

Belastungen durch Staub und biologische Arbeitstoffe in Müllverbrennungsanlagen

K.-W. Stahmer, H.-D. Neumann

Zusammenfassung Im Rahmen der Erarbeitung einer Technischen Regel für Biologische Arbeitstoffe (TRBA) für die thermische Verwertung von Abfall wurden verschiedene Arbeitsbereiche in sieben Müllverbrennungsanlagen bezüglich der Gefährdung durch Staub und biologische Arbeitstoffe näher untersucht. Besonders belastete Bereiche waren die Anlieferung sowie der Aufgabebereich im Müllbunker. Bei Revisionsarbeiten im Kessel können bei Belüftung über den Müllbunker ebenfalls erhöhte Belastungen durch biologische Arbeitstoffe auftreten. Im Kesselhaus ist die Belastung durch biologische Arbeitstoffe dagegen deutlich geringer, wenngleich auch hier im Vergleich zur Außenluft in einigen Bereichen erhöhte Keimkonzentrationen auftreten können. Mit den höchsten Belastungen ist im Müllbunker zu rechnen. Hier kann die Grundbelastung durch Schimmelpilze bereits $1,5 \cdot 10^6$ KBE/m³ und durch einatembaren Staub bis zu 40 mg/m³ Luft betragen. Bei Staub aufwirbelnden Tätigkeiten sind diese Konzentrationen noch um ein Vielfaches höher. Daher werden Reinigungsverfahren beschrieben, bei denen eine Staubaufwirbelung vermieden wird. Auch die notwendige Persönliche Schutzausrüstung wird eingehend erläutert. Zur Vermeidung von Gefährdungen durch biologische Arbeitstoffe in Anlieferungsbereichen wird für die dort erforderlichen Überwachungstätigkeiten ein Kontrollraum gefordert. Schließlich werden die Anforderungen an die allgemeine Hygiene erläutert, die wie in allen Bereichen der Abfallwirtschaft von grundlegender Bedeutung ist.

Exposure by dust and biological agents at refuse incineration plants

Abstract In the process of drafting a set of technical rules for biological agents (TRBA) for the thermal use of refuse, different working areas in seven refuse incineration plants were studied to determine the hazards caused by dust and biological agents. The areas that were particularly exposed included the delivery area and the refuse chute in the bunker. During inspections of the incinerator, higher levels of biological substances can also occur when the boiler is ventilated through the refuse bunker. The exposure to biological agents is considerably lower in the boiler housing, even though elevated germ concentrations of biological agents in some areas may occur when compared to outside air. The highest exposure levels can be expected in the refuse bunker. Here, the base concentration of fungi may amount to $1.5 \cdot 10^6$ CFU/m³ of air and to up to 40 mg/m³ inhalable dust. Activities that raise dust may result in a rise in concentrations by multiples of these figures. The article thus describes cleaning methods that help to avoid raising dust. The necessary personal protective equipment is also described in detail. The installation of an inspection room for monitoring tasks in the receiving areas is suggested in order to limit the hazards of biological agents. Finally, the requirements for general hygiene are described, as these are of basic significance to all areas of waste and refuse handling and processing.

Dr. Klaus-Werner Stahmer,

Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln.

Dr.-Ing. Heinz-Dieter Neumann,

Gemeindeunfallversicherungsverband Westfalen-Lippe, Münster.

1 Einleitung

Eine Vielzahl von Untersuchungen hat sich bisher mit der Belastung von Arbeitnehmern durch biologische Arbeitstoffe beim Umgang mit Siedlungsabfällen bzw. Verpackungsabfällen beschäftigt. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag im Bereich der Sammlung und der Verwertung von Bioabfall und Leichtverpackungen. Nicht untersucht wurde bislang die thermische Verwertung des Restabfalls, die nach der Sortierung und der Gewinnung von Recyclingmaterialien als Entsorgungsverfahren zunehmend an Bedeutung gewinnt. Dies erfolgt in Deutschland in ca. 60 Anlagen zur thermischen Behandlung von Restsiedlungsabfällen. Die gewonnenen Produkte sind Strom und Wärme zur Fernheizung. In der Gesamtbilanz werden in diesen Anlagen jedes Jahr 14 Mio. t Abfall verbrannt. In jeder Anlage werden somit im 24-h-Schichtbetrieb pro Tag ca. 500 t Abfall angeliefert und umgesetzt. Da die Zahl der offenen Deponien stetig abnimmt, ist die Tendenz der thermischen Verwertung steigend.

Mögliche Gefährdungen der Arbeitnehmer in Müllverbrennungsanlagen (MVA) sind vielfältig. Neben der Gefährdung durch biologische Arbeitstoffe sind auch thermische Belastungen und Belastungen durch Gefahrstoffe von Bedeutung. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, im Rahmen der Erarbeitung einer Technischen Regel für Biologische Arbeitstoffe (TRBA) für die thermische Verwertung von Abfall [1] die Belastung durch luftgetragene biologische Arbeitstoffe in MVA zu lokalisieren und zu quantifizieren. Dazu wurden in einem Gemeinschaftsprojekt des Gemeindeunfallversicherungsverbandes (GUVV) Westfalen-Lippe und der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik sieben Müllverbrennungsanlagen näher untersucht.

2 Material und Methoden

2.1 Festlegung der Arbeitsbereiche

Die Arbeitsbereiche in einer Müllverbrennungsanlage für Siedlungsabfälle lassen sich, in Anlehnung an den Weg des Abfalls durch die Anlage, wie folgt bezeichnen:

- Waage,
- Anlieferung,
- Müllbunker/Aufgabebereich,
- Thermische Behandlungseinheit,
- Aschesilo/Schlackebunker,
- Gasbehandlung,
- Kesselhaus,
- Energiegebäude,
- Sozialbereich.

Nach der thermischen Behandlung des Abfalls im Kessel (Kesseltemperatur 950 °C) ist nicht mehr mit einer durch den Abfall bedingten biologischen Gefährdung zu rechnen. Für die Beurteilung der Arbeitsplätze gemäß den Vorgaben der Biostoffverordnung sind die Bereiche Anlieferung und Lagerung im Müllbunker einschließlich der Krankkabine von

Tabelle 1. Mittelwerte der Schimmelpilzkonzentrationen mit Standardabweichung in Prozent für die Referenzmessungen.

Messtag	Tagesmittelwerte der Konzentration Schimmelpilze in KBE/m ³ Luft (Standardabweichung in %)						
	MVA 1	MVA 2	MVA 3	MVA 4	MVA 5	MVA 6	MVA 7
1	1270 (37)	3700 (34)	397 (71)	503 (86)	905 (94)	600 (64)	330 (44)
2	1852 (52)	1323 (27)	317 (0)	850 (68)			
3	2275 (50)	1217 (27)	688 (24)	3333 (43)			
4				2593 (52)			

Tabelle 2. Übersicht über die ermittelten Luftkonzentrationen in der Anlieferung (Temp. = wegen Lagerungstemperatur verworfen).

