

BGIA-Report 6/2005

## **Biostoffliste**

Handlungshilfen zur Gefährdungsbeurteilung  
beim Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen



**HVBG**

Hauptverband der  
gewerblichen  
Berufsgenossenschaften

Autoren: Annette Kolk, Nikole Peters, Gerd Schneider, Helmut Blome,  
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA  
des HVBG, Sankt Augustin  
Stefan Dreller,  
Berufsgenossenschaftliche Zentrale für Sicherheit  
und Gesundheit des HVBG, Sankt Augustin

Redaktion: Zentralbereich des Berufsgenossenschaftlichen Instituts  
für Arbeitsschutz – BGIA des HVBG, Sankt Augustin

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen  
Berufsgenossenschaften (HVBG)  
Alte Heerstraße 111, D – 53754 Sankt Augustin  
Telefon: 0 22 41 / 2 31 - 01  
Telefax: 0 22 41 / 2 31 - 13 33  
Internet: [www.hvbg.de](http://www.hvbg.de)  
– November 2005 –

Satz und Layout: HVBG, Kommunikation

Druck: Druckerei Plump OHG, Rheinbreitbach

ISBN: 3-88383-694-X  
ISSN: 0173-0387

## Kurzfassung

Das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz – BGI hat in der aktuellen Auflage der Biostoffliste Handlungshilfen zur Gefährdungsbeurteilung beim Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen zusammengefasst. Dem Anwender im Betrieb soll damit ermöglicht werden, sich im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung schnell und in übersichtlicher Form über das Gefährdungspotenzial der biologischen Arbeitsstoffe in seinem Arbeitsbereich zu informieren.

Dieser Report gibt einen Überblick über das komplexe Sachgebiet der biologischen Arbeitsstoffe. Für verschiedene Arbeitsbereiche ist der derzeitige Stand der recherchierbaren Angaben zum Vorkommen von biologischen Arbeitsstoffen und zu deren

Zuordnung zu Risikogruppen dargestellt. Übertragungswege von biologischen Agenzien, ihr sensibilisierendes und toxisches Potenzial sowie mögliche Erkrankungen werden aufgezeigt.

Weiterhin werden wesentliche Schutzmaßnahmen für jeden der dargestellten Arbeitsbereiche genannt und Hinweise zur arbeitsmedizinischen Vorsorge für die Beschäftigten gegeben. Abschließend werden Literaturhinweise auf die Quellen sowie die relevanten Regeln und Handlungshilfen aufgeführt.

Als Quellen dienten ausschließlich amtliche Bekanntmachungen oder Schriften von Fachgremien der Berufsgenossenschaften.

## Abstract

In the current edition of the List of biological agents, the BG-Institute for Occupational Safety and Health (BGIA) has summarised handling aids for assessing the risk when dealing with biological agents. Within the context of a risk assessment, the user in a company should thus be able to find out quickly and clearly about the risk potential of the biological agents in his field of work. This report gives an overview of the complex area of biological agents. It shows the current level of researchable information on the occurrence of biological agents and their classification in risk categories for various fields

of work. Transmission routes of biological agents, their sensitisation and toxic potential and possible illnesses are listed. Moreover, it names key protective measures for each of the working areas shown. The report gives tips on industrial medicine preventive action for employees and finally literature references to the sources, the relevant rules and handling aids.

Only official announcements or documents from expert bodies and institutions for statutory accident insurance and prevention (BG) were used as sources.

## Résumé

Dans la dernière version de la liste des agents biologiques, le BGIA, institut BG pour la sécurité et la santé au travail, a rassemblé les aides pratiques pour l'évaluation des risques lors du maniement de agents biologiques. Cela permettra à l'utilisateur en entreprise de s'informer rapidement et clairement, dans le cadre d'une évaluation de risques, sur le potentiel de risques des agents biologiques qui se trouvent dans son domaine d'activité. Ce rapport donne une vue d'ensemble du domaine complexe des agents biologiques aux liens de travail différents. L'état actuel des données vérifiables concernant l'existence des agents biologiques et leur classement dans les catégories de risques sont présentés pour différents secteurs d'activité.

Les voies de transmission en relation avec des agents biologiques, leur potentiel sensibilisant et toxique ainsi que les maladies possibles sont présentés. On y cite de plus des mesures importantes de protection pour chacun des domaines professionnels présentés. En plus le rapport donne des conseils concernant la prévention en matière de médecine du travail pour les travailleurs. Enfin des ouvrages de référence, les réglementations principales et les aides pratiques sont présentés.

Les sources utilisées sont uniquement des issues de publications officielles ou de documents de comités spécialisés des organismes d'assurance et de prévention des risques professionnels.

## Resumen

En la edición actual de la lista de agentes biológicos, el BG-Instituto de Seguridad y Salud Laboral (BGIA) ha reunido informaciones y recomendaciones que facilitan la evaluación de los riesgos en el manejo de agentes ocupacionales biológicos. El objetivo es ayudar al usuario en la empresa a informarse rápida y claramente, en el marco de una evaluación de riesgos, sobre el peligro potencial que representan las agentes biológicas en su lugar de trabajo. Este informe proporciona un cuadro general del complejo campo de los agentes biológicas. Expone el estado actual de los datos averiguables referentes a la presencia de agentes ocupacionales biológicos y su asignación a determinadas categorías de riesgo para distintos sectores de acti-

vidad. Se señalan vías de transmisión en relación con agentes biológicos, su potencial sensibilizador y tóxico, así como posibles enfermedades. Además, se indican medidas de protección esenciales para cada uno de los sectores mencionados. Han sido también incluidos indicaciones sobre la prevención médico-laboral para los trabajadores. Finalmente, el informe da referencias bibliográficas sobre las fuentes, reglas relevantes y ayudas de acción.

Las fuentes utilizadas por el informe son exclusivamente publicaciones oficiales o documentos de gremios profesionales de los Organismos de Seguros y prevención de riesgos profesionales.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung .....	9
2 Erläuterungen zur Gliederung .....	13
3 Deponien .....	19
4 Abfallsortieranlagen für Altpapier, Verpackung, Glas, Bauschutt, Baumischabfall .....	22
5 Biologische Abfallbehandlungsanlagen .....	27
6 Abwassertechnische Anlagen .....	34
7 Bodensanierung .....	40
8 Gesundheitswesen und Wohlfahrtspflege .....	43
9 Reinigungsarbeiten mit Infektionsgefahr in medizinischen Bereichen .....	48
10 Zahntechnische Laboratorien .....	53
11 Metallbearbeitung und -verarbeitung .....	56
12 Arbeiten mit Infektionsgefährdung durch BSE-/TSE-Erreger .....	62
13 Arbeiten mit Gesundheitsgefährdungen durch Taubenkot .....	71
14 Literaturverzeichnis .....	79

Seite

**Anhang:**

Anlage 1:  
Auszüge aus der TRBA 500 zu allgemeinen Hygienemaßnahmen ..... 85

Anlage 2:  
Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen  
biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine ..... 87

# 1 Einleitung

Am 1. April 1999 trat in der Bundesrepublik Deutschland die Verordnung zur Umsetzung von EG-Richtlinien über den Schutz der Beschäftigten gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit (BioStoffV) in Kraft [1].

Nach Arbeitsschutzgesetz und dieser Verordnung ist der Arbeitgeber dazu verpflichtet, bei gezielten und bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und in Betracht kommende Schutzmaßnahmen zu ermitteln. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung muss der Arbeitgeber anhand der Kriterien der Biostoffverordnung zunächst entscheiden, ob gezielte oder nicht gezielte Tätigkeiten vorliegen.

Um diese Tätigkeiten entsprechenden Schutzstufen zuordnen zu können, ist es u.a. erforderlich, die Zugehörigkeit der für die Gefährdungsbeurteilung maßgeblichen biologischen Arbeitsstoffe zu den entsprechenden Risikogruppen zu kennen. Gemäß ihrem Infektionsrisiko werden biologische Arbeitsstoffe nach dem Stand der Wissenschaft im Artikel 2 der EG-Richtlinie 2000/54/EG [2] in vier Risikogruppen eingestuft. Während eine Infektion des Menschen durch Organismen, die in Risikogruppe 1 eingestuft sind, unwahrscheinlich ist, nimmt das Infektionsrisiko von Risikogruppe 2 bis zur Risikogruppe 4 kontinuierlich

zu. Neben der EG-Richtlinie liegen noch zwei weitere Einstufungslisten vor. Dies sind die in der Reihe „Sichere Biotechnologie“ der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie (BG Chemie) erschienenen Merkblätter [3 bis 6] sowie die von der Zentralen Kommission für Biologische Sicherheit (ZKBS) vorgelegte „Liste risikobewerteter Spender- und Empfängerorganismen für gentechnische Arbeiten“ [7]. Die BG-Merkblätter und die ZKBS-Liste führten im Rahmen eines Kooperationsmodells mit dem Ausschuss für biologische Arbeitsstoffe (ABAS) beim Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) zu Technischen Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA), in denen Aussagen zur Einstufung von Pilzen (TRBA 460 [8]), Viren (TRBA 462 [9]), Parasiten (TRBA 464 [10]) und Bakterien (TRBA 466 [11]) in Risikogruppen getroffen werden. Allergisierende oder mögliche toxische Eigenschaften der Mikroorganismen werden als Einstufungskriterien für die Festlegung von Risikogruppen mitbewertet, wenn sie zum Krankheitsbild beitragen (TRBA 450 [12]). Sie können für die Gefährdungsbeurteilung von Arbeitsplätzen durchaus von Bedeutung sein. So werden schimmelpilz- oder „strahlenpilzhaltige“ Stäube in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 907 [13] als „Stoffe, bei denen nach gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnis von einer atemwegssensibilisierenden Wirkung auszugehen ist und die in der Bekanntmachung nach § 4 der

## 1 Einleitung

GefStoffV noch nicht mit R42 bzw. R42/43 eingestuft sind“, bezeichnet.

Zahlreiche Anfragen aus der beruflichen Praxis haben gezeigt, dass die eingangs genannten Informationsquellen in den Betrieben vor Ort oft nicht bekannt oder nicht zugänglich sind. Häufig fehlt auch das Wissen darüber, dass an einem Arbeitsplatz biologische Arbeitsstoffe vorkommen und eine Gefährdung der Gesundheit der Beschäftigten darstellen können.

Unter biologischen Arbeitsstoffen versteht man Mikroorganismen, einschließlich genetisch veränderter Mikroorganismen, Zellkulturen und humanpathogene Endoparasiten, die Infektionen und Allergien hervorrufen sowie toxisch wirken können. Ein biologischer Arbeitsstoff in diesem Sinne ist auch ein mit transmissibler spongiformer Enzephalopathie assoziiertes Agens, das beim Menschen eine Infektion oder eine übertragbare Krankheit verursachen kann, z.B. der BSE-Erreger (BSE = bovine spongiforme Enzephalopathie). Mikroorganismen sind alle zellulären oder nicht zellulären mikrobiologischen Einheiten, die zur Vermehrung oder zur Weitergabe von genetischem Material fähig sind. Zellkulturen sind In-vitro-Vermehrungen von Zellen, die aus vielzelligen Mikroorganismen isoliert werden.

Tätigkeiten im Sinne der BioStoffV sind das Herstellen und Verwenden von biologischen

Arbeitsstoffen, insbesondere das Isolieren, Erzeugen und das Vermehren, das Aufschließen, Ge- und Verbrauchen, Be- und Verarbeiten, Ab- und Umfüllen, Mischen und Abtrennen sowie das innerbetriebliche Befördern und Lagern einschließlich Aufbewahren, das Inaktivieren und Entsorgen. Zu den Tätigkeiten zählt auch der berufliche Umgang mit Menschen, Tieren, Pflanzen, biologischen Produkten, Gegenständen und Materialien, wenn bei diesen Tätigkeiten biologische Arbeitsstoffe freigesetzt werden können und Beschäftigte mit diesen direkt in Kontakt kommen können.

Gezielte Tätigkeiten liegen dann vor, wenn die biologischen Arbeitsstoffe mindestens der Spezies nach bekannt sind, die Tätigkeiten auf einen oder mehrere biologische Arbeitsstoffe unmittelbar ausgerichtet sind und die Exposition der Beschäftigten im Normalbetrieb hinreichend bekannt oder abschätzbar ist.

Nicht gezielte Tätigkeiten liegen vor, wenn bereits eine dieser Voraussetzungen nicht gegeben ist. Im Unterschied zu gezielten Tätigkeiten ist bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen eine Gefährdung nicht immer offensichtlich und damit schwerer abschätzbar. Zur Gefährdungsbeurteilung nicht gezielter Tätigkeiten sind deshalb zunächst hinreichende Informationen über vorkommende biologische Arbeitsstoffe einzuholen.

Um bestehende Informationsdefizite insbesondere bezüglich nicht gezielter Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen abzubauen und um den Betrieben eine Hilfestellung für die Gefährdungsbeurteilung und Einstufung von Mikroorganismen zu geben [3 bis 6], wurde für spezielle Arbeitsbereiche der vorliegende Report erarbeitet. Dem Anwender vor Ort soll damit ermöglicht werden, sich im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung schnell und in übersichtlicher Form über das Gefährdungspotenzial der biologischen Arbeitsstoffe, mit denen Beschäftigte in seinem Betrieb bei ihren Tätigkeiten in Kontakt kommen können, zu informieren. Der vorliegende Report fasst den aktuellen Stand der recherchierbaren Angaben zum Vorkommen von biologischen Arbeitsstoffen in bestimmten Arbeitsbereichen bzw. deren Zuordnung zu Risikogruppen zusammen. Die entsprechenden Angaben wurden ausschließlich aus amtlichen Bekanntmachungen oder aus Schriften von einschlägigen Fachgremien (Fachausschüssen) der Berufsgenossenschaften entnommen.

In jedem Fall steht bei einer Gefährdungsbeurteilung jedoch die Humanpathogenität der möglicherweise vorkommenden biologischen Arbeitsstoffe im Vordergrund der Betrachtung. In diesem Zusammenhang werden in jedem Abschnitt wesentliche Schutzmaßnahmen genannt. Auf spezielle Regeln,

die im konkreten Fall zusätzlich zu berücksichtigen sind, wird hingewiesen.

Dieser Report erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Er wird jedoch auf der Grundlage aktueller Erkenntnisse laufend aktualisiert. Dies gilt insbesondere für Angaben zur Toxinproduktion und zur allergenen Wirkung biologischer Arbeitsstoffe.

Nicht zu allen Punkten können die erforderlichen Angaben gemacht werden, da derzeit nicht zu jedem Kriterium wissenschaftlich begründete Informationen für die jeweils betrachteten biologischen Arbeitsstoffe vorliegen. Das bedeutet jedoch nicht, dass Organismen ohne entsprechende Kennzeichnung hinsichtlich dieser Kriterien als unkritisch zu bewerten sind.

Mit der Novellierung der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) wurde im Rahmen der Artikelverordnung vom 29. Dezember 2004 (Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 74, S. 3758 ff.) auch die BioStoffV geändert. Die Änderungen betreffen im Wesentlichen die arbeitsmedizinische Beratung und Vorsorge für die Beschäftigten: Pflicht- und Angebotsuntersuchungen werden eindeutig getrennt und die Notwendigkeit von Pflichtuntersuchungen insbesondere bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in bestimmten Arbeitsbereichen im neu gefassten Anhang IV der BioStoffV erläutert.

## 1 Einleitung

Im Originalwortlaut der Quellen, die dieser Publikation zugrunde liegen, kann diese letzte Änderung der BioStoffV aus chronologischen Gründen noch nicht berücksichtigt sein. Jedoch wurden entsprechende Hinweise ergänzt, sofern sie der Redaktion bei der Überarbeitung der einzelnen Kapitel durch die Autoren der Quellen bekannt gemacht wurden.

Es ist das Ziel, diesen Report für die Anwender in der Praxis ständig weiterzuentwickeln und damit den praxisnahen Überblick über das komplexe Sachgebiet der biologischen Arbeitsstoffe zu vermitteln. Anregungen und Kommentare zur Überarbeitung werden deshalb von den Autoren gerne entgegengenommen.

## 2 Erläuterungen zur Gliederung

Jedes folgende Kapitel (3 bis 13) ist gegliedert wie nachfolgend beschrieben. Für das jeweilige Kapitel nicht relevante Aspekte sind nicht aufgeführt.

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

Hier werden Arbeitsbereiche der verschiedenen Betriebsarten und Branchen beschrieben, in denen nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen ausgeführt werden.

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Unter diesem Punkt werden einer bestimmten Schutzstufe zugeordnete Schutzmaßnahmen genannt, die in der Literatur, z.B. in Technischen Regeln für biologische Arbeitsstoffe und im berufsgenossenschaftlichen Regelwerk, empfohlen werden. Ist die Zuordnung zu einer Schutzstufe nicht möglich, sind nach dem Stand der Technik Art, Ausmaß und Dauer der Exposition der Beschäftigten gegenüber biologischen Arbeitsstoffen zu ermitteln und die erforderlichen Schutzmaßnahmen festzulegen. Zusätzlich sind sensibilisierende und toxische Wirkungen zu berücksichtigen.

### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

In diesem Bereich werden solche Organismengruppen/Organismen genannt, ggf.

unter Angabe von Gattungs- und Artnamen, von denen bekannt ist, dass sie möglicherweise bei verschiedenen nicht gezielten Tätigkeiten in den genannten Branchen vorkommen.

Bei Bakterien der Risikogruppe 3, die mit „\*\*“ gekennzeichnet sind, ist das Infektionsrisiko für Arbeitnehmer begrenzt, da eine Infizierung über den Luftweg normalerweise nicht erfolgen kann (Anhang III der EG-Richtlinie 2000/54/EG) [2; 14].

Die Kapitel 6 und 11 enthalten eine Tabelle, in der in den jeweiligen Arbeitsbereichen möglicherweise vorkommende Organismen alphabetisch geordnet aufgelistet sind. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Listen ungeachtet des jeweiligen Risikopotenzials keine Angaben zur Wahrscheinlichkeit oder Häufigkeit des Vorkommens der genannten Organismen in den entsprechenden Arbeitsbereichen enthalten. Ohne Kenntnis der tatsächlichen Verhältnisse vor Ort ist es nicht möglich, allein aufgrund theoretischer Überlegungen zu diesen Punkten allgemeine gültige Aussagen zu treffen.

