

# Gefahrstoffbelastung beim Recycling von Kunststoffen

Ulrich Wurster, Gerhard Ott, Karlsruhe

Die Exposition von Arbeitnehmern gegenüber chemischen Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffen wurde durch die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) ermittelt. In sechs Verwertungsbetrieben wurde die Belastung durch Stäube, Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe (Zersetzungsprodukte) und Schimmelpilze bei der Sortierung und Aufarbeitung verschiedener Kunststoffe unterschiedlicher Herkunft gemessen. Die Untersuchungsergebnisse bilden (mit Ergebnissen anderer Stellen) die Grundlage für die Erstellung von Verfahrens- und Stoffspezifischen Kriterien nach TRGS 420 (VSK) für Kunststoff-Recyclingbetriebe.

In Deutschland fallen fast 3 Mio. t Altkunststoffe pro Jahr an. Über Jahrzehnte wanderten diese als Abfälle überwiegend auf Deponien. Die Verabschiedung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes im Jahre 1996 [1] führte zu einer einschnei-

denden Veränderung der bisherigen Entsorgungspraxis. Um die gesetzlichen Vorgaben bezüglich der Verwertung der Abfälle erfüllen zu können, mussten Sammel- und Verwertungssysteme aufgebaut werden. In der Folge entstanden in den letzten

Jahren eine Vielzahl von Betrieben und Arbeitsplätzen.

Da keine systematischen Untersuchungen zur Gefahrstoffbelastung von Arbeitnehmern in Kunststoff-Recyclingbetrieben vorliegen, herrscht eine gewisse Unsicherheit hinsichtlich einer möglichen gesundheitlichen Relevanz. Mithilfe von Arbeitsplatzmessungen nach Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [2] sollte daher die Belastung durch chemische Gefahrstoffe in der Luft an Arbeitsplätzen in Kunststoff-Recyclingbetrieben ermittelt und ein Maßnahmenkatalog aufgestellt werden, der es den einzelnen Betrieben ermöglicht, durch Wahl entsprechender technischer und/oder organisatorischer Maßnahmen die Einhaltung der gültigen Luftgrenzwerte für Gefahrstoffe zu gewährleisten. In Betrieben, in denen eine relevante Belastung durch biologische Arbeitsstoffe zu erwarten war, sollten zusätzlich Messungen der Belastung der Arbeitsbereiche durch biologische Arbeitsstoffe nach Biostoffverordnung (BioStoffV) [3] durchgeführt werden.

## Projektbeschreibung

Beim Recycling von Kunststoffen in Betrieben, die thermoplastische Standardkunststoffe lagern, sortieren, zerkleinern, klassieren, waschen, trocknen, trennen, mischen und granulieren oder umschmelzen/extrudieren (siehe **Bild 1**) wird in Abhängigkeit vom Arbeitsverfahren und der Arbeitsweise ein breites Spektrum an Gefahrstoffen freigesetzt. Verarbeitet werden thermoplastische Massenkunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC), Polystyrol (PS), Polyethylenterephthalat (PET), die ca. 90% des recycelbaren Gesamtaufkommens aus-

