

Belastungen durch biologische Arbeitsstoffe und Maschinenabgase im Bereich der kommunalen Straßenreinigung und beim Laubblasen

H.-D. Neumann, M. Buxtrup, J. Balfanz, M. Lohmeyer

Zusammenfassung Ziel der Arbeit war es, durch Messungen biologischer Arbeitsstoffe während verschiedener Arbeitsprozesse im Bereich der kommunalen Straßenreinigung, wie Besenreinigung, Reinigungsarbeiten mit Gebläsen, Papierkorbentleerung und Laubblasen, Hinweise für die Beurteilung der Gefährdung durch die inhalative Aufnahme biologischer Arbeitsstoffe und mögliche Schutzmaßnahmen zu erhalten. Insgesamt wurden 48 Arbeitsprozesse begleitet und rund 400 Proben genommen. Der Konzentrationsbereich für Gesamtschimmelpilze war für alle Tätigkeiten im Vergleich zu anderen Arbeitsbereichen der Abfallwirtschaft mit einer Größenordnung von 10^3 KBE/m³ bis 10^4 KBE/m³ überwiegend unauffällig. In wenigen Fällen wurden Konzentrationen bis 50 000 KBE/m³ ermittelt. Bei der manuellen Papierkorbentleerung waren die Schimmelpilzwerte im Mittel am höchsten. Die Bakterienkonzentrationen waren in der Regel höher als die Schimmelpilzkonzentrationen und erreichten insbesondere bei staubenden Tätigkeiten wie der Reinigung mit Laubblasgeräten Werte von deutlich über 10 000 KBE/m³. Hier waren auch die Endotoxinkonzentrationen zum Teil > 100 EU/m³. Notwendige Schutzmaßnahmen werden aufgezeigt.

Pollution from biological agents and machine exhausts in municipal street cleaning and leaf blowing

Abstract By measuring biological agents during different jobs in street cleaning – such as sweeping with push brooms, using leaf blowers and emptying public rubbish bins – the study aimed to gain insight into how to assess the hazards arising from inhaling biological agents and into how to protect against such hazards. A total of 48 work processes were observed and around 400 samples were taken. The concentration range for total fungi was around a magnitude of 10^3 to 10^4 cfu/m³ – largely unremarkable in comparison to other jobs in the waste disposal and removal industry. In a few instances, concentrations of up to 50,000 KBE/m³ were obtained. Manually emptying rubbish bins produced the highest fungi values on average. The bacteria concentrations were generally higher than those for fungi; bacteria concentrations recorded for dust-raising activities, such as cleaning with leaf blowers, achieved values well in excess of 10,000 cfu/m³. The endotoxin concentrations here were in part > 100 EU/m³. Necessary protective measures are described in this article.

1 Einleitung

Der Bereich der kommunalen Straßenreinigung ist neben der Abfallsammlung und -behandlung unter dem Aspekt der Beschäftigtenzahlen der dritte große Arbeitsbereich in der kommunalen Entsorgungswirtschaft. Durch den Umgang

Dr. Heinz-Dieter Neumann, Martin Buxtrup,
Gemeindeunfallversicherungsverband Westfalen-Lippe, Münster.

Dr. J. Balfanz, Dr. M. Lohmeyer,
Mikrobiologisches Labor

Dr. J. Balfanz/Dr. M. Lohmeyer, Münster.



Bild 1. Manuelle Straßenreinigung mit einem Handbesen.

mit organischem Material beim Straßenfegen, beim Laubblasen und bei der Papierkorbentleerung zählen Tätigkeiten in diesem Arbeitsbereich zu den nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen im Sinne der Biostoffverordnung (BioStoffV) [1]. Der Arbeitgeber ist daher aufgefordert, Gefährdungen des Arbeitnehmers unter dem Aspekt der Biostoffexposition zu beurteilen. Nachdem für die anderen Bereiche der Entsorgungswirtschaft zwischenzeitlich ausreichende Informationen zur Gefährdung ermittelt und auch Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) mit den notwendigen Schutzmaßnahmen erarbeitet wurden, fand der Bereich der Straßenreinigung bislang weniger Beachtung. Ziel dieser Arbeit war es daher, insbesondere die inhalative Belastung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Straßenreinigung zu ermitteln, um Anhaltspunkte für ggf. zu treffende Schutzmaßnahmen zu erhalten.

2 Material und Methoden

2.1 Arbeitsbereiche und Tätigkeiten

Die Untersuchungen während der verschiedenen Arbeitsprozesse wurden in fünf Städten durchgeführt, davon drei Großstädte (Städte B, C und D) und zwei mittelgroße Städte (Städte A und E). Im Einzelnen wurden folgende Tätigkeiten begleitet:

- manuelle Straßenreinigung mit einem Handbesen (Bild 1),
- Straßenreinigung mit einem Blasergerät,
- manuelle Papierkorbentleerung (Bild 2),
- Laubblasen auf Rad- und Fußwegen (Bild 5),
- Laubblasen auf Grünflächen (Bild 3).

Bei der manuellen Straßenreinigung mit dem Handbesen (Bild 1) werden der Straßenstaub und Kehrriecht auf Plätzen, Fuß- und Radwegen zusammengefegt und mithilfe einer Kehrschaufel einem mitgeführten Sammelbehälter zugeführt. Alternativ wird der Staub an den Straßenrand



Bild 2. Manuelle Papierkorbentleerung.

gekehrt, um von der Straßenkehrmaschine aufgenommen zu werden. Größere Abfälle, wie Papierpäckchen, Papiertücher und Dosen, werden mit einer Zange aufgesammelt. Bei der manuellen Papierkorbentleerung (Bild 2) werden die im Bereich von Fußgängerzonen, Bushaltestellen oder Parks aufgehängten Papierkörbe entleert. Dazu werden die Körbe aus ihrer Halterung entnommen und manuell auf Pritschen- oder spezielle Sammelfahrzeuge ausgekippt. Alternativ wird der Boden der Papierkörbe geöffnet und deren Inhalt in Transportbehälter entleert, die dann auf diese Fahrzeuge entladen werden. Neben dem namensprägenden Papier werden in Papierkörben Lebensmittelreste, Obst, Fruchtsaftpäckchen und viele andere Gegenstände des täglichen Bedarfs abgeworfen, deren Verrottungsprozess in Abhängigkeit vom Entleerungszyklus bereits im Abfallgefäß beginnt. Gelegentlich findet man auch Babywindeln. Je nach Publikumsverkehr werden die Papierkörbe täglich bis 14-tägig entleert.