### (4) Risikogruppe

Nach § 3 BioStoffV [1] gilt für biologische Arbeitsstoffe eine Unterteilung in vier Risikogruppen mit folgenden Definitionen:

## 2 Erläuterungen zur Gliederung

1. Biologische Arbeitsstoffe der **Risikogruppe 1** sind Stoffe, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen.
2. Biologische Arbeitsstoffe der **Risikogruppe 2** sind Stoffe, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine Gefahr für Arbeitnehmer darstellen können. Eine Verbreitung des Stoffes in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich, eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung einer Infektion mit diesem biologischen Arbeitsstoff ist normalerweise möglich.
3. Biologische Arbeitsstoffe der **Risikogruppe 3** sind Stoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen verursachen und eine ernste Gefahr für Arbeitnehmer darstellen können. Die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen, doch ist normalerweise eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung einer Infektion mit diesem biologischen Arbeitsstoff möglich.
4. Biologische Arbeitsstoffe der **Risikogruppe 4** sind Stoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Arbeitnehmer darstellen. Die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß. Eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung einer Infektion mit diesem

biologischen Arbeitsstoff ist normalerweise nicht möglich.

In diesem Report wird an erster Stelle jeweils die nach dem Kriterium der Humanpathogenität ermittelte Einstufung genannt. Einstufungen nach phytopathogenen Kriterien werden in der gesamten Liste nicht berücksichtigt.

Die aufgeführten Organismen und deren Einstufung in Risikogruppen wurden den entsprechenden Listen (Merkblätter „Sichere Biotechnologie“ bzw. TRBA) entnommen. Die im Kooperationsmodell entstandenen Listen werden zu unterschiedlichen Zeiten aktualisiert. In den Text eingeflossen sind die zum Redaktionsstand jeweils aktuellsten Fassungen.

### (5) Mögliche Erkrankungen

In diesem Abschnitt werden diejenigen Erkrankungen genannt, die durch die in Punkt (3) aufgeführten biologischen Arbeitsstoffe verursacht werden können.

### (6) Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial, Bemerkungen

- A mögliche allergene Wirkung  
(Kennzeichnung gemäß EG-Richtlinie)

- + In Einzelfällen als Krankheitserreger nachgewiesen oder vermutet, überwiegend bei erheblich abwehrgeminderten Menschen; Identifizierung der Art oft nicht zuverlässig

Auch hier gilt, dass die aufgeführten Organismen und deren Einstufung in Risikogruppen den entsprechenden Listen – Merkblätter „Sichere Biotechnologie“ bzw. TRBA – entnommen wurden und in den Text die zum Redaktionsstand jeweils aktuellsten Fassungen eingeflossen sind.

Die oben genannten Abkürzungen werden in der Liste nur dann verwendet, wenn die eventuell vorkommenden Organismen mit Gattungs- und Artnamen bekannt sind (z.B. *Aspergillus niger*: *Aspergillus* = Gattungsname, *niger* = Artnamen). Bei weniger differenzierten Angaben, wie z.B. Schimmelpilze oder *Aspergillus sp.* können entsprechende Angaben nicht gemacht werden.

Neben der Infektionsgefährdung und dem toxischen Potenzial sind auch die sensibilisierenden Wirkungen biologischer Arbeitsstoffe zu berücksichtigen. Sensibilisierende Wirkungen können unabhängig vom Infektionspotenzial und toxischen Wirkungen auftreten, d.h. auch bei biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe 1. Unter Sensibilisierung wird die Verstärkung der Empfindlichkeit des Immunsystems gegenüber einer körperfremden exogenen Substanz (Allergen)

verstanden. Bei erneutem Allergenkontakt kann eine allergische Erkrankung auftreten [15].

Das allergene Potenzial der meisten Pilze ist unbekannt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass längerfristiger intensiver Kontakt mit Pilzsporen oder Pilzprodukten zu einer Sensibilisierung und zu allergischen Reaktionen führen kann [6; 15]. Beschrieben werden von Schimmelpilzen verursachte allergische Atemwegserkrankungen. Daneben werden auch hautsensibilisierende Wirkungen diskutiert. Als „Schimmelpilze“ werden so genannte Hyphenpilze bezeichnet, die überwiegend abgestorbene pflanzliche oder tierische Stoffe besiedeln. Sie bilden Substrat- und Luftmyzel, an dem die Bildungsorgane für vegetative Sporen (Konidien) entstehen. Für die Abschätzung des Gefährdungspotenzials von Pilzen bzw. Pilzsporen stellt die Keimdichte eine wichtige Größe dar. Ein Standardmessverfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz wird unter der Kennzahl 9420 in der BGI-Arbeitsmappe beschrieben [16]. Die TRBA 405 enthält Empfehlungen für die Vorgehensweise zur Bestimmung der Konzentrationen von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen [17].

Unter den Bakterien besitzen insbesondere die Actinomyceten ein allergenes Potenzial.

## 2 Erläuterungen zur Gliederung

Dies sind grampositive aerobe stäbchenförmige Bakterien, die durch ein myzelartiges, d.h. pilzgeflechtartiges Koloniewachstum gekennzeichnet sind. Ein zu standardisierendes Messverfahren zur Bestimmung der Actinomycetenkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz wurde im Bericht 13 der Kommission für Arbeitsschutz und Normung (KAN) vorgeschlagen [18].

Ein Verzeichnis sensibilisierender Stoffe liegt in der TRGS 907 vor [13].

Als Mykotoxine bezeichnet man sowohl Giftstoffe in den Fruchtkörpern von Großpilzen als auch toxische Substanzen, die von Schimmelpilzen ausgeschieden werden. Bisher sind mehr als 400 solcher Verbindungen bekannt. Die Gefahr einer Vergiftung mit diesen Stoffen besteht in der Regel durch den Verzehr kontaminierter Lebens- oder Futtermittel. Nur für einige Pilz- und Bakterienarten sowie wenige Bakterien sind allergische Krankheiten beschrieben worden. Es handelt sich in der Regel um allergische Atemwegserkrankungen. Hautsensibilisierende Wirkungen werden vereinzelt diskutiert, sind bislang aber nicht ausreichend gesichert. Untersuchungen zu Dosis-Wirkungs-Beziehungen für sensibilisierende Wirkungen liegen nicht in ausreichendem Umfang vor, sodass derzeit keine gesundheitsbasierten Grenzwerte angegeben werden [15]. Da Art und Umfang der Toxinbildung einzelner Schim-

melpilzarten je nach Substrat und Umweltbedingungen stark variieren können, muss betont werden, dass die vorliegende Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann. Hier sind nur solche Pilze ausdrücklich als Mykotoxinproduzenten gekennzeichnet, die in der Literatur dahingehend ausführlich beschrieben sind. Das bedeutet nicht, dass nicht speziell gekennzeichnete Pilze unter bestimmten Lebensbedingungen nicht auch Toxine produzieren können.

Schimmelpilze und Actinomyceten treten überall da auf, wo organisches Material und für sie geeignete Vermehrungsbedingungen vorhanden sind. Darüber hinaus kommen häufig Mischexpositionen vor, bei denen auch andere Allergene, wie Tierhaare, Pflanzenbestandteile oder Mehle, bedeutsam sind. Die TRGS 907 sowie die Schutzmaßnahmen nach TRGS 540 berücksichtigen diese Mischexposition und sollten bei der Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden [13; 15; 19].

Angaben zu sensibilisierenden oder toxischen Wirkungen gehören zu den Informationen, zu deren Beschaffung der Arbeitgeber für die Gefährdungsbeurteilung nach BioStoffV § 5 verpflichtet ist. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung dienen diese Informationen ebenfalls dazu, Schutzmaßnahmen für entsprechende Tätigkeiten zu ermitteln und eine Gefährdung der Beschäf-

tigten dadurch weitestgehend zu verhindern (BioStoffV § 7).

Neben der Infektionsgefährdung sind somit auch die allergisierenden und toxischen Wirkungen biologischer Arbeitsstoffe zu berücksichtigen. Endotoxine haben in diesem Zusammenhang einen besonderen Stellenwert. Hierbei handelt es sich um Zellwandbestandteile gramnegativer Bakterien. Bei Freisetzung können sie mit Bioaerosolen aufgenommen werden und irritativ-toxische Belastungen für den Menschen darstellen. Der ABAS-Bericht „Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine“ (siehe Anlage 2, Seite 87 ff.) geht hierauf ein.

### (7) Übertragungsweg

Die Angabe des Übertragungsweges ist für die praktische Anwendung dieser Liste in Betrieben, in denen vorrangig nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen ausgeübt werden, von großer Bedeutung. Zu den häufigen Übertragungswegen zählt die Infektion über den Mund (oral), die Haut (dermal) und die Atmung (inhalativ). Es ist den Autoren nicht möglich, in dieser Publikation das gesamte Infektionspotenzial medizinisch umfassend darzustellen. Auch muss diese Aufstellung wegen immer neuer wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu dieser Thematik

kontinuierlich aktualisiert werden. Für die Angaben in diesem Report gilt, dass jeweils das aktuell gültige, staatliche und berufsgenossenschaftliche Regelwerk zurate gezogen wurde.

### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Gruppierung – Bemerkung

D Das Verzeichnis der gegenüber diesem biologischen Arbeitsstoff exponierten Arbeitnehmer ist länger als fünf Jahre nach Ende der letzten bekannten Exposition aufzubewahren (§ 13 Abs. 4 BioStoffV)

G 42 Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen – Tätigkeiten mit Infektionsgefährdung

V Wirksamer Impfstoff verfügbar

Auch diese Abkürzungen werden in der Liste nur dann verwendet, wenn die möglicherweise vorkommenden Organismen mit Gattungs- und Artnamen bekannt sind (z.B. *Clostridium tetani*: *Clostridium* = Gattungsname, *tetani* = Artnamen). Bei weniger differenzierten Angaben wie z.B. *Clostridium sp.*, können entsprechende Angaben in der Regel nicht gemacht werden.

## 2 Erläuterungen zur Gliederung

### (9) Quelle/Relevante Regel/ Handlungshilfe

In dieser Spalte sind die Quellen aufgeführt,  
die zur Angabe von Schutzmaßnahmen

– siehe Punkt (2) – oder arbeitsmedizinischen  
Vorsorgemaßnahmen herangezogen wur-  
den. Dies können z.B. Technische Regeln  
für biologische Arbeitsstoffe oder das berufs-  
genossenschaftliche Regelwerk sein.

## 3 Deponien

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

- Sickerwasser
- Eingangsbereich und Deponie
- Reinigungs- und Wartungsarbeiten
- Mechanisch-biologische Vorbehandlung
- Nachbehandlung Rotte
- Deponiegas
- Bioabfälle
- Labor, Probennahme
- Anaerobtechnik
- Bauarbeiten auf Deponien

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Bei Bodendeponien ist in der Regel von Schutzstufe 1 auszugehen. Beim Umgang mit Abfall ist generell davon auszugehen, dass die Tätigkeiten der Schutzstufe 2 zuzuordnen sind. In Einzelfällen, z.B. Klinikmüll der Klasse C, kann auch Schutzstufe 3 erforderlich sein.

### Allgemeine Schutzmaßnahmen

Allgemeine Hygienemaßnahmen nach TRBA 500 [20] sind einzuhalten. Die Handlungsanweisung „Gefährdungsbeurteilung für biologische Arbeitsstoffe bei Arbeiten auf Deponien“ [21] beschreibt Mindestanforderungen, mit denen das erforderliche Niveau an Sicherheit und Gesundheitsschutz erreicht werden kann.

### Technische und organisatorische Maßnahmen

- Unterweisung der Mitarbeiter anhand der Betriebsanweisung
- Einrichtung von Schwarz-Weiß-Bereichen
- Staubreduktion, Aerosolbildung vermeiden
- kein Einstieg in Fahrzeuge bzw. Geräte im kontaminierten Bereich
- keine Bedienung von Geräten von der windzugewandten Seite aus
- Vermeiden von Spritzwasser
- Alleinarbeit ist untersagt
- Rauchen, Essen und Trinken sind nur im Weißbereich gestattet

### 3 Deponien

- ❑ Hautschutzplan ist zu erstellen
- ❑ Erste-Hilfe-Material ist zur Verfügung zu stellen
- ❑ Ausstattung der Fahrerkabine der eingesetzten Maschinen mit einer Anlage zur Atemluftversorgung nach BGI 581 [22]
- ❑ Fernbedienungseinrichtungen entsprechender Maschinen (Schredder) bzw. Einkapseln von Transportvorrichtungen

#### Persönliche Schutzmaßnahmen

- ❑ wasserdichte z.B. nitrilgetränkte Handschuhe
- ❑ Sicherheitsschuhe der Schutzstufe S3, Sicherheitstiefel der Schutzkategorie nach DIN EN 345 [23]
- ❑ luftdurchlässige Einwegschutzkleidung als Schutz vor Staub- und Sporenbelastung  
Ausnahme: technische Maßnahmen, wenn z.B. Kabinen eine Kontamination verhindern
- ❑ bei Arbeiten, die eine höherwertige Schutzkleidung erfordern (Spritzwasser): Einsatz von Chemikalienschutzanzug und -schutzhandschuhen mit Stulpen

- ❑ falls notwendig, sind Halbmasken mit Partikelfilter P3 einzusetzen und die Filter mindestens arbeitstäglich zu wechseln oder bei Bedarf höherwertiger Atemschutz

#### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

- ❑ Bakterien, insbesondere die Gattungen *Escherichia*, *Yersinia*, *Shigella* und *Salmonella*
- ❑ Viren, insbesondere Hepatitis-A und ggf. B, Reovirus und Echovirus
- ❑ Pilz- oder Actinomycetensporen (z.B. *Aspergillus fumigatus* oder *Nocardia asteroides*)

#### (4) Risikogruppe

1 und 2, in Ausnahmefällen auch 3

#### (5) Mögliche Erkrankungen

Durch orale Aufnahme darmpathogener Keime kann es z.B. zu Durchfallerkrankungen kommen. Die genannten Keime können bei Eindringen großer Konzentrationen in offene Wunden teils heftige Wundinfektionen auslösen. Verletzungen, z.B. an Kanülen aus

Krankenhausabfällen (Fehlchargen), können zu Infektionskrankheiten führen.

**(6) Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial, Bemerkungen**

Hohe Konzentrationen von Pilzsporen in der Luft können Erkrankungen der Lunge verursachen, z.B. die exogen-allergische Alveolitis (EAA).

**(7) Übertragungsweg**

- oral
- durch Hautwunden
- inhalativ

**(8) Arbeitsmedizinische Vorsorge**

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische

Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist.

Impfangebot, z.B. gegen Tetanus, siehe BioStoffV § 15 a Abs. 3.

**(9) Quelle/Relevante Regel/Handlungshilfe**

Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen (TRBA 500) [20]

BG-Information „Gefährdungsbeurteilung für biologische Arbeitsstoffe bei Arbeiten auf Deponien – Handlungsanweisung“ (BGI 893) [21]

BG-Information „Merkblatt für Fahrerkabinen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen des Tiefbaues“ (BGI 581) [22]

DIN EN 345: Spezifikation der Sicherheitsschuhe für den gewerblichen Gebrauch [23]

## 4 Abfallsortieranlagen für Altpapier, Verpackung, Glas, Bauschutt und Baumischabfall

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

- Materialaufgabe, Sacköffnung, Fördertechnik, mechanische Sortierung
- Handsortierung (Leseband)
- Verpressung und Lagerung

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Tätigkeiten in Abfallsortieranlagen werden gemäß TRBA 210 [24] in der Regel der Schutzstufe 2 zugeordnet.

Bei Einhaltung von in der TRBA 210 aufgeführten Schutzmaßnahmen, wie baulich und technisch hoher Standard sowie Erarbeitung und Einhaltung von Reinigungs-, Hygiene- und Wartungsplänen, Anwendung Persönlicher Schutzmaßnahmen und -ausrüstungen (allgemein und auf spezielle Arbeitsbereiche/Tätigkeiten bezogen) gelten die Anforderungen nach der BioStoffV an die Schutzstufe 2 als erfüllt. Hierzu gehören im Wesentlichen:

#### Allgemeine Schutzziele und Anforderungen für alle Arbeitsbereiche

- Vermeidung von Arbeitsplätzen mit erhöhter Exposition sowie einer gegenseitigen

Beeinflussung der Arbeitsplätze, Verbot von Nahrungs- und Genussmittelaufnahme an diesen

- Bereiche Anlieferung, Sortierung und Zwischenlager möglichst baulich trennen
- ausreichende Belüftung in Bereichen, in denen mit biologischen Arbeitsstoffen zu rechnen ist
- regelmäßige Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten
- geeigneter Atemschutz (siehe Persönliche Schutzmaßnahmen und -ausrüstung)
- Mitarbeiterunterweisung

#### Maßnahmen im Bereich Anlieferung/Zwischenlager

- Bauliche Voraussetzungen
  - separate Lagerungsmöglichkeiten des Materials
  - klare Gliederung des Anlieferungsbereichs sowie die Möglichkeit der Querlüftung
- Technische Maßnahmen
  - Der Einbau einer automatischen Beschickung ist zu empfehlen. Beim Einsatz von Flurförderzeugen/Erdbau-

maschinen sollten diese leicht zu reinigende Innenräume besitzen, nach jeder Schicht gereinigt werden und regelmäßig überprüft werden; dies gilt insbesondere für die Lüftungseinrichtungen. Die Fahrzeuge und Maschinen dürfen nur mit geschlossenen Türen und Fenstern betrieben werden.