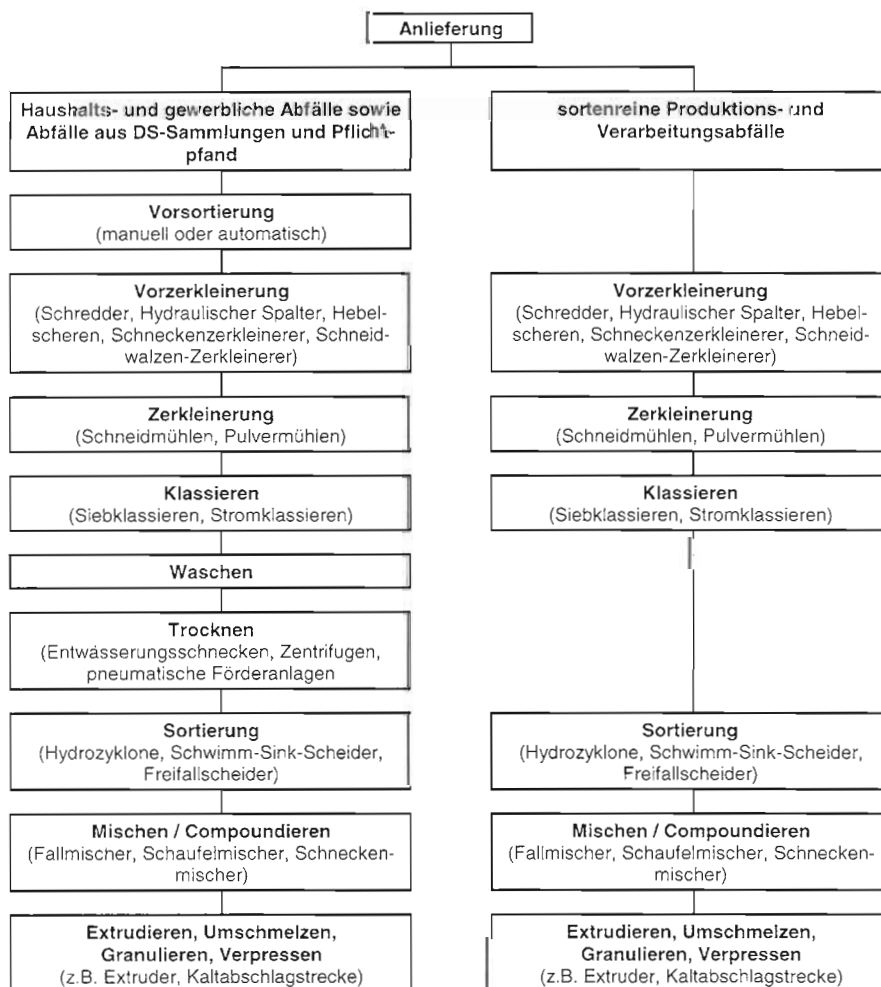


Bild 1 Verfahrensschritte beim werkstofflichen Recycling von Kunststoffen [4].

**Tabelle 1** Überblick über chemischen Gefahrstoffe, ihre Grenzwerte und Einstufung.

Gefahrstoff	Grenzwert nach TRGS 900/Art [5]	Spitzenbegrenzung Überschreitungsfaktor	Einstufung TRGS 905 [6]
Staub: Einatembare Fraktion (E)	10 mg/m <sup>3</sup> /MAK	4	
Staub: Alveolengängige Fraktion (A)	3 mg/m <sup>3</sup> /MAK	4	
Blei	0,1 mg/m <sup>3</sup> /MAK	4	
Cadmium	0,015 mg/m <sup>3</sup> /TRK	4	K 2
Styrol	86 mg/m <sup>3</sup>	4	
Kohlenwasserstoffgemische Gr. 3	100 mg/m <sup>3</sup> /MAK	4	
Dieselmotoremissionen (DME), (Alveolengängige Fraktion)	0,1 mg/m <sup>3</sup> /TRK	4	K 2

MAK: Maximale Arbeitsplatz-Konzentration  
 K: Krebszeugend  
 TRK: Technische Richtkonzentration

**Tabelle 2** Bewertungsgrundlagen für biologische Arbeitsstoffe.

Parameter	Beurteilungswert	Art des Beurteilungswerts	Grundlage
Schimmelpilze	50 000 KBE	Technischer Kontrollwert	TRBA 211 [7] (ABAS)
Endotoxine	50 EU	Richtwert	-

KBE: Koloniebildende Einheiten  
 ABAS: Ausschuss für biologische Arbeitsstoffe  
 EU: Endotoxin Units

machen. Den Rest bilden technische Kunststoffe wie Polyamide (PA), Polycarbonate (PC), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polybutylenterephthalat (PBT), Thermoplastische Elastomere (TPE) u. a. Dabei ist eine Exposition (**Tabellen 1 und 2**) gegenüber folgenden Stoffen und Stoffgruppen möglich:

- Staub und Schwermetalle (Freisetzung beim Transport, bei der Sortierung, der mechanischen Zerkleinerung der Ausgangsmaterialien, bei Misch- und Umfüllarbeiten), Dieselruß,
- flüchtige organische Verbindungen (VOC), überwiegend Kohlenwasserstoffe aus der thermischen Zersetzung von Kunststoffen,
- Schimmelpilze (Freisetzung aus belastetem Ausgangsmaterial, insbesondere aus Haushaltskunststoffen).