Das Laubblasen auf Rad- und Fußwegen, am Straßenrand, auf dem Straßenbegleitgrün und auf Grünflächen in Parks (Bild 3) ist die prägende Tätigkeit der Straßenreinigungskolonnen im Herbst und in den beginnenden Wintermonaten. Dabei werden auf dem Rücken getragene Laubblasengeräte mit handgeführten Gebläseohren, handgetragene Gebläseeinrichtungen für kleinere Flächen oder auch geschobene Gebläse z. B. zur Reinigung von Parkanlagen verwendet. Der Antrieb der Kompressoren erfolgt in der Regel durch einen kraftstoffbetriebenen Zweitaktmotor. Beim rückengetragenen Gerät werden die Motorabgase entgegen der Laufrichtung nach hinten abgeführt; beim handgetragenen Gerät befindet sich die Abgasabführung des Motors vor oder neben dem Bediener. Im Sommer werden diese Gebläse auch zur Reinigung von Straßen, Plätzen und Gehwegen eingesetzt. Die Liegedauer des Laubs ist unterschiedlich und z. B. abhängig vom Wetter. So ist das Laubblasen bei Frost und Schnee nicht möglich. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden auch Laubblasarbeiten begleitet, bei denen das Laub bereits einige Tage unter Schnee gelegen hatte. Mit dem verrottenden Laub und dem Straßenstaub werden auch Fäkalien von Tieren, wie Hunde- oder Taubenkot, entfernt. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind bei den beschriebenen Tätigkeiten neben den inhalativen Belastungen auch mögliche Gefährdungen durch Kontaktinfektionen zu beachten. Solche Gefährdungen sind insbesondere beim manuellen Verdichten des Abfalls in den Abfallkörben oder



Bild 3. Straßenreinigung und Laubblasen mit einem Blasgerät.

auf den Sammelfahrzeugen aber auch bei der manuellen Aufnahme von Abfall wie Laub oder Grasschnitt bzw. beim manuellen Sammeln von Spritzen und Kanülen gegeben. Dieser Teil der Gefährdungsbeurteilung ist jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Insgesamt wurden 48 Arbeitsprozesse begleitet und rund 400 Luftproben genommen. Bei den biologischen Arbeitsstoffen entfielen davon etwa jeweils 70 Proben auf die Bestimmung von Referenzwerten und auf Straßenreinigungsarbeiten mit dem Handbesen, jeweils etwa 60 auf den Umgang mit Blasgeräten auf Wegen sowie Grünflächen, 85 auf die Papierkorbentleerung und 20 auf Entsorgungsarbeiten von Laub. Zur orientierenden Beurteilung der Motorabgasbelastung wurden 30 Gefahrstoffmessungen durchgeführt.

2.2 Probenahme und Analytik

Die Untersuchungen erfolgten durch Expositionsmessungen während der verschiedenen Arbeitsvorgänge, wobei folgende Messgrößen Gegenstand der Untersuchung waren:

- Gesamtbakterienkonzentration,
- Enterobakterien, Coliforme und *Escherichia coli* als Leitkeime für Fäkalkontamination,
- luftgetragene Endotoxine als Bestandteil der Zellwand gramnegativer Bakterien,
- Gesamtschimmelpilze,
- *Aspergillus fumigatus* als Leitkeim für Pilze mit humanpathogener Bedeutung und atemwegssensibilisierender Wirkung.

Die Messungen wurden während der realen Arbeitsprozesse in der Regel personengetragen durchgeführt, wobei die Schimmelpilze und Endotoxine während der Arbeitsprozesse mit einer Dauer von bis zu zwei Stunden erfasst wurden. Die Probenahmezeit bei den Bakterienmessungen betrug in Abhängigkeit von der Dauer der Tätigkeit in der Regel 10 min. Die Messungen erfolgten mithilfe des personengetragenen Gefahrstoff-Probenahmesystems (PGP), bestehend aus dem Personal Air Sampler (PAS-Pumpe) und dem Gesamtstaubprobenahmekopf (GSP).

Basis für die Probenahmestrategie war die TRBA 405 „Anwendung von Messverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe“ [2], wobei die Zahl und die zeitliche Durchführung der Bakterienprobenahmen jedoch arbeitsablaufbedingt teilweise modifiziert werden musste. In der Regel wurden bei den Bakterienmessungen fünf Proben genommen, aus denen der Median und das arithmetische Mittel bestimmt wurden.

Parallel zur personengetragenen Messung wurden mit dem PGP-Probenahmesystem stationär die Referenz-Außenluftwerte am Untersuchungsort bestimmt. Die Referenzwertbestimmungen erfolgten jeweils in Luv-Lage des Untersuchungsortes.

Die Probenahme und Analytik der Schimmelpilze orientierte sich an der zum Zeitpunkt der Untersuchung gültigen Technischen Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 430 [3], die der Bakterien am BGIA-Messverfahren Nr. 9430 [4]. Durch Ansaugung der Luft mit einem Volumenstrom von 3,5 l/min wurden die Schimmelpilze und Bakterien auf jeweils separaten Polycarbonatfiltern mit einer Porengröße von 0,8 µm abgeschieden. Die Aufbereitung der Proben erfolgte in der Regel nach der indirekten Methode. Die mit Schimmelpilzen beaufschlagten Filter wurden dazu in 10 ml physiologischer Kochsalzlösung 15 min bei 150 rpm in einem Schüttelbad maschinell und anschließend 4 min mithilfe eines Vibromix bei 2500 rpm geschüttelt, bevor eine serielle Verdünnungsreihe angelegt wurde. Die jeweilige Verdünnungsstufe wurde auf Dichloran-Glycerin-Agar (DG 18, Fa. Scharlau Chemie, Barcelona, Spanien) [3] für die Gesamtschimmelpilzbestimmung bzw. auf Malzextrakt-Agar [5] für die Bestimmung von *Aspergillus fumigatus* ausplattiert. Die Bebrütung der Nährbodenplatten erfolgte bei 25 °C für die Gesamtschimmelpilzbestimmung und bei 42 °C für die *Aspergillus-fumigatus*-Bestimmung. Die Auszählung der Kolonien begann nach zwei Tagen in täglicher Folge bis zum siebten Tag.

Die Bakterienfilter wurden bei der indirekten Methode unmittelbar nach der Probenahme in 10 ml physiologische Kochsalzlösung verbracht, bei 4 °C gekühlt transportiert und danach im Labor 4 min mithilfe eines Vibromix bei 2 500 rpm maschinell geschüttelt, bevor eine dezimale Verdünnungsreihe erstellt wurde.