- ❑ Organisatorische Maßnahmen
  - Regelmäßige Reinigung der Böden mit Kehrsaugmaschine oder Industriestaubsauger
  - Keine längeren Lagerzeiten

#### **Maßnahmen im Bereich Materialaufgabe/Fördertechnik/mechanische Sortierung**

- ❑ Bauliche Voraussetzungen
  - Vorsortierung in einer Sortierkabine mit technischer Belüftung
  - Sacköffnungsautomaten mit geringer Luftbelastung, z.B. durch Absaugung
  - mechanische Sortiereinrichtungen außerhalb der Kabine anbringen
  - geringe Fallhöhen an den Übergabestellen
- ❑ Technische Maßnahmen
  - Sacköffnungsautomaten

- lose Schüttung von den Bändern vermeiden

- ❑ Organisatorische Maßnahmen
  - kein manuelles Öffnen der Säcke
  - Kontrolle der Absaugvorrichtungen

#### **Maßnahmen im Bereich der Handsortierung**

- ❑ Bauliche Voraussetzungen
  - beheizbarer, gegenüber anderen Bereichen abgeschlossener Arbeitsraum mit selbst schließenden Türen
  - mechanische Sortiereinrichtungen außerhalb der Kabine anbringen oder kapseln
  - geringe Fallhöhen an den Übergabestellen
- ❑ Technische Maßnahmen
  - technische Belüftung der Sortierkabine und regelmäßige Wartung
  - Absaugvorrichtung vor dem Eintritt des Sortierbandes in die Kabine
- ❑ Organisatorische Maßnahmen
  - konsequent und mit hoher Frequenz durchgeführter Reinigungs- und Hygieneplan, z.B. Nassreinigung von Sortierkabine und -band

## 4 Abfallsortieranlagen für Altpapier, Verpackung, Glas, Bauschutt und Baumischabfall

- Lüftungstechnische Anlagen müssen während der Pausen/über Nacht weiter oder mit Vorlauf vor Arbeitsbeginn betrieben werden
- keine Mitnahme von privaten Taschen in die Sortierkabine, keine Mitnahme von belastetem Material wie Haushaltsgegenständen

### Maßnahmen im Bereich Verpressung und Lagerung

- ❑ Bauliche Voraussetzungen  
Aussortierter Abfall ist in Containern o.Ä. zu sammeln; zulässig sind auch Bunker mit Austragssystem.
- ❑ Technische Maßnahmen  
Beim Einsatz von Flurförderzeugen/Erdbaumaschinen sollten diese leicht zu reinigende Innenräume besitzen, nach jeder Schicht gereinigt und regelmäßig überprüft werden, insbesondere die Lüftungseinrichtungen. Die Fahrzeuge und Maschinen dürfen nur mit geschlossenen Türen und Fenstern betrieben werden.
- ❑ Organisatorische Maßnahmen  
Regelmäßiger Abtransport des Sortiergutes und des Restmülls – andernfalls getrennte Lagerung

### Maßnahmen im Sozialbereich

- ❑ Bauliche Voraussetzungen
  - Einrichtung eines Schwarz-Weiß-Systems zur getrennten Aufbewahrung von Arbeits- und Straßenkleidung
  - geeignete Aufbewahrungsmöglichkeiten für Genuss- und Nahrungsmittel im Pausenraum
- ❑ Organisatorische Maßnahmen
  - Ein Hautschutzplan ist zu erstellen; die erforderlichen Materialien sind vom Arbeitgeber bereit zu stellen.
  - Vor dem Betreten der Pausenräume sind mindestens die Hände zu waschen. Die Schutzkleidung ist vorher im Umkleideraum abzuliegen.

### Persönliche Schutzmaßnahmen und -ausrüstungen

- ❑ Handschutz nach DIN EN 420 [25] mit Handschuhen mit Nadelstichschutzausstattung und einer wirksamen Feuchte-regulierung für die Haut
- ❑ Sicherheitsschuhe der Schutzkategorie S2 oder S4 nach DIN EN 345 [23] „Spezifikation der Sicherheitsschuhe für den gewerblichen Gebrauch“

- Halbmasken mit Partikelfilter P3 gemäß DIN 12942 [26]
- Körperbedeckende Kleidung, bestehend aus Kopfbedeckung, Arbeitsanzug oder Berufsmantel gemäß DIN EN 340 [27]

### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

- Schimmelpilze in allen Arbeitsbereichen, im besonderen *Aspergillus fumigatus*
- Actinomyceten
- gramnegative Bakterien, vor allem Enterobakterien und Enteroviren
- als Störstoff unzulässig eingebrachte infektiöse Materialien wie Tierkadaver oder gebrauchte Injektionskanülen können z.B. Hepatitis-B-Erreger enthalten

### (4) Risikogruppe

In der Regel treten Mikroorganismen der Risikogruppe 1 und 2 auf, eventuell auch solche, die der Schutzstufe 3 zuzuordnen sind. Diese können z.B. durch Störstoffe in die Arbeitsbereiche gelangen.

### (5) Mögliche Erkrankungen

- Infektionen wie Gastroenteritis
- Allergien
- exogen-allergische Alveolitis (EAA)
- grippeähnliche Symptome durch toxische Stoffe

### (6) Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial, Bemerkungen

Schimmelpilze tragen insbesondere bei inhalativer Aufnahme ein toxisches oder sensibilisierendes Potenzial.

### (7) Übertragungsweg

- Inhalation von schimmelpilzhaltigem Staub in allen Arbeitsbereichen möglich
- Schnitt-/Stichverletzungen, insbesondere im Arbeitsbereich der Handsortierung

### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor

#### 4 Abfallsortieranlagen für Altpapier, Verpackung, Glas, Bauschutt und Baumischabfall

Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist.

##### **(9) Quelle/Relevante Regel/ Handlungshilfe**

EG-Richtlinie 2000/54/EG: Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit [2]

Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Abfallsortieranlagen, einschließlich Änderung und Ergänzung (TRBA 210) 8/2001 [24]

DIN EN 420: Schutzhandschuhe – Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren [25]

DIN 12942: Atemschutzgeräte – Gebläsefiltergeräte mit Vollmasken, Halbmasken oder Viertelmasken – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung [26]

DIN EN 340: Schutzkleidung – Allgemeine Anforderungen [27]

## 5 Biologische Abfallbehandlungsanlagen

Zu den biologischen Abfallbehandlungsanlagen gehören Kompostierungsanlagen, Vergärungsanlagen und Mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen (MBRA).

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

- Anlieferung
- Materialaufbereitung
- Rottesysteme/Vergärung
- Feinaufbereitung
- Lagerung

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Tätigkeiten in Abfallsortieranlagen im Sinne der TRBA 211 [28] werden im Allgemeinen der Schutzstufe 2 zugeordnet.

Werden die in der TRBA 211 aufgeführten Schutzmaßnahmen eingehalten, wie z.B. ein hoher baulicher und technischer Standard, die Erarbeitung und Einhaltung von Reinigungs-, Hygiene- und Wartungsplänen, die Anwendung Persönlicher Schutzmaßnahmen und -ausrüstungen (allgemein und auf spezielle Arbeitsbereiche/Tätigkeiten bezogen), gelten die Anforderungen der BioStoffV an die Schutzstufe 2 als erfüllt.

### Allgemeine Schutzmaßnahmen

Die allgemeinen Grundsätze zur Hygiene bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der TRBA 500 [20] sind zu beachten. Auch bei gelegentlichen Arbeiten in gefährdeten Bereichen ist geeignete Persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen. Die Beschäftigten sind anhand einer Betriebsanweisung zu unterweisen.

### Maßnahmen im Bereich Kabinen und Steuerstände

- Technische Maßnahmen
  - Kabinen und Steuerstände mit ständigem Arbeitsplatz müssen über eine geschlossene, klimatisierte Kabine mit Schutzbelüftungsanlage oder Fremdbelüftung verfügen.
  - Gleichzeitig müssen Maßnahmen zur Reinhaltung der Kabinen und Steuerstände getroffen werden.
  - Die Oberflächen der Kabinen und Steuerstände sind so zu gestalten, dass sie leicht zu reinigen sind.
- Organisatorische Maßnahmen
  - Kabinen und Steuerstände sind nach jeder Arbeitsschicht zu reinigen.

## 5 Biologische Abfallbehandlungsanlagen

- Filter von Schutzbelüftungsanlagen sind regelmäßig zu warten und zu wechseln.
- Mobile Maschinen und Fahrzeuge mit Kabinen sollen nur in unbelasteten Anlagebereichen abgestellt werden.
- Die Türen und Fenster der Fahrzeugkabine sind während des Betriebes geschlossen zu halten, das Ein- und Aussteigen im belasteten Bereich ist soweit wie möglich zu reduzieren.
- Einhaltung des technischen Kontrollwertes: Bei Überschreitung des technischen Kontrollwertes (TKW) von  $5 \cdot 10^4$  KBE/m<sup>3</sup> für Schimmelpilze sind die organisatorischen und technischen Schutzmaßnahmen zu optimieren. Wenn mehr als  $1 \cdot 10^5$  KBE/m<sup>3</sup> gemessen werden, ist die Gefährdungsbeurteilung zu wiederholen.
- Flüssige Abfälle sollten nicht offen gelagert werden, sodass eine Aerosolbildung vermieden wird.
- Innerbetriebliche Verkehrswege zu Arbeitsplätzen sollten nicht durch den Anlieferungsbereich führen.

### ☐ Organisatorische Maßnahmen

- Im Anlieferungsbereich sollten keine ständigen Arbeitsplätze ohne ausreichenden Schutz bestehen.
- Der Boden sollte regelmäßig z.B. mit Kehrsaugmaschinen gereinigt werden.
- Es sollte kein Lagerbereich mit längerer Verweildauer entstehen, sondern die Abfälle möglichst arbeits-tätig der Behandlung zugeführt werden.

### Maßnahmen im Bereich der Materialaufgabe

#### Maßnahmen im Bereich der Anlieferung

##### ☐ Bauliche Maßnahmen

- Das angelieferte Material sollte getrennt gelagert und über Fördereinrichtungen dem Behandlungsprozess zugeführt werden können.

##### ☐ Bauliche Maßnahmen

- Manuelle Auslese ist zu minimieren, z.B. durch Einsatz maschineller Sortiereinrichtungen, die zu Kapseln sind.
- An Übergabestellen sollten Aerosole und Stäube abgesaugt werden.

#### ☐ Technische Maßnahmen

- Eine lose Schüttung von den Bändern ist zu vermeiden und der Abwurf der einzelnen Fraktionen soll in geschlossene Behältnisse erfolgen.
- Bei ständigen Arbeitsplätzen in diesen Bereichen sind Persönliche Schutzmaßnahmen erforderlich.

#### Maßnahmen im Bereich der Fördertechnik

- ☐ Fallhöhen an Übergangsstellen der Transportbänder sind zu minimieren.
- ☐ Aerosole und Stäube sollen abgesaugt werden.
- ☐ Die Kapselung von Transportbändern wird empfohlen.

#### Maßnahmen im Bereich manuelle Störstoffauslese (Sortierkabine)

##### ☐ Bauliche Maßnahmen

- Die Sortierkabine sollte unter Berücksichtigung lüftungstechnischer Anforderungen baulich abgetrennt sein.
- Sortierkabine und ihre Einrichtungen sollten leicht zu säubern sein.

- Türen müssen selbst schließend und die Arbeitsplätze so gut erreichbar sein, dass der Arbeitnehmer keiner zusätzlichen Belastung durch biologische Arbeitsstoffe ausgesetzt ist.
- Maschinelle Sortiereinrichtungen sind außerhalb der Kabine zu installieren oder zu kapseln.
- Übergabestellen innerhalb der Sortierkabine sind zu vermeiden oder zu kapseln.

##### ☐ Technische Maßnahmen

- Die Sortierkabine ist mit einer technischen Lüftung und einer Absaugvorrichtung auszustatten.
- Staubeinträge und -aufwirbelungen durch die Sortiertätigkeit sind zu vermeiden, z.B. durch Einhausung und Absaugung des Sortierabschnitts vor der Einmündung in die Sortierkabine.
- Regelmäßige Wartung und Kontrolle sind erforderlich.

##### ☐ Organisatorische Maßnahmen

- Der Reinigungsplan wird konsequent umgesetzt.
- Sortierkabine und -band sind täglich nass zu reinigen.

## 5 Biologische Abfallbehandlungsanlagen

- Lamellenvorhänge am Band sind täglich zu reinigen.
- Belüftungsanlagen müssen während der Pausen/Stillstandzeiten in Betrieb bleiben oder vor Arbeitsbeginn einen ausreichenden Vorlauf haben.
- Das Entnehmen aus dem Abfall zu privaten Zwecken ist unzulässig.
- Einhaltung des technischen Kontrollwertes: Bei Überschreitung des technischen Kontrollwertes (TKW) sind die organisatorischen und technischen Schutzmaßnahmen zu optimieren. Werden mehr als  $1 \cdot 10^5$  KBE/m<sup>3</sup> gemessen, ist die Gefährdungsbeurteilung zu wiederholen.

### Maßnahmen im Bereich Rotte/Nachrotte

- Bauliche Maßnahmen
  - Der Rottebereich ist baulich von den übrigen Anlageteilen zu trennen.

### Geschlossene Rottebereiche

- Der Betriebsablauf sollte automatisch erfolgen.

- Es dürfen keine ständigen Arbeitsplätze vorhanden sein.
- Bei Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten ist geeigneter Atemschutz und persönliche Schutzkleidung zu tragen.
- Die Reinigung und Instandhaltung ortsveränderlicher Maschinen sind außerhalb des Rottebereiches vorzunehmen.

### Offene Rottebereiche

- Organisatorische Maßnahmen müssen individuell in der Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden.
- Kontaktzeiten mit biologischen Arbeitsstoffen sind so gering wie möglich zu halten.

### Maßnahmen im Bereich Feinaufbereitung, Lagerung und Verpackung

- Aussortierte Störstoffe sind in geeigneten Behältern/Vorrichtungen zu sammeln.
- Bei Sieb-, Misch- und Abpackvorgängen ist die Staubentwicklung durch geeignete Maßnahmen (Absaugung/Kapselung) möglichst gering zu halten.

## Maßnahmen im Sozialbereich

- ❑ Bauliche und technische Maßnahmen
  - Ein Schwarz-Weiß-System zur getrennten Aufbewahrung der Arbeits- und Straßenkleidung ist einzurichten.
  - Waschräume mit Duschen sind einzurichten und Reinigungsmittelpender sowie Einmalhandtücher zur Verfügung zu stellen. Getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für Nahrungsmittel sind vorzusehen.
- ❑ Organisatorische Maßnahmen
  - Ein Hautschutzplan ist zu erstellen, die erforderlichen Hautschutz-, Reinigungs- und Pflegemittel sind zur Verfügung zu stellen.
  - Vor Betreten der Pausenräume sind die Hände zu waschen und ggf. zu desinfizieren, verschmutztes Schuhwerk ist zu säubern.
  - Schutzkleidung ist abzudecken oder abzulegen.
  - Essen, Trinken und Rauchen sind nur in den dafür vorgesehenen Räumen gestattet.
  - Pausen-, Wasch- und Umkleieräume sind arbeitstäglich nass zu reinigen.

## Zusätzliche Maßnahmen für Tätigkeiten in einer mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage

- ❑ Zur Reduzierung der Staubbelastung sind an Aggregaten mit erheblicher Staubbefreiung (Schreddern) Nebelkanonen einzusetzen.
- ❑ Zur Rotte sind nur abgeschlossene und belüftete Rottesysteme einzusetzen.
- ❑ Bei der Gefährdungsbeurteilung sind Tätigkeiten, die im Rottesystem durchgeführt werden müssen, sowie Wartungs- und Reinigungsarbeiten zu berücksichtigen.

## Persönliche Schutzmaßnahmen und -ausrüstungen

Persönliche Schutzausrüstung (PSA) ist zur Verfügung zu stellen und von den Angestellten zu benutzen. Zur PSA gehören mindestens:

- ❑ Sicherheitsschuhe der Schutzkategorie S2 nach DIN EN 345 „Spezifikation der Sicherheitsschuhe für den gewerblichen Gebrauch“, bei Tätigkeiten in MBRA solche der Schutzkategorie S3, DIN EN 345 [23]

## 5 Biologische Abfallbehandlungsanlagen

- ❑ Geeigneter Handschutz nach DIN EN 388 [29] „Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken“ der Schutzkategorie II mit einer wirksamen Feuchteregulierung für die Hautoberfläche
- ❑ Körperbedeckender Arbeitsanzug gemäß DIN EN 340 [27] „Schutzkleidung – Allgemeine Anforderungen“
- ❑ Bei Bedarf ist geeigneter Atemschutz zur Verfügung zu stellen, der mindestens folgende Anforderungen erfüllt: Halbmaske mit Partikelfilter der Klasse P2 (P3 für MBRA) nach DIN EN 143 [30] oder partikelfiltrierende Halbmaske FFP2 (FFP3 für MBRA) gemäß DIN 149 [31]. Atemschutzfilter und filtrierende Halbmasken sind täglich zu wechseln. Im MBRA-Bereich sind filtrierende Halbmasken mit Ausatemventil bevorzugt einzusetzen.

### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

- ❑ Bakterien und Pilze, insbesondere Actinomycceten und Schimmelpilze sowie deren Sporen
- ❑ als Störstoff unzulässig eingebrachte infektiöse Materialien (z.B. Tierkadaver)

### (4) Risikogruppe

1 und 2, eventuell auch 3

### (5) Mögliche Erkrankungen

- ❑ Allergien
- ❑ exogen-allergische Alveolitis (EAA)
- ❑ Infektionen

### (6) Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial, Bemerkungen

Toxische Wirkungen können z.B. durch Endotoxine verursacht werden. Sensibilisierende Eigenschaften besitzen vor allem Schimmelpilze und deren Sporen. Einige Actinomycceten tragen ein bedeutendes sensibilisierendes Potenzial, das insbesondere beim Einatmen zu einer Gefährdung führen kann. Längerfristiger intensiver Kontakt mit luftgetragenen Pilzsporen kann in großer Dichte – insbesondere bei bestehender Veranlagung – zu einer Sensibilisierung bis hin zu schwer wiegenden allergischen Reaktionen führen.

### (7) Übertragungsweg

Inhalation von belasteten Stäuben und Aerosolen

### **(8) Arbeitsmedizinische Vorsorge**

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist.