Daneben können auch weitere Gefahrstoffe wie anorganische Gase und Dämpfe (CO, CO<sub>2</sub>, HCl) freigesetzt werden. Diese spielen jedoch nur bei Betriebsstörungen eine Rolle. Bei Einsatz von dieselgetriebenen Flurförderzeugen ohne Partikelfilter ist eine relevante Belastung durch Dieselmotoremissionen (DME) nicht auszuschließen.

### Allgemeine Angaben zu den Betrieben

Bei allen Betrieben handelte es sich um Kleinbetriebe mit 3 bis 25 Arbeitnehmern. Innerhalb der Recyclingbetriebe lassen sich unabhängig vom Ausgangsmaterial und vom jeweiligen Arbeitsverfahren unterschiedliche Arbeitsbereiche festlegen, die i. d. R. räumlich bzw. organisatorisch voneinander getrennt sind:

- Anlieferung/Materialtransport/Lagerung,
- Materialaufgabe (**Bild 2**),

- Sortierung (**Bild 3**),
- Aufbereitung (Zerkleinern, Waschen, Trocknen, Klassieren, Trennen),
- Extrusion, Granulierung,
- Mischen/Abfüllen,
- Lagerung Endprodukte.

### Technische Schutzmaßnahmen

Eine technische Lüftung für die Hallen gab es in den Betrieben nicht. Die Lüftung erfolgte bei Bedarf über Fenster und Türen. Maßnahmen zur Erfassung und Absaugung der im Rahmen der Arbeiten frei werdenden Gefahrstoffe wurden in Einzelfällen getroffen. Lokale Absaugungen fanden sich z. B. über den Extrudern, um entstehende Dämpfe ins Freie abzuführen. Alle Handlесеarbeitsplätze befanden sich in Sortierkabinen, wo eine mechanische Lüftung (Zu-/Abluft) für eine Reduzierung der Luftbelastung sorgte. Anlagen waren teil-

weise gekapselt oder als weitgehend geschlossene Anlage ausgelegt. Die Mehrzahl der Betriebe war im Bereich der Abfüllung mit einer (integrierten) Entstaubung ausgerüstet.

### Persönliche Schutzmaßnahmen

Arbeitskleidung, Schutzhandschuhe, Schutzbrillen und Sicherheitsschuhe wurden von den Betrieben gestellt, ebenso Staubmasken für Arbeiten mit hoher Staubbelastung (Reparatur- und Wartungsarbeiten). In den Lärmbereichen stand den Arbeitnehmern auch ausreichend Gehörschutz zur Verfügung.

### Organisatorische Schutzmaßnahmen

In allen Betrieben lagen Betriebsanweisungen für einzelne Tätigkeiten und/oder den Umgang mit den vorhandenen gefährlichen Stoffen oder Maschinen vor. In der



**Bild 2** Materialaufgabe sortireiner Styroporabfälle.



**Bild 3** Sortierung von DSD-Kunststoffabfällen.

Mehrzahl der Betriebe fehlten aber Betriebsanweisungen für wesentliche Arbeiten oder sie hingen nicht sichtbar aus. Unterweisungen erfolgen meist bei Aufnahme des Arbeitsverhältnisses bzw. überwiegend jährlich – teilweise jedoch ohne Dokumentation.

### Hygienemaßnahmen

Ein Umkleideraum mit Spinden für die Arbeitskleidung sowie Waschgelegenheit und Toiletten standen den Arbeitnehmern aller Betriebe zur Verfügung. Hautreinigungsmittel für die Hände wurde ebenfalls zur Verfügung gestellt. Geeignete Hautschutz- oder Hautpflegemittel waren dagegen selten anzutreffen.