Staub/biologische Arbeitsstoffe	Müllverbrennungsanlage								
	MVA 1	MVA 2	MVA 3	MVA 4	MVA 5	MVA 6	MVA 7	Max.	Min.
E-Staub in mg/m³ Luft									
Anlieferung stationär	2,59	0,78	1,51	< 0,39	0,53	0,06	0,69	2,59	0,06
Anlieferung Einweiser	0,36	0,72	1,05	< 0,25				1,05	< 0,25
Kontrollraum							< 0,25		
Schieber (Reinigung)									
Schimmelpilz in KBE/m³ Luft									
Anlieferung stationär	111 693	164 286	78 201	5 776	547 000	13 900	82 600	547 000	5 776
Anlieferung Einweiser	7 857	49 207	18 810	1 023	109 000	79 400		109 000	1 023
Kontrollraum							529		
Schieber (Reinigung)					289 000				
<i>Aspergillus fumigatus</i> in KBE/m³ Luft									
Anlieferung stationär	< 159	15 000	47 000	1 600	153 000	4 650	14 700	153 000	159
Anlieferung Einweiser	< 159	6 300	860	< 159	22 900	3 800		22 900	159
Kontrollraum							< 159		
Schieber (Reinigung)					922				
Bakterien in KBE/m³ Luft									
Anlieferung stationär	Temp.	17 500	Temp.	16 825	4 280	7 140	3 810	17 500	3 810
Anlieferung Einweiser									
Kontrollraum							< 952		
Endotoxine in EU/m³ Luft									
Anlieferung stationär	19,2	0,6	19,4	3,5	23,5	3,8	11,9	23,5	0,6
Anlieferung Einweiser	2,4	20,3	9,8	7	11,3	35,2		35,2	2,4
Kontrollraum							0,19		
Schieber (Reinigung)					289,4				

Bedeutung. Zusätzlich wurden Messungen im Verlauf von Revisions- und Reinigungsarbeiten in diesen Bereichen sowie im Kessel durchgeführt und die Belastung durch biologische Arbeitsstoffe im Kesselhaus untersucht.

2.2 Probenahme- und Bestimmungsverfahren

Die Probenahme des einatembaren und alveolengängigen Staubes erfolgte stationär wie auch personengetragen nach BIA-Verfahren [2].

Die Probenahme und Analytik der Schimmelpilze, Bakterien und Endotoxine sind auf der Grundlage der BIA-Verfahren 9420 [3], 9430 [4] und 9450 [5] durchgeführt worden. Durch Ansaugung mit einem Volumenstrom von 3,5 l/min wurden die Schimmelpilze und Bakterien auf Polycarbonatfiltern mit einer Porengröße von 0,8 µm abgeschieden. Die Aufbereitung der Proben erfolgte in der Regel nach der Indirekten

Methode. Zur Abscheidung der Endotoxine wurden depyrogenisierte Membranfilter aus Borosilikatglas verwendet, die in einer thermostatgesteuerten Kühlbox transportiert wurden. Die Ansaugung erfolgte ebenfalls mit einem Luftvolumenstrom von 3,5 l/min.

Im Bereich der Anlieferung und bei Arbeiten im Müllbunker wurden zur Messung der Schimmelpilze in der Regel drei aufeinander folgende stationäre und personengetragene Probenahmen über eine Dauer von 1 h durchgeführt. Die Ergebnisse aus diesen Messungen wurden arithmetisch gemittelt. Zur Bestimmung der mittleren Bakterienkonzentration wurde der Medianwert aus zwölf Messwerten gebildet [6]. Die Messwerte für Endotoxine wurden durch zweistündige Probenahme ermittelt. Bei den Tätigkeiten im Müllbunker mussten die Probenahmezeiten der Arbeitszeit entsprechend angepasst werden, so dass die Werte mit wenigen Ausnahmen Einzelmesswerte darstellen.



Bild 1. Arbeitsbereich Anlieferung.

3 Arbeitsbereiche und Ergebnisse

3.1 Referenzmessung

Generell wurden bei den einzelnen Messserien Referenzmessungen in der Außenluft in der Nähe der jeweiligen Anlage auf der dem Wind zugewandten Seite durchgeführt. Dadurch wurde eine Kontamination der Proben durch Keime aus der Anlage vermieden.

In **Tabelle 1** sind die Mittelwerte der Referenzmessungen für die verschiedenen Messtage dargestellt. Die Werte entsprechen der ubiquitären Hintergrundbelastung und dienen als Grundlage für die Bewertung der Messergebnisse in der Verbrennungsanlage.

Um einen Anhaltspunkt über den kleinsten Schwankungsbereich der Messergebnisse zu bekommen, wurden in **Tabelle 1** die Standardabweichungen der einzelnen Referenzmessserien bestimmt. Die Werte liegen etwa zwischen 30 % und 90 % des Mittelwertes. Sie beschreiben die natürlichen Schwankungen der Keimkonzentrationen in der Umwelt und zufällige Fehler im Analyse- und Probennahmeverfahren. Die in den Arbeitsbereichen durchgeführten Messungen sind bedingt durch die Schütt- und Umfüllprozesse wesentlich größeren Schwankungen unterworfen.

3.2 Arbeitsbereich Anlieferung

Das Tätigkeitsprofil im Bereich der Anlieferung ist in den sieben untersuchten Anlagen nicht einheitlich. Arbeitsschwerpunkte sind die Einweisung und Kontrolle der Zulieferfahrzeuge, Reinigungsarbeiten und die Bedienung von Schredderanlagen. In Abhängigkeit vom Umfeld der jeweiligen Müllverbrennungsanlage ist der Anlieferungsbereich offen gestaltet oder durch Hallen eingehaust.

Die höchste ermittelte Konzentration für einatembaren Staub lag bei der stationären Messung in der Nähe der Abkippkante des Müllbunkers bei 2,6 mg/m³ Luft und für die personengetragene Messung bei 1,05 mg/m³ Luft (**Tabelle 2**). Der Unterschied zwischen diesen Werten ist darauf zurückzuführen, dass sich das Personal in der Regel nur kurzzeitig im Bereich der Abkippkante aufhält. Die Beschäftigten sind meistens im vorderen Bereich der Halle oder im Kontrollraum tätig (**Bild 1**).