Zur Gesamtkeimzahlbestimmung kam Casein-Sojamehl-pepton-(Caso)-Agar (Fa. Scharlau Chemie, Barcelona, Spanien) mit Cycloheximid [4] zur Unterdrückung des Pilzwachstums zum Einsatz. Die Bebrütungstemperatur betrug 30 °C. Zur Bestimmung der coliformen Keime und von *Escherichia coli* wurde das MPN-(most probable number)-Verfahren unter Verwendung von Fluorocult-LMX-Bouillon (chromogenes Medium zum gleichzeitigen Nachweis von Gesamtcoliformen und *E. coli*, Fa. Merck, Darmstadt) angewandt. Die Auswertung erfolgte nach Inkubation der Röh-

chen bei 36 °C für 24 bis 48 Stunden anhand des spezifischen Farbumschlags und von MPN-Tabellen.

Die Probenahme und Analytik der Endotoxine orientierte sich am BGIA-Messverfahren 9450 [5]. Abweichend von diesem Verfahren wurde mit pyrogenfreiem Wasser ohne Zusatz extrahiert. Zur Probenahme der Endotoxine wurden depyrogenisierte Membranfilter aus Borosilikatglas verwendet, die in einer thermostatgesteuerten Kühlbox bei 4 °C transportiert wurden. Zur Extraktion wurden die Filter in 10 ml pyrogenfreiem Wasser auf einem Horizontalschüttler mit 160 rpm bei Zimmertemperatur eine Stunde lang geschüttelt. Die Quantifizierung von Endotoxinen erfolgte mittels eines chromogen-kinetischen Limulustestes (LAL-Test Coamatic, Fa. Haemochrom, Essen), mit dem Endotoxin-konzentrationen von 0,005 bis 50 EU/ml ohne weitere Verdünnung bestimmt werden können.

Die orientierende Ermittlung der Konzentration von Kohlenwasserstoffen und Kohlenwasserstoffgemischen aus den Motorabgasen der Laubblasgeräte im Atembereich der Beschäftigten erfolgte ebenfalls personengetragen. Die Probenahme erfolgte mit einer PAS-Pumpe auf einem Aktivkohleröhrchen Typ B bei einem Luftvolumenstrom von 0,33 l/min, die Analytik mittels Gaschromatografie im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BGIA. Die Probenahmedauer betrug in Abhängigkeit von der Dauer der Tätigkeit zwischen ein und zwei Stunden.

Die orientierende Messung auf Kohlenmonoxid erfolgte zum Teil ebenfalls personengetragen mithilfe eines tragbaren elektrochemischen Sensors, Fa. Dräger Pac III, der in Atemhöhe getragen wurde. Bei den langsam geschobenen Laubblasmaschinen auf Grünanlagen wurde in einem Fall ferner mit einer Handpumpe und Prüfröhrchen im Bereich der Atemwege der Mitarbeiter gemessen. Als Messeinrichtung kamen eine manuell bediente Dräger Gasspürpumpe Modell 21/31 und Prüfröhrchen Kohlenstoffmonoxid 5/c der Fa. Dräger zum Einsatz.

3 Ergebnisse

3.1 Referenzwertmessungen

Die während der Arbeitsplatzuntersuchungen ermittelten Hintergrundbelastungen sind **Tabelle 1** zu entnehmen. Sie verdeutlichen die während der Messungen vorherrschende ubiquitäre Belastung außerhalb der Arbeitsbereiche durch Schimmelpilze, Bakterien und Endotoxine in der Außenluft.

3.2 Manuelle Straßenreinigung mit einem Handbesen

Die Ergebnisse der Messungen bei der manuellen Straßenreinigung sind **Tabelle 2** zu entnehmen. Die arithmetischen Mittelwerte der Gesamtbakterien variieren bei dieser Tätigkeit im Mittel zwischen 3 000 und 40 000 KBE/m³. Sie sind

Tabelle 1. Hintergrundbelastungen/Referenzwerte bei Laubblasarbeiten.

Messgröße	Anzahl der Messungen <i>n</i>	Minimalwert	Maximalwert	Median
Gesamtschimmelpilze in KBE/m ³	14	< 55	733	107
<i>Aspergillus fumigatus</i> in KBE/m ³	12	< 55	73	n. b.
Gesamtbakterien in KBE/m ³	14	< 952	2 620	790
Endotoxine in EU/m ³	14	0,04	3,38	0,8

n. b. = nicht bestimmt, KBE: Kolonie bildende Einheiten, EU: Endotoxin units

Tabelle 2. Messwerte für biologische Arbeitsstoffe bei der manuellen Straßenreinigung mit einem Handbesen.

Stadt	Datum	n	Gesamtbakterien in KBE/m ³				Coliforme Bakterien in KBE/m ³	<i>Escherichia coli</i> in KBE/m ³	Enterobakterien in KBE/m ³	Endotoxine in EU/m ³	Gesamtschimmelpilze in KBE/m ³	<i>Aspergillus fumigatus</i> in KBE/m ³
			Arithmetischer Mittelwert	Median	Minimalwert	Maximalwert						
A	04.06.	3	2700	2860	< 952	4760	n. b.	n. b.	n. b.	47,2	505	< 84
A	05.06.	2	7605	7605	3810	11400	n. b.	n. b.	n. b.	117,7	7280	< 560
A	28.07.	3	3807	1900	952	8570	n. b.	n. b.	n. b.	35,3	8130	< 99
B	30.11.	5	6090	6670	952	15200	263	n. b.	857	3,6	6610	< 89
B	12.11.	5	5330	4760	952	9520	263	n. b.	857	18,4	4640	< 79
C	09.07.	5	4956	2860	< 952	12400	n. b.	n. b.	n. b.	22,2	1490	< 115
C	12.07.	5	19055	8570	952	64800	n. b.	n. b.	n. b.	18,3	2450	94
C	12.07.	5	6670	7620	952	10500	n. b.	n. b.	n. b.	21,4	4320	< 98
D	15.08.	5	41040	36200	15700	72400	n. b.	n. b.	n. b.	> 190	13800	< 79
D	15.08.	5	11440	9520	5710	21000	n. b.	n. b.	n. b.	92,7	11500	79
D	15.08.	5	24576	5710	3810	70500	n. b.	n. b.	n. b.	92,9	11500	< 79
	Gesamtmittelwert		12115	8570						> 60	6566	

n. b. = nicht bestimmt

Tabelle 3. Messwerte für biologische Arbeitsstoffe bei der Reinigung von Straßen, Wegen und Plätzen mithilfe von Blasgeräten.