## Ergebnisse: Gefahrstoffe

### Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung von Arbeitsplatzbelastungen erfolgt aufgrund der nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 402 und 403 ermittelten Schichtmittelwerte mittels der Bewertungsindices  $I_{\text{MAK}}$ ,  $I_{\text{TRK}}$  und  $I_{\text{Staub}}$  [8; 9]. Sind alle Indices  $I \leq 1$  und die Kurzzeitwerte nicht überschritten, ergibt sich der Befund „Einhaltung des Grenzwertes“. Wird einer der Bewertungsindices oder die Anforderungen an den Kurzzeitwert überschritten, lautet der Befund „Überschreitung des Grenzwertes“, d. h. es sind Maßnahmen zur Minderung der Exposition erforderlich. Darüber hinaus ist der Befund „Dauerhaft sichere Einhaltung des Grenzwertes“ möglich. Er liegt vor, wenn der Arbeitsprozess so gestaltet ist, dass der Grenzwert langfristig nicht überschritten werden kann. Dies kann bei Einhaltung eines verfahrens- und stoffspezifischen Kriteriums (VSK) nach TRGS 420 [10] der Fall sein oder wenn bei Dauerüberwachung durch Alarmierung und durch ausgelöste Maßnahmen sichergestellt ist, dass kein Schichtmittelwert den Grenzwert übersteigt. Wenn festgestellt wird, dass die Schichtmittelwerte auch langfristig maximal ein Viertel des zulässigen Luftgrenzwerts erreichen, kann ebenfalls von einer „dauerhaft sicheren Einhaltung des Grenzwertes“ ausgegangen werden.

### Diskussion der Messergebnisse

**Staub:** Eine Freisetzung von Stäuben ist bei fast allen Tätigkeiten möglich. Unabhängig vom Verarbeitungsverfahren besteht beim Recycling von Kunststoffen allerdings eine starke Abhängigkeit der Staubbelastung von der Herkunft des Ausgangsmaterials. Eine Abhängigkeit von Verschmutzungen des Ausgangsmaterials,

der technischen Ausstattung des Betriebs und des Arbeitsverfahrens machte sich in erster Linie bei der einatembaren Staubfraktion (E-Staub) bemerkbar. Eine Überschreitung des Grenzwerts [5] für die einatembare Staubfraktion ( $10 \text{ mg/m}^3$ ) wurde im Einzelfall bei Misch- und Abfüllarbeiten mit  $11,5 \text{ mg/m}^3$  sowie bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten mit einem Maximalwert von  $29,5 \text{ mg/m}^3$  festgestellt.

**Schwermetalle:** Die ermittelten Cadmiumbelastungen der Luft lagen weit unter dem Grenzwert [5] von  $0,015 \text{ mg/m}^3$ , überwiegend sogar unter der Bestimmungsgrenze des Verfahrens von  $0,001 \text{ mg/m}^3$ . Der Grenzwert wurde in allen Fällen eingehalten, die Stoffindices waren kleiner 0,1. Die Bleibelastung in der Luft am Arbeitsplatz zeigte ein ähnliches Bild. In allen Bereichen, in denen die Ausgangskunststoffe aufbereitet wurden, konnte das Schwermetall nachgewiesen werden. Die maximale Belastung lag bei 37 % des Grenzwerts [5] von  $0,1 \text{ mg/m}^3$ , doch war auch festzuhalten, dass die Mehrzahl der Messwerte unter 1/10 des Grenzwerts lagen. Andere untersuchte Schwermetalle (Chrom, Nickel, Kobalt, Mangan, Kupfer, Zink, Eisen) spielten für die Belastung der Arbeitnehmer in den untersuchten Betrieben keine Rolle.

**Kohlenwasserstoffe:** Die Belastung der Luft an Arbeitsplätzen in den Recyclingbetrieben durch Kohlenwasserstoffe wurde nur stichprobenhaft untersucht. Aus den Messergebnissen ist zu schließen, dass die Exposition der Arbeitnehmer gegenüber Kohlenwasserstoffen als gering zu bewerten ist. Sowohl in der Summe (Summe aller Kohlenwasserstoffe unter  $2 \text{ mg/m}^3$ ) als auch bei Betrachtung von Einzelstoffen (z. B. Styrol bei der Verarbeitung von Styropor) lagen die jeweiligen Belastungen weit unter einem Zehntel des Grenzwerts [5] von  $100 \text{ mg/m}^3$ ; alle Stoffindices waren  $< 0,1$ . Die Arbeitsplatzbelastung resultierte fast ausschließlich aus der Freisetzung von Zersetzungsprodukten bei der Erwärmung der thermoplastischen Kunststoffe zur Weiterverarbeitung bei der Extrusion und ggf. aus dem in unmittelbarer Nähe stattfindenden Fahrzeugverkehr (Otto- und Dieselmotoren).