Der Unterschied zwischen den stationären und den personengetragenen Messergebnissen findet sich auch bei den Schimmelpilzkonzentrationen wieder (**Bild 2**). Der höhere personengetragene Wert in der MVA 6 ist darauf zurückzuführen, dass der Einweiser dort auch zur Besenreinigung der Abkippkante eingesetzt war. Niedrige Schimmelpilzkonzentrationen ergeben sich für das Kontrollpersonal, wenn es das Abkippen hauptsächlich aus dem Kontrollraum überwacht (MVA 1). Erfolgt die Überwachung ausschließlich aus dem Kontrollraum, ist ein Aufenthalt von Personen in der Abkipphalle nicht mehr erforderlich. In der MVA 7 wurde daher auf eine personengetragene Messung verzichtet. Niedrige Schimmelpilzkonzentrationen ergaben sich auch, nachdem der Müllbunker über ein Wochenende nahezu leer gefahren wurde (MVA 4). Dadurch wird der Abstand zwischen dem Kontrollpersonal im Bereich der Abkippkante und dem gelagerten Abfall sowie zur Aufprallstelle vergrößert. Ein deutlich höherer Wert ergab sich in einer Anlage, in der der angelieferte Abfall zunächst auf einen Trichter mit Deckel abgekippt wird (MVA 5). Durch das Abkippen in diese flache Mulde entwickelt sich eine höhere Schimmelpilzkonzentration als bei direktem Abkippen in den Müllbunker. Erst nach Sichtung wird der Abfall durch Öffnung des Deckels mithilfe eines Stößels in den Bunker eingelassen.

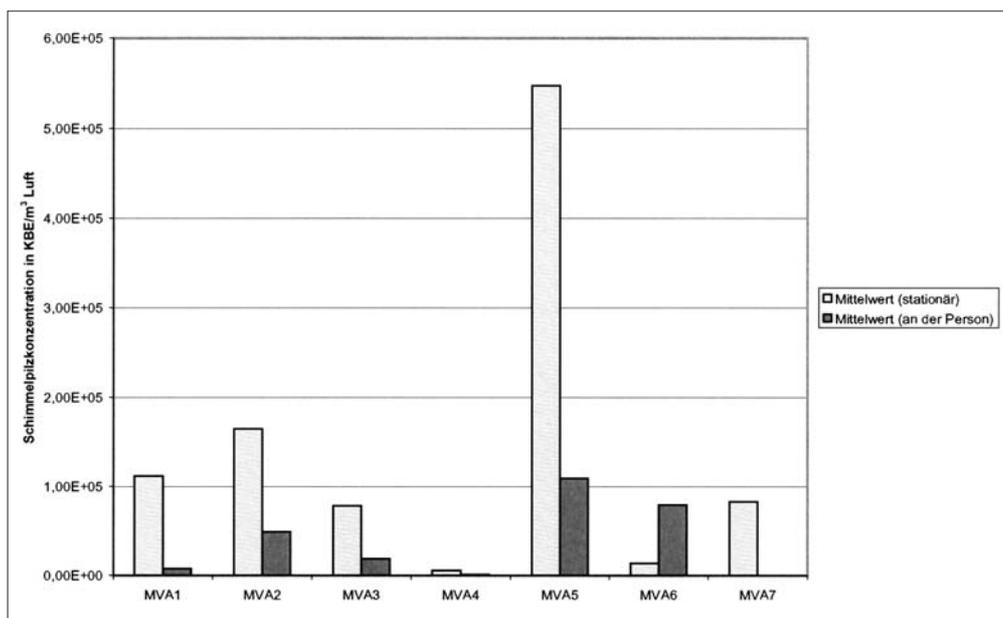


Bild 2. Schimmelpilzkonzentrationen im Arbeitsbereich Anlieferung.

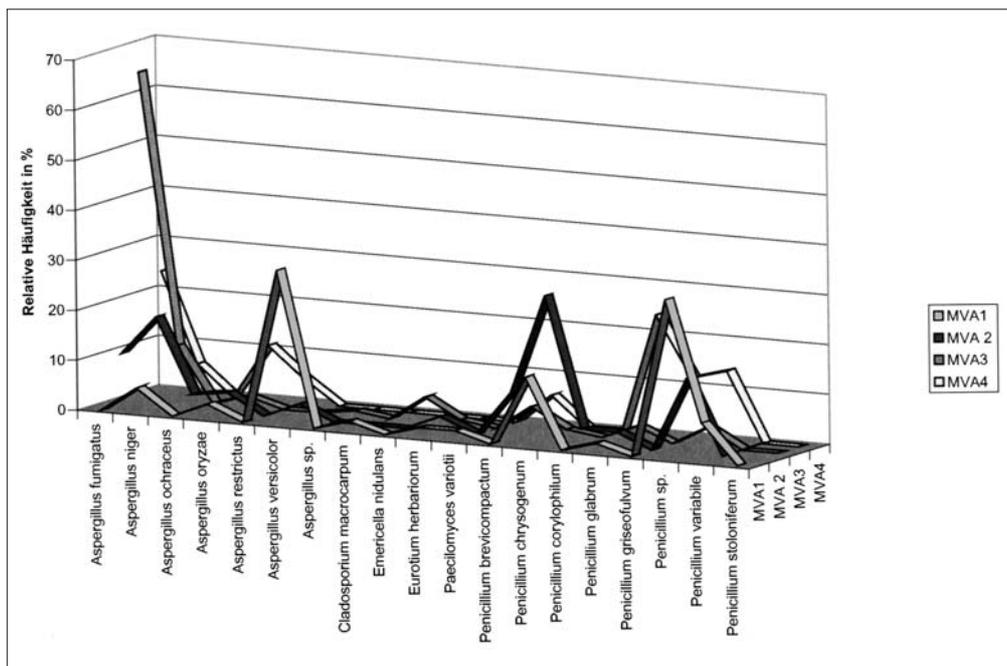


Bild 3. Artenspektrum der Schimmelpilze in der Anlieferung und deren relative Häufigkeit.

