



# Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis

Papierrecycling – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen  
und biologischen Arbeitsstoffen bei der  
Aufbereitung von Papierabfällen

Die Kapitel 1-7 dieser Handlungsanleitung stellen  
ein vom AGS als VSK anerkanntes standardisier-  
tes Arbeitsverfahren dar



Baden-Württemberg

**baua:**

Bundesanstalt für Arbeitsschutz  
und Arbeitsmedizin





# **Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis**

Papierrecycling – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der Aufbereitung von Papierabfällen

Die Kapitel 1-7 dieser Handlungsanleitung stellen ein vom AGS als VSK anerkanntes standardisiertes Arbeitsverfahren dar.

## **Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Papierrecycling – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der Aufbereitung von Papierabfällen“**

Die Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis wurde von der Arbeitsgruppe Papierrecycling erstellt.

Die Kapitel 1-7 dieser Handlungsanleitung stellen ein vom AGS als VSK anerkanntes standardisiertes Arbeitsverfahren dar

Herausgeber: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz  
Baden Württemberg  
Griesbachstraße 1  
D-76185 Karlsruhe  
[www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de)

Redaktion: Arbeitsgruppe „Papierrecycling“

Dr. Ralph Hebisch (Vorsitz)  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Friedrich-Henkel-Weg 1-25  
44149 Dortmund

Erolf Brucksch / Dr. Anita Csomor  
Regierungspräsidium Kassel  
Fachzentrum für Produktsicherheit und Gefahrstoffe  
Ludwig-Mond-Straße 33  
34121 Kassel

Dr. Gunter Linsel  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Nöldnerstraße 40-42  
10317 Berlin

Dr. Annette Ochs  
BDE Bundesverband der Deutschen  
Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V.  
Behrenstraße 29  
10117 Berlin

Dipl.-Ing. Gerhard Ott  
LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz  
Baden-Württemberg  
Hertzstraße 173  
76187 Karlsruhe

Dr. Inge Schmidt / Dr. Stefan Mayer  
Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution (BGHW)  
M 5,7  
D-68161 Mannheim

Dipl.-Ing. Eckart Willer  
Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr)  
Ottenser Hauptstr. 54  
22765 Hamburg

Titelbild: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Stand: Mai 2014

## Inhalt

1	Allgemeines	7
2	Anwendungsbereich	8
3	Informationsermittlung	9
3.1	Arbeitsverfahren und Tätigkeiten	9
3.2	Auftretende Stoffe bei der Papieraufbereitung	11
4	Beurteilung der Gefahrstoffexpositionen	13
5	Schutzmaßnahmen für Papieraufbereitungsbetriebe	15
5.1	Maßnahmen zur Verringerung der Gefahrstoffexpositionen	15
5.2	Vorgehensweise wegen Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes für die alveolengängige Staubfraktion	18
5.3	Maßnahmen des Brand- und Explosionsschutzes	19
5.4	Schutzmaßnahmen bei dermalen Expositionen	19
5.5	Betriebsanweisung und Unterweisung	20
6	Wirksamkeitsüberprüfung	21
7	Literatur	22
<b>Informative Anhänge (nicht Bestandteil der VSK)</b>		
Anhang 1	Grundlagen der Beurteilung der Gefahrstoffexpositionen	25
Anhang 2	Informationen zu den Expositionen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Aufbereitung von Papierabfällen	29



## 1 Allgemeines

Gehen Beschäftigte Tätigkeiten mit Gefahrstoffen nach oder werden bei Tätigkeiten Gefahrstoffe freigesetzt, so ist der Arbeitgeber nach der Gefahrstoffverordnung [1] verpflichtet, im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach dem Arbeitsschutzgesetz Maßnahmen zur Sicherheit und zum Schutz der Gesundheit der Beschäftigten zu treffen. Die gleiche Vorgehensweise gilt entsprechend Biostoffverordnung (BioStoffV) [2] auch für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen.

Bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen ist die Rangfolge Substitution (Ersatz durch weniger gefährliche Stoffe oder Verfahren), technische Minimierung der Expositionen, organisatorische und personenbezogene Maßnahmen zu beachten. Für Gefahrstoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert ist deren Einhaltung durch Arbeitsplatzmessungen zu ermitteln (TRGS 402 [3]), sofern keine gleichwertigen Beurteilungsverfahren beschrieben sind.

Die Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Papierrecycling – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der Aufbereitung von Papierabfällen“ ist eine branchenspezifische Hilfestellung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten zur Aufbereitung von Papierabfällen.

Sie wurde von den Messstellen der Bundesländer Baden-Württemberg und Hessen, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), den Berufsgenossenschaften für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr) sowie Handel und Warendistribution (BGHW) und dem BDE Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e. V. erarbeitet und vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) in den Anhang der TRGS 420 aufgenommen.

Die Handlungsanleitung kann im Zusammenhang mit Gefährdungen durch freigesetzte Stäube als standardisiertes Arbeitsverfahren nach TRGS 400 [4] auf der Grundlage der Gefahrstoffverordnung [1] angewendet werden.

Die vorgegebenen Schutzmaßnahmen wurden auf der Grundlage von Arbeitsplatzmessungen nach der TRGS 402 [3] abgeleitet. Bei ihrer Anwendung kann von einer Einhaltung des Allgemeinen Staubgrenzwertes nach TRGS 900 [5] und Anhang I Nr. 2.3 Abs. 2 der Gefahrstoffverordnung [1] ausgegangen werden, sofern die im Kapitel 2 angegebenen Voraussetzungen erfüllt sind. Arbeitsplatzmessungen sind dann im Regelfall nicht erforderlich.

Um die dauerhafte Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen sicherzustellen, müssen diese regelmäßig überprüft werden. Dies kann mit Hilfe dieser Handlungsanleitung erfolgen. Der Anwender muss daher in mindestens jährlichem Abstand prüfen, ob die Voraussetzungen dieser Handlungsanleitung für seinen Arbeitsbereich unverändert gültig sind und das Ergebnis dieser Überprüfung dokumentieren.

Papierabfälle können mit biologischen Arbeitsstoffen, wie Schimmelpilzen, Bakterien oder Endotoxinen kontaminiert sein. Diese Handlungsanleitung enthält informativ als Anhang 2 ergänzende Hinweise für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen [2].

## 2 Anwendungsbereich

Diese Handlungsanleitung gilt für den Normalbetrieb in Betrieben, die Papierabfälle aufbereiten, die

- als gewerbliche Abfälle/Industrieabfälle,
- als Produktionsabfälle oder
- als Abfälle aus Haushalten

anfallen und nach entsprechender Aufbereitung einer weiteren Verwertung zugeführt werden. Dazu gehören auch Betriebe, die diese Tätigkeiten auf dem Gelände einer Papierfabrik ausüben.

Die Handlungsanleitung gilt für Arbeitsplätze in Betrieben, die Papierabfälle lagern, behandeln (Sortieren, Schreddern) und umschlagen (Verpressen, Bündeln, Transportieren). Dabei können einzelne Verfahrensschritte vereinfacht sein oder ganz entfallen. Die Weiterverarbeitung der zu Ballen gepressten oder lose abgegebenen sortierten Papierabfälle fällt nicht in den Geltungsbereich dieser Handlungsanleitung.

Für den Bereich Anlieferung und Materialaufgabe sowie bei Beschäftigten mit verschiedenen Tätigkeiten in der Halle wurden auch Messergebnisse für die alveolengängige Staubfraktion oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes von  $1,25 \text{ mg/m}^3$  ermittelt. Für diese Tätigkeiten ist daher eine personengetragene Arbeitsplatzmessung der alveolengängigen Staubfraktion durchzuführen. Liegt das Ergebnis dieser Messung unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes von  $1,25 \text{ mg/m}^3$ , so fallen auch diese Tätigkeiten in den Geltungsbereich dieser Handlungsanleitung. Wird der Wert von  $1,25 \text{ mg/m}^3$  überschritten, so sind die Maßnahmen nach TRGS 900, Nr. 2.4.2 [5] umzusetzen (siehe dazu Kapitel 5.2).

Diese Handlungsanleitung gilt weder für die mobile noch die stationäre Aktenvernichtung, weil die Messergebnisse in den meisten Fällen oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes für die alveolengängige Staubfraktion lagen.

Papierabfälle im Sinne dieser Handlungsanleitung sind alle Standardsorten entsprechend der Europäischen Liste für Altpapier und Pappe [6]. Mit Ausnahme von gebrauchten Kraftpapiersäcken, die vorher staubende Materialien, wie z. B. Zement, Farbpulver, Geschmacksverstärker, enthielten, fallen alle Papierabfälle in den Geltungsbereich dieser Handlungsanleitung.

Reinigungs- und Wartungsarbeiten, soweit diese zum täglichen Arbeitsablauf gehören (z. B. Reinigungsarbeiten zum Schichtende), fallen ebenfalls in den Geltungsbereich der Handlungsanleitung.

Betriebsstörungen sind nicht Gegenstand dieser Handlungsanleitung. Insbesondere bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten im Rahmen von Betriebsstörungen sind zusätzliche Schutzmaßnahmen zu treffen. Diese sind betriebspezifisch festzulegen.



### 3 Informationsermittlung

Altpapier wird sowohl bei gewerblichen Anfallstellen als auch bei privaten Haushalten erfasst. Bei den Erfassungssystemen werden Hol- und Bringsysteme unterschieden. Grundsätzlich stellt die Aufbereitung des Altpapiers eine qualitative Bearbeitung dar, die manuell, teil- oder vollautomatisch erfolgt. Dabei werden unerwünschte Stoffe wie Metalle, Kordeln, Glas, Textilien oder Kunststoffe möglichst vollständig entfernt und das Altpapier nach definierten Altpapiersorten klassifiziert. Die Liste der Europäischen Standardsorten und ihre Qualitäten sind in der Norm DIN EN 643 [6] aufgeführt.

#### 3.1 Arbeitsverfahren und Tätigkeiten

In Abbildung 1 ist beispielhaft der Verfahrensablauf einer Papieraufbereitungsanlage dargestellt. Dabei sind die Verfahrensschritte unabhängig von der Herkunft des gesammelten Altpapiers. Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitsschritte einer derartigen Anlage näher beschrieben.

- *Materialaufgabe*

Nach der Wägung wird das lose Papier im häufig überdachten Anlieferungsbereich (z. B. Sortierhalle, Anlieferboxen) abgekippt. Vor und während des Abkippvorgangs kann durch dort tätige Beschäftigte eine Sichtkontrolle des Materials erfolgen, um größere papierfremde Bestandteile zu entfernen.

