1,4 m beschrieben. Auch die Nutzung der Automatiksteuerung beim Ladeprozess, wie oben beschrieben, scheint häufig nicht Eingang in die Praxis gefunden zu haben, geschweige denn Lüftungstechnische Maßnahmen. Die Fahrzeugtechnik der in dieser Studie genutzten Fahrzeuge entspricht weitgehend den in der Norm beschriebenen Anforderungen. So ist es nicht verwunderlich, dass die Ergebnisse dieser Studie auf dem gleichen Niveau wie vor etwa 20 Jahren liegen und sich im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen am Pressplattenfahrzeug im Hauptuntersuchungsgebiet der Stadt 2 sogar noch verschlechtern haben.

Die technischen Bedingungen bei der Abfallsammlung entsprechen insofern nicht den Allgemeinen Schutzmaßnahmenanforderungen nach § 9 Absatz 3 Ziffer 2 der Biostoffverordnung (BioStoffV) [15]. Demnach sind Tätigkeiten und Arbeitsverfahren mit Staub- oder Aerosolbildung, einschließlich Reinigungsverfahren, durch solche ohne oder mit geringerer Staub- oder Aerosolbildung zu ersetzen, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Ist dies nicht möglich, hat der Arbeitgeber geeignete Maßnahmen zur Minimierung der Exposition zu ergreifen.

Technische Verbesserungen zur Reduzierung des Bioaerosols sind allerdings immer noch möglich. Darüber hinaus steht nach so langer Zeit ohne gravierende Veränderungen am Arbeitsplatz des Müllwerkers die Frage im Raum, welcher Konzentrationsbereich von Schimmelpilzen bei Müllwerkern im Bereich der Abfallsammlung dauerhaft toleriert werden kann. In der TRBA 214 [14] wurde für Arbeitsplätze in Sortierkabinen, Kabinen und Steuerständen ein technischer Kontrollwert (TKW) von 50 000 KBE/m⁵ als Toleranzgrenze festgeschrieben. Dieser Wert wird bei der Abfall-

sammlung jedoch regelmäßig überschritten. Insofern stellt sich die Frage, ob hier ein höheres Belastungsniveau toleriert werden kann, wengleich dann in Einzelfällen Berufskrankheiten oder in häufiger Zahl Symptome wie Mucous Membrane Irritation (MMI) auftreten können [15; 16].

5 Zusammenfassung

Im Jahre 1994 führte das Auftreten einer Atemwegserkrankung bei einem Müllwerker zu einer erheblichen Verunsicherung der Fachwelt und der Allgemeinbevölkerung. In der Folge wurden umfangreiche Untersuchungen und Messungen angestellt, um das Belastungsniveau des Müllwerkers durch Schimmelpilze und Möglichkeiten zur Reduzierung dieser Belastung zu ermitteln. Die Untersuchungsergebnisse und abgeleiteten Empfehlungen flossen im Jahr 2005 in die TRBA 215 „Abfallsammlung – Schutzmaßnahmen“ ein. Ziel der 2012/2013 durchgeführten stichprobenhaften Untersuchung in einigen Untersuchungsgebieten der damaligen Zeit war es, zu überprüfen, ob und wenn ja, welche Veränderungen sich in den letzten zehn Jahren am Arbeitsplatz des Müllwerkers eingestellt haben. Als Fazit ist festzustellen, dass die Ergebnisse zur Schimmelpilzbelastung in der gleichen Größenordnung wie vor etwa 20 Jahren liegen und sich im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen am Pressplattenfahrzeug im Hauptuntersuchungsgebiet der Stadt 2 sogar noch verschlechtern haben. Technische Änderungen wurden kaum vorgenommen und organisatorisch bestehen weiterhin Verbesserungsmöglichkeiten. Die technischen Bedingungen bei der Abfallsammlung entsprechen insofern nicht den Schutzmaßnahmenanforderungen nach der aktuellen BioStoffV. Technische Verbesserungen zur Reduzierung des Bioaerosols sind immer noch möglich. In diesem Zusammenhang wäre es zu wünschen, dass auch biologische Gefährdungen Eingang in die DIN EN 1501-1 finden würden. Darüber hinaus steht nach so langer Zeit ohne gravierende Veränderungen am Arbeitsplatz des Müllwerkers die Frage im Raum, welcher Konzentrationsbereich für Schimmelpilze bei Müllwerkern im Bereich der Abfallsammlung dauerhaft toleriert werden kann.

Danksagung

Die Autoren danken an dieser Stelle allen herzlich, die an dieser Studie mitgewirkt haben. Besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie den Vorgesetzten der Entsorgungsunternehmen, die uns bei der Studie vor Ort unterstützt haben und ohne deren Mitwirkung diese Studie nicht möglich gewesen wäre. Ferner danken wir den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) für die Vorbereitung und Lieferung der Filter sowie für die Aufbereitung der Rohdaten und die Erstellung der Analysenberichte.

Literatur

- [1] Allmers, H.; Huber, H.; Baur, X.: Bronchopulmonale Schimmelpilzallergie eines Müllwerkers – „Biomüll“-Tonne als Krankheitsursache? Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 32 (1997), S. 64-67.