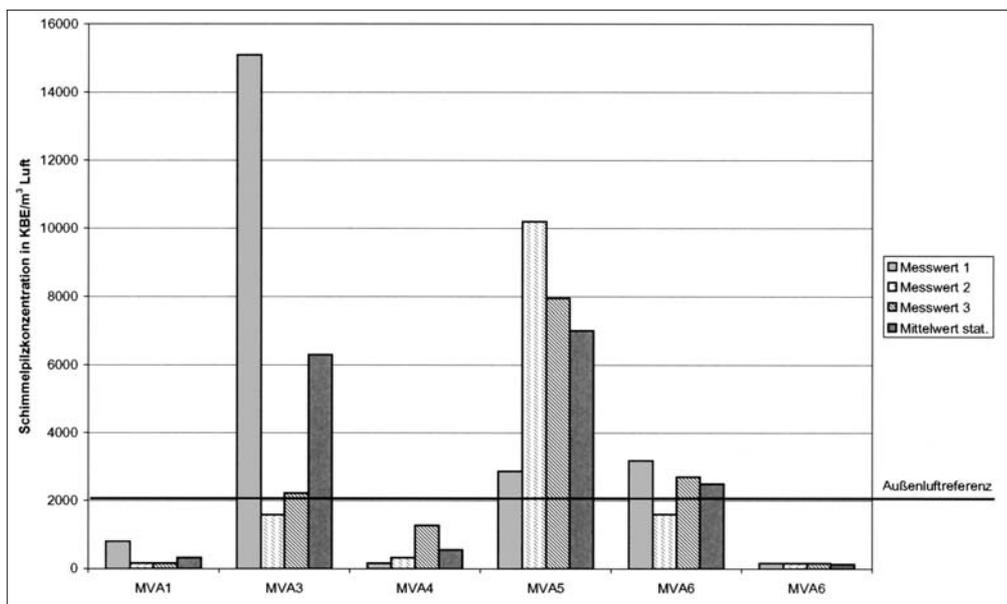


Bild 4. Schimmelpilzkonzentration in der Krankkabinen, arithmetischer Mittelwert und Einzelwerte.

Zusätzlich wurde in der Abkipphalle das Artenspektrum der Schimmelpilze bestimmt. In Bild 3 ist das Verhältnis der Konzentration der identifizierten Art zur Gesamtschimmelpilzkonzentration in Prozent für die verschiedenen Anlagen dargestellt.

Dieses zeigt, dass einige Arten wie z. B. *Aspergillus niger*, *Aspergillus versicolor* sowie einige *Penicillium*-Arten in der Luft der Hallen häufiger auftraten, wenngleich sich daraus keine charakteristische Verteilung, die für Siedlungsabfälle spezifisch wäre, ableiten lässt. Am stärksten variiert das Vorkommen von *Aspergillus fumigatus*, das für diesen thermophilen Pilz stark von der Temperatur während der Standzeit des Abfalls in den Sammelgefäßen abhängt [7].

Die stationär ermittelten Bakterienkonzentrationen in der Anlieferungshalle liegen im Bereich von 3 800 bis 17 500 KBE/m³ und sind damit im Allgemeinen kleiner als die vergleichbaren Schimmelpilzkonzentrationen.

Einige der Messwerte wurden hier, da die Transporttemperatur von 4 °C nicht eingehalten wurde, bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Analog zu den Bakterienkonzentrationen waren auch die Endotoxinwerte mit bis zu 23,5 EU/m³ bei den stationären Messungen und 35 EU/m³ bei den personengetragenen Messungen insgesamt niedrig. Im separaten Kontrollraum (MVA 7) lagen die Konzentrationen im Bereich der Hintergrundwerte.

3.4 Arbeitsbereich Krankkabinen

Der Kranführer mischt den gelagerten Abfall und beschießt die Einfülltrichter für die verschiedenen Kessellinien. Diese Arbeit wird im Dreischichtbetrieb über 24 h durchgeführt. Die Krankkabinen sind zum Müllbunker durch Sichtscheiben abgetrennt und verfügen in der Regel über eine technische Raumlüftung. Die Messungen in der Krankkabinen wurden ausschließlich stationär vorgenommen.



Bild 5. Reinigungstätigkeit im Müllbunker mit Staubsauger.

Die Messergebnisse unterscheiden sich im Allgemeinen sowohl in der Staubkonzentration als auch in den Konzentrationen für die Schimmelpilze und Bakterien nicht von den ubiquitären Hintergrundbelastungen. Eine Ausnahme bilden die Anlagen MVA 3 und MVA 5, in denen mittlere Schimmelpilzkonzentrationen von 6 000 bis 7 000 KBE/m⁵ Luft ermittelt wurden (Bild 4) und Einzelwerte, die über 10 000 KBE/m⁵ Luft lagen. Die hohen Werte sind darauf zurückzuführen, dass in diesen Anlagen Mitarbeiter nach Arbeiten im Müllbunkerbereich die Krankkabine betreten und schimmelpilzhaltigen Staub eingetragen haben. Ferner waren die Kabinen unzureichend gereinigt. So wurde in der Anlage 4 der Wert nach Reinigung auf unter 2 500 KBE/m⁵ gesenkt.

3.5 Arbeitsbereich Müllbunker

Der Müllbunkerbereich wird von den Mitarbeitern ausschließlich zu Reinigungs-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten betreten und ist damit kein ständiger Arbeitsplatz (siehe Bild 5). Die Kontrolle des Krans wird täglich durchgeführt, die Reinigung der Krananlage in der Regel im Wochenrhythmus. Die Einfülltrichter und deren Umgebung werden ebenfalls täglich gereinigt, wobei dies von der spezifischen Anlagenkonstruktion abhängt und nicht immer so

gehandhabt wird. In Tabelle 3 sind die ermittelten E-Staubkonzentrationen und die Konzentrationen der biologischen Arbeitsstoffe bei verschiedenen Reinigungstätigkeiten im Müllbunkerbereich zusammengestellt.

Auf eine Unterscheidung nach gereinigten Orten bzw. Arbeitsgeräten, die gereinigt wurden, wurde in Tabelle 3 aus Gründen der Übersicht verzichtet.

Die Messergebnisse der Bakterienkonzentrationen in den Anlagen MVA 1 bis 3 sind nicht berücksichtigt, da die Transporttemperatur von 4 °C nicht eingehalten werden konnte. Diese Messungen sind in den Tabellen 2 und 3 mit Temp. gekennzeichnet.

Die Grundbelastung der E-Staub-Konzentrationen liegt im Müllbunkerbereich im Bereich von 10 bis 40 mg/m⁵ Luft. Für die Schimmelpilzkonzentrationen werden Werte zwischen 2 · 10⁵ KBE/m⁵ Luft und 1,5 · 10⁶ KBE/m⁵ Luft gefunden, was einem Schimmelpilzgehalt von 30 000 KBE/mg Staub entspricht. Die unter ähnlichen Bedingungen ermittelten Bakterienkonzentrationen sind ca. um den Faktor 10 kleiner. Die Endotoxinkonzentration liegt zwischen 100 und 300 EU/m⁵.

Diese hohen Werte wurden bei Reinigungsarbeiten noch deutlich übertroffen. Die E-Staub-Konzentrationen erreichen bei Druckluftreinigung Werte bis 850 mg/m⁵. Entsprechend hoch sind auch die Schimmelpilz-, Bakterien- und Endotoxinkonzentrationen. Bei den Schimmelpilzen wurden Werte bis 9 · 10⁶ KBE/m⁵ ermittelt (Bild 6), bei den Bakterienkonzentrationen bis 1,9 · 10⁶ KBE/m⁵ sowie bei Endotoxinen bis 1 340 EU/m⁵. Ferner zeigten die Messungen, dass bei diesen Tätigkeiten auch mit einer Überschreitung des Grenzwertes für alveolengängigen Staub zu rechnen ist. Stichprobenhaft wurden Werte bis zu 10,7 mg/m³ gemessen.