Stadt	Datum	n	Gesamtbakterien in KBE/m ³				Endotoxine in EU/m ³	Gesamtschimmelpilze in KBE/m ³	<i>Aspergillus fumigatus</i> in KBE/m ³
			Arithmetischer Mittelwert	Median	Minimalwert	Maximalwert			
E	27.05.	5	63442	9520	8570	241000	67,4	4980	111
E	31.05.	5	100482	60000	3810	291000	99,8	6260	408
E	17.06.	5	9850	1900	952	41000	22,2	3910	< 170
D	15.08.	5	95960	87600	16200	237000	> 1100	5350	< 79
	Gesamtmittelwert		67434	39755			63*	5125	

*ohne Maximalwert

somit deutlich höher als die Hintergrundbelastung. Auch die Endotoxinwerte überschreiten die Hintergrundbelastung deutlich, wobei eine große Spannweite der Messwerte mit Werten bis zu 200 EU/m³ festzustellen ist; sie sind im Sommer deutlich höher als im Herbst, was auf eine stärkere Staubaufwirbelung bei den Fegearbeiten im Sommer im Vergleich zum Herbst hindeutet. Die Schimmelpilzbelastung des Straßenstaubs ist dagegen weniger auffällig. *Aspergillus fumigatus* wurde nur in zwei Fällen in geringer Konzentration nachgewiesen. Die höchsten Werte für Gesamtschimmelpilze, Gesamtbakterien und Endotoxine wurden in der Stadt D ermittelt, in der sich Bäume am Straßenrand befanden. Der Anteil an verwelktem trockenem Laub war deutlich höher als in den anderen Städten, was vermutlich zu einer stärkeren Staubaufwirbelung beim Fegen führte.

3.3 Straßenreinigung mit einem Laubblasgerät

Auch bei der Reinigung von Straßen, Wegen und Plätzen mithilfe eines Laubblasgerätes wird der Staub kräftig aufgewirbelt. Die Gesamtbakterienkonzentrationen sind mit arithmetischen Mittelwerten zwischen 10 000 und 100 000 KBE/m³ (Tabelle 3) deutlich höher als beim manuellen Fegen. Bei den Endotoxinen ragt insbesondere ein

Wert in Höhe von > 1 100 EU/m³ heraus, der jedoch ggf. auf eine direkte Beaufschlagung des Filters mit einem Staubpartikel zurückzuführen ist. Die Gesamtschimmelpilzkonzentration ist dagegen wieder deutlich geringer. *Aspergillus fumigatus* wurde zweimal nachgewiesen.

3.4 Laubblasen auf Rad- und Fußwegen

Tabelle 4 verdeutlicht die Messwerte beim Laubblasen auf Rad- und Fußwegen im wöchentlichen Zyklus. Die Messwerte sind bis auf einen Tag unerwartet niedrig. Vermutlich wird durch die regelmäßige Reinigung und die geringe Außenlufttemperatur im Herbst ein fortgeschrittener Verrottungszustand des Laubs verhindert. Ferner ist der Staub durch die Feuchtigkeit auf der Blattoberfläche gebunden. Der höchste Messwert für das Bioaerosol wurde beim Schieben eines großen Laubblasgerätes ermittelt. Der Bediener befand sich in diesem Fall unmittelbar in dem aufgewirbelten Aerosol. Die Werte für Blasrohre mit rückengetragenen Kompressoren, mit denen sich die Nutzer in der Regel schnell vorwärts bewegen können, sind im Vergleich dazu deutlich geringer und überschreiten die Hintergrundkonzentrationen nicht wesentlich.

Tabelle 4. Messwerte für biologische Arbeitsstoffe beim Laubblasen auf Rad- und Fußwegen.

Stadt	Datum	n	Gesamtbakterien in KBE/m ³				Coliforme Bakterien in KBE/m ³	<i>Escherichia coli</i> in KBE/m ³	Enterobakterien in KBE/m ³	Endotoxine in EU/m ³	Gesamtschimmelpilze in KBE/m ³	<i>Aspergillus fumigatus</i> in KBE/m ³
			Arithmetischer Mittelwert	Median	Minimalwert	Maximalwert						
B	09.11.	5	1 050	< 952	< 952	2 860	n. b.	n. b.	n. b.	6,1	1 120	< 94
B	10.11.	3	1 429	952	< 952	2 860	n. b.	n. b.	143	4,9	595	149
B	30.11.	5	16 962	21 900	952	47 600	n. b.	n. b.	n. b.	5,3	21 000	130
B	10.11.	2	2 140	2 140	< 952	3 810	n. b.	n. b.	571	4,9	794	< 198
D	07.12.	5	6 280	1 900	952	23 800	< 86	< 86	< 143	11,1	7 770	< 125
	Gesamtmittelwert		5 572	< 5 569					6		6 256	

n. b. = nicht bestimmt

Tabelle 5. Messwerte für biologische Arbeitsstoffe beim Laubblasen auf Grünflächen mit einem schultergetragenen bzw. handgetragenen Laubblasgerät.

Stadt	Datum	n	Gesamtbakterien in KBE/m ³				Coliforme Bakterien in KBE/m ³	<i>Escherichia coli</i> in KBE/m ³	Enterobakterien in KBE/m ³	Endotoxine in EU/m ³	Gesamtschimmelpilze in KBE/m ³	<i>Aspergillus fumigatus</i> in KBE/m ³
			Arithmetischer Mittelwert	Median	Minimalwert	Maximalwert						
E	23.11. ^{*1}	5	38 950	4 760	952	171 000	658	< 86	286	5,1	838	< 77
E	30.11. ^{*1}	5	3 520	3 810	< 952	8 570	103	< 86	< 143	23,8	< 79	< 79
E	23.11. ^{*1}	5	10 180	4 760	< 952	23 800	< 86	< 86	< 143	8,8	1 470	< 78
E	14.12. ^{*2}	4	1 904	1 900	952	4 760	103	n. b.	n. b.	27	15 400	< 77
E	14.12. ^{*2}	4	3 800	1 900	952	8 570	103	n. b.	n. b.	8,5	1 400	< 78
D	14.11. ^{*1}	5	3 330	1 750	877	7 020	< 79	< 79	132	15,3	1 030	< 69
D	01.12. ^{*2}	5	13 240	4 760	< 952	43 800	< 86	< 86	< 143	12	2 540	< 71
D	14.11. ^{*1}	5	2 450	2 630	< 877	5 260	< 79	< 79	< 132	12,9	206	< 68
D	01.12. ^{*2}	5	37 880	952	< 952	157 000	< 86	< 86	< 143	4,2	151	< 76
	Gesamtmittelwert		12 806	3 025					13		< 2 568	

^{*1} Ergebnisse der Erstreinigung

^{*2} Ergebnisse der Nachreinigung

n. b. = nicht bestimmt

3.5 Laubblasen auf Grünflächen

Die Messwerte beim Laubblasen auf Grünflächen sind **Tabelle 5** zu entnehmen. Im Gegensatz zu den Straßen- und Gehwegen ist die Liegedauer des Laubs auf Grünflächen unterschiedlich lang und hängt von den Witterungsbedingungen ab. Im vorliegenden Fall war das Laub vor der Erstreinigung zwischenzeitlich mit Schnee bedeckt und hatte

teilweise bis zu vier Wochen gelegen. Die Blätter waren insofern bereits verdichtet und hafteten aufgrund der Feuchtigkeit aneinander. Trotz der längeren Liegedauer sind die Werte der Gesamtbakterien nicht wesentlich höher als die beim Laubblasen auf Gehwegen und Straßen. Jedoch sind die Maximalwerte zum Teil deutlich höher. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Bediener der Blasgeräte sich nicht

Tabelle 6. Messwerte für biologische Arbeitsstoffe bei der Laubentfernung mit Laubsaugern und Laubhäckslern (ohne Spitzenwerte für Bakterien).