**Dermale Exposition:** Im Bereich des Kunststoffrecyclings, bei dem sich die tägliche Arbeit auf den Umgang mit Feststoffen beschränkt, ist die dermale Exposition von untergeordneter Bedeutung. Risikofaktoren sind hier überwiegend in einer Verletzungsgefahr, z. B. bei der Sortierung und bei Kontakt mit heißen Anlagenteilen im Bereich der Extrusion zu sehen. Schutzhandschuhe zur Verringerung der Verlet-

zungsgefahr bzw. zur Minimierung einer dermalen Belastung wurden nur teilweise getragen. Dabei handelte es sich in der Mehrzahl der Fälle um Lederhandschuhe, die einen Schutz vor Hautverletzungen und Verbrennungen bieten sollten.

## Ergebnisse: Biologische Arbeitsstoffe

Schimmelpilze als Leitparameter zur Beurteilung der Belastung von Arbeitsplätzen durch biologische Arbeitsstoffe wurden nur in Betrieben bestimmt, in denen aufgrund des verarbeiteten Materials mit Belastungen zu rechnen war. Die Messungen beschränkten sich auf Betriebe, in denen Material aus der Sammlung über DSD verarbeitet wurde. Diese Messungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg durchgeführt. Probenahme und Analytik erfolgten nach anerkannten Verfahren der TRBA 405/430 [11; 12].

### Bewertungsgrundlagen

Der Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen wird durch die Biostoffverordnung [3] geregelt. Sie gilt unabhängig davon, ob es sich um eine gezielte Tätigkeit oder nicht beabsichtigten Umgang handelt. Wie bei den chemischen Gefahrstoffen hat der Arbeitgeber auch bei nicht gezielten Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Davon abhängig sind dann geeignete Hygiene- und Schutzmaßnahmen zu treffen. Eine Messpflicht besteht nicht. Es gibt bisher auch keine Grenzwerte, die als Grundlage für eine Beurteilung der Arbeitsplatzbelastung herangezogen werden können. Als Grundlage für eine Bewertung werden daher die Leitlinien des Arbeitsschutzes in Abfallbehandlungsanlagen [13] herangezogen, wo Orientierungswerte für Schimmelpilzkonzentrationen in der Atemluft genannt werden:

- Bei weniger als  $5\,000 \text{ KBE/m}^3$  sind keine weiteren Maßnahmen hygienischer, organisatorischer oder technischer Art erforderlich.
- Zwischen  $5\,000$  und  $50\,000 \text{ KBE/m}^3$  sind weitergehende hygienische Maßnahmen erforderlich (Änderung und Intensivierung der Reinigungsverfahren und -intervalle, Wartung der Lüftungstechnik, Vermeidung der Verschleppung von organischem Material in unbelastete Arbeitsbereiche).
- Bei mehr als  $50\,000 \text{ KBE/m}^3$  sind zusätzlich zu einer Verbesserung der hygienischen Maßnahmen die organisatorischen und technischen Schutzmaßnah-

men zu überprüfen und zu optimieren (weitgehende Automatisierung, verbesserte Kapselung und Absaugung, Lüftungstechnik).

In der TRBA 211 „Biologische Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen“ [7] wird ein Technischer Kontrollwert (TKW) von 50 000 KBE/m<sup>3</sup> mit einem Toleranzbereich bis 100 000 KBE/m<sup>3</sup> aufgestellt.