- *Sortieren*

Das Papier wird mit einem Radlader oder Stapler auf das Aufgabeband gegeben. Es folgt eine Abtrennung von papierfremden Bestandteilen und unerwünschten Papieren und Pappen.

Je nach Anlage ist ein automatisches Sortiermodul eingefügt, das abgedeckt und abgesaugt ist. Bei der optischen Sortierung werden mittels Farberkennung und Druckluftausstoß vorher festgelegte Materialien (braune, graue und mehrfarbige Pappen, durchgefärbte Papiere etc.) ausgeschleust.

Das PPK-Material (Papier, Pappe, Kartonagen) kann bei Bedarf anschließend in einer Sortierkabine händisch nachsortiert werden. Dabei werden verbliebene papierfremde Bestandteile und unerwünschte Papiere und Pappen separiert.

- *Verpressen*

Die sortierten Papierfraktionen werden häufig mit einer Ballenpresse zu Ballen verpresst und mit Spanndraht umbunden. Anschließend werden diese z. B. mit einem Stapler mit Ballenklammer abtransportiert und im Lagerbereich zwischengelagert.

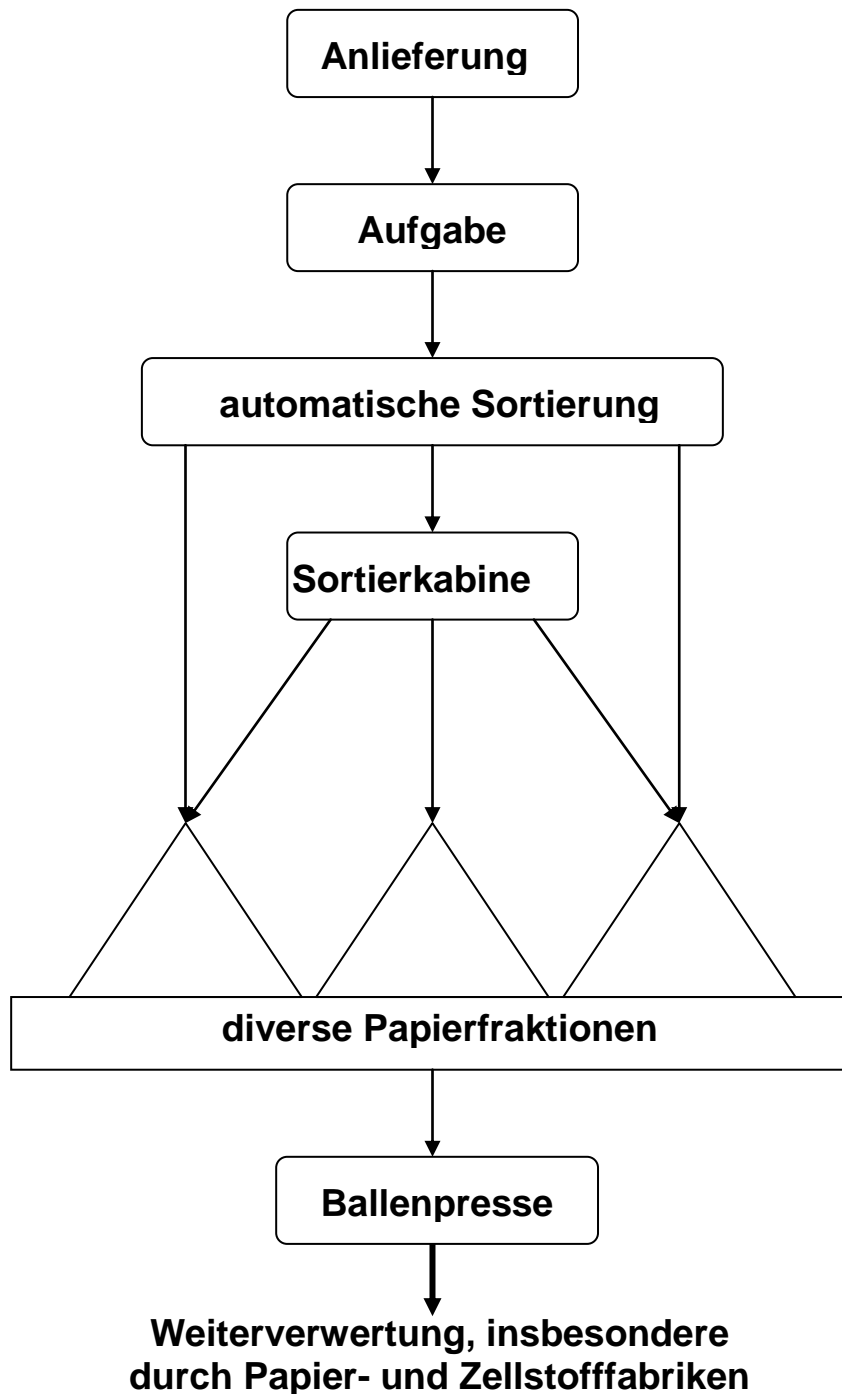


Abbildung 1

Fließbild einer Papieraufbereitungsanlage

### 3.2 Auftretende Stoffe bei der Papieraufbereitung

Bei der Aufbereitung von Papier, Pappe und Kartonagen können an den Arbeitsplätzen sowohl Gefahrstoffe als auch biologische Arbeitsstoffe auftreten. Die Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen für die unter 3.1 aufgeführten Arbeitsverfahren und Tätigkeiten sind in den Anhängen 1 bzw. 2 dargestellt.

Bei den Tätigkeiten im Rahmen der Aufbereitung werden einatembare und alveolengängige Stäube freigesetzt. Zudem ist von einer Belastung der Luft durch Abgase von Dieselmotoren der Anlieferfahrzeuge auszugehen. Weitere Gefahrstoffe haben keine Relevanz beim Papierrecycling.

- *Staub*

Papierstaub kann - je nach Herkunft des Papiers - u. a. kleine Mengen an Füllstoffen, Farbstoffen, Oberflächenveredelungs- und Beschichtungsstoffen sowie Klebstoffe aus Kleberücken enthalten. Des Weiteren sind als Staubbestandteile Verschmutzungen aus Verwendung, Transport und Lagerung von Papier, Pappe und Kartonagen möglich.

Papierstäube besitzen zum größten Teil Korngrößen von weniger als 0,5 mm und sind brennbar. Die untere Explosionsgrenze (UEG) trockenen Papierstaubs liegt bei ca. 30 g/m<sup>3</sup>. Die Glüh- und Zündtemperatur der abgelagerten Stäube beträgt ca. 320 °C und die Zündtemperatur der aufgewirbelten Stäube ca. 400 °C [7].

Bei den unter 3.1 dargestellten Arbeitsverfahren und Tätigkeiten werden Stäube unterschiedlicher Partikelgrößen freigesetzt. Darüber hinaus kann es infolge offener Fördersysteme oder durch nicht abgedeckte Transportvorrichtungen zu Staubexpositionen kommen. Reinigungsarbeiten, insbesondere, wenn diese durch unzulässiges Abblasen erfolgen, führen zu einer überdurchschnittlichen Staubexposition.

Für die einatembare und die alveolengängige Staubfraktion betragen die Arbeitsplatzgrenzwerte 10 mg/m<sup>3</sup> bzw. 1,25 mg/m<sup>3</sup> für eine mittlere Staubdichte von 2,5 g/cm<sup>3</sup> [5].<sup>1</sup> Übergangsweise kann bis Ende 2018 anstelle des Arbeitsplatzgrenzwertes ein Beurteilungsmaßstab von 3 mg/m<sup>3</sup> für die alveolengängige Staubfraktion herangezogen werden, wenn die in TRGS 900 unter Nummer 2.4.2 beschriebene Vorgehensweise umgesetzt wird [5].

---

<sup>1</sup> Beim Papierrecycling handelt es sich in der Regel um Mischstäube, die Papierstaub sowie weitere Bestandteile wie Reifenabrieb der Fahrzeuge, Verunreinigungen wie Sand und anhaftende Verschmutzungen enthalten können. Eine Dichtebestimmung dieser Stäube war im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen nicht möglich. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Dichte von 2,5 g/cm<sup>3</sup> eine Obergrenze darstellt. Dies trifft insbesondere für die Anlieferung und Materialaufgabe sowie die verschiedenen Tätigkeiten in der Halle zu, da hier stets von größeren Verunreinigungen im Staub auszugehen ist.

Bei den Tätigkeiten in der Sortierkabine sowie an der Ballenpresse kann dagegen eher von "reinem" Papierstaub ausgegangen werden, da hier bereits eine Vorsortierung bzw. Endsortierung erfolgte, so dass andere Staubanteile nur noch geringen Einfluss auf die Dichte der alveolengängigen Staubfraktion haben. Bei Annahme einer Dichte von ca. 1,5 g/cm<sup>3</sup> (Zellulose) für Papierstaub resultiert somit für die alveolengängige Staubfraktion an diesen Arbeitsplätzen ein Beurteilungsmaßstab von 0,8 mg/m<sup>3</sup> für die dort ausgeführten Tätigkeiten.

- *Dieselmotoremissionen (DME)*

Abgase von Dieselmotoren stellen ein komplexes Stoffgemisch aus gasförmigen und partikelförmigen Anteilen dar. Als Dieselmotoremissionen wird nach TRGS 554 „Abgase von Dieselmotoren“ [9] der Elementare Kohlenstoff aus dem Partikelanteil des gesamten Abgasgemisches eines Dieselmotors bezeichnet, der sich bei Anwendung des anerkannten Analyseverfahrens 2 nach BGI 505-44 [39] ergibt. Dieselmotoremissionen (DME) sind als krebserzeugend eingestuft (Kategorie 2 nach DFG) [8]. Tätigkeiten bei denen Beschäftigte in Bereichen arbeiten, in denen Dieselmotoremissionen freigesetzt werden gelten nach TRGS 906 als krebserzeugend [40]. Gasförmige Bestandteile der Abgase von Dieselmotoren sind z. B. Stickoxide und Kohlendioxid.