Eine Ausnahme bildet die Anlage MVA 5, in der die Messwerte sowohl bei Reinigungsarbeiten mit Druckluft als auch bei Fegearbeiten vergleichsweise niedrig (Tabelle 3) ausfallen. In dieser Anlage konnte der Kran zur Durchführung der Reinigungsarbeiten in eine Parkposition gefahren werden, die sich im Freien außerhalb des Müllbunkers befand. Der Müllbunker war somit einseitig offen und belüftet. Die hohe Endotoxinkonzentration von 5 670 EU/m³ in der gleichen

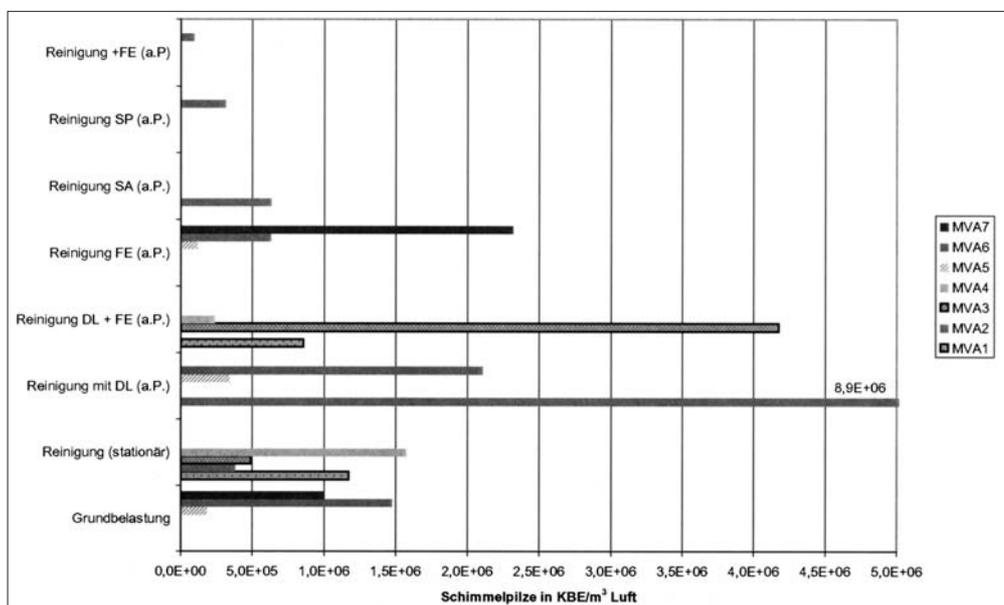


Bild 6. Schimmelpilzkonzentrationen im Müllbunker bei verschiedenen Reinigungsarbeiten. DL – Reinigung mit Druckluft, FE – Reinigung durch Fegen, SA – Reinigung durch Absaugen, SP – Reinigung durch Abspritzen, +FE – Reinigung durch Fegen nach Abspritzen, a. p. – personengetragen

Tabelle 3. Übersicht der ermittelten Luftkonzentrationen im Müllbunker (Temp. = wegen Transporttemperatur verworfen).

DL – Reinigung mit Druckluft, FE – Reinigung durch Fegen, SA – Reinigung durch Absaugen, SP – Reinigung durch Abspritzen, +FE – Reinigung durch Fegen nach Abspritzen

Staub/biologische Arbeitsstoffe	Müllverbrennungsanlage								
	MVA 1	MVA 2	MVA 3	MVA 4	MVA 5	MVA 6	MVA 7	Max.	Min.
Staub in mg/m³ Luft									
Grundlast Müllbunker	33,21	10,9	21,5	20,7	Überbelegt	15,9	38,9	39	11
Reinigungsarbeiten (stationär)			369	243 (DL)					
Reinigungsarbeiten (personengetragen)	104 (DL+FE)	21,9 (SA), 846 (DL)	471 (FE)	647 (DL)	12,2 (DL)	6,6	232 (FE)	850	7
Schimmelpilze in KBE/m³ Luft									
Grundlast Müllbunker					185 000	1 450 000	1 000 000	1 450 000	185 000
Reinigungsarbeiten (stationär)	1 169 312 (DL+FE)	383 051 (SA)	489 418	1 574 603 (DL)				1 574 603 (DL)	383 051 (SA)
Reinigungsarbeiten (personengetragen)	857 143 (DL+FE)	634 921 (SA) 8 900 000 (DL)	4 174 603 (DL+FE)	242 424 (DL+FE)	120 000 (FE) 345 000 (DL)	631 000 (FE) 2 110 000 (DL) 317 000 (SP) 96 800 (+FE)	2 320 000 (FE)	8 900 000 (DL)	96 800 (+FE)
Aspergillus fumigatus in KBE/m³ Luft									
Grundlast Müllbunker						258 000	58 000		
Reinigungsarbeiten (stationär)	32 800 (DL+FE)	21 070 (SA)	127 200	238 600 (DL)				238 600 (DL)	21 070 (SA)
Reinigungsarbeiten (personengetragen)	30 100 (DL+FE)	174 000 (SA) 1 590 000 (DL)		67 100 (DL+FE)	19 000 (FE) 64 300 (DL)	177 000 (FE) 595 000 (DL) 41 300 (SP) 30 200 (+FE)	676 500 (FE)	1 590 000 (DL)	20 000 (FE)
Bakterien in KBE/m³ Luft									
Grundlast Müllbunker					42 900	182 000	139 000		
Reinigungsarbeiten (stationär)	Temp.	Temp.	Temp.	276 349 (DL)					
Reinigungsarbeiten (personengetragen)	Temp.	Temp.	Temp.	320 000 (DL+FE)	821 000 (FE) 347 000 (DL)	1 140 000 (FE) 124 000 (DL) 1 860 000 (SP) 52 400 (+FE)	175 000 (FE)	1 860 000 (SP)	52 400 (+FE)
Endotoxine in EU/m³ Luft									
Grundlast Müllbunker					147	116	307		
Reinigungsarbeiten (stationär)	473 (DL+FE)	140 (SA)	201	849 (DL)				849 (DL)	140 (SA)
Reinigungsarbeiten (personengetragen)					142 (FE) 5 670 (DL)	1 340 (FE) 1 071 (DL) 833 (SP) 263 (+FE)	1 240 (FE)	5 670 (DL)	142 (FE)

Anlage ist vermutlich auf eine direkte Beaufschlagung des Filters während der kurzen Phase der Druckluftreinigung zurückzuführen und damit eher nicht repräsentativ. Eine Staubreduzierung beim Fegen ergibt sich auch durch die vorherige Befeuchtung der zu reinigenden Flächen (MVA 6). In der Anlage MVA 2 konnten Reinigungsarbeiten mit Staubsaugern und Druckluftgeräten direkt verglichen werden. Beim Einsatz geprüfter Staubsauger konnten die Keimkonzentrationen im Vergleich zur Druckluftreinigung um mindestens den Faktor 10 verringert werden. Leider sind bisher nur wenige Anlagen mit einer solchen Saugereinrichtung ausgerüstet, so dass dort noch Nachrüstungsbedarf besteht.