Stadt	Datum	n	Gesamtbakterien in KBE/m ³				Coliforme Bakterien in KBE/m ³	<i>Escherichia coli</i> in KBE/m ³	Enterobakterien in KBE/m ³	Endotoxine in EU/m ³	Gesamtschimmelpilze in KBE/m ³	<i>Aspergillus fumigatus</i> in KBE/m ³
			Arithmetischer Mittelwert	Median	Minimalwert	Maximalwert						
B	10.11. ^{*1}	3	7 290	7 620	2 860	11 400	< 86	< 86	< 143	106,5	< 136	< 136
B	11.11. ^{*2}	4	4 280	2 380	952	11 400	< 86	< 86	< 143	21,4	119	< 119
B	12.11. ^{*2}	3	13 020	3 810	2 860	32 400	< 86	< 86	429	72,1	1 030	129
E	30.11. ^{*3}	3	14 500	18 100	< 1 190	24 800	103	< 86	429	17,7	< 136	< 139
	Gesamtmittelwert		9 773	7 978					54		< 355	

^{*1} Laubsauger mit großem Saugschlauch

^{*2} Laubsauger, Beschickung mit Schaufel

^{*3} Laubhäckslern, Beschickung mit Schaufel



Bild 4. Beschicken eines Laubhäckslers.

wie auf den Wegen in zügiger Vorwärtsbewegung befanden. Aufgrund der Laubmenge konnten sie sich nur langsam voran bewegen. Dabei hielten sie sich zeitweise auch in der Blasrichtung der Geräte ihrer Kollegen auf. Dennoch sind die Werte für Schimmelpilze und Endotoxine nicht sonderlich auffällig. Auch *Aspergillus fumigatus* wurde nicht nachgewiesen; jedoch wurden in einigen Bakterienproben Enterobakterien und coliforme Bakterien festgestellt.

3.6 Laubsaugen und Laubhäckseln

Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse von Stichprobenmessungen beim Aufsaugen des gesammelten Laubs mithilfe von Laub-

sammelfahrzeugen bzw. beim Häckseln von Laub (Bild 4). Der im Sammelbehälter am Fahrzeug mit Saugschlauch erzeugte Überdruck entweicht zum Teil über den Heckbereich, was zu einer höheren Endotoxinkonzentration führte. In einzelnen Proben wurden auch Enterobakterien und einmal coliforme Bakterien gefunden. Die herausragenden Bakterienwerte beim Laubsaugen und -häckseln wurden nicht mit in die Mittelwertbildung in Tabelle 6 einbezogen. Sie sind in Tabelle 7 separat aufgeführt und verdeutlichen, dass beim Saugen und Schreddern von Fäkalienanteilen im Laub kurzfristig sehr hohe Bakterienkonzentrationen auftreten können, wobei auch Enterobakterien und coliforme Bakterien deutlich nachgewiesen werden.

3.7 Manuelle Papierkorbentleerung

Bei der manuellen Papierkorbentleerung (Tabelle 8) ist im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Tätigkeiten auch die Schimmelpilzbelastung von größerer Bedeutung. Sie variiert in Abhängigkeit von der Leerungsfrequenz der Behälter und der Jahreszeit. So sind die Schimmelpilzwerte insbesondere im Hochsommer bei wöchentlicher Entleerungsfrequenz auffällig. Zu dieser Zeit wurde auch *Aspergillus fumigatus* nachgewiesen.

Der höchste Wert der gesamten Messkampagne wurde bei der Erstentleerung nach einer mehrwöchigen Unterbrechung infolge von Winterdienst festgestellt. *Aspergillus fumigatus* wurde in diesem Fall wegen der geringen Außenlufttemperaturen nicht nachgewiesen. Die Schimmelpilzkonzentration von mehr als 1 000 000 KBE/m³ ist ein Hinweis auf die potenzielle Gefahr beim Entleeren von Papier-

Tabelle 7. Spitzenwerte für Bakterien beim Laubsaugen und -häckseln.

Tätigkeit	Gesamtbakterien in KBE/m ³	Coliforme Bakterien in KBE/m ³	<i>Escherichia coli</i> in KBE/m ³	Enterobakterien in KBE/m ³
Laubsaugen	1,4 · 10 ⁷	31,4 · 10 ³	429	391 · 10 ³
Laubhäckseln	8 · 10 ⁶	600	< 86	6,6 · 10 ³

Tabelle 8. Messwerte für die manuelle Papierkorbentleerung.

Stadt	Datum	n	Standzeit in Tagen	Gesamtbakterien in KBE/m ³				Endotoxine in EU/m ³	Gesamt-schimmelpilze in KBE/m ³	<i>Aspergillus fumigatus</i> in KBE/m ³
				Arithmetischer Mittelwert	Median	Minimalwert	Maximalwert			
A	31.03.	3	?	119570	55900	23 800	279000	52,5	1 010 000	< 70
A	04.06.	3	1	1 268	1 900	952	4 760	5,5	4 390	< 74,4
A	05.06.	3	1	2 220	1 900	952	3 810	3,9	714	79,4
A	28.07.	4	1	1 640	1 613	< 733	2 860	3,8	2 780	238
E	27.05.	5	7	8 378	5 710	1 900	20 000	18,8	5 310	< 92
E	31.05.	3	3	123 022	2 860	952	598 000	4	4 400	< 147
E	17.06.	5	7	1 589	952	< 952	2 860	13,4	16 800	< 127
C	26.06.	5	1	15 055	952	< 952	66 700	21,7	759	84
C	26.06.	2	1	714	714	< 952	952	2,1	1 010	< 203
C	27.06.	5	1	3 815	952	< 952	10 500	22,4	4 760	< 68
D	14.08.	5	1	3 240	3 810	< 952	6 670	4,7	46 000	< 79
D	14.08.	4	1	4 046	3 093	< 952	9 520	8,8	45 700	< 79
D	19.08.	5	3	14 101	3 810	< 952	56 200	15,5	8 570	190
D	19.08.	5	3	30 112	28 600	1 900	82 900	18,1	3 940	328
	Gesamt-mittelwert*			16 092	4 374			11	11 164	

* ohne Maximalwert

Tabelle 9. Übersicht über orientierende Messungen der Motorabgasbelastung bei der Bedienung von Blasgeräten.