Expositionen durch Dieselmotoremissionen können bei der Anlieferung der Papierabfälle auftreten. Die Papierabfälle werden häufig in einer Halle angeliefert, um sie keinen direkten Witterungseinflüssen auszusetzen. Dazu müssen die Fahrzeuge die Halle ganz oder teilweise befahren. Die für den Straßenverkehr zugelassenen anliefernden Fahrzeuge sind häufig nicht mit Dieselpartikelfiltern ausgerüstet. Während der Anlieferung sind die Hallentore geöffnet. Die Motoren werden während der Wartezeiten abgestellt.

In den Arbeitsbereichen erfolgt der Transport des angelieferten Materials im Wesentlichen mit diesel-, gas- und elektrisch betriebenen Flurförderzeugen und Radladern.

Aufgrund der bekannten Querempfindlichkeit des Messverfahrens für die Bestimmung der partikulären Dieselmotoremissionen gegenüber Papierstaub wurden keine DME-Messungen durchgeführt.

Für Dieselmotoremissionen gibt es gegenwärtig keinen gesundheitsbasierten Arbeitsplatzgrenzwert.

- *Biologische Arbeitsstoffe*

Die Verarbeitung von feucht oder verunreinigt angeliefertem oder gelagertem Papier und Kartonagen oder Anlieferungen, die Fehlwürfe (z. B. Bioabfall) enthalten, können darüber hinaus zu einer erhöhten Exposition durch biologische Arbeitsstoffe wie Schimmelpilze, Bakterien und Endotoxine führen, die als luftgetragene Staubbestandteile auftreten können. Diese Expositionen sind unabhängig von den Gefahrstoffen zu bewerten. Weitergehende Informationen zu biologischen Arbeitsstoffen sind in Anhang 2 dieser Handlungsanleitung aufgeführt.

## 4 Beurteilung der Gefahrstoffexpositionen

Für die Gefährdungsbeurteilung der einzelnen Arbeitsbereiche und Tätigkeiten können die in Tabelle 1 aufgeführten Schichtmittelwerte herangezogen werden. Als Bewertungsgrundlage wurden die 95-Perzentile verwendet. Zur Begründung wird auf die Auswertung umfangreicher Arbeitsplatzmessungen in Anhang 1 verwiesen.

**Tabelle 1** Gefahrstoffexpositionen (95-Perzentile) bei der Papieraufbereitung bei Erfüllung der Schutzmaßnahmen dieser Handlungsanleitung

Arbeitsbereich / Tätigkeiten	alveolengängige Staubfraktion [mg/m <sup>3</sup> ]	einatembare Staubfraktion [mg/m <sup>3</sup> ]
nur Verpressung	0,30	5,92
<u>Papieraufbereitungsbetriebe:</u>		
Anlieferung/Materialaufgabe	1,34	8,62
Ballenpresse	0,60	6,31
Halle	1,53	8,50
Sortierkabine	0,79	9,23
Beschäftigte mit verschiedenen Tätigkeiten	1,78	6,39

Der Arbeitsplatzgrenzwert für die einatembare Staubfraktion wird bei allen Tätigkeiten eingehalten. Für die Gefährdungsbeurteilung können die in Tabelle 1 aufgeführten Expositionen für die einatembare Staubfraktion verwendet werden.

Für die Anlieferung und Materialaufgabe sowie für Beschäftigte mit verschiedenen Tätigkeiten in der Halle sind die im Betrieb bei Einhaltung der Maßnahmen nach Kapitel 5 gemessenen Expositionen der alveolengängigen Staubfraktion für die Gefährdungsbeurteilung zu verwenden. Liegt das Ergebnis dieser Messung oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes von 1,25 mg/m<sup>3</sup>, so sind die Maßnahmen nach TRGS 900, Nr. 2.4.2 [5] umzusetzen (siehe dazu Kapitel 5.2).

Sind bei den Tätigkeiten die in Kapitel 5 aufgeführten Schutzmaßnahmen umgesetzt, müssen in der Sortierkabine und an der Ballenpresse keine Arbeitsplatzmessungen durchgeführt werden. Für die Tätigkeiten in diesen Arbeitsbereichen wird der Arbeitsplatzgrenzwert für die alveolengängige Staubfraktion eingehalten. Für die Gefährdungsbeurteilung können die in Tabelle 1 aufgeführten Expositionen für die alveolengängigen Staubfraktion verwendet werden.

Wenn die gemessenen Expositionen der alveolengängigen Staubfraktion bei Tätigkeiten in der Anlieferung und Materialaufgabe sowie für Beschäftigte mit verschiedenen Tätigkeiten in der Halle unter 1,25 mg/m<sup>3</sup> liegen, kann die Gefährdungsbeurteilung für alle Tätigkeiten mit Gefahrstoffen entsprechend der TRGS 402 [3] mit dem Befund „**Schutzmaßnahmen ausreichend**“ abgeschlossen werden.

Damit dieser Befund für den Betrieb übernommen werden kann, muss aus der Dokumentation hervorgehen, dass die in diesen Empfehlungen beschriebenen Schutzmaßnahmen umgesetzt sind.

Unbeschadet dieser Handlungsanleitung bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere zur Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung für hier nicht erfasste Arbeitsbereiche des Betriebes, in denen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen erfolgen und für die diese Handlungsanleitung nicht gilt, bestehen.

Für mögliche andere Arbeitsbereiche des Betriebes wird auf einschlägige Empfehlungen verwiesen. Werden im Betrieb auch Kunststoffabfälle verpresst, kann die als Verfahrens- und Stoffspezifische Kriterien (VSK) vom AGS anerkannte Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis für die werkstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen herangezogen werden [11].

## 5 Schutzmaßnahmen für Papieraufbereitungsbetriebe

Nachfolgend sind die Schutzmaßnahmen aufgeführt, die bei den verschiedenen Tätigkeiten im Bereich des Papierrecyclings umzusetzen sind.

Der Arbeitsplatzgrenzwert für die einatembare Staubfraktion wird eingehalten. Damit reduziert sich der Aufwand zur Ableitung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung erheblich. Dies gilt auch für weitere Hinweise in dieser Handlungsanleitung, wie z. B. zusätzliche Gefahrstoffinformationen einschließlich Informationen über Ersatzverfahren, technische Minimierungsmaßnahmen und andere Maßnahmen des Arbeitsschutzes in Hinblick auf Gefahrstoffe.

Für die alveolengängige Staubfraktion wird der Arbeitsplatzgrenzwert von  $1,25 \text{ mg/m}^3$  nicht eingehalten, jedoch der übergangsweise bis Ende 2018 heranzuziehende Beurteilungsmaßstab in Höhe von  $3 \text{ mg/m}^3$ . Die Vorgehensweise nach TRGS 900, Nummer 2.4.2 [5] ist entsprechend 5.2 dieser Handlungsanleitung verpflichtend.

Zusätzlich werden die erforderlichen Maßnahmen beim Einsatz von dieselgetriebenen Fahrzeugen entsprechend TRGS 554 [9] aufgeführt.

Weiterhin sind die erforderlichen Maßnahmen im Rahmen des Brand- und Explosionsschutzes sowie zum Hautschutz der Beschäftigten näher dargestellt.

Die in Anhang 2 aufgeführten ergänzenden Ausführungen unterstützen den Arbeitgeber bei der Beurteilung der Expositionen durch biologische Arbeitsstoffe. Es gelten die Vorgaben der TRBA 214 [10].

### 5.1 Maßnahmen zur Verringerung der Gefahrstoffexposition

#### Anlieferung

Müssen bei der Anlieferung der Papierabfälle die für den Straßenverkehr zugelassene Fahrzeuge mit Dieselmotor ganz oder teilweise geschlossene Arbeitsbereiche befahren, sind sie mit einem aufsteckbaren Partikelfilter auszurüsten oder die Fahrzeugabgase sind unmittelbar am Auspuff zu erfassen und aus dem Arbeitsbereich abzuleiten (z. B. durch aufsteckbare Abgasabsaugungen). Ist dies nicht möglich, sind während der Anlieferung die Hallentore geöffnet zu halten. Die Motoren der Anlieferfahrzeuge sind während der Wartezeiten abzustellen. Ansonsten sind die Motorenläufe zu minimieren.

#### Fahrzeuge für den innerbetrieblichen Transport

Der Betrieb dieselbetriebener Flurförderzeuge ohne Abgasnachbehandlungssystem oder Partikelfilter ist in ganz oder teilweise geschlossenen Arbeitsbereichen nicht zulässig.

Werden dieselbetriebene Flurförderzeuge benutzt, so müssen diese über eine Abgasnachbehandlung oder über einen Partikelfilter verfügen, welcher der BAFU-Filterliste geprüfter und erprobter Partikelfiltersysteme für die Ausrüstung von Die-

selmotoren entspricht (ehemals: VERT-Filterliste)<sup>2</sup>. Die Abgasemissionen der Motoren sind entsprechend den Festlegungen der TRGS 554, Anlage 3 zu überwachen.

Bei der Neubeschaffung von Flurförderzeugen ist eine Prüfung nach TRGS 554, Anlage 4 [9] zur Entscheidung über die Antriebsart durchzuführen. Für Transportarbeiten in den Arbeitsbereichen sind bevorzugt gas- oder elektrobetriebene Flurförderzeuge zu beschaffen und einzusetzen.

Gasbetriebene Flurförderzeuge sind zur Minimierung der Exposition durch Kohlenmonoxid regelmäßig zu warten und entsprechend den Herstellerangaben einzustellen.

Fahrzeugkabinen müssen so belüftet sein, dass die Gefährdung der Beschäftigten minimiert ist (Filtration der Atemluft). Sie sind zum Ende jeder Arbeitsschicht zu reinigen. Die Türen und Fenster von Fahrzeugkabinen sind während des Betriebes geschlossen zu halten. Das Ein- und Aussteigen im belasteten Bereich ist soweit wie möglich zu reduzieren. Fahrzeugkabinen müssen klimatisiert werden.

## **Maschinen und Anlagen**

Bei bestimmungsgemäßer Verwendung der Maschinen und Anlagen beim Papierrecycling müssen die Arbeitssicherheit und der Gesundheitsschutz der Beschäftigten gewährleistet sein.

Bei der Aufstellung und dem Betrieb von Maschinen und Anlagen sind auch die Gefährdungen, die durch Wechselwirkungen mit anderen Arbeitsmitteln, Arbeitsstoffen oder mit der Arbeitsumgebung auftreten können, zu berücksichtigen. Insbesondere ist zu beachten, dass es im Inneren der Absaugleitungen für die Papierstäube ggf. zur Bildung explosionsfähiger Atmosphäre kommen kann. Dies ist durch entsprechende Explosionsschutzmaßnahmen zu vermeiden.