3.6 Andere Arbeitsbereiche

Im Rahmen der Untersuchungen wurden ebenfalls Messungen im Kesselhaus auf der Ebene des Aufgabeschiebers als am stärksten belasteter Arbeitsbereich und im Kesselraum bei Revisionsarbeiten durchgeführt.

Im Kesselhaus erreichen die E-Staub-Konzentrationen maximal 1 mg/m^3 . Die Schimmelpilzkonzentrationen liegen im Bereich zwischen 5 000 und 10 000 KBE/ m^3 . Auch hier kommt es durch Fegearbeiten zu Erhöhungen bis zu 80 000 KBE/ m^3 . Die Bakterienkonzentrationen sind in den vergleichbaren Arbeitsbereichen um den Faktor 10 kleiner. Die Endotoxinkonzentration betrug maximal $3,5 \text{ EU/m}^3$.

Im Verlauf von Revisionsarbeiten im Kesselinneren wurden E-Staub-Konzentrationen von 30 bis 40 mg/m^3 ermittelt. Auch im Kessel können Schimmelpilzkonzentrationen bis zu $1,6 \cdot 10^6 \text{ KBE/m}^3$ auftreten, wenn die Belüftung des Innenraums nicht nur über die Einstiegsluken, sondern auch über die Einfülltrichter aus dem Müllbunker erfolgt.

4 Notwendige Schutzmaßnahmen

Die Ergebnisse zeigen, dass naturgemäß im Müllbunker mit besonders hohen Belastungen durch biologische Arbeitsstoffe zu rechnen ist. Dies gilt für jeden Aufenthalt in diesem Bereich, aber in besonderem Maße für Staub aufwirbelnde Tätigkeiten wie das Abblasen von Anlagen oder das Fegen. Der Aufenthalt im Müllbunker muss sich daher auf das unbedingt notwendige Maß beschränken. Um Reinigungs- und Instandhaltungsmaßnahmen am Kran in staubärmeren Bereichen durchführen zu können, ist bei Neuanlagen darauf zu achten, dass eine vom Müllbunker abgetrennte Kranparkstation vorhanden ist oder das Herausfahren des Greifers über Montageluken nach außen möglich ist. Die Trennung des Müllbunkers von nicht belasteten Bereichen sollte durch Vorräume erfolgen. Vor Betreten des Müllbunkers sind Einwegschutzkleidung und Atemschutzmasken mit Partikelfiltern der Klasse P3 oder FFP3 anzulegen, die beim Verlassen im Vorraum wieder abgelegt bzw. entsorgt werden sollen. Ferner soll dort eine Möglichkeit zur Reinigung der Hände, der persönlichen Schutzausrüstung und des Werkzeugs bestehen. Bei den Reinigungsarbeiten ist eine zusätzliche Aufwirbelung von Staub zu vermeiden. Der Staub auf Oberflächen und Geräten muss daher abgesaugt oder abgespritzt und darf nicht abgeblasen werden. Zur Vermeidung von Ablagerungen sollten im Bereich der Einfüllschächte keine horizontalen Flächen vorkommen.

Hohe Belastungen durch biologische Arbeitsstoffe sind auch beim Aufenthalt im Anlieferungsbereich zu erwarten. Daher ist der Betriebsablauf so zu organisieren, dass sich dort keine ständigen Arbeitsplätze befinden. Die Eingangskontrolle

des Abfalls kann z. B. mittels Video erfolgen, wozu Kontrollräume mit wirksamer Lüftung aus nicht belasteten Arbeitsbereichen vorzusehen sind. Der Zugang zu diesen Räumen sollte nicht durch den Anlieferungsbereich erfolgen. Für die Kommunikation mit dem Fahrer des Anlieferungsfahrzeuges, z. B. zur Zuweisung des Abwurfschachtes, müssen geeignete Hilfsmittel wie Lautsprecheranlagen, Funkverbindungen oder visuelle Leitsysteme eingerichtet werden. Die Einweisung des Fahrzeugs sollte durch die Besatzung erfolgen. Um beim Abkippen eine größere Staubausbreitung in die Halle hinein zu verhindern, sollte eine ständige Absaugung über den Müllbunker, z. B. durch das Verbrennungsgebläse der Kessel, gewährleistet sein. Zur Beseitigung von Verunreinigungen und zur Nassreinigung müssen im Entladebereich Einrichtungen mit Wasseranschluss vorhanden sein. Die beim Abkippen entstandenen Verunreinigungen sollten von der Fahrzeugbesatzung entfernt werden. Während des Abkippens sollte sich jedoch niemand im Bereich der größten Staubentwicklung an der Abkippkante aufhalten.

Die Grundreinigung des Bodens in der Abkipphalle muss weitgehend staubarm mit geeigneten Geräten, z. B. eine Kehrsaugmaschine, erfolgen. Kontrollräume sind arbeits-tätig feucht zu reinigen. Um eine übermäßige Kontamination des Fußbodens zu verhindern, muss verunreinigtes Schuhwerk vor Betreten des Raumes gereinigt werden. In Kabinen (z. B. Krankabinen) oder in Steuerständen (z. B. an der Schredderanlage) dürfen biologische Arbeitsstoffe grundsätzlich nicht auftreten. Diese Räume müssen daher geschlossen sein und über eine klimatisierende Schutzbelüftungsanlage, raumlufttechnische Einrichtungen oder gleichwertige Lösungen verfügen. In der Müllkrankabine ist eine raumlufttechnische Einrichtung mit geringfügiger Überdruckhaltung zweckmäßig. Ferner müssen solche Räume leicht zu reinigen sein und reingehalten werden. Sie sollen daher keine Hohlräume oder Nischen sowie leicht zu reinigende Oberflächen aufweisen.

Bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten im Kessel werden bereits umfangreiche Schutzmaßnahmen aufgrund des Umgangs mit krebserzeugenden Arbeitsstoffen getroffen. Diese sind als Schutz vor biologischen Arbeitsstoffen ausreichend.