Gefahrstoff Grenzwert	Kohlenmonoxid 35 ml/m ³			Benzol ² 3,25 mg/m ³	Toluol 190 mg/m ³	Xylol 440 mg/m ³	Kohlenwasserstoffgemische Ottokraftstoffe ³ 250 mg/m ³
	Minimalwert	Maximalwert	Mittelwert				
Ort							
Straße	0	11	1,8	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Straße	0	25	7,7	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Straße	0	30	6,5	< 0,2	< 1,6	< 1,6	< 32
Park	n. b.	n. b.	n. b.	< 0,1	< 1	< 1	< 21
Park	n. b.	n. b.	n. b.	< 0,1	< 0,9	< 0,9	< 20
Park	n. b.	n. b.	n. b.	< 0,1	< 1,1	< 1,1	< 23
Park	0	70	10,6	< 0,1	< 1,0	< 1,0	< 20
Park	0	112	11,4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Park	0	60	19,3 ¹	< 0,1	< 1	< 1	< 20

¹ arithmetischer Mittelwert aus 14 Prüfröhrchenmessungen (Dauer jeweils etwa drei Minuten)

² Grenzwert = seinerzeit gültiger TRK-Wert

³ Grenzwert = seinerzeit gültiger Luftgrenzwert

n. b. = nicht bestimmt

körben, wenn die Abfallbehälter über längere Zeiträume nicht geleert werden. Aber auch bei kurzfristigen Entleerungszyklen wurden Konzentrationen von mehr als 40 000 KBE/m⁵ gemessen. In Einzelfällen können bei längeren Standzeiten auch hohe Bakterienkonzentrationen auftreten.

3.8 Motorabgase beim Betrieb von Laubblasgeräten

Eine Übersicht über orientierende Messungen der Motorabgase von Laubblasgeräten ist Tabelle 9 zu entnehmen. Gemessen wurden die Konzentrationen der Aromaten Benzol, Toluol und Xylol, komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische Teil 3 Gruppe 1 (Ottokraftstoffe) [6], sowie Kohlenmonoxid. Wie man der Tabelle entnehmen kann, wurden die Aromaten und die komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische nicht nachgewiesen. Dies gilt sowohl für langsame Laubblasarbeiten auf Grünflächen z. T. mit geschobenen Blasgeräten als auch für Laubblasarbeiten mit schnellerer Vorwärtsbewegung mit rückengetragenen Motoren.

Die orientierenden Messungen von Kohlenmonoxid zeigen, dass bei den Blasarbeiten, die in schneller Vorwärtsbewegung auf Straßen erfolgen und bei denen der Kompressor auf dem Rücken getragen wird, vermutlich keine Grenzwertüberschreitung für Kohlenmonoxid zu befürchten sind. Gleiches gilt für die Arbeiten im Park, die in der Regel in langsamerer Vorwärtsbewegung und auch mit geschobenen Blasgeräten erfolgen. Z. T. halten sich die Mitarbeiter hier im Abgasstrom der Geräte ihrer Kollegen auf. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Grenzwertüberschreitung bezogen auf eine 8-Stunden-Schicht vermutlich nicht zu erwarten ist. Die Maximalwerte liegen jedoch über der zulässigen Kurzzeitwerthöhe von 70 ml/m³ für Kohlenmonoxid. Die Maximalwertmessungen beziehen sich jedoch auf Messdauern von zehn Hüben mit einer Handpumpe, was einer Dauer von etwa jeweils drei Minuten entspricht. Bei einer Mittelung über 15 min könnte somit vermutlich auch der zulässige Kurzzeitwert für Kohlenmonoxid eingehalten werden. Um zu gesicherten Aussagen zu gelangen, wären jedoch weitere Ermittlungen erforderlich.

4 Diskussion

Wie die Ergebnisse (siehe Bild 5) zeigen, ist im Sommer bei der Reinigung von Straßen, Plätzen und Wegen mit Laubblasgeräten mit den höchsten Bakterien- und Endotoxinbelastungen zu rechnen. Es folgt die manuelle Reinigung mit dem Besen. Die Endotoxinkonzentrationen sind zum Teil sogar höher als bei der Sammlung von Siedlungsabfällen. Dort wurde eine Abhängigkeit der Endotoxinkonzentration von der Konzentration des einatembaren Staubs festgestellt [7]. Auch bei der Straßenreinigung sind insbesondere bei staubenden Tätigkeiten höhere Endotoxinkonzentrationen zu verzeichnen.

Die Schimmelpilzkonzentrationen sind bei der manuellen Papierkorbentleerung am höchsten. Insgesamt sind sie jedoch bei allen Tätigkeiten mit einzelnen Ausnahmen unerwartet unauffällig und insgesamt deutlich niedriger als in anderen Bereichen der Abfallwirtschaft. Dort liegen die Belastungen durch Schimmelpilze bei der Abfallbehandlung auf Anlagen z. T. in der Größenordnung von 10⁵ bis 10⁶ KBE/m⁵ [8 bis 11] und im Bereich der Abfallsammlung in der Größenordnung von 10⁴ bis 10⁵ KBE/m⁵ [12 bis 15]. In Einzelfällen wurden dort auch 10⁶ KBE/m⁵ ermittelt [16]. Gleiche Größenordnungen sind bei der Tätigkeit im Bereich der kommunalen Straßenreinigung in Einzelfällen nur für die Gesamtbakterienkonzentrationen festzustellen. Insofern ist der Bereich der Straßenreinigung unter dem Aspekt der inhalativen Belastung durch biologische Arbeitsstoffe eher als geringer gefährdend einzustufen. Insbesondere wurde *Aspergillus fumigatus* nur selten und in geringer Konzentration nachgewiesen. Dies gilt nicht für besondere Situationen, wie z. B. lange Entleerungszyklen von Abfallkörben oder unmittelbares Anblasen bei der Laubsammlung.