Steuerstände von Maschinen und Anlagen müssen so belüftet sein, dass die Gefährdung der Beschäftigten minimiert ist (Filtration der Atemluft). Sie sind zum Ende jeder Arbeitsschicht zu reinigen.

Arbeiten an Maschinen und Anlagen dürfen nur von Beschäftigten ausgeführt werden, die dazu befugt sind und diese Arbeiten selbständig sicher durchführen können oder bei diesen Arbeiten beaufsichtigt werden.

An den Maschinen und Anlagen angebrachte Abdeckungen und sonstige Schutzeinrichtungen dürfen während des Betriebs nicht geöffnet, entfernt oder anderweitig umgangen werden.

Die Staubfreisetzung an stationären Maschinen, Übergabestellen und Aufgabestellen ist durch eine oder mehrere der nachfolgenden technischen Maßnahmen wirksam zu minimieren. Dazu gehören:

- Absaugung
- Kapselung

---

<sup>2</sup> <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01010/index.html>



- Einhausung (z. B. flexible Abdeckungen oder Umhüllungen), um eine seitliche Ausbreitung in den Arbeitsbereich zu verhindern
- Bedüsung mit Wassernebel

Die Minimierung von Fallhöhen führt zur Verringerung der Staubemissionen an den Übergabestellen.

Durch bauliche Maßnahmen ist zu verhindern, dass Staub in angrenzende unbelastete Arbeitsbereiche gelangt.

### **Sortieren**

Für die Handsortierung ist eine beheizbare Sortierkabine nach den Vorschriften des Arbeitsstättenrechts einzurichten. Durch bauliche und Lüftungstechnische Maßnahmen (selbstschließende Türen, Lamellenvorhänge, Fenster geschlossen, Verhinderung von Lufteintritt über die Abwurfschächte, Überdruck) ist sicherzustellen, dass keine belastete Luft in die Sortierkabine einströmen kann. Bei der Auslegung und Dimensionierung der Sortierkabine sind Lüftungstechnische Anforderungen nach dem Stand der Technik zu beachten [13]. Anhand von Kontroll- und Wartungsplänen ist eine regelmäßige Wartung und Pflege der Lüftungstechnischen Anlage nach Herstellerangaben durchzuführen und zu dokumentieren. Die Lüftungstechnischen Anlagen sind nach Bedarf, mindestens jährlich, durch eine befähigte Person [14] zu prüfen. Über das Ergebnis der Prüfungen ist ein Nachweis zu führen.

Maschinelle Sortiereinrichtungen sind außerhalb der Sortierkabine zu installieren. Übergabestellen von Sortier- und Transportbändern innerhalb der Sortierkabine sind auszuschließen oder zu kapseln.

### **Reinigungsarbeiten**

Reinigungsarbeiten, insbesondere zur Entfernung von Staubablagerungen, sind regelmäßig durchzuführen. Dies betrifft vor allem den gesamten Fußboden im Anlieferungsbereich, wo durch den Anlieferverkehr ständige Staubaufwirbelung erfolgt. Zur weitestgehenden Vermeidung von Staubaufwirbelungen sind dazu Industriestaubsauger (Staubklasse H) oder Nassverfahren einzusetzen. Die Art und Häufigkeit der Reinigung ist in der Betriebsanweisung festzulegen. So sind z. B. begehbare und befahrbare Flächen täglich zu reinigen.

Ein Abblasen des Fußbodens ist nicht zulässig. Die Verwendung von Druckluft zum Abblasen ist nur ausnahmsweise zulässig, wenn die zu reinigenden Stellen für einen Industriestaubsauger nicht zugänglich sind, z. B. wegen verbauter Anlagenteile. In diesen Fällen hat vorher immer eine Grundreinigung mittels Industriestaubsauger zu erfolgen.

Wenn der Einsatz von Druckluft unumgänglich ist, haben die Beschäftigten partikel-filtrierenden Atemschutz mindestens der Klasse 2 zu tragen. Empfohlen werden Atemschutzmasken mit Partikelfiltern. In einer Betriebsanweisung ist vorab eindeutig festzulegen, wann und wo durch Abblasen mit Druckluft gereinigt werden darf.

## **Persönliche Schutzausrüstung**

Den Beschäftigten sind Sicherheitsschuhe der Schutzkategorie S2 nach DIN EN ISO 20345 [15] und geeignete Arbeitskleidung als körperbedeckender Arbeitsanzug gemäß DIN EN ISO 13688 [16] zur Verfügung zu stellen.

An Sortierarbeitsplätzen sind geeignete Schutzhandschuhe zur Verfügung zu stellen und von den Beschäftigten zu tragen.

Für einzelne Arbeitsbereiche und bei bestimmten Tätigkeiten ist vom Arbeitgeber Atemschutz bereitzustellen. Dabei sind die berufsgenossenschaftlichen Regeln zu beachten [12]. Das Tragen belastender persönlicher Schutzausrüstung als ständige Maßnahme anstelle technischer oder organisatorischer Schutzmaßnahmen ist nicht zulässig.

Bei Reinigungstätigkeiten mittels Abblasen (nur zulässig an für Industriestaubsauger unzugänglichen Stellen und nach Grundreinigung mittels eines Industriestaubsaugers) sind partikelfiltrierende Halbmasken der Schutzklasse P2 zu tragen:

Halbmasken mit Partikelfilter oder gebläseunterstützte Hauben bieten gegenüber partikelfiltrierenden Halbmasken (FFP2) in der Regel einen besseren Dichtsitz und einen besseren Schutz und sind deshalb vorzuziehen.

## **5.2 Vorgehensweise bei Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes für die alveolengängige Staubfraktion [5]**

Im Bereich der Anlieferung und Materialaufgabe und bei verschiedenen Tätigkeiten mit wechselndem Aufgabenprofil innerhalb der Halle kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Arbeitsplatzgrenzwert für die alveolengängige Staubfraktion in Höhe von  $1,25 \text{ mg/m}^3$  eingehalten wird. Allerdings wird der übergangsweise bis Ende 2018 heranzuziehende Beurteilungsmaßstab in Höhe von  $3 \text{ mg/m}^3$  unterschritten. Bei diesen Tätigkeiten sind die Beschäftigten Mischstäuben ausgesetzt, die neben Papierstaub auch andere Bestandteile wie Reifenabrieb, Sand, Erde und weitere Verunreinigungen enthalten können.

Entsprechend TRGS 900, Nr. 2.4.2 muss der Arbeitgeber für den Bereich Anlieferung und Materialaufgabe im Rahmen seiner Gefährdungsbeurteilung für diese Tätigkeiten eine Arbeitsplatzmessung zur Ermittlung der Exposition durch die alveolengängige Staubfraktion durchführen. Wird dabei festgestellt, dass der Arbeitsplatzgrenzwert in Höhe von  $1,25 \text{ mg/m}^3$  A-Staub nicht eingehalten wird, so ist ein Schutzmaßnahmenkonzept nach den Festlegungen der TRGS 900 zu erstellen, das neben der konsequenten Umsetzung aller in dieser Handlungsanleitung aufgeführten Maßnahmen die Prüfung und Hinzuziehung weiterer Maßnahmen zur Staubminderung beinhaltet (z. B. Installation weiterer Absaugelemente, Erhöhung der Luftwechselraten). Ziel dieser Maßnahmen ist die Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes für die alveolengängige Staubfraktion bis spätestens Ende 2018.

Die Beschäftigten sind über dieses Maßnahmenkonzept in einer für sie verständlichen Form und Sprache zu informieren. Weiterhin ist ihnen Atemschutz zur Verfügung zu stellen, der bei Expositionsspitzen zu tragen ist. Die Expositionsspitzen sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln.

### 5.3 Maßnahmen des Brand- und Explosionsschutzes

In Betrieben, die unter den Geltungsbereich dieser Handlungsanleitung fallen, besteht eine hohe Brandgefahr. Nicht nur Papier und Pappe, sondern vor allem die während der Verarbeitung frei werdenden Stäube können brennbar sein und als Staub-Luft-Gemisch unter bestimmten Verhältnissen eine explosionsfähige Atmosphäre bilden.

Nach § 5 Arbeitsschutzgesetz [18] in Verbindung mit den §§ 6 und 11 sowie Anhang I Nr. 1 der Gefahrstoffverordnung [1] sind vom Arbeitgeber auch die Gefährdung der Beschäftigten durch Brände und Explosionen zu ermitteln und betriebliche Mindestmaßnahmen zum Brand- und Explosionsschutz zu treffen und in der Betriebsanweisung festzulegen.

Die Bildung einer explosionsgefährlichen Atmosphäre ist nicht zu erwarten, wenn die Maßnahmen nach 5.1 umgesetzt werden.

Die Arbeitsbereiche sind gemäß Anhang I Nr. 1 Abs. 1.4 Gefahrstoffverordnung [1]

1. mit Flucht- und Rettungswegen sowie Ausgängen in ausreichender Zahl so auszustatten, dass die Beschäftigten die Arbeitsbereiche im Gefahrenfall schnell, ungehindert und sicher verlassen und Verunglückte jederzeit gerettet werden können,
2. so zu gestalten und auszulegen, dass die Übertragung von Bränden und die Auswirkungen von Bränden und Explosionen auf benachbarte Bereiche vermieden werden,
3. mit ausreichenden Feuerlöscheinrichtungen auszustatten; die Feuerlöscheinrichtungen müssen, sofern sie nicht selbsttätig wirken, gekennzeichnet, leicht zugänglich und leicht zu handhaben sein,
4. mit Angriffswegen zur Brandbekämpfung zu versehen, die so angelegt und gekennzeichnet sind, dass sie mit Lösch- und Arbeitsgeräten schnell und ungehindert zu erreichen sind.

Das Verwenden von offenem Feuer und offenem Licht ist nicht zulässig.

Grundsätzlich sind die Vorgaben der jeweiligen Landesbauordnung und Industriebaurichtlinie im Hinblick auf den Brand- und Explosionsschutz zu erfüllen. Weitergehende Maßnahmen hinsichtlich baulichem, technischem, betrieblichem und organisatorischem Brand- und Explosionsschutz können als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung erforderlich sein.

Detaillierte Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz enthalten die TRGS 720-722 [19-21] ], TRGS 800 [22] und die ASR A2.2 [23].