### **(9) Quelle/Relevante Regel/ Handlungshilfe**

Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz. BGI-Arbeitsmappe, Kennziffer 9420, 30. Lfg. IV/2003 [16]

TRBA 405: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe [17]

TRBA 500: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen [20]

TRBA 211: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Biologische Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen [28]

DIN EN 388: Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken [29]

DIN EN 143: Atemschutzgeräte – Partikelfilter – Anforderungen, Benennung, Kennzeichnung [30]

DIN 149: Atemschutzgeräte – Filtrierende Halbmasken zum Schutz gegen Partikeln – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung [31]

## 6 Abwassertechnische Anlagen

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

- Betrieb und Instandhaltung bei der Abwasserableitung
- Betrieb und Instandhaltung bei der Abwasserbehandlung
- Prozesssteuerung in der Abwasserbehandlung
- Unterstützende Arbeiten

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Tätigkeiten in abwassertechnischen Anlagen werden in der Regel der Schutzstufe 2 zugeordnet [32].

#### Schutzmaßnahmen

Bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in abwassertechnischen Anlagen sind die Schutzmaßnahmen im Sinne der TRBA 220 [32] bzw. GUV-R 145 [33] zu erfüllen, damit sind die Anforderungen nach der BioStoffV an die Schutzstufe 2 erfüllt. Zu den geeigneten Maßnahmen zählen sowohl bauliche als auch technische und organisatorische Schutzmaßnahmen.

### Bauliche und technische Maßnahmen

- Vermeidung von Turbulenzen beim Abwassertransport
- Verringerung der Fallhöhe bei stürzenden Wassermassen
- Minimierung der Aerosolbildung durch Einhausung, Abdeckung, Spritzschutz etc. oder Ersatz durch feinflächige Belüftung am Boden
- Abdeckung des Rechengerinns
- Ausstattung der Hochdruckspülfahrzeuge mit Fernbedienung
- Verwendung von Pendeldüsen bei großen Schachtquerschnitten
- räumliche Trennung von Mensch und Gefahrenbereichen u.a. durch Automatisierung
- Errichtung von Windabweisern und Schutzwänden

### Allgemeine organisatorische Maßnahmen

- Wetterverhältnisse sind bei der Arbeitsvorbereitung zu berücksichtigen und Reinigungsarbeiten nur von der gesicher-

ten, windabgewandten Seite durchzuführen.

- ❑ Verschmutzte Arbeitsgeräte müssen gereinigt und gegebenenfalls desinfiziert werden.
- ❑ Bei der Verwendung von Spüleinrichtungen ist der Schacht so weit wie möglich abzudecken.
- ❑ Für eine fachkundige Beseitigung von Ratten und Mäusen ist zu sorgen.
- ❑ Mitarbeiter sind anhand der Betriebsanweisung zu unterweisen.

### Maßnahmen im Sozialbereich

- ❑ Bauliche und technische Maßnahmen
  - Einrichtung zum Reinigen von verschmutztem Schuhwerk/abwaschbarer Schutzkleidung
  - Schwarz-Weiß-System zur getrennten Aufbewahrung der Arbeits- und Straßenkleidung
  - Waschräume mit Duschen
  - getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für Nahrungsmittel

### ❑ Organisatorische Maßnahmen

- Ein Hautschutzplan ist zu erstellen, die erforderlichen Hautschutz-, Reinigungs- und Pflegemittel sind zur Verfügung zu stellen.
- Vor Betreten der Pausenräume sind die Hände zu waschen und ggf. zu desinfizieren, verschmutztes Schuhwerk ist zu säubern.
- Pausen- und Bereitschaftsräume dürfen nicht mit stark verschmutzter Arbeitskleidung betreten werden.
- Essen, Trinken und Rauchen sind nur in den dafür vorgesehenen Räumen gestattet.
- Nach Arbeitsende soll geduscht werden.
- Die Reinigung der Schutzkleidung erfolgt durch den Unternehmer bzw. wird von ihm veranlasst.

### ❑ Persönliche Schutzmaßnahmen

- Persönliche Schutzkleidung (z.B. Overall nach DIN EN 510) [34], die insbesondere bewirken soll, dass ein Hautkontakt mit Abwasser vermieden wird, Beschäftigte vor Nässe geschützt werden, keine biologischen Arbeitsstoffe auf Beschäftigte einwirken oder unkontrolliert verschleppt werden, ist zur Verfügung zu stellen.

## 6 Abwassertechnische Anlagen

- Je nach Tätigkeit und Gefährdung müssen entsprechende Schutzhandschuhe getragen werden. Gegen mechanische Gefährdungen sind Schutzhandschuhe nach DIN EN 388 [29], bei Arbeiten mit unmittelbarem Abwasser- und Schlammkontakt nach DIN EN 374 [35] und bei Labortätigkeiten dünnwandige Einmalhandschuhe nach DIN EN 455 [36] zu tragen
- Bei Notwendigkeit sollen Sicherheitsschuhe nach DIN EN 344 [37] getragen werden.
- Beim Augenschutz ist grundsätzlich zu beachten, dass geschlossene Schutzbrillen (Korbbrillen) erforderlich sind, wenn mit Spritzern von allen Seiten zu rechnen ist.
- Atemschutz durch Partikel filtrierende Halbmasken FFP3 nach DIN 149 [31], die regelmäßig gewechselt werden müssen.

### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

Siehe Tabelle 1 (Seite 38 f.)

### (4) Risikogruppe

Siehe Tabelle 1 (Seite 38 f.)

### (5) Mögliche Erkrankungen

Siehe Tabelle 1 (Seite 38 f.)

### (6) Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial, Bemerkungen

Siehe Tabelle 1 (Seite 38 f.)

### (7) Übertragungsweg

- orale Aufnahme
- Inhalation von Aerosolen, Stäuben, Tröpfchen (insbesondere bei der Instandhaltung der Abwasserableitung und -behandlung, bei Einsatz von Hochdruckreinigern oder -spüleinrichtungen)
- Aufnahme über Schleimhaut oder verletzte, aufgeweichte oder vorgeschädigte Haut
- Eindringen in tieferes Gewebe bei Schnitt- oder Stichverletzungen

### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach BioStoffV § 15 a Abs. 2 in Verbindung mit Anhang IV sind arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen bei Tätigkeiten mit regelmäßigem Kontakt zu fäkalienhaltigen Abwässern oder mit fäkalienkontaminierten

Gegenständen für Beschäftigte in Kläranlagen und in der Kanalisation bezüglich des Hepatitis-A-Virus zu veranlassen, es sei denn, Beschäftigte verfügen über einen ausreichenden Immunschutz. Im Rahmen der Vorsorgeuntersuchung ist eine Impfung gegen Hepatitis A anzubieten.

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist.

Siehe auch BG-Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen: G 42 (insbesondere für Hepatitis-Viren) [38].

#### **(9) Quelle/Relevante Regel/ Handlungshilfe**

TRBA 220: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Sicherheit und

Gesundheit bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in abwassertechnischen Anlagen [32]

GUV-R 145: Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen in abwassertechnischen Anlagen [33]

DIN EN 510: Festlegungen für Schutzkleidungen für Bereiche, in denen ein Risiko des Verfangens in beweglichen Teilen besteht [34]

DIN EN 374: Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen [35]

DIN EN 455: Medizinische Handschuhe zum einmaligen Gebrauch – Anforderung und Prüfung auf Dichtigkeit [36]

DIN EN 344. Teil 2: Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe für den gewerblichen Gebrauch – Zusätzliche Anforderungen und Prüfverfahren [37]

Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen: G 42 Tätigkeiten mit Infektionsgefährdung [38]

## 6 Abwassertechnische Anlagen

Tabelle 1:  
Vorkommen von Mikroorganismen in abwassertechnischen Anlagen, Risikogruppen, mögliche Erkrankungen und sensibilisierendes bzw. toxisches Potenzial (in Anlehnung an TRBA 220)

Möglicherweise vorkommende Organismen	Risiko- gruppe	Mögliche Erkrankungen	Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial Bemerkungen
Adenoviren	2	Infektionen der Atemwege, Augenentzündung	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	2	Infektionen von Dünndarm, Lunge, Allergien	
<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	Allergische Atemwegserkrankungen	A
<i>Campylobacter coli</i> , <i>C. fetus</i> , <i>C. jejuni</i>	2	Durchfall	
<i>Candida sp.</i> Ausnahmen: <i>C. albicans</i> , <i>C. tropicalis</i>	1 2	Hauterkrankungen	
<i>Clostridium tetani</i>	2	Wundstarrkrampf	V
<i>Entamoeba sp.</i>	2	Durchfall	
<i>Escherichia coli</i>	2	Durchfall	
<i>Giardia lamblia</i>	2	Appetitlosigkeit, Durchfall, Fieber	
Hepatitis-A-Virus	2	Infektiöse Hepatitis (Gelbsucht)	V
Hepatitis-B-Virus <sup>1)</sup>	3**	Infektiöse Hepatitis (Gelbsucht), chronischer Verlauf möglich	V

Möglicherweise vorkommende Organismen	Risikogruppe	Mögliche Erkrankungen	Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial Bemerkungen
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	Nasennebenhöhlenentzündung, Lungenentzündung	
<i>Leptospira sp.</i> ( <i>L. interrogans</i> )	1 oder 2 (2)	Fieber, Gelbsucht, Hirnhautentzündung, Nierenentzündung, Weilsche Krankheit	
<i>Norwalk-Virus</i>	2	Erbrechen, Durchfall	
<i>Poliovirus</i>	2	Durchfall, Kinderlähmung, Hirnhautentzündung	V
<i>Rota-Virus</i>	2	Durchfall	
<i>Salmonella der Typhus-Gruppe</i> <sup>2)</sup> <i>S. typhi</i> <i>S. paratyphi</i>	3** 2	Schwere Allgemeinerkrankung mit Fieber	V
<i>Salmonella (Enteritische)</i> <i>S. enteritidis, S. typhimurium</i>	2	Akuter Brechdurchfall, Fieber	
<i>Yersinia enterocolitica</i>	2	Durchfall, Fieber, Bauch-, Gelenkschmerzen	

<sup>1)</sup> Bei Hepatitis B und HIV ist eine Übertragung nur dann möglich, wenn Krankheitserreger in die Blutbahn gelangen. Damit ist bei Arbeiten in abwassertechnischen Anlagen grundsätzlich nicht zu rechnen, es sei denn, es besteht das konkrete Risiko, sich mit Kanülen zu stechen, die mit infiziertem Blut kontaminiert sind.

<sup>2)</sup> Im Fall einer Typhus-Epidemie kann dessen Erreger Bedeutung erlangen.

## 7 Bodensanierung

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

- Tätigkeiten mit Boden
- Tätigkeiten mit Prozesswasser
- Tätigkeiten mit Nährlösungen
- Tätigkeiten mit Anreicherungskulturen
- Feste organische Stoffe

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Tätigkeiten in der Bodensanierung sind in der Regel den Schutzstufen 1 und 2, in Einzelfällen, z.B. bei (Verdacht auf) Vorhandensein von Milzbrandregenern, der Schutzstufe 3 zuzuordnen.

#### Schutzmaßnahmen

Für die Zuordnung spezieller Tätigkeiten in der Bodensanierung zu einzelnen Schutzstufen und -maßnahmen aufgrund biologischer Gefährdungen gibt die BG-Information (BGI 583) [39] detaillierte Hinweise.

Arbeitsschutzmaßnahmen für Arbeiten in kontaminierten Bereichen in Bezug auf Gefahrstoffe sind in der TRGS 524 [40] und BGR 128 [41] festgelegt.

### Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 1

Die allgemeinen Hygienemaßnahmen der TRBA 500 [20] sind zu beachten.

### Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 2

Zusätzlich zu den Maßnahmen der Schutzstufe 1 sind zu beachten:

- Eine Gefährdungsbeurteilung und Betriebsanweisung ist zu erstellen, die Mitarbeiter sind zu unterweisen.
- Die entsprechenden Arbeitsbereiche sind unter Verwendung eines Symbols für Biogefährdung zu kennzeichnen.
- Eine Schwarz-Weiß-Trennung, je nach Gefährdung mit Erweiterung bis hin zur Mehrkammerschleuse, ist einzurichten.
- In geschlossenen Behandlungseinheiten ist eine Abluftreinigungsanlage (z.B. Abluftfilter) erforderlich.
- Das Essen, Trinken, Rauchen und das Schnupfen am Arbeitsplatz sind grundsätzlich verboten.
- Hautschutz (waschen, pflegen) ist zu beachten.
- Staubbildung ist zu vermeiden.

- ❑ Persönliche Schutzkleidung ist den Tätigkeiten entsprechend zu tragen, es sei denn, technische Maßnahmen verhindern eine Kontamination.
- ❑ Bei der maschinellen Bearbeitung ist eine Kabinen-Schutzbelüftung einzusetzen.
- ❑ Sind technische Maßnahmen nicht ausreichend, ist Atemschutz der Klasse P3 zur Verfügung zu stellen.
- ❑ obligatorisches Tragen eines imprägnierten Einwegschutzanzugs, von mindestens zwei Schutzhandschuhen übereinander (z.B. Latex- und Lederhandschuhe) und einer P3-Atemschutzmaske sowie bei Staubentwicklung einer Vollschutzmaske mit P3-Filter
- ❑ Arbeiten in kontaminierten Bereichen vier Wochen vor Arbeitsbeginn der Berufsgenossenschaft anzeigen

### Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 3

Hautkontakt sowie orale bzw. inhalative Aufnahme des Milzbranderreger sind durch technische und persönliche Schutzmaßnahmen zu vermeiden:

- ❑ spezielle Unterweisung über die Milzbrandproblematik
- ❑ Vermeidung von Staubaufwirbelungen
- ❑ strikte Einhaltung der Schwarz-Weiß-Trennung
- ❑ fachgerechte Entsorgung/Autoklavierung/Desinfektion der benutzen Ausrüstungsgegenstände
- ❑ Hautschutzmittel auftragen und kleinere Wunden mit einem dichten Verband verschließen

### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

Das Merkblatt „Biologische Arbeitsstoffe bei der Bodensanierung“ wird zurzeit überarbeitet. Dabei wird insbesondere die Liste von möglicherweise vorkommenden Organismen in Anlehnung an die gültigen Einstufungslisten aktualisiert. Aus diesem Grund fehlen entsprechende Angaben derzeit in diesem Report. Sie werden nach Vorliegen der Neufassung des Merkblattes unverzüglich ergänzt.

### (4) Risikogruppe

Erfahrungsgemäß ist bei Tätigkeiten mit Boden mit den Risikogruppen 1 und 2 zu rechnen. Humanpathogene Mikroorganismen der Risikogruppe 3 sind in der Boden-

## 7 Bodensanierung

flora Europas üblicherweise nicht zu erwarten (Ausnahme z.B. ehemalige Standorte der Lederindustrie, die mit *Bacillus anthracis* kontaminiert sein könnten).

### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist.

Impfangebot, z.B. gegen Tetanus, siehe BioStoffV § 15 a Abs. 3 [1].

### (9) Quelle/Relevante Regel/Handlungshilfe

BioStoffV § 15a Abs.3 [1]

TRBA 460: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Einstufungen von Pilzen in Risikogruppen [8]

TRBA 500: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen [20]

BGI 583: BG-Information „Biologische Arbeitsstoffe bei der Bodensanierung“ [39]

TRGS 524: Technische Regeln für Gefahrstoffe: Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen, 03/1998 [40]

BGR 128: BG-Regel „Kontaminierte Bereiche“ [41]

## 8 Gesundheitswesen und Wohlfahrtspflege

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

- medizinische Untersuchung, Behandlung oder Pflege von Menschen
- medizinische Untersuchung, Behandlung oder Pflege von Tieren
- Tätigkeiten in der Pathologie, Anatomie und Gerichtsmedizin
- Tätigkeiten in Blut- und Plasmaspendeeinrichtungen
- Tätigkeiten, die der Ver- und Entsorgung oder der Aufrechterhaltung des Betriebes dienen, z.B. Reinigungs-, Desinfektions-, Reparatur- und Wartungs-, Transport- und Entsorgungsarbeiten, Tätigkeiten mit benutzter Wäsche, Tätigkeiten mit infektiösem Abfall
- Tätigkeiten mit humanen und tierischen Körperflüssigkeiten, -ausscheidungen und -gewebe, insbesondere in Arztpraxen oder Apotheken – ausgenommen Praxen der Laboratoriumsmedizin
- zahntechnische Laboratorien
- Not- und Rettungsdienste
- Dialyseeinrichtungen
- human- und veterinärmedizinische Lehr- und Forschungsbereiche mit Ausnahme von Laboratorien
- Versorgungs- und Dienstleistungseinrichtungen wie Zentralsterilisation, Wäschereien, Abfallentsorgung, Reinigungs- und Instandhaltungsdienste
- Untersuchungsämter des Gesundheitswesens
- Pflegeheime, Pflegedienste, Hospize
- Praxen von Heilpraktikern
- Arbeitsbereiche von Angehörigen der Fachberufe im Gesundheitswesen
- Arbeitsbereiche der Medizinischen Kosmetik

Einrichtungen, in denen oben genannte Tätigkeiten stattfinden können (nicht abschließende Liste):

- Krankenhäuser und Tierkliniken
- Arzt- und Zahnarztpraxen, Tierarztpraxen

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Bei Tätigkeiten mit Biostoffen im Gesundheitsdienst und in der Wohlfahrtspflege handelt es sich weit überwiegend um nicht gezielte Tätigkeiten. Sie sind je nach gefährdender Tätigkeit den Schutzstufen 1, 2, 3, in seltenen Einzelfällen auch 4, zuzuordnen.

## 8 Gesundheitswesen und Wohlfahrtspflege

### Schutzmaßnahmen

In der Regel BGR/TRBA 250 [42] werden für Tätigkeiten im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung und zur Festlegung von Schutzstufen gegeben und geeignete Schutzmaßnahmen beschrieben.