### Diskussion der Messergebnisse

Die Belastung der Arbeitsbereiche durch luftgetragene biologische Arbeitsstoffe in den einzelnen Betrieben war sehr unterschiedlich, obwohl in allen Betrieben biologisch kontaminierte Kunststoffe verarbeitet wurden (Bild 4). Während bei Betrieb D in allen Arbeitsbereichen die Keimzahl < 10 000 KBE/m<sup>3</sup> war, ergaben sich in Betrieb B Konzentrationen, die im Bereich des Orientierungswerts bzw. des Technischen Kontrollwerts von 50 000 KBE/m<sup>3</sup> lagen. Im Betrieb A bestanden eindeutige Probleme im Bereich der Materialaufgabe, wo aufgrund von Materialkontamination und technischen bzw. örtlichen Voraussetzungen Keimzahlen bis 1,9 Mio. gemessen wurden. Zum Vergleich: Die Schimmelpilzbelastung im Außenbereich der drei Betriebe lag im Mittel bei ca. 2 000 KBE/m<sup>3</sup>, als Hintergrundbelastung wurden Werte < 1 000 KBE/m<sup>3</sup> gemessen.

Bei der Verarbeitung von Kunststoffen aus der Sammlung durch das Duale System ist in allen Fällen mit einer Freisetzung von biologischen Arbeitsstoffen zu rechnen. Dabei muss wegen des Einflusses von Arbeitsverfahren, persönlicher Arbeitsweise und Sauberkeit am Arbeitsplatz von einer stark schwankenden, auch von der Jahreszeit abhängigen Belastung durch biologische Arbeitsstoffe ausgegangen werden.

Legt man für eine Beurteilung der Belastung in der Luft durch biologische Arbeitsstoffe die Leitlinien des Arbeitsschutzes in Abfallbehandlungsanlagen oder der TRBA 211 zugrunde, sind bei Keimzahlen bis 1,9 Mio. KBE/m<sup>3</sup> ab einer Belastung von 100 000 KBE/m<sup>3</sup> Maßnahmen zur Verbesserung der hygienischen Situation zu ergreifen sowie organisatorische und technische Schutzmaßnahmen nach TRBA 210 [14] zu treffen. Demnach wären zumindest in einem Betrieb die hygienischen Maßnahmen sowie die organisatorischen und technischen Schutzmaßnahmen zu überprüfen und zu optimieren (weitgehende Automatisierung, verbesserte Kapselung und Absaugung, Lüftungstechnik).

### Empfohlene Maßnahmen

#### Allgemeine Schutzmaßnahmen

In der TRGS 500 [15] werden Schutzmaßnahmen für den Umgang mit Arbeitsstoffen beschrieben, die unabhängig von der Ermittlung, ob es sich um Gefahrstoffe handelt, anzuwenden sind. Diese sollen einen Mindestschutz des Arbeitnehmers vor stoffbedingten Gesundheits- und Sicherheitsgefahren sicherstellen, insbesondere vor dem Hintergrund, dass in Abhängigkeit von der Exposition grundsätzlich alle Stoffe eine Gesundheitsgefahr darstellen und der wissenschaftliche Erkenntnisstand über die Wirkung vor allem von Stoffgemischen unzureichend ist. Die o. g. TRGS enthält Anforderungen an die Gestaltung der Arbeitsplätze, Hinweise zur Arbeitsorganisation, zum Schutz vor Stäuben, Gasen und Dämpfen und zusätzlich Hinweise auf weitere gesetzliche Regelungen und Literatur. Beim Umgang mit verunreinigten Ausgangskunststoffen sind zusätzlich die in der TRBA 500 [16] angeführten Maßnahmen zu treffen.