### 5.4 Schutzmaßnahmen bei dermalen Exposition

Für die Arbeitnehmer in Papieraufbereitungsanlagen besteht gemäß TRGS 401 [24] auch bei längerfristigem Hautkontakt mit Stäuben nur eine geringe dermale Gefährdung. Betroffen sind vor allem die Hände durch Kontakt mit kontaminierten Oberflä-

chen (siehe Anlage 2). Während der Sortierung besteht darüber hinaus eine mechanische Gefährdung durch Schnitt- und Stichverletzungen.

Im Betrieb ist ein tätigkeitsbezogener Hautschutzplan zu erstellen und auszuhängen. Im Hautschutzplan sind in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache die erforderlichen Schutz-, Reinigungs- und Pflegemaßnahmen den entsprechenden hautgefährdenden Arbeiten zuzuordnen. Bei der Erstellung des Hautschutzplanes ist arbeitsmedizinische Unterstützung angeraten.

Die in der TRGS 401 [24] aufgeführten Hilfen zur Einschätzung der Gefährdung und zur Auswahl und Bewertung von persönlichen Schutzausrüstungen und Hautschutzmitteln sind heranzuziehen. Das Ergebnis ist zu dokumentieren.

## **5.5 Betriebsanweisung und Unterweisung**

Für alle Arbeitsbereiche sind Betriebsanweisungen zu erstellen und auszuhängen. In der Betriebsanweisung sind auch Art und Häufigkeit der Reinigungstätigkeiten und der Einsatz persönlicher Schutzausrüstungen festzulegen. Die Beschäftigten sind mindestens einmal jährlich arbeitsplatzbezogen anhand der Betriebsanweisung in einer für sie verständlichen Form und Sprache zu unterweisen.

Arbeiten an Maschinen und Anlagen dürfen nur von Beschäftigten ausgeführt werden, die dazu befugt sind und diese Arbeiten selbständig sicher durchführen können oder bei diesen Arbeiten beaufsichtigt werden.

Essen, Trinken, Rauchen und Schnupfen ist an den Arbeitsplätzen nicht zulässig.

An allen Arbeitsplätzen sind die Grundsätze für die Verhütung von Gefährdungen nach GefStoffV [1] einzuhalten, siehe auch TRGS 500 [17].

## 6 Wirksamkeitsüberprüfung

Bei der Anwendung dieser Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis sind die in Kapitel 5 festgelegten Maßnahmen und Anforderungen einzuhalten.

In regelmäßigen Abständen oder nach Änderungen von Verfahren und Anlagen ist die Funktion und Wirksamkeit der vorhandenen technischen Schutzmaßnahmen, insbesondere durch Funktionsprüfung der Lüftungsanlagen zu überprüfen. Dabei sind insbesondere die von den Herstellern vorgeschriebenen Intervalle für Prüfungen und Wartungen einzuhalten. Alle Prüfungen und Instandsetzungsmaßnahmen an den Anlagen sind zu dokumentieren.

Werden in Betrieben neben Papierabfällen auch Kunststoffabfälle sortiert, verpresst oder verwertet, so kann die Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis für die werkstoffliche Verwertung von Kunststoffen [11] zusätzlich herangezogen werden.

Der Anwender dieser Handlungsanleitung muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Voraussetzungen der unveränderten Anwendbarkeit dieser Handlungsanleitung überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählen u. a. die unveränderte Gültigkeit dieser Handlungsanleitung, einschließlich der Arbeitsplatzgrenzwerte und Beurteilungsmaßstäbe, und die Prüfung, ob diese Handlungsanleitung noch für die betrieblichen Tätigkeiten zutrifft. Insbesondere ist zu überprüfen, inwieweit sich die eingesetzten Stoffe verändert haben.

Unbeschadet dieser Handlungsanleitung bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere zur Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung für hier nicht genannte Arbeitsbereiche des Betriebes, in denen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen erfolgen und für die diese Handlungsanleitung nicht gilt, bestehen.

Diese Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis ist im Internet auf der Webseite der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin unter [www.baua.de](http://www.baua.de) verfügbar. Sie wird regelmäßig überprüft und dem Stand der technischen und rechtlichen Entwicklung angepasst. Der Anwender dieser Handlungsanleitung sollte daher immer auf die Verwendung der aktuellen Fassung achten.

## 7 Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643), geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S 1622), durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. April 2013 (BGBl. I S. 944) und Artikel 2 der Verordnung vom 15. Juli 2013 (BGBl. I S. 2514)
- [2] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung - BioStoffV) vom 15. Juli 2013 (BGBl. I S. 2514)
- [3] TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition. GMBI 2010 S. 231-253 (Nr. 12) vom 25.02.2010, , geändert und ergänzt: GMBI 2014 S. 254-257 (Nr. 12) vom 2.4.2014
- [4] TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Ausgabe: Dezember 2010, GMBI 2011 S. 19-32 (Nr. 2) vom 31.1.2011, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2012, S. 715 (Nr. 40) vom 13.9.2012
- [5] TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte. Ausgabe Januar 2006, BArbBl. 1/2006 S. 41, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2014 S. 271-276 (Nr. 12) vom 2.4.2014
- [6] DIN EN 643: Papier, Karton und Pappe – Europäische Liste der Altpapier-Standardarten. Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe Mai 2014
- [7] Tag für Tag 05/07 „Papierstaub – verstecktes Risiko im Zeitungsdruck“ (<http://www.bgdp.de/pages/service/download/tft/2007/tft-5-2007-S28.pdf>)
- [8] Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft: Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe, Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten. Dieselmotoremissionen, 45. Lieferung 2008, WILEY-VCH Verlag, Weinheim
- [9] TRGS 554: Abgase von Dieselmotoren. GMBI 2008 S. 1179–1212 (Nr. 56/58) vom 08.12.2008, berichtigt: GMBI Nr. 28 S. 604-605 (Nr. 28) vom 2.7.2009
- [10] TRBA 214 „Abfallbehandlungsanlagen“ Ausgabe September 2013, GMBI. Nr. 49 vom 30.09.2013, S. 978-989
- [11] Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis: Kunststoffverwertung - Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffen (Die Kapitel 1-7 dieser Handlungsanleitung sind als VSK anerkanntes standardisiertes Arbeitsverfahren vom AGS verabschiedet). Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 2013
- [12] BGR/GUV-R 190: Benutzung von Atemschutzgeräten. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Dezember 2011
- [13] VDI 2262: Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe. Blatt 1-4, Beuth-Verlag Berlin, 2006-2013

- 
- [14] TRBS 1203: Befähigte Personen. GMBI 2010 Nr. 29 vom 12.05.2010, S. 627, geändert und ergänzt: GMBI Nr. 21 S. 386 (Nr. 21)
  - [15] DIN EN ISO 20345: Persönliche Schutzausrüstung – Sicherheitsschuhe. Beuth-Verlag Berlin, April 2012
  - [16] DIN EN ISO 13688: Schutzkleidung – Allgemeine Anforderungen. Beuth-Verlag Berlin, Dezember 2013
  - [17] TRGS 500: Schutzmaßnahmen. GMBI 2008 S. 224-258 (Nr. 11/12) vom 13.03.2008, mit Änderungen und Ergänzungen: GMBI 2008 S. 528 (Nr. 26) vom 04.07.2008
  - [18] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG) vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 3836), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 19. Oktober 2013 (BGBl. I S. 3836) geändert worden ist
  - [19] TRGS 720 / TRBS 2152: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines - BArbBl. Heft 8/9, 2006, S. 36-39 (siehe auch BAnz. Nr. 103a vom 02.06.2006)
  - [20] TRGS 721 / TRBS 2152 Teil 1: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung - BArbBl. Heft 8/9, 2006, S. 40-43 (siehe auch BAnz. Nr. 103a vom 02.06.2006)
  - [21] TRGS 722 / TRBS 2152 Teil 2: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre. GMBI 2012 S. 398-410 (Nr. 22) vom 3.5.2012
  - [22] TRGS 800: „Brandschutzmaßnahmen“, Ausgabe Dezember 2013; GMBI 2011 S. 33-42 (Nr. 2) vom 31.1.2011
  - [23] Technische Regeln für Arbeitsstätten: ASR A2.2: Maßnahmen gegen Brände, Ausgabe November 2012, GMBI 2012, S. 1225, geändert GMBI 2014, S. 286
  - [24] TRGS 401: Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen. GMBI 2008 S. 818-845 (Nr. 40/41) vom 19.8.2008, , zuletzt geändert und ergänzt GMBI 2012 S. 715 (Nr. 40) vom 13.9.2012
  - [25] Hebisch, R., Fröhlich, N., Karmann, J., Linsel, G., Klug, K.: Papierrecycling - Stoffbelastungen in Sortierbetrieben. Sicherheitsingenieur 42(4), 2011, S. 20-25
  - [26] Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI): LASI-Veröffentlichung - LV 23: Leitlinien zur Biostoffverordnung. 3. überarbeitete Auflage, August 2008
  - [27] TRBA 400: Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unter- richtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen. BArbBl. Heft 6, 2006, S. 62-77
  - [28] TRBA 405: Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe. BArbBl. Heft 7, 2006, S. 193-194
  - [29] VDI 4252 Blatt 3: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - Aktive Probenahme von Bioaerosolen - Abscheidung von luftge-

- tragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse. Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe August 2008
- [30] VDI 4253 Blatt 3: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis von Bakterien in der Luft - Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten. Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe August 2008
- [31] TRBA 466: Einstufung von Prokaryonten (Bacteria und Archaea) in Risikogruppen. GMBI 2010 Nr. 68-80 vom 6.12.2010 S. 1428-1667, zuletzt ergänzt: GMBI. Nr. 15-20 S. 380 vom 25. 4.2012
- [32] Messung von Gefahrstoffen – BGIA Arbeitsmappe, Expositionsermittlung bei chemischen und biologischen Einwirkungen: Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9420). Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung – BGIA, Erich Schmidt Verlag
- [33] VDI 4252 Blatt 2: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - Aktive Probenahme von Bioaerosolen - Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern. Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe Juni 2004
- [34] VDI 4253 Blatt 2: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilzkonzentrationen in der Luft - Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern. Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe Juni 2004
- [35] TRBA 460: Einstufung von Pilzen in Risikogruppen. BArbBl. Heft 10, 2002, S. 78-84
- [36] Messung von Gefahrstoffen – BGIA Arbeitsmappe, Expositionsermittlung bei chemischen und biologischen Einwirkungen: Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9450). Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung – BGIA, Erich Schmidt Verlag
- [37] TRBA/TRGS 406: Sensibilisierende Stoffe für Atemwege. GMBI 2008 S. 845-855 (Nr. 40/41) vom 19.8.2008, korrigiert GMBI 2009 S. 254 (Nr. 12-14) vom 27.3.2009
- [38] TRBA 500: Grundlegende Maßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen. GMBI. Nr.15-20 S. 373-379 vom 25.4.2012
- [39] Verfahren zur Bestimmung von organischen Stoffen im Feinstaub - anwendbar für partikelförmige Dieselmotor-Emissionen (BGI 505.44) Bezugsquelle: Carl Heymanns Verlag GmbH Köln [www.wolterskluwer.de](http://www.wolterskluwer.de)
- [40] TRGS 906: „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“, BArbBl. Heft 7/2005, S. 79-80; zuletzt geändert und ergänzt GMBI 2007 S. 514 (Nr. 24) vom 27.4.2007