### Allgemeine Anforderungen

#### ▣ Baulich-technisch

- Leicht erreichbare Händewaschplätze, Direktspender für Händedesinfektionsmittel, hautschonende Waschmittel, Hautschutzmittel und Einmalhandtücher sind bereitzustellen.
- Für das Sammeln von spitzen und scharfen Gegenständen müssen spezielle Abfallbehältnisse bereitgestellt werden.
- Verfahren zur Aerosolminimierung, z.B. durch Absaugtechnik bei zahnärztlichen Behandlungen, sollten eingesetzt werden.

#### ▣ Organisatorisch-hygienisch

- Beschäftigte sind anhand der Betriebsanweisung zu unterweisen.

- Nur entsprechend ausgebildete oder fachlich unterwiesene und beaufsichtigte Personen sollten eingesetzt werden.
- Der Arbeitgeber hat für die einzelnen Bereiche entsprechend der Infektionsgefährdung Maßnahmen zur Desinfektion, Reinigung, Sterilisation sowie für Ver- und Entsorgung schriftlich festzulegen (Hygieneplan).
- Bei Arbeiten, die eine Händedesinfektion erfordern, dürfen keine Schmuckstücke/Uhren an Händen oder Unterarmen getragen werden.
- Nach Patientenkontakt oder Kontakt mit (potenziell) infektiösem Material ist vor Verlassen des Arbeitsbereichs eine hygienische Händedesinfektion durchzuführen.
- Benutzte scharfe, spitze oder zerbrechliche Einmal-Arbeitsgeräte sind unmittelbar nach Gebrauch in stich- und bruchsicheren Behältnissen zu sammeln.
- Essen, Trinken, Rauchen sowie die Nahrungsmittelaufbewahrung sind nur im Pausenraum gestattet. Er darf nicht mit Schutzkleidung betreten werden.

#### ☐ Persönliche Schutzausrüstungen

- Persönliche Schutzausrüstung ist zur Verfügung zu stellen, insbesondere dünnwandige, flüssigkeitsdichte, allergenarme Handschuhe.
- Falls Arbeitskleidung mit Krankheitserregern kontaminiert ist, ist sie zu wechseln und vom Arbeitgeber wie Schutzkleidung zu desinfizieren und zu reinigen.

nachgewiesener Infektion durch Erreger der Risikogruppe 3\*\*\*, z.B. in HIV-Schwerpunktpraxen, im Rettungsdienst, bei der Behandlung fremdgefährdender Patienten).

#### ☐ Persönliche Schutzausrüstung

- Feste, flüssigkeitsdichte, allergenarme, desinfektionsmittelbeständige Handschuhe für Reinigungsarbeiten mit Stulpen; bei Bedarf Unterziehandschuhe
- bei Bedarf flüssigkeitsbeständige Schürzen, Schuhe sowie Augen- und Gesichtsschutz

#### Zusätzliche Schutzmaßnahmen bei Arbeiten der Schutzstufe 2

##### ☐ Baulich-technisch

- Wasserdichte und gegen Desinfektionsmittel beständige Oberflächen im Arbeitsbereich (gilt nicht für häusliche Bereiche) sind vorzusehen.
- Handwaschbecken, die ohne Berührung bedient werden können, sind erforderlich (z.B. Einhebelarmaturen)
- Es sind Arbeitsgeräte/-materialien einzusetzen, bei denen keine oder geringe Gefahr von Stich- und Schnittverletzungen besteht, z.B. Sicherheitskanülen, insbesondere wenn mit besonderen Gefährdungen zu rechnen ist (Tätigkeiten an Patienten mit

#### Zusätzliche Schutzmaßnahmen bei Arbeiten der Schutzstufe 3

- ☐ Die Zahl der Beschäftigten ist auf ein Mindestmaß zu beschränken.
- ☐ Tätigkeitsbereiche sollten durch einen Vorraum, einen Schleusenbereich oder eine ähnliche Maßnahme von übrigen Arbeitsbereichen abgetrennt sein.
- ☐ Atemschutzgeräte mindestens mit Partikelfilter FFP2 sind zur Verfügung zu stellen; bei einer möglichen Übertragung von Viren eventuell FFP3.

## 8 Gesundheitswesen und Wohlfahrtspflege

### Schutzmaßnahmen bei Arbeiten der Schutzstufe 4

Zum Schutz der Beschäftigten vor Infektionskrankheiten durch Krankheitserreger der Risikogruppe 4 wird ein Maßnahmenkatalog vom Ausschuss für biologische Arbeitsstoffe (ABAS) vorbereitet.

#### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

- Viren
- Bakterien
- Protozoen

#### (4) Risikogruppe

1, 2 und 3\*\*, 3, in seltenen Einzelfällen 4 (Anmerkung: Risikogruppe 3: z.B. *Coxiella burnetii* (Q-Fieber); Risikogruppe 4: Marburg-Virus, Ebola-Virus (z.B. per Flugpassagier eingeschleppt)).

#### (5) Mögliche Erkrankungen

Hepatitis, HIV, Zoonosen wie Q-Fieber, Tollwut, Borreliose; die hier getroffene Auswahl ist beispielhaft und nicht als vollständig anzusehen.

#### (7) Übertragungsweg

- Aufnahme über Haut/Schleimhäute/Wunden
- Stich- und Schnittverletzungen
- Stich blutsaugender Insekten
- oral
- Inhalation (Aerosole, Tröpfchen-, Staubinfektion)

#### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Pflichtuntersuchungen nach § 15a und Anhang IV BioStoffV sind zu veranlassen. Darüber hinaus sind für in Anhang IV genannte Tätigkeiten der Schutzstufe 3 arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten.

Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen und Impfungen (*Bordetella pertussis*, Masernvirus, Mumpsvirus, Rubivirus, Varizella-Zoster-Virus) sind bei Tätigkeiten in Einrichtungen zur medizinischen Untersuchung, Behandlung und Pflege von Kindern sowie vorschulischer Kinderbetreuung anzubieten.

Nach § 15a Abs. 5 BioStoffV sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit bio-

logischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist.

Im Rahmen der Vorsorgeuntersuchungen erfolgt nach § 15a Abs. 3 ein Impfangebot für Tätigkeiten mit impfpräventablen biologischen Arbeitsstoffen, sofern nicht bereits eine ausreichende Immunität besteht.

#### **(9) Quelle/Relevante Regel/ Handlungshilfe**

TRGS 540: Technische Regeln für Gefahrstoffe: Sensibilisierende Stoffe [19]

BGR/TRBA 250: Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege [42]

BGR 208: Reinigungsarbeiten mit Infektionsgefahr in medizinischen Bereichen [43]

TRBA 400: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen [44]

TRBA 100: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Schutzmaßnahmen für gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien [45]

LAGA-Richtlinie über die ordnungsgemäße Entsorgung von Abfällen aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes [46], siehe z.B.: [http://www.laga-online.de/mitteilungen/docs/RL\\_Gesundheitsdienst\\_09\\_02.pdf](http://www.laga-online.de/mitteilungen/docs/RL_Gesundheitsdienst_09_02.pdf)

## 9 Reinigungsarbeiten mit Infektionsgefahr in medizinischen Bereichen

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

Reinigungsarbeiten z.B. in folgenden Bereichen:

- Bettenaufbereitung
- Instrumentenaufbereitung
- Innerbetrieblicher Abfalltransport
- Innerbetrieblicher Wäschetransport (unreine Seite)
- Fahr- und Transportmittel (Rettungswagen)
- Allgemein zugängliche Toilettenanlagen
- Patienten- und Besucheraufenthaltsräume
- Wartebereiche für Patienten und Besucher
- Umkleide-, Aufenthalts-, Arbeits- und Sozialräume für das Personal
- Patientenzimmer
- Patiententoiletten
- Patientenbehandlungsräume
- Infektionseinrichtungen

- Mikrobiologische Laboratorien
- Pädiatrische Einrichtungen
- Stuhllaboratorien
- Operationseinrichtungen
- Dialyseeinrichtungen
- Intensiveinrichtungen
- Endoskopieeinrichtungen
- Notfallbehandlungseinheiten
- Kreißsäle
- Medizinische Laboratorien
- Sektionseinrichtungen
- Zahnärztliche Behandlungseinrichtungen
- Tuberkuloseeinrichtungen
- Pulmologische Einrichtungen

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Reinigungsarbeiten in Bereichen, in denen eine Infektionsgefährdung als gering einzuschätzen ist, sind der **Schutzstufe 1** zuzu-

ordnen, z.B. Reinigung von Treppen, Fluren, Aufenthaltsräumen, Wartebereichen, Patientenzimmer einschließlich sanitärer Anlagen, soweit nicht von einer höheren Schutzstufe erfasst.

Reinigungsarbeiten, bei denen Infektionsgefahren durch Erreger der Risikogruppe 2 oder 3\*\* bestehen können, sind in der Regel der **Schutzstufe 2** zuzuordnen, z.B. Reinigung und Desinfektion von kontaminierten Flächen und Gegenständen, Reinigung in pädiatrischen Einrichtungen, Reinigung von Infektionseinrichtungen, soweit nicht Schutzstufe 3 zugeordnet.

Reinigungsarbeiten in Bereichen, in denen sich Patienten befinden oder behandelt werden, die mit Erregern der Risikogruppe 3 infiziert sind, sind der **Schutzstufe 3** zuzuordnen. Dies sind z.B. Bereiche mit an offener Lungentuberkulose erkrankten Patienten oder veterinärmedizinische Einrichtungen, in denen Tiere mit Q-Fieber gehalten bzw. behandelt werden.

### Schutzmaßnahmen

Die Zuordnung zu den Schutzstufen ist im Einzelfall im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln. Beispiele sind in der BGR 208 [43] und in der BGR/TRBA 250 [42] angegeben. Ist eine Zuordnung zu einer

niedrigeren Schutzstufe nicht möglich, sollten Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 3 getroffen werden.

### Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 1

Die allgemeinen Hygienemaßnahmen und Mindeststandards nach TRBA 500 [20] müssen bei allen Tätigkeiten und den verschiedenen Schutzstufen eingehalten werden.

- Vor Beginn der Pausen und nach Beendigung der Arbeiten sind die Hände mit zur Verfügung gestellten Mitteln zu waschen.
- Hautschutz-/Hautpflegemittel sind zu benutzen.
- Straßenkleidung und Arbeitskleidung sind getrennt aufzubewahren.
- Arbeitskleidung ist regelmäßig zu wechseln und zu reinigen.
- Pausenräume dürfen nicht mit Schutz-/Arbeitskleidung betreten werden.
- Verpflegung ist so aufzubewahren, dass kein Kontakt mit Schutz-/Arbeitskleidung möglich ist.
- Bei der Arbeit darf nicht geraucht, gegessen und getrunken werden, dazu sind die Pausenräume aufzusuchen.

## 9 Reinigungsarbeiten mit Infektionsgefahr in medizinischen Bereichen

- Nicht in die Abfallbehälter hineingreifen oder sie zusammendrücken.
- Abfallsäcke sind beim Tragen vom Körper fernzuhalten, Transportwagen sind zu benutzen.

Bei bestimmten Reinigungsarbeiten, die der Schutzstufe 1 zuzuordnen sind, z.B. die Toilettenreinigung, sind feste Schutzhandschuhe (zum Stulpen) zu tragen.

Die Beschäftigten sind zu unterweisen, eine Betriebsanweisung ist zu erstellen.

### Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 2

Bei Reinigungsarbeiten in Bereichen, die in Schutzstufe 2 eingeordnet werden müssen, sind zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Hände sicherzustellen, und gegebenenfalls ist eine tätigkeitsbezogene Persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen. Hierzu gehören beispielsweise mechanisch resistente und flüssigkeitsdichte Handschuhe, Schutzkittel, -hosen, -schürzen und -schuhe.

- Bereitgestellte (wasserdichte) Schutzkleidung ist zu benutzen, wenn mit dem Durchnässen der Arbeitskleidung zu rechnen ist.

- Das Einsammeln von Injektionskanülen ist nicht die Aufgabe des Reinigungspersonals! Die Exposition gegenüber kontaminierten Gegenständen des Abfalls (Injektionskanülen, menschliche Ausscheidungen) ist durch eine ordnungsgemäße Sammlung dieser Gegenstände zu verhindern (Aufgabe des Auftraggebers).

### Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 3

Zusätzlich zu den o.g. Maßnahmen dürfen die Reinigungsarbeiten erst nach schriftlicher Freigabe durch den Koordinator beginnen und der Hygienebeauftragte ist hinzuzuziehen.

#### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

- Bakterien
- Pilze
- Viren

#### (4) Risikogruppe

1, 2, 3\*\* und 3

### (5) Mögliche Erkrankungen

Verschiedene Infektionen, die durch Bakterien oder Viren ausgelöst werden, z.B. Keuchhusten und Hepatitis.

### (7) Übertragungsweg

- direkter Kontakt zu Körperflüssigkeiten, insbesondere Blut
- direkter Kontakt zu Ausscheidungen (Stuhl)
- Verletzungen an gebrauchten kontaminierten Kanülen oder scharfen Instrumenten
- Inhalation von Stäuben bzw. Aerosolen

### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist. Bei Tätigkeiten der Schutz-

stufe 3 muss generell eine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung angeboten werden.

Bezüglich Hepatitis B und C ist bei Tätigkeiten, bei denen es regelmäßig und in größerem Umfang zu Kontakt mit Körperflüssigkeiten, -ausscheidungen oder -gewebe kommen kann oder bei regelmäßigen Tätigkeiten mit Kontaktmöglichkeit zu erregerehaltigen oder kontaminierten Gegenständen oder Materialien eine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung zu veranlassen (Pflichtuntersuchung nach Anhang IV BioStoffV).

Bei Beschäftigten, die Reinigungsarbeiten in pädiatrischen Einrichtungen ausüben, sind arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen bezüglich der im Anhang IV Abs. 2 angegebenen Erreger von Kinderkrankheiten durchzuführen, wenn die im Anhang IV Abs. 2 Spalte 3 genannten Expositionsbedingungen zutreffen.

Eine Impfung gemäß § 15a Abs. 3 BioStoffV ist anzubieten.

### (9) Quelle/Relevante Regel/Handlungshilfe

TRBA 500: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen [20]

## 9 Reinigungsarbeiten mit Infektionsgefahr in medizinischen Bereichen

BGR/TRBA 250: Biologische Arbeitsstoffe  
im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrts-  
pflege [42]

BGR 208: Reinigungsarbeiten mit  
Infektionsgefahr in medizinischen Berei-  
chen [43]

## 10 Zahntechnische Laboratorien

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

Desinfektionsplatz

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Aufgrund der Gefährdungsbeurteilung sind den Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in zahntechnischen Laboratorien Sicherheitsmaßnahmen der Schutzstufen 1 und 2 nach BioStoffV zuzuordnen. Tätigkeiten am Desinfektionsplatz werden der Schutzstufe 2 zugeordnet.

#### Schutzmaßnahmen

- ❑ Die allgemeinen Hygienemaßnahmen nach TRBA 500 [20] sind einzuhalten.
- ❑ Es sind nur Verfahren zur Desinfektion zulässig, bei denen Hautkontakt mit Krankheitserregern/Desinfektionsmittel weitgehend ausgeschlossen ist, z.B. durch Handschuheingriff, Beschickungshilfen und Schutzhandschuhe.
- ❑ Krankheitserreger/Desinfektionsmittel dürfen während des Desinfektionsvorgangs nicht frei werden, z.B. durch Einrichtung von geschlossenen Systemen.
- ❑ Die Desinfektionsmittel müssen Virus inaktivierende Wirkung haben (vornehmlich gegen Hepatitis-B-Viren). Zur Desinfektion zahntechnischer Werkstücke sind Desinfektionsmittel geeignet, die eine bakterizide, fungizide und Virus inaktivierende Wirkung haben (BGI 775) [47].
- ❑ Mikrobiell kontaminierte Materialien müssen vollständig mit Desinfektionsmitteln benetzt werden können.
- ❑ Die Einhaltung der erforderlichen Desinfektionsdauer muss gewährleistet sein.
- ❑ Zum Reinigen und Spülen von Materialien muss am Desinfektionsplatz eine Einrichtung mit fließendem Wasser vorhanden sein, sofern Reinigungs- und Desinfektionsmittel nicht in der Desinfektionseinrichtung ablaufen.
- ❑ Der Desinfektionsplatz muss so gestaltet sein, dass eine Rekontamination und ein Verschleppen in andere Bereiche verhindert werden.
- ❑ Der Desinfektionsplatz sowie die Desinfektionseinrichtungen müssen feucht zu reinigen sein und desinfiziert werden können.
- ❑ Ein Händewaschplatz muss eingerichtet sein, Reinigungs- und Pflegemittel sind zur Verfügung zu stellen.

## 10 Zahntechnische Laboratorien

- Der Desinfektionsplatz muss als solcher gekennzeichnet sein.
- Desinfektions- und Reinigungseinrichtungen sind mindestens einmal jährlich zu überprüfen.
- Bei Arbeiten am Desinfektionsplatz dürfen keine Schmuckstücke/Uhren an Händen oder Unterarmen getragen werden.
- Die Mitarbeiter sind anhand der Betriebsanweisung zu unterweisen.
- Ein Hygieneplan für den Umgang mit mikrobiell kontaminierten Materialien und mit Desinfektionsmitteln ist aufzustellen.
- Essen, Trinken, Rauchen sowie die Nahrungsmittelaufbewahrung sind in zahn-technischen Laboratorien verboten.

### **Persönliche Schutzmaßnahmen und -ausrüstung**

- Beschäftigte am Desinfektionsplatz müssen geeignete flüssigkeitsdichte Schutzhandschuhe tragen. Geeignet sind Schutzhandschuhe aus synthetischem Gummi oder Kunststoff.
- Ggf. ist Schutzkleidung zu tragen.

- Schutzkleidung/-handschuhe sind so aufzubewahren, dass keine Kontamination der Innenseiten erfolgt, andernfalls sind sie zu entsorgen.