In den anderen untersuchten Arbeitsbereichen, wie z. B. dem Kesselhaus, sind besondere Schutzmaßnahmen zum Schutz gegenüber biologischen Arbeitsstoffen nicht erforderlich. Doch sollte bei Fegearbeiten, z. B. im Bereich des Aufgabeschiebers, eine Atemschutzmaske (z. B. FFP2) getragen werden. Ferner sind im Kesselhaus die allgemeinen Grundsätze zur Hygiene bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der TRBA 500 „Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen“ [8] zu beachten. Darüber hinaus müssen den Beschäftigten geeignete Sozialbereiche zur Verfügung stehen. Dazu zählen unter anderem ein Pausenraum, in dem gegebenenfalls auch Nahrungsmittel aufbewahrt werden können. Die Aufbewahrung und der Konsum von Getränken, Speisen und Genussmitteln in belasteten Bereichen ist nicht zulässig. Vor Betreten des Pausenraumes muss eine hygienische Händereinigung und das Ablegen oder zumindest das Abdecken der Arbeitskleidung z. B. durch saubere Kittel möglich sein.

Auch vor Verlassen des Betriebes muss die getragene Arbeitskleidung abgelegt werden. Dazu müssen den Beschäftigten geeignete Umkleieräume mit Schwarz-Weiß-

Anlagen zur getrennten Aufbewahrung von Arbeits- und Privatkleidung sowie geeignete Waschräume mit den notwendigen Hygieneeinrichtungen zur Verfügung stehen. Schließlich sind alle notwendigen Reinigungs- und Hygienemaßnahmen im Reinigungs- und Hygieneplan festzuhalten und seine Einhaltung schriftlich zu dokumentieren. Im Rahmen der regelmäßig stattfindenden Unterweisungen sind die Beschäftigten anhand einer Betriebsanweisung auf die Gefährdungen und notwendigen Schutzmaßnahmen hinzuweisen [1].

5 Diskussion

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Belastung durch Staub und biologische Arbeitsstoffe in Müllverbrennungsanlagen in allen Bereichen der Anlagen durchaus mit anderen Arbeitsplätzen in der Entsorgungswirtschaft vergleichbar sind. Dieses gilt in besonderem Maße für den Müllbunker und für den Anlieferungsbereich. Im Müllbunker werden mit Grundbelastungen für Schimmelpilze von $2 \cdot 10^6$ KBE/m³ Luft und bei Reinigungsarbeiten mit bis zu $9 \cdot 10^6$ KBE/m³ Luft Konzentrationswerte erreicht, die sogar die Konzentrationswerte in Anlieferungs- und Sortierhallen von Wertstoffsortieranlagen [9; 10] und Kompostierungsanlagen [11] übersteigen.

Für den Anlieferungsbereich sind in der Literatur Schimmelpilzkonzentrationen bis $1,5 \cdot 10^6$ KBE/m³ [9] beschrieben. Auch die Endotoxin- und Staubkonzentrationen, die den Grenzwert um ein Vielfaches überschreiten, sind in diesem Vergleich Spitzenwerte.

Im Anlieferungsbereich liegt die Konzentration der biologischen Arbeitsstoffe im Bereich der Abkippkante in der gleichen Größenordnung, die bei der Abfallsammlung [12; 13] oder in Sortierkabinen [11] von Kompostierungsanlagen auftreten kann. Dieses gilt insbesondere dann, wenn der Abfall zur Sichtung oder zum Schreddern zunächst in flache Mulden abgeschüttet wird.

Deutlich niedriger sind die E-Staub-Konzentrationen dagegen im Kesselhaus, wengleich auch hier zumindest im Bereich des Aufgabeschiebers die Außenluftreferenzwerte deutlich überschritten werden. Dieses gilt insbesondere für Fegearbeiten in diesem Bereich.

Prinzipiell kann festgehalten werden, dass die Ursachen für hohe Belastungen durch biologische Arbeitsstoffe mit denen

in anderen Bereichen der Abfallwirtschaft vergleichbar sind. Zu nennen sind z. B.

- ungenügende Absaugung und Luftführung,
- Abkippen in flache Mulden,
- fehlender Abstand zur Aufprallstelle,
- Staub aufwirbelnde Reinigungstätigkeiten, z. B. Fegen,
- mangelnde Reinigung/Hygiene,
- mangelhaft abgedichtete Kabinen und Steuerstände.

Insofern sind auch die grundlegenden Schutzmaßnahmen prinzipiell vergleichbar. Wie in Wertstoffsortier- und Kompostierungsanlagen sollen Arbeitsbereiche in Müllverbrennungsanlagen von belasteten Bereichen gekapselt werden. Dieses gilt insbesondere für Steuer- und Kontrollstände, wie die Krankkabine oder der Kontrollraum im Anlieferungsbereich. Gleiches gilt für die Absaugung an der Entstehungsstelle, wie Übergabeorte im Bereich von Förderbändern [14; 15]. Auch der Schutz durch Abstand zur Aufprallstelle beim Abkippen von Abfall hat sich in anderen Bereichen der Abfallwirtschaft, z. B. bei der Müllsammlung, als positiv erwiesen [16].

Die Erfahrungen bezüglich der Reinigungsverfahren sind ebenfalls mit anderen Bereichen der Abfallwirtschaft vergleichbar. Staub aufwirbelnde Tätigkeiten verursachen grundsätzlich höhere Belastungen durch biologische Arbeitsstoffe und sind daher zu vermeiden [14; 15].

Darüber hinaus ist die Ansammlung biologischer Arbeitsstoffe durch eine regelmäßige Reinigung von Flächen und Gegenständen zu reduzieren. Auf die Notwendigkeit des Erstellens von Reinigungs- und Hygieneplänen wurde hingewiesen [8; 14; 15].

Die Anforderungen an die allgemeine Hygiene des Personals und das Tragen der persönlichen Schutzausrüstung sind die gleichen wie in anderen Bereichen der Abfallwirtschaft. Lediglich bei Arbeiten im Müllbunker sind insbesondere die Anforderungen an die PSA zum Teil höher.

Danksagung

Die Autoren danken den Leitern und Mitarbeitern der beteiligten Abfallverbrennungsanlagen für die gute Zusammenarbeit. Dank gebührt den Mitarbeitern des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz – BIA und des Mikrobiologischen Labors Dr. Balfanz – Dr. Lohmeyer, der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE) und des Gemeindeunfallversicherungsverbandes (GUVV), die an den Untersuchungen beteiligt waren, insbesondere den Herren *Claßen, Fendler, Haupt, Hohmann, Lieb* und *Lausmann* von der BGFE sowie Herrn *Buxtrup* vom GUVV Westfalen-Lippe für die Durchführung der umfangreichen Probenahmen. Herrn *Buxtrup* wird auch für die Unterstützung bei der Aufbereitung der Daten gedankt.