*Es sind die jeweils aktuellen Fassungen der aufgeführten Literaturstellen zu verwenden.*



## Anhang 1 Grundlagen der Beurteilung der Gefahrstoffexposition

Bei der Aufbereitung von Papierabfällen wurden von den Messstellen der Bundesländer Baden-Württemberg und Hessen, der BAuA [25] und den Berufsgenossenschaften für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr) sowie Handel und Warendistribution (BGHW) im Zeitraum von 2004 bis 2009 Arbeitsplatzmessungen zur Ermittlung der Expositionen durch Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe in 53 Betrieben durchgeführt. Nachfolgend sind die Auswertungen der Messergebnisse für die Expositionen durch Gefahrstoffe für diese Betriebe detailliert dargestellt.

### Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen

Die Arbeitsplatzmessungen zur Ermittlung der Expositionen durch die alveolengängige und die einatembare Staubfraktion erfolgten überwiegend in Betrieben, in denen die Papierabfälle nach der Anlieferung sortiert wurden. Zwischen Anlieferung und Sortierung lagen unterschiedliche Zeitabstände. Meistens wurden die Papierabfälle gleich nach der Anlieferung der Sortierung zugeführt. Die sortierten Papierabfälle wurden dann entweder zu Ballen verpresst oder unverpresst an die weiterverarbeitenden Betriebe, i. d. R. Papierhersteller, abgegeben. In einigen Betrieben erfolgte keine Sortierung, sondern nur ein Verpressen der angelieferten Papierabfälle. Verpresste Papierballen wurden sowohl in überdachten Lagerbereichen und geschlossenen Hallen als auch im Freien gelagert. Unverpresste Papierabfälle wurden nicht im Freien gelagert.

Tabelle 2 liefert eine Übersicht über die bei Arbeitsplatzmessungen ermittelten Schichtmittelwerte für die einatembare und die alveolengängige Staubfraktion. Die sowohl personengetragen als auch ortsfest durchgeführten Messungen konnten zusammengefasst werden, da keine Unterschiede zwischen ihnen feststellbar waren.

- *Betriebe ohne Sortierung*

Die in Tabelle 2 aufgeführten Schichtmittelwerte für die einatembare und die alveolengängige Staubfraktion zeigen, dass in Betrieben, die Papierabfälle nur verpressen, die **Arbeitsplatzgrenzwerte für die einatembare und die alveolengängige Staubfraktion durchweg eingehalten** werden.

- *Papieraufbereitungsbetriebe*

Die ausreichend große Anzahl von Messergebnissen lässt eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Tätigkeiten und Arbeitsbereiche in Papieraufbereitungsbetrieben zu. Im Einzelnen sind dies

- Anlieferung und Materialaufgabe,
- Ballenpresse,
- die Halle mit allen darin befindlichen Anlagen und Arbeitsplätzen,
- an verschiedenen Arbeitsplätzen tätige Beschäftigte sowie
- die Sortierkabine.

**Tabelle 2** Zusammenstellung der Schichtmittelwerte für die einatembare und die alveolengängige Staubfraktion

	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Messergebnisse	Median [mg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [mg/m <sup>3</sup> ]	Maximalwert [mg/m <sup>3</sup> ]
einatembare Staubfraktion (Arbeitsplatzgrenzwert 10 mg/m <sup>3</sup> [5])					
nur Verpressung	7	16	0,90	5,92	7,48
<u>Papieraufbereitungsbetriebe</u>					
Anlieferung/Materialaufgabe	25	74	2,41	8,62	19,9
Ballenpresse	18	45	2,20	6,31	7,21
Halle	15	24	1,93	8,50	18,2
Sortierkabine	26	86	2,09	9,23	13,6
Beschäftigte	17	37	2,42	6,39	6,87
alveolengängige Staubfraktion (Arbeitsplatzgrenzwert 1,25 mg/m <sup>3</sup> , Beurteilungsmaßstab übergangsweise bis Ende 2018: 3 mg/m <sup>3</sup> [5])					
nur Verpressung	4	12	0,15	0,30	0,38
<u>Papieraufbereitungsbetriebe</u>					
Anlieferung/Materialaufgabe	25	53	0,31	1,34	4,20
Ballenpresse	15	30	0,34	0,60	0,75
Halle	13	23	0,28	1,53	1,95
Sortierkabine	7	11	0,34	0,79	0,84
Beschäftigte	23	42	0,55	1,78	1,92

Anlieferung und Materialaufgabe

Durch Firmen- und Fremdfahrzeuge wurden Papierabfälle angeliefert, die von den Beschäftigten der Papieraufbereitungsbetriebe dann in den weiteren Prozess eingespeist wurden. Üblicherweise waren ein bis zwei Beschäftigte bei der Anlieferung und Materialaufgabe tätig.

Für die alveolengängige Staubfraktion liegt das 95-Perzentil knapp oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes von 1,25 mg/m<sup>3</sup>; der Beurteilungsmaßstab von 3 mg/m<sup>3</sup> wird deutlich unterschritten. An einem Arbeitsplatz wurde infolge ungünstiger Luftverhältnisse im Anlieferungsbereich eine Überschreitung des Beurteilungsmaßstabes festgestellt.

Für die einatembare Staubfraktion wurde ebenfalls in einem Fall der Arbeitsplatzgrenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup> überschritten. Dies konnte ursächlich auf die in einem anderen Hallenbereich durchgeführten Reinigungsarbeiten mit Druckluft zurückgeführt werden.

Der Arbeitsplatzgrenzwert für die einatembare Staubfraktionen wird im Bereich der Anlieferung und Materialaufgabe als 95-Perzentil eingehalten.

Ballenpresse

An der Ballenpresse wurden die einzelnen Papierfraktionen und in einigen Betrieben auch Kunststoffabfälle verpresst. Während der Verpressung von Kunststoffabfällen wurden keine Messungen durchgeführt oder für den entsprechenden Zeitraum unterbrochen.

Die Messergebnisse in Tabelle 1 zeigen, dass bei funktionierender Absaugung an der Ballenpresse die Arbeitsplatzgrenzwerte für die alveolengängige und die einatembare Staubfraktion eingehalten werden.

Messungen, bei denen die Absaugung an der Ballenpresse nicht in Funktion war oder bei denen Störungen in der Presse beseitigt und Reinigungsarbeiten durchgeführt wurden, sind im Datenkollektiv in Tabelle 2 nicht berücksichtigt. In diesen Fällen traten zum Teil deutliche Überschreitungen bis etwa zum Fünffachen der Arbeitsplatzgrenzwerte für beide Staubfraktionen auf.

Wurden in den Ballenpressen gebrauchte Kraftpapiersäcke verpresst, so gehörten die ermittelten Schichtmittelwerte durchweg zu den höchsten ermittelten Werten. Wenn berücksichtigt wird, dass das Verpressen derartiger Säcke mit Farbpulverresten, Zementresten oder Resten an Glutamat im Allgemeinen nicht mehr als 30 Minuten dauerte, muss davon ausgegangen werden, dass während dieses Zeitraums der zulässige Kurzzeitwert in Höhe des doppelten Arbeitsplatzgrenzwertes für die einatembare Staubfraktion in Höhe von  $20 \text{ mg/m}^3$  überschritten wurde. Ebenso lässt sich schlussfolgern, dass bei einer lange andauernden Verpressung derartiger Säcke eine Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes auch im Schichtmittel zu erwarten ist. Wegen dieser erhöhten Expositionen wurde das Verpressen von Kraftpapiersäcken nicht in den Geltungsbereich dieser Handlungsanleitung aufgenommen.

Wie Tabelle 2 zeigt, bestehen keine signifikanten Unterschiede bei den Expositionen beim Verpressen, wenn dies in Betrieben mit Sortierung oder in Betrieben erfolgt, die ausschließlich pressen.

#### Andere Anlagen und Arbeitsplätze in der Halle

Weitere Messungen in der Halle erfolgten stationär an ausgewählten Anlagen, an denen erhöhte Expositionen erwartet wurden. Es handelte sich dabei nicht um ständige Arbeitsplätze. Die Beschäftigten hatten hier im Allgemeinen nur bei Kontrollen und bei der Beseitigung von Störungen zu tun. Die Messergebnisse stellen damit den „worst case“ dar und liefern Informationen über mögliche erhöhte Expositionen der Beschäftigten, wenn sie sich an diesen Anlagen aufhalten oder dort tätig sind. Ebenso wurden Messungen in der Nähe der Ballenablage durchgeführt.

Bis auf eine Ausnahme lagen die ermittelten Staubexpositionen an den verschiedenen Anlagen in der Halle unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes für die einatembare Staubfraktion. Nur in einem Fall wurde unmittelbar an einer Anlage zur Feinsortierung der Arbeitsplatzgrenzwert für die einatembare Staubfraktion mit  $18,2 \text{ mg/m}^3$  überschritten. Allerdings handelte es sich hier um eine Anlage, an der die Beschäftigten während der Messungen zu keinem Zeitpunkt tätig waren.

Einige Beschäftigte führten verschiedene Tätigkeiten aus. Eine Zuordnung zu einzelnen Tätigkeiten oder Arbeitsplätzen war somit nicht möglich. An den Beschäftigten wurden personengetragene Messungen durchgeführt. Es gehörten dazu vor allem die Vorarbeiter und Schichtführer sowie die Fahrer von Gabelstaplern und Radla-

dern. Diese Beschäftigten verrichteten während der Messungen zum Teil auch Tätigkeiten im Freien.