- [2] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Abfallsammlung: Schutzmaßnahmen (TRBA 213). B ArbBl. (2005) Nr. 8/9, S. 53-57; zul. geänd. GMBL. (2011) Nr. 68-80, S. 1667.
- [3] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 405). B ArbBl. (2001) Nr. 5, S. 58-61; zul. geänd. B ArbBl. (2006) Nr. 7, S. 193-194.
- [4] Kolk, A.: Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9420). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 30. Lfg. IV/03. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg. www.ifa-arbeitsmappedigital.de/9420
- [5] Neumann, H.-D.; Hornig, B.; Buxtrup, M.; Balfanz, J.: Schimmelpilz- und Gefahrstoffbelastungen bei der Müllsammlung. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 58 (1998) Nr. 6, S. 249-255.
- [6] Stahmer, K.-W.; Neumann, H.-D.: Belastungen durch Staub und biologische Arbeitsstoffe in Müllverbrennungsanlagen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 64 (2004) Nr. 4, S. 175-183.
- [7] Neumann, H.-D.; Mathys, W.; Raulf-Heimsoth, M.; Becker, G.; Balfanz, J.: Gefährdung von Beschäftigten bei der Abfallsammlung und -abfuhr durch Keimexpositionen. Forschungsbericht FB 920. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2001.
- [8] Neumann, H.-D.; Balfanz, J.; Becker, G.; Mathys, W.; Raulf-Heimsoth, M.: Bioaerosol exposure during refuse collection – Results of field studies in the real life situation. Sci. Total Environ. 293 (2002) S. 219-231.
- [9] Becker, B.; Lohmeyer, M.; Mathys, W.; Neumann, H.-D.: Methoden zur Minderung der Keimfreisetzung bei Schüttvorgängen an Abfallsammelfahrzeugen. Forschungsbericht FB 931. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2001.
- [10] Neumann, H.-D.; Becker, G.; Lohmeyer, M.; Mathys, W.: Preventive measures to reduce bioaerosol exposure during refuse collection – Results of field studies in the real life situation. Sci. Total Environ. 341 (2005) S. 1-13.
- [11] Missel, T.: Keim- und Staubbelastung von Müllwerkern bei der Abfallsammlung. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 60 (2000) Nr. 4, S. 150-157.
- [12] DIN EN 1501-1: Abfallsammelfahrzeuge – Allgemeine Anforderungen und Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Hecklader. Berlin: Beuth 2012.
- [13] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV). BGBl. I (2013) Nr. 40, S. 2514-2534.
- [14] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Abfallbehandlungsanlagen (TRBA 214). GMBL. (2013) Nr. 49, S. 978-989.
- [15] Bünger, J.; Schantora, A. L.; Casjens, S.; Deckert, A.; Neumann, H.-D.; Brüning, T.; Raulf, M.; van Kampen, V.; Hoffmeyer, F.: Prevalence of work-related rhino-conjunctivitis and respiratory symptoms among domestic waste collectors. Adv. Exp. Med. Biol. (zur Publikation angenommen).
- [16] Hoffmeyer, F.; Bünger, J.; Schantora, A. L.; Casjens, S.; Deckert, A.; Neumann, H.-D.; Raulf, M.; van Kampen, V.; Brüning, T.: Arbeitsplatzbezogene Rhino-Konjunktivitis und Atemwegsbeschwerden bei Mitarbeitern der Abfallwirtschaft. Umweltmed. Hygiene Arbeitsmed. 19 (2014) Nr. 2, S. 241.

Herausgebermitteilungen

Aus der Arbeit der KRdL

KRdL-Förderkreissitzung 2014

Die diesjährige Sitzung des Förderkreises der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (KRdL) fand Mitte September auf Einladung des GKS-Gemeinschaftskraftwerks in Schweinfurt statt. Der Förderkreis ist ein Zusammenschluss von interessierten Kreisen zur aktiven Unterstützung der internationalen (ISO) und insbesondere der europäischen (CEN) Normungsaktivitäten der KRdL. Um hier der deutschen Position genügend Gewicht verleihen zu können, müssen sämtliche personellen und finanziellen Ressourcen mobilisiert werden. Wichtigste Aufgabe des Förderkreises der KRdL ist daher, die notwendige Finanzierung der aus der internationalen und insbesondere europäischen Normungsarbeit resultierenden Aufgaben sicherzustellen. Damit sorgt der KRdL-Förderkreis dafür, dass der hohe Stand der deutschen Umweltschutztechnik in den europäischen bzw. internationalen Rahmen übernommen wird. Der KRdL-Förderkreis hat derzeit 70 Mitglieder.

Thema der diesjährigen Sitzung war – neben dem Bericht über die Förderkreisaktivitäten – das UFO-Forschungsplanvorhaben zur Emission und zum Verbleib von nanopartikelhaltigen Abfällen in der Abfallbehandlung. Herr Dr.-Ing. Michael Jakuttis, Fraunhofer Umsicht Sulzbach-Rosenberg, informierte die Förderkreismitglieder über die ersten Ergebnisse des Forschungsplanvorhabens. Im Zeitraum von Oktober 2012 bis Juli 2015 wurden Nanopartikel (TiO_2) in den Brennstofftrichter des GKS eingedüst und die Nanopartikelkonzentration im Abgas bestimmt. Das beruhigende Ergebnis: Die Nanopartikelemissionen sind gering. So gut wie alles verbleibt in der Abgasreinigung. In einem zweiten Teil des Forschungsvorhabens soll die Nanopartikelbestimmung im Klärschlamm untersucht werden. Hierzu werden Messungen im Zweckverband Klärwerk Steinhäule erfolgen. Es wird mit vergleichbaren Ergebnissen wie beim GKS gerechnet.

www.vdi.de/krdl