Literatur

- [1] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Thermische Abfallbehandlung: Schutzmaßnahmen (TRBA 212). Ausgabe: 10/03. BArbBl. (2003) Nr. 10, S. 39–44.
- [2] Verfahren zur Bestimmung der einatembaren Fraktion (Kennzahl 7284); Verfahren zur Bestimmung der alveolengängigen Fraktion in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 6069). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 31. Lfg. X/03. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin. Bielefeld: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [3] Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9420). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 30. Lfg. IV/03. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin. Bielefeld: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [4] Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9430). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 18. Lfg. IV/97. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin. Bielefeld: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [5] Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9450). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 19. Lfg. X/03. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin. Bielefeld: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [6] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Anwendung von Messverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 405). Ausgabe: 5/01. BArbBl. (2001) Nr. 5, S. 58, erg. BArbBl. (2003) Nr. 3, S. 59–60.

- [7] Neumann, H.-D.; Mathys, W.; Raulf-Heimsoth, M.; Becker, G.; Balfanz, J.: Gefährdung von Beschäftigten bei der Abfallsammlung und -abfuhr durch Keimexpositionen. In: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Dortmund/Berlin), Forschungsbericht Fb 920. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2001.
- [8] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen (TRBA 500). Ausgabe: 3/99. BArbBl. (1999) Nr. 6, S. 81-82.
- [9] Deininger, Ch.: Untersuchungen zur mikrobiellen Luftbelastung in 32 Wertstoffsortieranlagen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 58 (1998) Nr. 3, S. 113-123.
- [10] Missel, Th.: Messung von Luftkeimen in Wertstoffsortieranlagen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 57 (1997) Nr. 7/8, S. 311-318.
- [11] Schappler-Schale, B.; Schürmann, U.; Hartung, J.; Missel, Th.; Benning, Ch.; Schröder, H.; Weber, J.: Untersuchungen der gesundheitlichen Gefährdung von Arbeitnehmern der Abfallwirtschaft in Kompostierungsanlagen. In: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Dortmund/Berlin), Forschungsbericht Fb 844. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1999.
- [12] Neumann, H.-D.; Balfanz, J.; Becker, G.; Lohmeyer, M.; Mathys, W.; Raulf-Heimsoth, M.: Bioaerosol exposure during refuse collection – Results of field studies in the real-life situation. Sci. Tot. Environm. 293 (2002) Nr. 1-3, S. 219-231.
- [13] 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.
- [14] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Abfallsortieranlagen: Schutzmaßnahmen (TRBA 210). Ausgabe 6/99. BArbBl. (1999) Nr. 6, S. 77-81, zul. geänd. BArbBl. (2001) Nr. 8, S. 79.
- [15] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Biologische Abfallsortieranlagen: Schutzmaßnahmen (TRBA 211). Ausgabe 8/01. BArbBl. (2001) Nr. 8, S. 83-89, zul. geänd. BArbBl. (2002) Nr. 10, S. 84-87.
- [16] Becker, G.; Lohmeyer, M.; Mathys, W.; Neumann, H.-D.: Methoden zur Minderung der Keimfreisetzung bei Schüttvorgängen an Abfallsammelfahrzeugen. In: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Dortmund/Berlin), Forschungsbericht Fb 920. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2001.

Herausgebermitteilungen

Aus der Arbeit des BIA

BIA-Arbeitsmappe: 32. Lieferung, jetzt auch mit Einzeldokumentenbezug

Die im April 2004 erscheinende 32. Ergänzungslieferung der BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen bringt dem Leser aktuelle Informationen zur Gefahrstoff- und Biostoffanalytik mit ganz neuen Zugriffsmöglichkeiten. Nicht nur per Abonnement sind das Loseblattwerk und die inhaltsgleiche Online-Version zu beziehen, sondern jetzt auch mit einem neuen Warenkorbsystem für Einzeldokumente.

In dieser Lieferung wird eine aktualisierte Verfahrensvorschrift zur Bestimmung von Bakterien in der Luft am Arbeitsplatz vorgelegt. Der Beitrag geht ausführlich auf die messtechnischen Besonderheiten der Probenahme von Bioaerosolen ein. Zusammengestellt sind geeignete Systeme und Auswahlkriterien für die Abscheidung durch Impaktion, Impingement und Filtration sowie detaillierte Angaben für den Nachweis, die Analyse und die Auswertung nach der Direkten und Indirekten Methode. Diese Methodenvorschrift rundet die Zusammenstellung der Messverfahren für Biostoffe ab.

BG/BIA-Empfehlungen geben Hilfestellung bei der Überwachung von Arbeitsbereichen. In den letzten Lieferungen wurden bereits verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) nach TRGS 420 für Tätigkeiten, bei denen Beschäftigte Umgang mit Bitumen haben, beschrieben. Diese Serie wird nun mit den Empfehlungen zur Heißverarbeitung von Bitumen im Gießverfahren zum Verkleben von Dämmstoffen und Bitumenbahnen abgeschlossen. Bei deren Einhaltung kann auf Kontrollmessungen an den betroffenen Arbeitsplätzen verzichtet werden.

Von den Regelungen zum Allgemeinen Staubgrenzwert sind lösliche Stäube zurzeit ausgenommen. Zur Bestimmung der

Löslichkeit von Staubproben wird jetzt, zusammen mit den Ergebnissen erster Vergleichsmessungen, ein weiteres Konventionsverfahren vorgestellt.

Ein aktualisierter und erweiterter Beitrag stellt verschiedene Geräte zur Probenahme von Dämpfen und Gase auf der Basis der verwendeten Sammelmethode gegenüber. Für verschiedene Verfahren (Festkörper-Adsorption, Chemisorption, Impingement) werden geeignete Sammelphasen und Gefahrstoffklassen zusammengestellt. Die Anforderungen an geeignete Sorptionsröhrchen und ein Konzept zu deren Prüfung werden in einem weiteren Beitrag beschrieben.

Für die Dokumentation von Messdaten über Expositionen an Arbeitsplätzen werden im Rahmen des Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe – BGMG die Betriebsarten und Arbeitsbereiche detailliert aufgeschlüsselt. Neue und aktualisierte Arbeitsbereichspläne betreffen Müllverbrennungsanlagen, Wertstoffsortieranlagen und Anlagen zur Biologischen Abfallbehandlung.

Weitere neue bzw. aktualisierte Messverfahren, u. a. für Isocyanate, Quecksilber, Anilin und andere aromatische Amine in der Luft am Arbeitsplatz ergänzen die vorliegende Sammlung.

Die BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen umfasst derzeit ca. 2 204 Seiten und kann zum Preis von 138,- € bezogen werden bei: Erich Schmidt Verlag, Genthiner Str. 50 G, 10785 Berlin, Fax: +49 030 25 00 85 – 305.

Die gesamte BIA-Arbeitsmappe ist im Internet unter www.bia-arbeitsmappdigital.de verfügbar, der Preis für Einzeldokumente liegt je nach deren Umfang zwischen 4,20 und 14,80 €.