Für die alveolengängige Staubfraktion lagen die 95-Perzentile geringfügig oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes von  $1,25 \text{ mg/m}^3$ ; der übergangsweise mögliche Beurteilungsmaßstab in Höhe von  $3 \text{ mg/m}^3$  wurde durchweg deutlich unterschritten.

#### Sortierkabine

In der Sortierkabine befanden sich unmittelbar am Sortierband mehrere Arbeitsplätze, die je nach Betrieb von zwei bis sechs Beschäftigten besetzt waren.

Das 95-Perzentil der Schichtmittelwerte für die alveolengängige Staubfraktion lag in der Sortierkabine unterhalb des entsprechenden Beurteilungsmaßstabes von  $0,8 \text{ mg/m}^3$ . Für die einatembare Staubfraktion wurden in vier Fällen Überschreitungen des Arbeitsplatzgrenzwertes um bis zu etwa 40 % festgestellt. Als Ursache werden dafür vor allem die nicht voll funktionsfähige Lufttechnik in der Sortierkabine sowie Reinigungsarbeiten durch Fegen angesehen. Das 95-Perzentil liegt für die Expositionen durch die einatembare Staubfraktion mit  $9,3 \text{ mg/m}^3$  unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes.

## **Anhang 2 Informationen zu den Expositionen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Aufbereitung von Papierabfällen**

Bei der Aufbereitung von Papier, Pappe und Kartonagen kommt es zu Expositionen durch biologische Arbeitsstoffe, d. h. Mikroorganismen. Diese Mikroorganismen werden mit organischen Verunreinigungen in den Prozess eingetragen oder besiedeln feucht gewordenes Papier. Sie können luftgetragen, d. h. als Staubbestandteil, sowie als Schmierinfektion und in Form von Pilzkrankungen der Haut eine Gefährdung für die Beschäftigten darstellen.

Bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen gilt die Biostoffverordnung. Biologische Arbeitsstoffe nach der Biostoffverordnung sind im weitesten Sinne Mikroorganismen, die beim Menschen Infektionen, sensibilisierende oder toxische Wirkungen hervorrufen können. Für die Bewertung der Exposition durch Mikroorganismen am Arbeitsplatz haben sich in der Vergangenheit die Summenparameter Schimmelpilze, Bakterien und Endotoxine etabliert. Endotoxine sind Strukturbestandteile gramnegativer Bakterien und können Entzündungen der Atemwege oder grippeähnliche Symptome verursachen. Grenzwerte für biologische Arbeitsstoffe gibt es keine. Als Bewertungsmaßstab gelten die Werte für die Außenluft. Wie für andere Bereiche der Abfallbehandlung gilt auch für das Papierrecycling die Technische Regel für biologische Arbeitsstoffe – TRBA 214 [10]. Darin ist ein technischer Kontrollwert (TKW) gemäß TRBA 405 [28] für mesophile Schimmelpilze in der Luft in Sortierkabinen, Kabinen und Steuerständen festgelegt. Dieser beträgt  $5 \times 10^4$  KBE/m<sup>3</sup> (koloniebildende Einheiten pro m<sup>3</sup> Atemluft).

Die Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 214 „Abfallbehandlungsanlagen“ gilt für Aufbereitungs- und Sortieranlagen einschließlich getrennt gesammelter Fraktionen wie Kunststoffe. Dort wird unter Nr. 6 auf einen Technischen Kontrollwert (TKW) zu Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen verwiesen. Wird der TKW überschritten, sind die Schutzmaßnahmen zu optimieren bis der TKW eingehalten oder unterschritten wird [22].

An den Arbeitsplätzen treten in Relation zur Umgebung erhöhte Luftkonzentrationen an Pilzen und Bakterien auf. Über die Exposition gegenüber Viren und Parasiten liegen keine Daten vor. Die Einstufung der biologischen Arbeitsstoffe in Risikogruppen wird entsprechend dem von ihnen ausgehenden Infektionsrisiko vorgenommen. Erfahrungsgemäß handelt es sich im Wesentlichen um Schimmelpilze und Bakterien der Risikogruppen 1 und 2, letztere können infektiöse Erkrankungen beim Menschen verursachen. Mögliche toxische und sensibilisierende Wirkungen der biologischen Arbeitsstoffe sind bei der Gefährdungsbeurteilung zusätzlich zu berücksichtigen.

Nachfolgend werden repräsentative Messergebnisse biologischer Arbeitsstoffe beim Papierrecycling dargestellt, die im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung (LASI-LV 23 [26], TRBA 400 [27]) zu beachten sind. In Ergänzung zur TRBA 214 [10] wird auf spezifische Schutzmaßnahmen hingewiesen. In dieser Handlungsanleitung sind Erfahrungen aus vergleichbaren Tätigkeiten enthalten, die gemäß § 5 Biostoffverordnung bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen sind.

### A2.1 Gemessene Expositionen durch biologische Arbeitsstoffe

Die Arbeitsplatzmessungen zur Ermittlung der Expositionen der Beschäftigten durch luftgetragene biologische Arbeitsstoffe erfolgten in denselben Betrieben und Arbeitsplätzen wie die Gefahrstoffmessungen. Die Exposition der Außenluft wurde als Bezugsgröße ermittelt. Bakterien, Schimmelpilze und Endotoxine wurden nach der in der TRBA 405 [28] festgelegten Messstrategie gesammelt und mit standardisierten Messverfahren analysiert. Als Leitparameter für die Exposition mit biologischen Arbeitsstoffen in der Luft an Arbeitsplätzen im Papierrecycling erwiesen sich die Schimmelpilze.

- *Bakterien*

Die Probenahmen luftgetragener Bakterien erfolgten mit Filtrationsluftkeimsammlern oder nach VDI-Richtlinie 4252 Blatt 3 [29] mit Impingern. Die Analyse erfolgte kultivierungsabhängig. Die Bakterien wurden auf CaSo-Agar, einem Universalmedium für verschiedene Bakterien, sowie auf Difco-Actinomyceten-Isolationsagar in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 4253, Blatt 3 [30] bebrütet. Die Ergebnisse werden in koloniebildenden Einheiten (KBE) pro m<sup>3</sup> Atemluft angegeben.

In Tabelle 3 sind die Messwerte für die Expositionen durch Bakterien in den Betrieben dargestellt. Die ermittelten Werte lagen in den Anlagen um den Faktor 10 bis 100 über denen der jeweiligen Außenluftreferenz.

**Tabelle 3** Zusammenstellung der Messwerte für Bakterien

	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Messergebnisse	Median [KBE/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [KBE/m <sup>3</sup> ]	Maximalwert [KBE/m <sup>3</sup> ]
<b>Bakterien (CaSo-kultiviert)</b>					
alle	11	27	8.000	95.900	280.000
<u>davon</u>					
Sortierkabine	11	12	14.200	78.600	89.000
übrige Arbeitsplätze	11	15	6.600	153.200	280.000
Außenluftreferenz	11	12	289	3.132	3.610
<b>Bakterien (Difco-Actinomyceten-Isolationsagar-kultiviert)</b>					
Sortierkabine	8	8	17.600	31.100	34.700
übrige Arbeitsplätze	8	8	5.900	105.000	145.000
Außenluftreferenz	8	8	108	2.260	3.280

Für eine Risikobewertung einer Bakterienexposition muss man wissen, um welche es sich im Wesentlichen handelt. Einige Arten der Actinomyceten spielen bei der Entwicklung der als Berufskrankheit anerkannten exogen-allergischen Alveolitis, BK 4201, eine Rolle. Aus diesem Grunde wurden in 8 Betrieben die Bakterien zusätzlich

auf Difco-Actinomyceten-Isolationsagar kultiviert. Die Konzentration an den Arbeitsplätzen lag um zwei Größenordnungen über der der Außenluftreferenz.

In 3 Betrieben wurde repräsentativ eine Identifizierung der Bakterien in den Sortierkabinen über die Analyse der in den Proben vorhandenen 16S-RNA-Gene vorgenommen. Für folgende Bakteriengattungen wurden mindestens eine Bakterienart der Risikogruppe 2 gemäß TRBA 466 [31], also Bakterien mit gesundheitsadverserem Potential für den Beschäftigten nachgewiesen:

*Acinetobacter*  
*Aerococcus*  
*Alcaligenes*  
*Citrobacter*  
*Enterobacter*  
*Klebsiella*  
*Pantoea*  
*Proteus*  
*Shigella*  
*Staphylococcus*

- *Schimmelpilze*

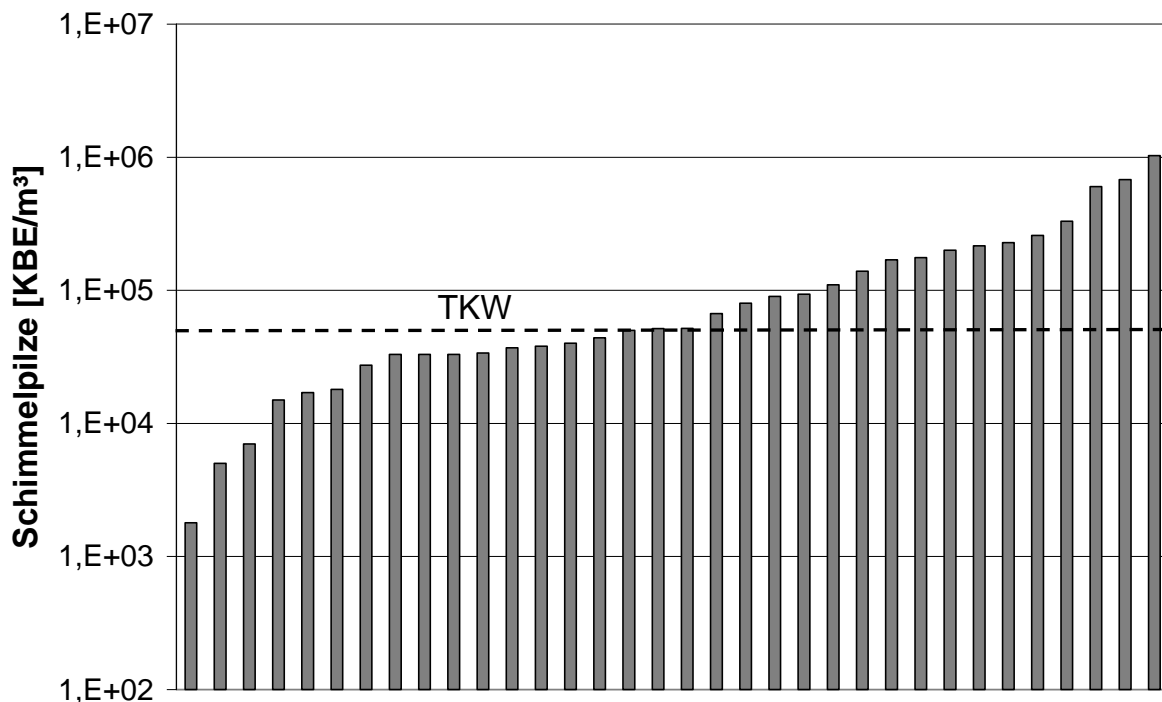
Die Probenahmen erfolgten mit Filtrationsluftkeimsammlern. Die Analyse wurde kultivierungsabhängig auf DG-18-Agar, der ein breites Spektrum von Schimmelpilzen erfasst, durchgeführt. Die Messungen erfolgten nach den Verfahren der BGIA-Arbeitsmappe, Kennzahl 9420 [32] bzw. nach VDI-Richtlinie 4252, Blatt 2 [33] und 4253, Blatt 2 [34]. Die Ergebnisse werden in koloniebildenden Einheiten (KBE) pro m<sup>3</sup> Atemluft angegeben.