### Technische Maßnahmen

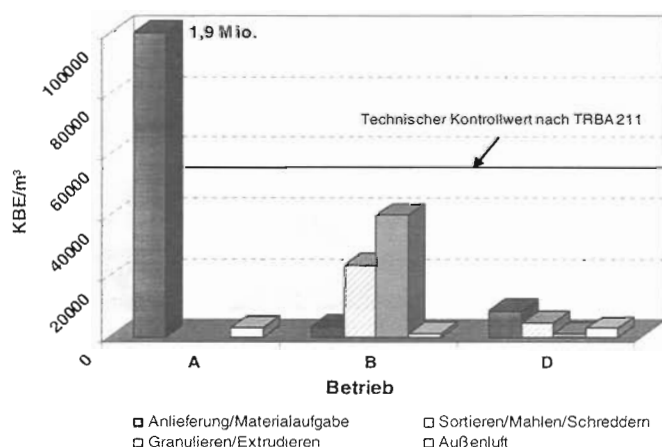
- So weit wie möglich sind geschlossene Anlagen einzusetzen. Ein Öffnen während des Betriebs ist auszuschließen. Eine bestimmungsgemäße Nutzung der Maschinen ist zu gewährleisten.
- An Bandübergängen und Übergabestellen sind die Fallhöhen zu minimieren. Generell sollte der Austritt von Gefahrstoffen an Stellen mit offensichtlicher Freisetzung durch Abdeckungen, Kapselung oder Absaugung direkt an der Quelle minimiert werden.
- Eine manuelle Sortierung ist in einer räumlich abgetrennten und mit einer raumlufttechnischen Anlage ausgestatteten Kabine vorzunehmen.
- Bei der Weiterverarbeitung sind Produktionsschritte, bei denen Stäube, gefährliche Gase oder Dämpfe freigesetzt werden können, abzusaugen.
- Fahrzeugbewegungen in geschlossenen Räumen sind auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Zum innerbetrieblichen Transport sind vorzugsweise elektro- oder gasbetriebene Fahrzeuge einzusetzen. Flurförderzeuge mit Dieselmotoren dürfen bei Einsatz in Räumen nur mit Partikelfilter betrieben werden (siehe TRGS 554 [17]).

### Persönliche Schutzmaßnahmen

- Für Reinigungs- und Wartungsarbeiten, bei denen vielfach eine hohe Staubbelastung auftritt, sind zusätzlich partikelfilternde Halbmasken (P2) bereitzustellen.
- In Arbeitsbereichen, in denen bei Betriebsstörungen das Auftreten von gesundheitsschädlichen Gasen oder Dämpfen in höheren Konzentrationen nicht auszuschließen ist, ist geeignete Schutzausrüstung vorzuhalten (Halb- oder Vollmaske mit entsprechendem Filter).
- Geeignete Arbeitskleidung, auch Handschuhe und Sicherheitsschuhe, sind vom Arbeitgeber zur Verfügung zu stellen. Die Reinigung und Instandhaltung hat durch den Arbeitgeber zu erfolgen.
- Das Tragen geeigneter Schutzkleidung bzw. -ausrüstung, die den notwendigen Schutz in ausreichendem Maße gewährleistet, muss zwingend vorgeschrieben werden, wenn das Schutzziel durch technische und/oder organisatorische Maßnahmen nicht erreicht werden kann.

### Organisatorische und hygienische Schutzmaßnahmen

- Eine regelmäßige Grundreinigung der Betriebsräume zur Verringerung der Staubbelastung und eine regelmäßige Reinigung von Arbeitsplätzen und Fußböden unter mög-



**Bild 4**  
Schimmelpilzkonzentrationen in den einzelnen Arbeitsbereichen.

## Literaturverzeichnis

- [1] Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen, Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG) vom 27. September 1994, BGBl. I, S. 2705, i. d. F. vom 21. August 2002, BGBl. I, S. 3342.
- [2] Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 15. November 1999, BGBl. I, S. 2233, i. d. F. vom 25. November 2003, BGBl. I, S. 2304.
- [3] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) vom 27. Januar 1999, BGBl. II, S. 50, i. d. F. vom 25. November 2003, BGBl. I, S. 2304.
- [4] *Hebisch, R.; Johnen, A.; Linsel, G.:* Stoffbelastungen beim Recycling von Kunststoffen. Sicherheitsingenieur 34 (2003) Nr. 5, S. 16-21.
- [5] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz – Luftgrenzwerte (TRGS 900). BArbBl. (2000) Nr. 10, S. 34-63, i. d. F. BArbBl. (2003) Nr. 9.
- [6] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe (TRGS 905). BArbBl. (2001) Nr. 3, S. 97, i. d. F. BArbBl. (2003) Nr. 3, S. 97.
- [7] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Biologische Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen. (TRBA 211). BArbBl. (2001) Nr. 8, S. 83, i. d. F. BArbBl. (2002) Nr. 10, S. 84.
- [8] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermittlung und Beurteilung der Konzentration gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (TRGS 402). BArbBl. (1997) Nr. 11, S. 27-33.
- [9] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 403). BArbBl. (1989) Nr. 10, S. 71-72.
- [10] Technische Regeln für Gefahrstoffe:

- Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die betriebliche Arbeitsbereichsüberwachung (TRGS 420). BArbBl. (1999) Nr. 9, S. 53-58, i. d. F. BArbBl. (2003) Nr. 2, S. 128.
- [11] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 405). BArbBl. (2001) Nr. 5, S. 58, i. d. F. BArbBl. (2003) Nr. 3, S. 55.
- [12] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (TRBA 430). BArbBl. (1997) Nr. 1, S. 50-53, i. d. F. BArbBl. (1997) Nr. 10, S. 74-77.
- [13] LV 15: Leitlinien des Arbeitsschutzes in Abfallbehandlungsanlagen. Hrsg.: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik. Wiesbaden 1998.
- [14] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Abfallsortieranlagen: Schutzmaßnahmen (TRBA 210). BArbBl. (1999) Nr. 6, S. 77-81.
- [15] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Schutzmaßnahmen – Mindeststandards. (TRGS 500). BArbBl. (1998) Nr. 3, S. 57-59.
- [16] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen (TRBA 500). BArbBl. (1999) Nr. 6, S. 81-82.
- [17] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Dieselmotoremissionen (DME) (TRGS 554). BArbBl. (2001) Nr. 3, S. 112-129.
- [18] Kennzahl 510210: Maschinen zur Beseitigung gesundheitsgefährlicher Stäube – Positivliste. In: BIA-Handbuch 45 Lfg. – VI/2004. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- [19] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV (TRGS 555). BArbBl. (1997) Nr. 12, S. 49-58.

lichst geringer Staubaufwirbelung tragen ebenfalls zur Expositionsminde- rung bei. Dabei ist das Staubsaugen mit einem geeigneten Industriestaubsauger dem Fegen (auch nach Anfeuchten) vorzuziehen. Eine Positivliste geprüfter Maschinen wird in jeweils aktualisierter Version von den Berufs-

genossenschaften als Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt 510210 veröffentlicht [18].

● Das Abblasen mit Druckluft muss auf begründete Ausnahmesituationen (Reinigung unzugänglicher Stellen) beschränkt werden.

● Durch arbeitsbereichs-, tätigkeits- und/oder stoffbezogene Betriebsanweisungen nach TRGS 555 [19] ist sicherzustellen, dass alle Arbeitnehmer über den sachgerechten und betrieblich festgelegten Ablauf einzelner Arbeitsvorgänge, damit verbundene Gefahren und technische, organisatorische oder persönliche Schutzmaßnahmen informiert sind.

● Eine regelmäßige Unterweisung der Arbeitnehmer mit Schwerpunkt auf dem betrieblichem Arbeits- und Gesundheitsschutz kann deren Problembewusstsein stärken. Die Unterweisung ist schriftlich zu dokumentieren.

● Ein striktes Rauch-, Ess- und Trinkverbot an den Arbeitsplätzen ist einzuhalten. Damit kann die orale Aufnahme von chemischen Gefahrstoffen und Bakterien oder Schimmelpilzen vermindert werden.

## Ausblick

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse werden in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz (BAuA), dem Arbeitskreis der Ländermessenstellen für den chemischen Arbeitsschutz (ALMA), der BG Chemie sowie dem Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V. (BVSE) zur Erstellung einer LASI/ALMA-Empfehlung (VSK nach TRGS 420) verwendet. Die Empfehlungen für die werkstoffliche Verwertung von Kunststoffen wurden jetzt durch den Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheit (LASI) verabschiedet. Durch LASI/ALMA-Empfehlungen (<http://lasi.osha.de/publications>) sollen gewerbliche Branchen bei der Erfüllung ihrer Ermittlungspflichten nach GefStoffV unterstützt werden. Die darin festgelegten Anforderungen an die Ausstattung der Arbeitsplätze gewährleisten die Einhaltung der gültigen Arbeitsplatzgrenzwerte und können die Betriebe von Messungen zur Bestimmung der Arbeitsplatzbelastung befreien. TÜ 490



OCHR **Ulrich Wurster** leitet das Fachgebiet „Arbeitsschutz“ in der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.  
Dipl.-Ing. (FH) **Gerhard Ott** ist Sachbearbeiter im o.a. Arbeitsbereich.