### **(3) Möglicherweise vorkommende Organismen**

- Bakterien (Streptokokken)
- Viren (Hepatitis-Viren)
- Pilze

### **(4) Risikogruppe**

1, 2 und 3\*\*

### **(5) Mögliche Erkrankungen**

- Infektionen der oberen Atemwege
- Hepatitis B

### **(7) Übertragungsweg**

Zu den Krankheitserregern, die in zahn-technischen Laboratorien von Bedeutung sind, zählen vor allem Mikroorganismen, die mit Speichel und/oder Blut übertragen werden können.

#### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist. Gemäß BGI 775 [47] sind allen Beschäftigten in zahntechnischen Laboratorien (außer Bürobereich) Vorsorgeuntersuchungen nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 42 „Infektionskrankheiten“ anzubieten [38]. In diesem Zusammenhang ist ihnen eine Impfung gegen Hepatitis-B-Viren anzubieten.

#### (9) Quelle/ Relevante Regel/ Handlungshilfe

TRBA 500: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen [20]

G 42: Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen: G 42 Tätigkeiten mit Infektionsgefährdung (BGG 904) [38]

TRBA/BGR 250: Technische Regel für biologische Arbeitsstoffe: Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege, TRBA 250, 11/2003 bzw. gleichnamige BG-Regel, 10/2003 [42]

BGI 775: Berufsgenossenschaftliche Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Zahntechnische Laboratorien – Schutz vor Infektionsgefahren [47]

## 1.1 Metallbearbeitung und -verarbeitung

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

Tätigkeiten mit wassergemischten Kühlschmierstoffen (Metallzerspanung und -umformung)

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Mit Mikroorganismen besiedelte, wassergemischte Kühlschmierstoffe sind in der Regel der Schutzstufe 2 zuzuordnen. In Einzelfällen, in denen eine Infektionsgefährdung nicht anzunehmen ist, kann eine Eingruppierung in Schutzstufe 1 vorgenommen werden. In jedem Fall sind die allgemeinen Hygienemaßnahmen der Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 500) [20] einzuhalten; diese Maßnahmen entsprechen gleichzeitig der Schutzstufe 1 nach BioStoffV [1].

Die Schutzmaßnahmen und Empfehlungen in den bestehenden staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Regeln für Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen nach dem Gefahrstoffrecht (TRGS 611 [48], BGR 143 [49]) und gemäß BioStoffV (BGI 762 [50]) ergänzen sich und können insgesamt als Maßnahmen der Schutzstufe 2 nach BioStoffV interpretiert werden.

### □ Technische Maßnahmen

- Das verwendete Anmischwasser sollte Trinkwasserqualität haben (< 100 KBE/ml gemäß Trinkwasserverordnung).
- Es müssen Maßnahmen ergriffen werden, um Aerosole, Stäube und Nebel zu vermeiden bzw. zu reduzieren.
- Der Eintrag von Verunreinigungen (z.B. Fremdöle, Bodenschmutz durch Laufrost, Lebensmittelreste) ist zu verhindern.
- Eine gute Durchlüftung und Umwälzung des Kühlschmierstoffes in der Anlage – auch an betriebsfreien Tagen – wirkt der Bildung von anaeroben Verhältnissen und somit der Bildung von Faulgasen entgegen. Konservierungsmaßnahmen sind nach den Angaben von Kühlschmierstoff- bzw. Biozidhersteller treffen.
- Hohe Luftfeuchtigkeit im Arbeitsbereich ist zu vermeiden (< 60 % relative Luftfeuchte). Dies ist vor allem in Hinblick auf Schimmelpilzsporen wichtig, da diese bei hoher Luftfeuchte vermehrt auskeimen.
- Fußböden und Arbeitsmittel sollten leicht zu reinigende Oberflächen haben.
- Waschgelegenheiten sowie vom Arbeitsplatz getrennte Umkleidemög-

lichkeiten müssen zur Verfügung stehen.

#### □ Organisatorische Maßnahmen

- Die Funktion und Wirksamkeit der technischen Maßnahmen sind regelmäßig zu überprüfen.
- Beschäftigte sind zu unterweisen und eine Betriebsanweisung ist zu erstellen.
- Essen, Trinken und Rauchen am Arbeitsplatz sind verboten; Pausenverpflegung ist getrennt aufzubewahren.
- Vor Eintritt in die Pausen und nach Beendigung der Tätigkeiten sind die Hände zu waschen, dazu sind auch Hautschutz- und Hautpflegemittel sowie Mittel zur Wundversorgung zur Verfügung zu stellen.
- Straßenkleidung ist von Arbeitskleidung und Persönlicher Schutzausrüstung getrennt aufzubewahren. Letztere ist regelmäßig und bei Bedarf zu reinigen oder zu wechseln.

#### □ Persönliche Schutzmaßnahmen und -ausrüstungen

Bei Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen ist der Haut- und Augenkontakt und die

Aufnahme über die Atemluft, z.B. durch Aerosolbildung, weitgehend zu verhindern. Geeignete Maßnahmen hierfür sind im Einzelfall Handschutz (nicht bei Arbeiten an drehenden Teilen!), Augen-/Gesichtsschutz und gegebenenfalls Atemschutz (Partikelschutzfilter mindestens P2) bei starker Aerosolbildung, z.B. Reinigungsarbeiten mit Hochdruckreinigern.

### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

Es handelt sich um weit verbreitete Umweltkeime, die typischerweise in wässrigen Medien zu finden sind. Genaue Auflistung der **nachgewiesenen Mikroorganismen aus Kühlschmierstoff-Betriebsproben** zeigt Tabelle 2 (siehe Seite 60 f.), Quelle: BGI 762, Anhang 1 [50].

### (4) Risikogruppe

Die Organismen, die beim Umgang mit wassergemischten Kühlschmierstoffen vorkommen, sind der Risikogruppe 1 oder 2 zuzuordnen. Die genaue Zuordnung der einzelnen Bakterien- und Pilzarten ist Tabelle 2 (siehe Seite 60 f.) zu entnehmen.

## 11 Metallbearbeitung und -verarbeitung

### (6) Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial, Bemerkungen

Allergische Atemwegserkrankungen können vor allem durch Sporen hervorgerufen werden. Endotoxine können bei inhalativer Aufnahme zu entzündlichen Reaktionen an Schleimhäuten und Atmungsorganen führen.

schmierstoffen nicht mit einer Gesundheitsgefährdung zu rechnen und das Angebot einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung nicht erforderlich.

#### Quelle/Relevante Regel/Handlungshilfe

### (7) Übertragungsweg

Inhalation von Aerosolen

Hautkontakt

BGI 633: Einstufung biologischer Agenzien: Bakterien [5]

BGI 634: Merkblatt B 007 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie: Sichere Biotechnologie, Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Pilze [6]

### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist.

Bei Einhaltung aller Vorgaben und Empfehlungen aus dem staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Regelwerk ist bei Tätigkeiten mit keimbelasteten wassergemischten Kühl-

TRBA 460: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Pilzen in Risikogruppen, 10/2002 [8]

TRBA 466: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Bakterien in Risikogruppen [11]

TRBA 500: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen [20]

TRGS 611: Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können [48]

BGR 143: Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Umgang mit Kühlschmierstoffen [49]

Arbeit: Keimbelastung wassergemischter Kühlschmierstoffe [50]

BGI 762: Berufsgenossenschaftliche Information für Sicherheit und Gesundheit bei der

BGI 805: Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Metallindustrie [51]

## 1.1 Metallbearbeitung und -verarbeitung

Tabelle 2:  
Vorkommen von Mikroorganismen in wassergemischten Kühlschmierstoffen,  
Risikogruppe und sensibilisierendes bzw. toxisches Potenzial (gemäß BGI 762)

Möglicherweise vorkommende Organismen	Risikogruppe	Mögliche Erkrankungen	Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial, Bemerkungen
<i>Acremonium sp.</i>			
<i>Aeromonas caviae</i>	2		
<i>Aeromonas hydrophila</i>	2		
<i>Burkholderia cepacia</i> (= <i>Pseudomonas cepacia</i> )	2		
<i>Citrobacter freundii</i>	2		
<i>Fusarium culmorum</i>			
<i>Fusarium oxysporum</i>	1		+
<i>Fusarium sambucinum</i>			
<i>Fusarium solani</i>	1		+
<i>Fusarium sp.</i>			
<i>Fusarium sporotrichoides</i>			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2		
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	2		
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	1		
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1		+

Möglicherweise vorkommende Organismen	Risikogruppe	Mögliche Erkrankungen	Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial, Bemerkungen
<i>Pseudomonas luteola</i>	2		
<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i>	1		+
<i>Pseudomonas putida</i>	1		+
<i>Pseudomonas sp.</i>			
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	1		+
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> (= <i>Pseudomonas maltophilia</i> , <i>Xanthomonas maltophilia</i> )	2		

## 12 Arbeiten mit Infektionsgefährdung durch BSE-/TSE-Erreger

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

#### Schlachthöfe, insbesondere an folgenden Arbeitsplätzen:

- Bolzenschussbetäubung
- Kopfabsetzen
- Kopf bearbeiten, Kopffleisch gewinnen
- Gehirnprobe entnehmen
- Tierhalbierung
- Entfernung von Rückenmark und Rückenmarkshaut
- eventuell auch bei der Verpackung und Vorbereitung zum Transport
- Entnahme der Proben
- Versendung der Proben
- Entsorgung

#### Tierkörperbeseitigungsanstalten, Entsorgung von Risikomaterialien insbesondere

- Transport zur Tierkörperbeseitigungsanstalt, insbesondere Be- und Entladen der Transportfahrzeuge
- Reinigungs- und Desinfektionsarbeiten
- Beseitigung von Störungen beim Transportfluss der Materialien innerhalb der Anlage

#### Durchführung der Probenahme-Arbeiten im Rahmen der epidemiologischen BSE- und Scrapie-Überwachungsprogramme sowie der Untersuchung konkreter Verdachtsfälle

#### Sektion BSE-verdächtiger Rinder

#### thermische Verwertung/Beseitigung von Tiermehlen

#### Tiermehlverwertung in Zementwerken, insbesondere

- Störbeseitigung, Instandsetzungsarbeiten
- Wechsel der Filterschläuche
- Reparaturen in Silos
- eventuell An- und Abkuppeln des Verbindungsschlauches vom Silofahrzeug zum stationären Silo

#### diagnostische Arbeiten

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

#### Schutzstufe

Je nach Tätigkeit 1, 2 oder in Einzelfällen 3

#### Schutzmaßnahmen

#### Schlachthöfe

Zusätzlich zu den sonstigen nach BioStoffV zu treffenden Schutzmaßnahmen und Bestim-

mungen zur Lebensmittelhygiene hat der Arbeitgeber an den relevanten Arbeitsplätzen folgende Persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen:

- Flüssigkeitsdichte und feuchtigkeitsabweisende Handschuhe an allen Arbeitsplätzen, an denen Kontaktmöglichkeit mit Risikomaterial besteht (bei Beschädigung sind Schutzhandschuhe sofort zu wechseln). An allen Arbeitsplätzen, an denen mit scharfen Werkzeugen umgegangen wird, sind diese Handschuhe unter schnitthemmenden bzw. Stechschutzhandschuhen zu tragen.
- Geeigneter Gesichtsschutz ist zu tragen, z.B. Spritzschutz – Visier oder alternativ Schutzbrille – sowie Mund- und Nasenschutz. Dies gilt insbesondere für die Arbeitsbereiche bzw. Tätigkeiten Bolzenschussbetäubung, Rückenmarkskernabsaugung, -entfernung oder Tierhalbierung.

#### □ Rückenmarkskernabsaugung

Die Absaugerohre sind nach jeder einzelnen Probeentnahme mechanisch durch Abspülen oder Abwischen zu reinigen und nach Abschluss der Arbeiten durch mindestens einstündiges Einlegen in 1 N NaOH oder Natriumhypochloritlösung mit mindestens 2 % freiem Chlor (Augenschutz!) zu dekontaminieren.

#### □ Tierhalbierung

- Bei der Tierhalbierung mit Eröffnung des Wirbelkanals, die mit wassergekühlten Rückenspaltsägen durchgeführt wird, ist das abtropfende Kühlwasser des Sägeblattes so abzuleiten oder abzusaugen, dass die Spritzer- oder Aerosolbildung minimiert wird.
- Dabei ist die aufgrund der Hygieneanforderungen übliche Schutzkleidung, bestehend aus Hygieneschutzkleidung, Schürze und Gummistiefeln ausreichend. Für die Reinigung dieser Schutzkleidung ist der Arbeitgeber verantwortlich.
- Sollte Einwegschutzkleidung bei der Tierhalbierung und bei der Entfernung der Risikomaterialien getragen werden, ist diese bis zum Vorliegen der Testergebnisse identifizierbar sicher aufzubewahren und bei Vorliegen eines positiven Befundes als Risikomaterial anzusehen und zu verbrennen. Dies gilt auch für Einmalhandschuhe.

#### □ Weitere Maßnahmen bei Schlachtvorgängen

- Werden im Rahmen eines Schlachtvorgangs oder während eines Schlachttagess Rinder geschlachtet, die einem BSE-Schnelltest unterzogen

## 12 Arbeiten mit Infektionsgefährdung durch BSE-/TSE-Erreger

werden, ist die gebrauchte Persönliche Schutzausrüstung einschließlich der Schutzkleidung bis zum Vorliegen der Ergebnisse der Tests getrennt und identifizierbar sicher aufzubewahren (z.B. in flüssigkeitsdichten Wäschesäcken). Dies gilt nicht für die Bestandteile der Persönlichen Schutzausrüstung, die z.B. durch Wasserstrahl ausreichend gesäubert werden können. Bei negativen Testergebnissen kann die Schutzausrüstung wie üblich gereinigt und desinfiziert werden.

- Nach Ende der Tätigkeiten oder bei Chargenwechsel ist eine Reinigung des Arbeitsbereiches und der Arbeitsmittel vorzunehmen (Beseitigung von Blut, Gewebe und anderen Verunreinigungen), bei Verwendung von Wasser ohne Hochdruck. Anschließend hat eine Dekontamination, bei Flächen z.B. durch Einschäumen, mit alkalischen Reinigern unter folgenden Bedingungen zu erfolgen: Endkonzentration des Reinigers 1 N NaOH. Aldehydhaltige Desinfektionsmittel dürfen erst **nach** der alkalischen Desinfektion eingesetzt werden. Abschließend sind Arbeitsbereich und Arbeitsmittel mit Wasser (Wasserstrahl, nicht unter Hochdruck) nachzureinigen.
- Die oben genannten Anforderungen für Schlachthöfe gelten auch für

Schlachtungen in Metzgereibetrieben.

### □ Probenahme bei Schlachttieren

- Die Hirnproben müssen einzeln in auslaufsicheren Einmalgefäßen aufbewahrt werden. Die Probengefäße müssen beschriftet und dem jeweiligen Schlachttier eindeutig zuzuordnen sein (z.B. durch Barcode).
- Die Zuständigkeit bei der Entnahme der Proben wird von den oberen Landesbehörden geregelt. Die mit der Durchführung amtlich beauftragten Personen (Amtliche Tierärzte oder zur Probenentnahme bevollmächtigte Fleischkontrolleure) müssen in Bezug auf die Entnahme der geeigneten Hirnproben geschult werden.
- Zur Probenahme sind vorzugsweise Entnahmelöffel, so genannte scharfe Löffel, anzuwenden. Hierzu sind Arbeitsanweisungen entsprechend § 12 Abs. 3 BioStoffV zu erstellen. Darüber hinaus müssen die Beschäftigten in die Sicherheitsmaßnahmen beim Umgang mit potenziell BSE- oder Scrapie-kontaminiertem Material unterwiesen sein. Diese Unterweisung ist regelmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich, zu wiederholen; über die Schulungen und Unterweisungen sind Aufzeichnungen zu

führen (§ 10 Abs. 5 und § 12 Abs. 1 bis Abs. 3 BioStoffV). (Probematerial in verschließbaren Plastikgefäßen, diese in verschließbaren beschrifteten Plastikboxen, die in den Transportfahrzeugen stoßfest zu sichern sind.)

□ Probenahme bei verendeten, not- und krankgeschlachteten Tieren und Tieren mit konkretem BSE- oder Scrapie-Verdacht sowie Sektion von Verdachtstieren

- Die Probenentnahme kann in den zur Sektion bzw. zur Zerlegung solcher Tiere zur Verfügung stehenden Räumen an der Tierkörperbeseitigungsanlage (TBA), im Untersuchungsamt oder am Schlachthof durchgeführt werden.
- Die Probeentnahme und Untersuchung von Tieren mit konkretem BSE- oder Scrapie-Verdacht sind in der Arbeitsanleitung der Bundesforschungsanstalt für Viruserkrankungen der Tiere (BFAV) [52] zur Diagnostik von BSE und Scrapie geregelt.
- Bei der Entnahme von Proben im Rahmen des jährlichen Überwachungsprogramms (Verordnung 999/2001/EG in Verbindung mit Verordnung 1248/2001/EG) sowie bei der Probenentnahme und Sektion

von Tieren, die unter klinischem Verdacht getötet wurden, sind folgende Sicherheitsmaßnahmen einzuhalten:

- Es ist Persönliche Schutzausrüstung zu tragen: Geeignete Schutzkleidung (langer geschlossener Kittel, Gummischürze), flüssigkeitsdichte und feuchtigkeitsabweisende Schutzhandschuhe und Gesichtsschutz (Visier oder alternativ Schutzbrille und Mund- und Nasenschutz) sind zur Verfügung zu stellen.
- Die Schutzkleidung ist nur für diese Arbeiten zu verwenden. Die Schutzausrüstung ist bei positivem Befund einer chemischen oder thermischen Behandlung zur Inaktivierung der TSE-Erreger zu unterziehen.
- Bei der Entnahme der Proben müssen die Instrumente nach jeder einzelnen Probe einem Dekontaminationsschritt mit NaOH oder Natriumhypochloritlösung unterzogen werden.
- Nach der Probenahme bzw. Sektion sind die Räume (Oberflächen, Boden) und Gegenstände mit NaOH oder Natriumhypochloritlösung zu dekontaminieren, bevor mit Wasser nachgespült wird (Wasserstrahl, kein Hochdruck).