Nicht erwartet wurden die vergleichsweise niedrigen Werte beim Laubblasen auf Gehwegen, obwohl eine beginnende Verrottung des Laubs bereits äußerlich zu erkennen war. Mögliche Ursachen sind darin zu sehen, dass das Laub z. T. feucht und verklebt sowie vorher schon einmal gefroren war. Die Aufwirbelung des Bioaerosols wurde dadurch gemindert. Dafür spricht auch, dass beim Fegen von trockenem Laub im Hochsommer deutlich höhere Werte gemessen wurden. Möglicherweise lässt sich dadurch der Unter-

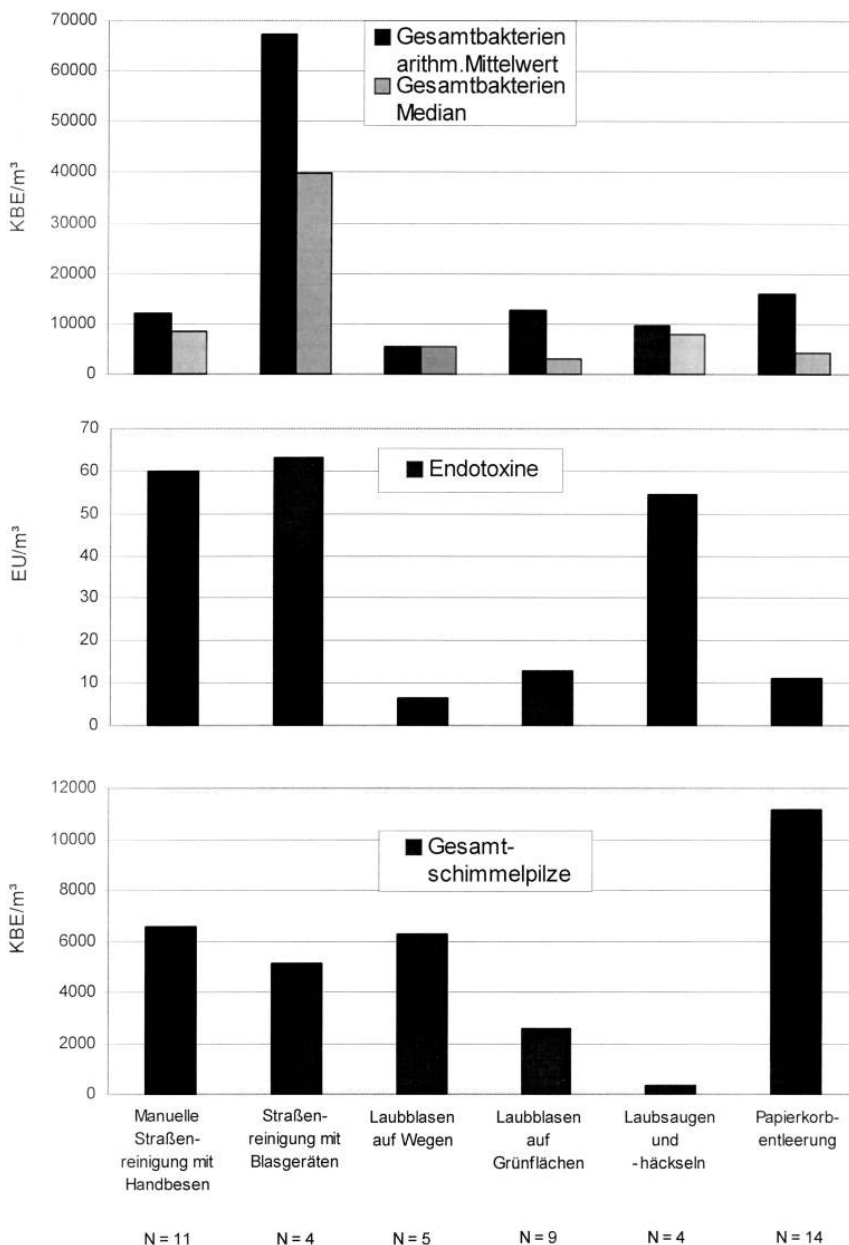


Bild 5. Übersicht über die Gesamtmittelwerte bezogen auf die jeweilige Tätigkeit (Ausreißer wurden nicht berücksichtigt).

schied zu dem Messwert einer anderen Untersuchung erklären, in der eine Schimmelpilzkonzentrationen von $1,2 \cdot 10^5$ KBE/m³ [17] ermittelt wurde.

Insgesamt entsprechen die hier dargestellten Messwerte in ihrer Größenordnung den Ergebnissen, wie sie beispielsweise auch vom Umweltbundesamt ermittelt wurden [18]. Dieses ermittelte Gesamtschimmelpilzkonzentrationen zwischen 2 000 und 10 000 KBE/m³ und Enterobakterienkonzentrationen bis 120 KBE/m³. Auch die geringe nachgewiesene Menge von Entero- und coliformen Bakterien in der Luft ist aufgrund der Fäkalkontamination von Straßentaub, Laub oder Grasschnitt nicht zu erwarten. Die Ursache ist in diesem Fall jedoch vermutlich in der filtrierenden Probenahme zu sehen. Bereits in anderen Untersuchungen wurde festgestellt, dass Entero- und coliforme Bakterien bei der personengetragenen filtrierenden Probenahme nur selten nachgewiesen werden, was u. U. mit dem Sammelstress (ggf. Austrocknung) zusammenhängt [19]. Jedoch zeigten

die Maximalwertmessungen beim Laubsaugen und Häckseln, dass die genannten Bakterienarten bei der Gefährdungsbeurteilung sehr wohl zu beachten sind. Dies gilt auch unter dem Aspekt des manuellen Umgangs mit Straßentaub, Laub oder Grasschnitt.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Aufgrund des nur gelegentlichen Auftretens von biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe 2 wie *Aspergillus fumigatus* und *Escherichia coli* sowie des im Vergleich zu anderen Bereichen der Entsorgungswirtschaft niedrigeren Belastungsniveaus lassen sich die Arbeitsbereiche der Straßenreinigung in der Regel der Schutzstufe 1 im Sinne der BioStoffV zuordnen. Daher genügen für den Regelfall als Schutzmaßnahmen die allgemeinen Hygieneanforderungen der TRBA 500 [20]. Insbesondere sind folgende Schutzmaßnahmen zu empfehlen:

1. Die Arbeitskleidung darf in ihrer Schutzfunktion nicht nur unter dem Aspekt von Warnkleidung gesehen werden, sondern sollte unter Hygiene Gesichtspunkten auch als Schutzkleidung betrachtet werden. Es sollten drei Sätze der Schutzkleidung zur Verfügung stehen, so dass die Möglichkeit des Wechsels einmal pro Woche besteht. Das Tragen von Privatkleidung darf nicht geduldet werden. Die Schutzkleidung ist nach Gebrauch in geeigneten Umkleieräumen mit Schwarz-Weiß-Schränken abzulegen und darf nicht mit in den Privatbereich genommen werden. Sie ist durch den Arbeitgeber zu reinigen.