**Tabelle 4** Zusammenstellung der Messwerte für Schimmelpilze

	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Messergebnisse	Median [KBE/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [KBE/m <sup>3</sup> ]	Maximalwert [KBE/m <sup>3</sup> ]
<b>Schimmelpilze gesamt</b>					
alle	33	73	44.000	631.000	1.840.000
<u>davon</u>					
Sortierkabine	30	34	51.600	627.300	1.027.500
übrige Arbeitsplätze	26	39	38.000	495.000	1.840.000
Außenluftreferenz	22	24	1.539	9.935	40.000
<b>Aspergillus fumigatus</b>					
Sortierkabine	9	9	1.130	5.630	7.700
übrige Arbeitsplätze	9	9	286	21.000	33.000
Außenluftreferenz	9	9	33	99	100

Tabelle 4 gibt eine Übersicht zu den Expositionen durch Schimmelpilze bei der Aufbereitung von Papierabfällen. Die Konzentrationen luftgetragener Schimmelpilze lagen 10- bis 100-fach über der jeweiligen Außenluftreferenz. Für die 11 Betriebe, in denen keine Außenluftreferenz gemessen wurde, kann der Medianwert der erfassten Außenluftwerte, der im Bereich der bekannten Hintergrundwerte der Umwelt liegt, genutzt werden.

Die Einhaltung des Technischen Kontrollwerts (TKW) für Schimmelpilze von  $5 \times 10^4$  KBE/m<sup>3</sup> in den Sortierkabinen ist in Abbildung 2 dargestellt. Bei 16 von 34 Messungen, d. h. in 14 von 31 Sortierkabinen wurde der TKW eingehalten, was mehr als der Hälfte der Sortierkabinen entspricht (17 von 31). In drei Sortierkabinen wurde an jeweils zwei Stellen gemessen; in zwei Sortierkabinen lagen beide Messwerte unter dem TKW, in einer beide darüber. 12 Messwerte (11 Sortierkabinen) lagen über  $10^5$  KBE/m<sup>3</sup>. Die Messungen belegen, dass der TKW bei Realisierung technischer und hygienischer Standards in den Sortierkabinen beim Papierrecycling grundsätzlich einhaltbar ist.



**Abbildung 2** Schimmelpilzkonzentration in der Luft von 31 Sortierkabinen (34 Messungen) während des händischen Sortierens von Altpapier. Der Technische Kontrollwert (TKW) nach TRBA 214 [10] liegt für diese Arbeitsplätze bei  $5 \times 10^4$  KBE/m<sup>3</sup>.

Für 10 Betriebe wurde anhand morphologischer Merkmale eine Identifizierung der Schimmelpilze teilweise bis auf Art-Ebene vorgenommen. Für *Aspergillus fumigatus*, einen humanpathogenen Schimmelpilz der Risikogruppe 2 mit allergenem Potential lag die Konzentration an den Arbeitsplätzen um den Faktor 100 über der Außenluftreferenz (Tabelle 4). *Aspergillus fumigatus* kann beim Menschen das Aspergillom



und allergische bronchopulmonale Aspergillose verursachen. Tabelle 5 stellt die häufigsten an den Arbeitsplätzen vorkommenden Schimmelpilzarten zusammen und ordnet die jeweilige Risikogruppe und etwaige Zusatzinformationen für die Gefährdungsbeurteilung zu. Etwa 90 % der identifizierten Schimmelpilze an den untersuchten Arbeitsplätzen gehören zu den Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium*, die in der TRBA/TRGS 406 [37] als atemwegssensibilisierend klassifiziert sind. An den untersuchten Arbeitsplätzen wurden einerseits Schimmelpilze identifiziert, die ebenso in der Außenluft gefunden wurden, wie z. B. *Aspergillus fumigatus*, nur in höherer Konzentration (Tabelle 4). Andererseits gibt es Schimmelpilze wie *A. versicolor*, *A. ochraceus* oder *Rhizopus stolonifer*, die offensichtlich bevorzugt durch das Papier eingetragen werden.

**Tabelle 5** Die häufigsten Schimmelpilze in 10 Betrieben in den Bereichen Sortierkabinen (Sk), sonstige Arbeitsplätze (Ap) und Außenluft-Referenz (außen); Risikogruppen gemäß TRBA 460 [35], Zusätze: A, allergenes Potential; +, Gefahr für Abwehrgeschwächte

Art	Nachweis an Messstellen (max. 10)			Risiko- gruppe
	Sk	Ap	außen	
<i>Aspergillus fumigatus</i>	9	10	9	2, A
<i>Aspergillus flavus</i>	6	5	4	2
<i>Aspergillus versicolor</i>	9	10	2	1, +
<i>Aspergillus niger</i>	10	9	5	1, +
<i>Aspergillus ochraceus</i>	7	4	0	1
<i>Penicillium chrysogenum</i>	10	8	4	1
<i>Penicillium roqueforti</i>	6	5	1	1
<i>Rhizopus stolonifer</i>	9	7	2	1
<i>Chrysonilia sitophila</i>	6	3	1	1

- *Endotoxine*

Die luftgetragenen Endotoxine wurden im E-Staub stationär und personengetragen auf Filtern gesammelt, in endotoxinfreiem Wasser extrahiert und mit dem Limulus-Amöbozyten-Lysat-(LAL) Test die endotoxische Aktivität bestimmt (BGIA-Arbeitsmappe, Kennzahl 9450, [36]). Die Ergebnisse werden in Endotoxin-Units (EU) pro m<sup>3</sup> Atemluft angegeben.

Endotoxine sind Strukturbestandteile gramnegativer Bakterien und können zu Entzündungen der Atemwege oder grippeähnlichen Symptomen führen. Endotoxine sind bekanntermaßen Ursachen der Byssinose und führen zu Symptomen wie dem Orga-

nic Dust Toxic Syndrom (ODTS), Heufieber oder Befeuchterfieber. Einen Grenzwert oder TKW für Endotoxine gibt es nicht.

Tabelle 6 stellt eine Zusammenfassung der Endotoxinexpositionen in den Betrieben dar. Die ermittelten Endotoxinkonzentrationen an den Arbeitsplätzen lagen generell über denen der Außenluft.

In zwei Fällen konnten auch während der Aktenvernichtung Messungen der Endotoxinexpositionen durchgeführt werden. Diese lagen mit 8 und 24 EU/m<sup>3</sup> unterhalb der ermittelten Expositionen in den Papieraufbereitungsbetrieben.

**Tabelle 6** Zusammenstellung der Messwerte für Endotoxine

	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Messergebnisse	Median [EU/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil [EU/m <sup>3</sup> ]	Maximalwert [EU/m <sup>3</sup> ]
Endotoxine					
alle	15	71	469	2.859	6.830
<u>davon</u>					
Sortierkabine	15	33	671	4.117	6.830
übrige Arbeitsplätze	14	38	290	1.628	4.196
Außenluftreferenz	13	14	6	112	165

## A2.2 Schutzmaßnahmen gegenüber biologischen Arbeitsstoffen

Die vorliegenden Messergebnisse in Betrieben des Papierrecyclings belegen eine Exposition durch biologische Arbeitsstoffe. Insbesondere an Arbeitsplätzen mit einem direkten und anhaltenden Kontakt zum Altpapier, wie im Bereich der Bandaufgabe, der Presse oder in den Sortierkabinen sind die Beschäftigten teilweise hohen Expositionen durch biologische Arbeitsstoffe mit krankmachendem Potential (Risikogruppe 2 und allergisierendes Potential) ausgesetzt; eine Exposition, die ungeachtet von der Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte für die alveolengängige und die einatembare Staubfraktion zu beachten ist. Eine Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung [2] ist durchzuführen und Schutzmaßnahmen sind daraus abzuleiten.

Die allgemeinen Grundsätze zur Hygiene bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der TRBA 500 [37] sowie die TRBA 214 [10] für Abfallbehandlungsanlagen sind zu beachten. Dies betrifft insbesondere auch den Betrieb von Sortierkabinen. Hierbei ist insbesondere auf eine wirksame und gewartete Lüftungstechnische Anlage zu achten. Die Bewertung der Konzentration biologischer Arbeitsstoffe am Arbeitsplatz anhand eines TKW soll dem Arbeitgeber helfen, die Wirksamkeit dieser Schutzmaßnahmen zu beurteilen.

Als Leitparameter für die Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen gegenüber biologischen Arbeitsstoffen in der Luft an Arbeitsplätzen im Papierrecycling wird die Messung luftgetragener Schimmelpilze empfohlen.

Feuchtes Papier stellt einen Nährboden für Mikroorganismen dar. Offensichtlich verschimmeltes Altpapier darf nicht händisch sortiert werden und muss umgehend entsorgt werden.

Die Bedüsung des Altpapiers mit Wasserdampf kann zu einer Erhöhung der Exposition durch biologische Arbeitsstoffe führen, wenn der Feuchtigkeitsgehalt des Papiers zu hoch ist und die Verweildauer in der Anlage zu lang ist.