## 12 Arbeiten mit Infektionsgefährdung durch BSE-/TSE-Erreger

- Das Aufsägen von Schädeln ist auf ein Mindestmaß zu beschränken. Sollte es im Einzelfall dennoch notwendig sein, müssen Maßnahmen zum Schutz vor Spritzern getroffen werden, wie z.B. das Tragen eines Gesichtsschutzes.
  - Flüssige Abfälle sind so weit wie möglich zu vermeiden. Ansonsten sind sie einer chemischen oder thermischen Behandlung zu unterziehen.
- Tierkörperbeseitigungsanstalten und Entsorgung von Risikomaterialien
- Zu den Risikomaterialien gehören z.B. Organe und Gewebe von Rindern, Schafen und Ziegen. Ebenso zählen dazu tote Rinder, Schafe und Ziegen, bei denen das Risikomaterial nicht entnommen wurde.
  - Verdachtstiere und offensichtlich erkrankte Tiere dürfen nicht gehäutet werden. Es ist nur das Häuten von nicht geöffneten, klinisch unauffälligen Tieren vor der Kopfabsetzung zulässig; dies stellt keine Tätigkeit mit TSE-Gefährdung dar, da kein Kontakt zu Risikomaterialien besteht.
  - Arbeitsschutzrelevante Tätigkeiten kommen beispielsweise vor beim Transport zur Tierkörperbeseitigungsanstalt, insbesondere dem Be- und Entladen der Transportfahrzeuge, bei Reinigungs- und Desinfektionsarbeiten, bei der Beseitigung von Störungen beim Transportfluss der Materialien innerhalb der Anlage (siehe (1) Arbeitsbereiche). Welche konkreten Arbeitsplätze betroffen sind, hat der Arbeitgeber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen.
  - Bei der chemischen Dekontamination sind zuerst alkalische Mittel zu verwenden, da aldehydhaltige Mittel zur Stabilisierung von TSE-Erregern führen.
  - An gefährdeten Arbeitsplätzen sind den Beschäftigten zur Verfügung zu stellen: flüssigkeitsdichte und feuchtigkeitsabweisende Schutzhandschuhe; Hygieneschutzkleidung; Schürze und Gummistiefel an allen Arbeitsplätzen, an denen Kontaktmöglichkeit mit Risikomaterial besteht; geeigneter Gesichtsschutz, wenn die Möglichkeit besteht, dass Spritzer von Risikomaterialien auftreten können. Bei Reinigungsarbeiten mit Hochdruckreinigungsgeräten, die mit einer TSE-Gefährdung verbunden sind, ist geeigneter Spritz- und Aerosolschutz zu gewährleisten, z.B. durch wasserdichte Schutzanzüge in Verbindung mit belüfteten Hauben.

- Thermische Verwertung/Beseitigung von Tiermehlen
  - Das in der Bundesrepublik Deutschland vorgeschriebene Verfahren (§ 5 TierKBAnstV) bei der Herstellung von Tiermehlen stellt nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse die Inaktivierung potenziell vorhandener TSE-Erreger sicher. Bei der thermischen Verwertung (Verbrennung) der vorschriftsmäßig hergestellten Tiermehle sind deshalb neben den bereits geltenden (Arbeitsschutz-)Regelungen keine speziellen zusätzlichen Schutzmaßnahmen erforderlich. Die Vorgaben des ABAS-Beschlusses 602 [53] zur thermischen Verwertung/Beseitigung von Tiermehlen sind zu beachten. Tätigkeiten mit inaktiviertem Tiermehl in Zementwerken werden der Schutzstufe 2 zugeordnet. Schutzmaßnahmen sind in einer Publikation der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft [54] angegeben
  - Absatz 1 gilt auch für importierte Tiermehle, bei denen – z.B. durch ein entsprechendes Zertifikat – bestätigt werden kann, dass sie mindestens entsprechend dem in der Bundesrepublik Deutschland vorgeschriebenen Verfahren nach § 5 TierKBAnstV hergestellt wurden.
  - Bei importierten Tiermehlen, bei denen kein Nachweis entsprechend Absatz 2 vorliegt, ist davon auszugehen, dass die Inaktivierung der TSE-Erreger nicht sicher gewährleistet ist. In diesen Fällen ist sicherzustellen, dass Beschäftigte Tiermehlen nicht ausgesetzt sind.
  - Soweit das Verbrennungsverfahren dies zulässt, ist pelletiertes Tiermehl zu verwenden. Schüttware ist nur im geschlossenen System oder als Sackware (auf Dichtheit achten, Säcke mitverbrennen) einzusetzen.
- TSE-Laboratorien
  - Für die Probenvorbereitungen und standardisierten Laborabläufe sind Arbeitsanweisungen zu erstellen und die Mitarbeiter müssen unterwiesen werden.
  - Das TSE-Laboratorium ist räumlich von den anderen Laboratorien zu trennen und mit der Schutzstufe und dem Symbol „Biogefährdung“ zu kennzeichnen. Es muss eine eigene Ausrüstung haben. Vor dem Betreten des Labors ist geeignete Schutzkleidung wie geschlossener Schutzkittel, Schutzbrille, Überschuhe, Einmalhandschuhe anzulegen, bei Arbeiten an der Werkbank sind stets zwei Paar

## 12 Arbeiten mit Infektionsgefährdung durch BSE-/TSE-Erreger

übereinander zu tragen. Beim Verlassen des Labors ist die Schutzkleidung abzulegen.

- Bei Arbeiten mit Gefahr von Schnitt- und Stichverletzungen sind über den Einmalhandschuhen weitere Handschuhe aus schnitthemmender Faser zu tragen.
- Die Schutzkleidung ist vor Weitergabe an die Wäscherei zu autoklavieren.
- Aerosolbildung ist bei allen Tätigkeiten zu vermeiden.
- Bei allen Arbeiten sind möglichst Einwegmaterialien aus Kunststoff zu verwenden.
- Bei negativem Befund erfolgt Inaktivierung von Abfällen durch Autoklavieren. Bei positivem ist ein thermisches chemisches Verfahren nach Beschluss 603 [55] anzuwenden.
- Regelmäßige Dekontamination der Arbeitsflächen und Fußböden ist erforderlich.

### □ Spezielle Schutzmaßnahmen in Histologielaboratorien

- Formaldehyd inaktiviert TSE-assoziierte Agenzien nicht, sondern führt zu deren Stabilisierung. Deshalb sind

alle entsprechenden Gegenstände mit einem chemischen Verfahren (1M NaOH für mindestens eine Stunde) zu behandeln.

- Das Zuschneiden des Nativmaterials sowie das Zuschneiden der formalin-fixierten Proben sind unter einer mikrobiologischen Sicherheitswerkbank (MSW) durchzuführen.
- Aus arbeitstechnischen Gründen ist die Herstellung der Paraffinschnitte unter einer Absaugvorrichtung nicht möglich. Deshalb ist Persönliche Schutzausrüstung – autoklavierbare Einmal-Schutzkleidung, Schutzbrille, Mundschutz, sowie zwei Paar übereinander getragene Schutzhandschuhe – zu benutzen.
- Schnittreste sind zu sammeln und zu dekontaminieren.
- Zur Säuberung verwendete Staubsauger müssen mit Abluffiltern ausgerüstet sein (Kategorie C oder K1).

### (3) Möglicherweise vorkommende Organismen

BSE/TSE-Erreger

#### (4) Risikogruppe

3\*\*

#### (5) Mögliche Erkrankungen

- Creutzfeldt-Jakob-Erkrankung (CJD, vCJD)
- Kuru
- Gerstmann-Sträussler-Scheinker-Syndrom (GSS)
- Tödliche familiäre Schlaflosigkeit (FFI, fatal familial insomnia)

#### (7) Übertragungsweg

- über die Schleimhäute des Mundes und der Nase
- über die Schleimhäute der Augen
- durch Verschlucken
- bei Verletzungen der Haut (insbesondere Schnitt- und Stichverletzungen)

#### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit bio-

logischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist. Bei nicht gezielten Tätigkeiten der Schutzstufe 3 sind die Vorsorgeuntersuchungen generell anzubieten.

Gefährdeten Mitarbeitern ist eine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung entsprechend G 42 mit dem speziellen Teil 33 Transmissible Spongiforme Enzephalopathien (TSE) anzubieten.

#### (9) Quelle/Relevante Regel/Handlungshilfe

TRBA 105: Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe: Sicherheitsmaßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 3\*\* [14]

G 42: Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung G42: Tätigkeiten mit Infektionsgefährdung [38]

TRBA 250: Für veterinärmedizinische Tätigkeiten: Technische Regel für biologische

## 12 Arbeiten mit Infektionsgefährdung durch BSE-/TSE-Erreger

Arbeitsstoffe; Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrts-  
pflege, 11/2003 bzw. gleichnamige  
BG-Regel (BGR 250), 10/2003 [42]

TRBA 100: Technische Regeln für Biolo-  
gische Arbeitsstoffe: Schutzmaßnahmen für  
gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit  
biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien  
[45]

Arbeitsanleitung der BFAV zur Diagnostik von  
BSE und Scrapie [52]

ABAS-Beschluss 602: Spezielle Maßnahmen  
zum Schutz der Beschäftigten vor Infektionen  
durch BSE/TSE-Erreger [53]

Publikation der Steinbruchs-Berufsgenossen-  
schaft: Der Umgang mit Tiermehl [54]

ABAS-Beschluss 603: Schutzmaßnahmen  
bei Tätigkeiten mit Transmissibler Spongio-  
former Enzephalopathie (TSE) assoziierter  
Agenzien in TSE-Laboratorien [55]

## 13 Arbeiten mit Gesundheitsgefährdungen durch Taubenkot

### (1) Arbeitsbereiche/Tätigkeiten

- Gebäudefassaden
- Dachstühle
- Brücken
- Stahlwasserbauten
- Bahnhöfe
- alte oder leer stehende Gebäude
- überdachte Anlagen, die häufig als Aufenthaltsorte und Nistplätze von Tauben dienen und demzufolge mit Taubenkot und sonstigen Ausscheidungen sowie Federn und Parasiten verschmutzt sind.

### (2) Schutzstufe/Schutzmaßnahmen

Arbeiten in Bereichen, die zwar mit Taubenkot kontaminiert sind, bei denen der Beschäftigte damit aber nicht in Kontakt kommt, z. B. bei Begehungen, können der **Schutzstufe 1** zugeordnet werden, Schutzmaßnahmen der TRBA 500 [20] sind ausreichend.

Tätigkeiten mit Kontakt zu Taubenkot sind nicht gezielte Tätigkeiten nach BioStoffV und der **Schutzstufe 2** zuzuordnen. Bei der Auswahl der Schutzmaßnahmen ist zu unter-

scheiden zwischen Tätigkeiten mit geringfügiger Exposition und Tätigkeiten mit erhöhter Exposition. Um geringfügige Exposition handelt es sich bei kurzzeitigem Kontakt zu geringen Mengen an Taubenkot wie z. B. beim Entfernen einzelner Nester und bei der Durchführung von Wartungs- und Reparaturarbeiten, sofern dabei nur in geringem Ausmaß Staub und Aerosole freigesetzt werden. Hierbei müssen keine zusätzlichen Reinigungsarbeiten durchgeführt werden, jedoch ist auf erforderliche Hygienemaßnahmen zu achten. Die persönlichen Schutzmaßnahmen sind zu beachten.

Arbeitsbereiche, die stark mit Taubenkot kontaminiert sind, müssen vor Beginn der Tätigkeiten sachgerecht gereinigt und danach so weit möglich desinfiziert werden. Auch diese Tätigkeiten sind entsprechend der BioStoffV der **Schutzstufe 2** zuzuordnen.

- Staubbefreiung ist so weit wie möglich zu vermeiden. Die Reinigung dieser Arbeitsbereiche sollte daher nicht unter Verwendung von Schaufeln und Besen oder durch Abbürsten geschehen.
- Wenn möglich, soll Taubenkot abgesaugt werden, dabei ist die unten aufgeführte Persönliche Schutzausrüstung ausreichend.

## 13 Arbeiten mit Gesundheitsgefährdungen durch Taubenkot

- Bei stärkeren Kotablagerungen ist ein einfaches Absaugen oft nicht möglich, da hier der Kot zunächst mit zusätzlichen Mitteln, wie z.B. Schaufeln, aufgelockert werden muss. Dadurch ist eine erhöhte Staubbildung gegeben und entsprechende Schutzmaßnahmen sind anzuwenden.

### Schutzmaßnahmen

Die Zuordnung zu den Schutzstufen ist im Einzelfall im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung vorzunehmen und entsprechende Schutzmaßnahmen sind einzuleiten. Eine Betriebsanleitung ist zu erstellen, Beispiel siehe BGI 892 [56]. Die Mitarbeiter sind zu unterweisen.

### Allgemeine Maßnahmen, Schutzstufe 1

Die allgemeinen Hygienemaßnahmen und Mindeststandards nach TRBA 500 [20] müssen bei allen Tätigkeiten und den verschiedenen Schutzstufen eingehalten werden.

### Schutzstufe 2

Sind Maßnahmen der Schutzstufe 2 zu treffen, dann sind in Abhängigkeit von den

Expositionen neben den Maßnahmen der Schutzstufe 1 folgende zusätzliche Schutzmaßnahmen zu beachten.

### Technische und organisatorische Maßnahmen

- Schwarz-Weiß-Trennung
  - Sobald tätigkeitsbedingt ein Kontakt mit Taubenkot möglich ist, ist eine Schwarz-Weiß-Trennung erforderlich.
  - Bei geringfügiger Exposition ist eine getrennte Aufbewahrung von Arbeits- und Straßenkleidung ausreichend. Dies ist erforderlich, um eine Verschleppung von Keimen zu verhindern.
  - Bei erhöhter Exposition erfolgt der Zutritt über einen Schleusenbereich. Verunreinigte Einweg-Schutzkleidung muss im Schleusenbereich abgelegt und in geeignete Behälter verbracht werden. Vorrichtungen zur Reinigung der Schutzstiefel sowie der Arbeitsmittel müssen vorhanden sein. Die Schwarz-Weiß-Anlage ist arbeits-täglich feucht zu reinigen. Eine Desinfektion ist in der Regel nicht erforderlich.
  - Verunreinigte Arbeitsgeräte und Materialien, z.B. Sauger, Baufolie zur Abtrennung und Einweg-Schutzklei-

dung, sind im Schwarzbereich zu reinigen oder in geeigneten, dicht schließenden Behältern zur Entsorgung zu bringen. Die Behälter sind mit Informationen über ihren Inhalt zu versehen.

- Bei Tätigkeiten in umschlossenen Räumen muss durch geeignete Abtrennung, z.B. mit Baufolie, eine Verschleppung von Staub in nicht kontaminierte Bereiche verhindert werden.

#### □ Staubminimierung

- Es sind Arbeitsverfahren auszuwählen, bei denen eine Staubentwicklung wirksam unterbunden wird, z.B. Kot durch Schaben und nicht durch rotierende Bürsten entfernen. Der Einsatz von Besen, Bürsten, Schrubbern oder ähnlichen Reinigungsgeräten ist bei trockenem Taubenkot zu vermeiden.
- Zur Reinigung sind Industriesauger mit Filterpatronen der Kategorie H entsprechend DIN EN 60335-2-65 (bisher KI) oder vergleichbare Geräte geeignet [57].
- Muss der Taubenkot vor dem Absaugen durch zusätzliche Maßnahmen zunächst vom Untergrund gelöst werden, ist zusätzlich eine Staubbefreiung durch Befeuchtung des Materials zu unterbinden.

- Befeuchteter Taubenkot ist innerhalb von zwei Stunden in dicht schließende Behälter zu überführen, da die im Kot enthaltenen Mikroorganismen durch die Befeuchtung aktiviert werden und sich vermehren können. Zusätzliche Gefährdungen, z.B. erhöhte Rutschgefahr, sind ebenfalls zu berücksichtigen.
- Der aufgenommene Taubenkot sowie die Filterpatronen der Sauggeräte müssen in stabilen, dicht schließenden Behältern, z.B. Spannringfässer, gelagert werden; Plastikbeutel sind nicht geeignet. Bei der Entnahme der Filterpatronen sind die Hinweise des Herstellers zu beachten. Die Freisetzung von Stäuben ist dabei zu unterbinden. Gleiches gilt für die Reinigung verstopfter Ansaugrohre.

#### □ Hygienemaßnahmen und Hautschutz

- Hände sowie kontaminierte Hautareale sind nach Verschmutzung durch Taubenkot, nach Arbeitsabschnitten und vor den Mahlzeiten gründlich mit Wasser und Seife zu reinigen und einzuremen. Es wird empfohlen, die Fingernägel zur Verringerung von Keimansiedlungen kurz zu schneiden. Für die Reinigung eignen sich Nagelbürsten.

## 13 Arbeiten mit Gesundheitsgefährdungen durch Taubenkot

- Personen mit Hautverletzungen, mit Ausnahme kleinerer Hautverletzungen, dürfen im Schwarzbereich nicht eingesetzt werden. Kleinere Hautverletzungen sind zu desinfizieren und während des Arbeitseinsatzes mit einem flüssigkeitsdicht schließenden Verband zu schützen.

### ☐ Essen, Trinken, Rauchen, Tabakschnupfen

- Das Essen, Trinken, Rauchen und das Schnupfen sowie der Gebrauch von Kosmetika im Schwarzbereich ist generell verboten.
- Durch das Tragen Persönlicher Schutzausrüstung ist der Flüssigkeits- und Elektrolytverlust bei sommerlichen Temperaturen besonders hoch. Der Arbeitgeber hat in diesen Fällen Getränke im Weißbereich anzubieten.

### Persönliche Schutzausrüstung (Grundausrüstung)

#### ☐ Handschutz

Als Handschutz reichen wasserdichte abwaschbare Handschuhe, z.B. nitrilgetränkt, aus [58].

#### ☐ Fußschutz

Als Fußschutz sind abwaschbare Sicherheitstiefel mindestens der Schutzkate-

gorie S 2/II nach [59] „Regeln für die Benutzung von Fuß- und Beinschutz“ einzusetzen.