2. Wenngleich ein manueller Kontakt mit dem Abfall und Laub nicht gegeben sein sollte, müssen bei den beschriebenen Tätigkeiten

Schutzhandschuhe getragen werden. Grundsätzlich bestehen Kontaktinfektionsgefährdungen und Verletzungsgefahren zum Beispiel beim Umgang mit Abfallkörben. Die Schutzhandschuhe müssen mechanisch beständig sein und sollten mindestens wöchentlich gewechselt werden. Vor Benutzung der Handschuhe müssen die Hände gründlich gereinigt werden, um eine Verschmutzung des Handschuhs von innen zu vermeiden. Zum Zweck der Händereinigung sollten an jeder Arbeitsstätte, z. B. auf dem Kehrriechtfahrzeug, Waschmöglichkeiten vorhanden sein. Dazu genügen ein Wasserbehälter sowie Spender für Seife, Handtücher und Einmalhandtücher.

3. Auch sonstige Maßnahmen zur allgemeinen Hygiene sind zu beachten. So darf während der Arbeit nicht gegessen, getrunken oder geraucht werden. Vor dem Rauchen oder der Aufnahme von Speisen und Getränken sind die Hände gründlich zu reinigen. Vor dem Betreten von Pausenbereichen sollte die Schutzkleidung abgelegt, zumindest aber

durch einen sauberen Kittel oder eine saubere Jacke abgedeckt werden.

4. Auch im Bereich der Fahrerkabine des Kehrrichtfahrzeuges sind die allgemeinen Hygieneregeln zu beachten. Die Fahrerkabine ist regelmäßig, möglichst wöchentlich zu reinigen. Die Oberflächen sollten glatt und durch Wischen gut zu reinigen sein. Auf Sitzschutzbezüge, Decken oder Kissen sollte man daher in der Fahrerkabine verzichten.

5. Zusätzlich können bei einigen Tätigkeiten weitergehende Schutzmaßnahmen erforderlich sein. So sollte man z. B. bei Laubblasarbeiten in einer Arbeitsgruppe darauf achten, dass die Mitarbeiter sich nicht gegenseitig anblasen.

6. Lässt sich eine höhere Staubexposition nicht vermeiden, wie z. B. beim Laubsaugen zur Verladung oder beim Laubhäckseln sowie bei der Reinigung von Straßen und Wegen mit Laubblasgeräten, sollten die Mitarbeiter eine Atem-

schutzmaske des Typs P 2 oder FFP 2 tragen. Dies gilt auch, wenn Papierkörbe über längere Zeiträume hinaus nicht entleert wurden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Gefährdungen durch die inhalative Aufnahme von biologischen Arbeitsstoffen bei der Straßenreinigung in der Regel durch allgemeine Hygienemaßnahmen reduziert werden können. Im Einzelfall können jedoch auch weitergehende Schutzmaßnahmen wie z. B. das Tragen von Atemschutz erforderlich werden. Darüber hinaus sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung auch Gefährdungen durch Kontaktinfektionen oder Schnitt- und Stichverletzungen zu beachten. Diese lassen sich dadurch verringern, dass bei der Laub- und Straßenreinigung Abfälle grundsätzlich nicht manuell aufgelesen werden und ein manueller Umgang mit Laub und Abfall, wie z. B. beim Verladen, vermieden wird.

Literatur

- [1] Verordnung zur Umsetzung von EG-Richtlinien über den Schutz der Beschäftigten gegen Gefährdung durch biologische Stoffe bei der Arbeit vom 27. Januar 1999. BGBl. I, S. 50.
- [2] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Anwendung von Messverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 405). Ausg.: 3/2001. BArbBl. (1997) Nr. 1, S. 47-49.
- [3] Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9420). In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 30. Lfg. IV/03. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [4] Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9430). In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 18. Lfg./97. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [5] Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9450) In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 19. Lfg./97. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [6] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 901). Ausg.: 4/1997. BArbBl. (1997) Nr. 4, geändert BArbBl. (2000) Nr. 10, S. 63-71.
- [7] Neumann, H.-D.; Becker, G.; Lohmeyer, M.; Mathys, W.: Preventive measures to reduce bioaerosol exposure during refuse collection. *Sci. Total Environm.* (im Druck).
- [8] Stahmer, K. W.; Neumann, H.-D.: Belastungen durch Staub und biologische Stoffe in Müllverbrennungsanlagen. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 64 (2004) Nr. 4, S. 175-183.
- [9] Deininger, Ch.: Untersuchungen zur mikrobiellen Luftbelastung in 32 Wertstoffsortieranlagen. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 58 (1998) Nr. 3, S. 113-123.
- [10] Missel, T.: Messung von Luftkeimen in Wertstoffsortieranlagen. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 57 (1997) Nr. 7/8, S. 311-318.
- [11] Schappler-Scheele, B.; Schürmann, U.; Hartung, J.; Missel, T.; Benning, Ch.; Schröder, H.; Weber, J.: Untersuchungen der gesundheitlichen Gefährdung von Arbeitnehmern der Abfallwirtschaft in Kompostierungsanlagen. In: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Forschungsbericht FB 844. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1999.
- [12] Neumann, H.-D.; Hornig, B.; Buxtrup, M.; Balfanz, J.: Schimmelpilze und Gefahrstoffbelastungen bei der Müllsammlung. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 58 (1998) Nr. 6, S. 249-255.
- [13] 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. Total Environm.* 293 (2002) Nr. 1-3, S. 219-231.
- [14] 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 (BAuA). Forschungsbericht FB 920. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2001.
- [15] 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 (BAuA). Forschungsbericht FB 931. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2001.
- [16] Missel, T.: Keim- und Staubbelastung von Müllwerkern bei der Abfallsammlung. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 60 (2000) Nr. 4, S. 150-157.
- [17] Engelhart, S.; Gilges, S.; Exner, M.: Schimmelpilzexposition beim Einsatz von Laubsaugern. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 59 (1999) Nr. 6, S. 218.
- [18] Moriske, H. J.; Bach, S.; Ebert, G.; Virgl, S.: Luftkeim-Messungen beim Betrieb von tragbaren Laubblasgeräten. *Umweltmedizinischer Informationsdienst* (2000) Nr. 2, S. 12-15.
- [19] Neumann, H.-D.; Buxtrup, M.; Balfanz, J.; Lohmeyer, M.: Belastungen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Kanalreinigung. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 62 (2002) Nr. 9, S. 371-380.
- [20] Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen (TRBA 500). Ausg.: 3/1999. BArbBl. (1999) Nr. 6, S. 81-82.