#### ☐ Schutzkleidung

Es sind mindestens luftdurchlässige Einwegschutzkleidung der Kategorie III, Typ 5 und 6, zu tragen. In Einzelfällen kann höherwertige Schutzkleidung erforderlich sein. So ist bei einer möglichen Exposition mit verunreinigten Flüssigkeiten, z.B. bei Spritzwasser, mindestens wasserdichte Einwegschutzkleidung zu benutzen. Es sollte grundsätzlich darauf geachtet werden, dass Kapuzen aufgesetzt werden, um eine Verschleppung kontaminierter Stäube über die Haare zu minimieren und die Ohren vor Infektionen zu schützen. Aufgrund des dabei entstehenden Hitzestaus sind bei warmer oder heißer Witterung zusätzliche Erholungspausen einzuplanen [60].

#### ☐ Atemschutz

Geeigneter Atemschutz sind gebläseunterstützte Halbmasken mit Partikelfilter TM2P. Bei Tätigkeiten mit Spritzwasserbildung sind gebläseunterstützte Vollmasken einzusetzen. Bei Tätigkeiten mit geringfügiger Exposition sind auch FFP3-Masken geeignet.

Die Filter der Atemschutzmasken sind in Abhängigkeit vom Staubanfall, mindestens jedoch arbeitstäglich, zu wech-

seln. Die Beschäftigten sind zum Tragen dieser Atemschutzmasken verpflichtet [61].

### **Persönliche Schutzausrüstung (Zusätzliche Ausstattung)**

Zusätzliche persönliche Schutzmaßnahmen sind erforderlich, wenn mit einer erhöhten Staubfreisetzung z.B. aufgrund von Reinigungsarbeiten gerechnet werden muss. Hierbei sind neben den genannten persönlichen Schutzmaßnahmen folgende Maßnahmen erforderlich:

#### Atemschutz

Bei Tätigkeiten mit erhöhter Exposition sind FFP3-Masken nicht geeignet. Der Unternehmer hat dann Vollmasken der Schutzstufe TM3P zur Verfügung zu stellen. In besonderen Fällen (z.B. Brückenkästen) können höhere Anforderungen an den Atemschutz bis hin zu umgebungsluftunabhängigen Atemschutzgeräten notwendig sein.

#### **(3) Möglicherweise vorkommende Organismen**

- Bakterien (oft *Chlamydophila psittaci*),
- Hefen

- Pilze (das Vorkommen von *Histoplasma capsulatum* ist in Deutschland zwar möglich, jedoch eher unwahrscheinlich)
- Parasiten, z.B. *Argas reflexus* (Taubenzecke) und Milben

#### **(4) Risikogruppe**

1, 2, 3

#### **(5) Mögliche Erkrankungen**

- Ornithosen z.B. Papageienkrankheit (Erreger: *Chlamydophila psittaci*)
- allergische Reaktionen der Lunge (Vogelhalterlunge)
- allergische Reaktionen und Übertragung von Krankheiten, z.B. ausgelöst durch *Argas reflexus*
- entzündliche Hautreaktionen (Dermatitis), z.B. ausgelöst durch parasitische Milben

#### **(6) Sensibilisierendes und/oder toxisches Potenzial, Bemerkungen**

- durch Schimmelpilze und deren Sporen hervorgerufene sensibilisierende Reaktionen

## 13 Arbeiten mit Gesundheitsgefährdungen durch Taubenkot

- ☐ toxische Wirkung von Endotoxinen (siehe Anlage 2 auf Seite 87 ff.)

### (7) Übertragungsweg

- ☐ Aufnahme über die Atemwege, Mikroorganismen werden in der Regel – eingelagert in oder angeheftet an kleinste Tröpfchen oder Stäube – als so genannte Bioaerosole eingeatmet
- ☐ Aufnahme über den Mund
- ☐ Aufnahme über die Haut oder die Schleimhäute

### (8) Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach BioStoffV § 15a Abs. 5 sind Beschäftigten bei nicht gezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Schutzstufe 2 vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, außer, wenn aufgrund der Gefährdungsbeurteilung und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht von einer Infektionsgefährdung auszugehen ist.

Zu den arbeitsmedizinischen Vorsorgemaßnahmen gehören unter anderem Vorsorgeuntersuchungen, die nach der UW „Arbeits-

medizinische Vorsorge“ (BGV A 4) [62] unter Beachtung der einschlägigen Berufsgenossenschaftlichen Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, z.B. G 26 [63] oder G 42 [38] durchgeführt werden.

### (9) Quelle/Relevante Regel/Handlungshilfe

TRBA 500: Technische Regeln für biologische Arbeitstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen [20]

G 42: Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung G 42: Tätigkeiten mit Infektionsgefährdung [38]

BGI 892: BG-Information „Gesundheitsgefährdung durch Taubenkot“. Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung [56]

DIN EN 60335-2-65: Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-65: Besondere Anforderungen für Luftreinigungsgeräte [57]

BGR 195: BG-Regeln „Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen“ [58]

BGR 191: BG-Regeln „Benutzung von Fuß- und Beinschutz“ [59]

BGR 189: BG-Regeln „Einsatz von Schutzkleidung“ [60]

BGR 190: BG-Regeln „Benutzung von Atemschutzgeräten“ [61]

BGV A 4: BG-Vorschriften „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ [62]

G 26: Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung G 26: Atemschutzgeräte [63]

BGV A 7: BG-Vorschrift „Betriebsärzte“ [64]

## 14 Literaturverzeichnis

### Allgemeiner Hinweis:

Die Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) und die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) sind im Internet unter der Adresse [www.baua.de](http://www.baua.de), Rubrik „Biologische Arbeitsstoffe“, BG-Regeln und -Informationen sind unter [www.hvbg.de/bgvr](http://www.hvbg.de/bgvr) zugänglich.

[1] Verordnung zur Umsetzung von EG-Richtlinien über den Schutz der Beschäftigten gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit vom 27. Januar 1999. BGBl. I (1999), S. 50; zul. geänd. BGBl. I (2004), S. 3758

[2] Richtlinie 2000/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 zum Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit. ABl. EG Nr. L 262, S. 21-45

[3] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Sichere Biotechnologie, Eingruppierung biologischer Agenzien: Viren (BGI 631). Ausg. 4/1998. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg. Carl Heymanns, Köln 1998

[4] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Sichere Biotechnologie, Eingruppierung biologischer Agenzien: Parasiten

(BGI 632). Ausg. 9/2001. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg. Carl Heymanns, Köln 2001

[5] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Sichere Biotechnologie, Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Bakterien (BGI 633). Ausg. 10/2002. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg. Carl Heymanns, Köln 2002

[6] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Sichere Biotechnologie, Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Pilze (BGI 634). Ausg. 8/2002. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg. Carl Heymanns, Köln 2002

[7] Bekanntmachung des Bundesministeriums für Gesundheit: Liste risikobewerteter Spender- und Empfängerorganismen für gentechnische Arbeiten. Bundesgesundheitsbl. (2001) Nr. 3, S. 246-304. <http://www.bba.de/gentech/orglist.pdf>

[8] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Pilzen in Risikogruppen (TRBA 460). Ausg. 8/1998. BArbBl. (1998) Nr. 12, S. 39-41; Neufassung: BArbBl. (2002) Nr. 10, S. 78-84

[9] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Viren in Risiko-

## 14 Literaturverzeichnis

gruppen (TRBA 462). Ausg. 8/1998  
BArbBl. (1998) Nr. 12, S. 41-43

[10] Technische Regeln für biologische  
Arbeitsstoffe: Einstufung von Parasiten in  
Risikogruppen (TRBA 464). Ausg. 4/2002.  
BArbBl. (2002) Nr. 4, S. 134-139;  
zul. geänd. BArbBl. (2002) Nr. 10,  
S. 86

[11] Technische Regeln für biologische  
Arbeitsstoffe: Einstufung von Bakterien in  
Risikogruppen (TRBA 466). Ausg. 11/  
2004. BArbBl. (2004) Nr. 11, S. 25-107

[12] Technische Regeln für biologische  
Arbeitsstoffe: Einstufungskriterien für Biolo-  
gische Arbeitsstoffe (TRBA 450). Ausg.  
6/2000. BArbBl. (2000) Nr. 6, S. 58-61;  
geänd. BArbBl. (2002) Nr. 4, S. 127-128  
und BArbBl. (2002) Nr. 10, S. 86

[13] Technische Regeln für Gefahrstoffe:  
Verzeichnis sensibilisierender Stoffe (TRGS  
907). Ausg. 10/2002. BArbBl. (2002)  
Nr. 10, S. 74-76

[14] Technische Regeln für biologische  
Arbeitsstoffe: Sicherheitsmaßnahmen bei  
Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen  
der Risikogruppe 3\*\* (TRBA 105).  
Ausg. 3/1998. BArbBl. (1998) Nr. 4,  
S. 78-83; zul. geänd. BArbBl. (2000) Nr. 5,  
S. 50-52

[15] Beschluss des Ausschusses für Bio-  
logische Arbeitsstoffe (ABAS): Biologische  
Arbeitsstoffe mit sensibilisierenden Wirkun-  
gen (Beschluss 606). BArbBl. (2003) Nr. 3,  
S. 66-68

[16] Verfahren zur Bestimmung der Schim-  
melpilzkonzentration in der Luft am Arbeits-  
platz (Kennzahl 9420). In: BGI-Arbeits-  
mappe Messung von Gefahrstoffen. 30. Lfg.  
IV/2003. Hrsg.: Berufsgenossenschaft-  
liches Institut für Arbeitsschutz – BGI,  
Sankt Augustin. Erich Schmidt, Berlin 1989 –  
losebl.-Ausg.

[17] Technische Regeln für biologische  
Arbeitsstoffe: Anwendung von Messverfahren  
und technischen Kontrollwerten für luftgetra-  
gene Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 405).  
Ausg. 5/2001. BArbBl. (2001) Nr. 5,  
S. 58-61; zul. geänd. BArbBl. (2003) Nr. 3,  
S. 59-60

[18] Mikroorganismen in der Arbeitsplatz-  
atmosphäre – Actinomyceten. KAN-Bericht  
13. 2. Aufl. Hrsg.: Kommission für Arbeits-  
schutz und Normung (KAN), Sankt Augustin  
1999

[19] Technische Regeln für Gefahrstoffe:  
Sensibilisierende Stoffe (TRGS 540).  
Ausg. 2/2000. BArbBl. (2000) Nr. 2,  
S. 73-78

- [20] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen (TRBA 500). Ausg. 6/1999. BArbBl. (1999) Nr. 6, S. 81-82
- [21] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Gefährdungsbeurteilung für biologische Arbeitsstoffe bei Arbeiten auf Deponien – Handlungsanweisung (BGI 893). Ausg. 3/2002. Hrsg.: Tiefbau-Berufsgenossenschaft, München 2002
- [22] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Fahrerkabinen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen des Tiefbaues (BGI 581). Ausg. 1/1996. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliche Zentrale für Sicherheit und Gesundheit, Sankt Augustin.
- [23] DIN EN 345-2: Sicherheitsschuhe für den gewerblichen Gebrauch – Teil 2: Zusätzliche Spezifikation (8/1996). Beuth, Berlin 1996
- [24] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Abfallsortieranlagen: Schutzmaßnahmen (TRBA 210). Ausg. 6/1999. BArbBl. (1999) Nr. 6, S. 77-81; geänd. BArbBl. (2001) Nr. 8, S. 79
- [25] DIN EN 420: Schutzhandschuhe – Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren (12/2003). Beuth, Berlin 2003
- [26] DIN EN 12942: Atemschutzgeräte – Gebläsefiltergeräte mit Vollmasken, Halbmasken oder Viertelmasken – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung (enthält Änderung A1:2002) (6/2003). Beuth, Berlin 2003
- [27] DIN EN 340: Schutzkleidung – Allgemeine Anforderungen (3/2004). Beuth, Berlin 2004
- [28] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Biologische Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen (TRBA 211). Ausg. 8/2001. BArbBl. (2001) Nr. 8, S. 83-89; zul. geänd. BArbBl. (2002) Nr. 10, S. 84-85
- [29] DIN EN 388: Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken (12/2003). Beuth, Berlin 2003
- [30] DIN EN 143: Atemschutzgeräte – Partikelfilter – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung (5/2000). Beuth, Berlin 2000
- [31] DIN 149: Atemschutzgeräte – Filtrierende Halbmasken zum Schutz gegen Partikeln – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung (10/2001). Beuth, Berlin 2001
- [32] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Sicherheit und Gesundheit bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in

## 14 Literaturverzeichnis

abwassertechnischen Anlagen (TRBA 220).  
Ausg. 4/2002. BArbBl. (2002) Nr. 4,  
S. 128-134

[33] GUV-Regel 145: Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen in abwassertechnischen Anlagen. Hrsg.: Bundesverband der Unfallkassen, München 2001.  
[http://regelwerk.unfallkassen.de/daten/regeln/R\\_145.pdf](http://regelwerk.unfallkassen.de/daten/regeln/R_145.pdf)

[34] DIN EN 510: Festlegungen für Schutzkleidungen für Bereiche, in denen ein Risiko des Verfangens in beweglichen Teilen besteht (3/1993). Beuth, Berlin 1993

[35] DIN EN 374: Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen – Teil 1: Terminologie und Leistungsanforderungen. Teil 2: Bestimmung des Widerstandes gegen Penetration. Teil 3: Bestimmung des Widerstandes gegen Permeation von Chemikalien (12/2003). Beuth, Berlin 2003

[36] DIN EN 455: Medizinische Handschuhe zum einmaligen Gebrauch – Teil 1: Anforderungen und Prüfung auf Dichtheit (1/2001). Beuth, Berlin 2001

[37] DIN EN 344: Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe für den gewerblichen Gebrauch – Teil 2: Zusätzliche Anforderungen und Prüfverfahren (8/1996). Beuth, Berlin 1996

[38] Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz: Berufsgenossenschaftliche arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (G 42). Tätigkeiten mit Infektionsgefährdung (BGG 904). Gentner, Stuttgart

[39] Berufsgenossenschaftliche Informationen: Biologische Arbeitsstoffe bei der Boden-sanierung (BGI 583). Ausg. 12/99. Hrsg.: Tiefbau-Berufsgenossenschaft, München 1999

[40] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen (TRGS 524). Ausg. 3/98. BArbBl. (1998) Nr. 3, S. 60-66

[41] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Kontaminierte Bereiche (BGR 128). Aktualisierte Fassung 2002. Carl Heymanns, Köln 2002

[42] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege (TRBA 250) (BGR 250). Ausg. 10/2003. Carl Heymanns, Köln 2003

[43] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Reinigungsarbeiten mit Infektionsgefahr in medizinischen Bereichen (BGR 208). Ausg. 10/2001. Carl Heymanns, Köln 2001

- [44] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (TRBA 400). Ausg. 8/2001. BArbBl. (2001) Nr. 8, S. 89-99; zul. geänd. BArbBl. (2002) Nr. 4, S. 122
- [45] Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Schutzmaßnahmen für gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien (TRBA 100). Neufassung 4/2002. BArbBl. (2002) Nr. 4, S. 122-127
- [46] LAGA-Richtlinie über die ordnungsgemäße Entsorgung von Abfällen aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes. Hrsg.: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall. [www.laga-online.de/mitteilungen/docs/RL\\_Gesundheitsdienst\\_09\\_02.pdf](http://www.laga-online.de/mitteilungen/docs/RL_Gesundheitsdienst_09_02.pdf)
- [47] Berufsgenossenschaftliche Information: Zahntechnische Laboratorien – Schutz vor Infektionsgefahren (BGI 775). Ausg. 4/2004. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln 2004
- [48] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verwendungsbeschränkungen für wasser-mischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können (TRGS 611). Ausg. 10/2002. BArbBl. (2002) Nr. 10, S. 67-72
- [49] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Umgang mit Kühlschmierstoffen (BGR 143). Ausg. 7/94. Carl Heymanns, Köln 1994
- [50] Berufsgenossenschaftliche Information: Keimbelastung wassergemischter Kühlschmierstoffe (BGI 762). Ausg. 8/2001. Hrsg.: Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften. Carl Heymanns, Köln 2001
- [51] Berufsgenossenschaftliche Information: Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Metallindustrie (BGI 805). Hrsg.: Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften. Carl Heymanns, Köln 2004
- [52] Arbeitsanleitung des BFAV zur Diagnostik von BSE und Scrapie. Bundesanzeiger Jg. 52, Nr. 172a vom 12. September 2000, S. 64-67 oder Friedrich-Loeffler-Institut – Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Greifswald – Insel Riems
- [53] Beschluss des Ausschusses für biologische Arbeitsstoffe (ABAS): Spezielle Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Infektionen durch BSE/TSE-Erreger (Beschluss 602). BArbBl. (2000) Nr. 5, S. 53; geänd. BArbBl. (2001) Nr. 5, S. 61
- [54] Kern, U.; Schlingplässer, K.: Der Umgang mit Tiermehl. Die Industrie der Steine + Erden (2001) Nr. 1, S. 28-30. [www.stbg.de/Zeitung/se101/tiermehl.htm](http://www.stbg.de/Zeitung/se101/tiermehl.htm)

## 14 Literaturverzeichnis

- [55] Beschluss des Ausschusses für biologische Arbeitsstoffe (ABAS): Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Transmissibler Spongiformer Enzephalopathie (TSE) assoziierten Agenzien in TSE-Laboratorien (Beschluss 603). Neufassung: BArbBl. (2003) Nr. 3, S. 55-59
- [56] Berufsgenossenschaftliche Information: Gesundheitsgefährdung durch Taubenkot – Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung (BGI 892). Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, München 2004
- [57] DIN EN 60335-2-65 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-65: Besondere Anforderungen für Luftreinigungsgeräte. Ausg. 5/2004. Beuth, Berlin 2004
- [58] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Einsatz von Schutzhandschuhen (BGR 195). Ausg. 10/2004. Carl Heymanns, Köln 2004
- [59] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Benutzung von Fuß- und Beinschutz (BGR 191). Ausg. 10/2001. Carl Heymanns, Köln 2001
- [60] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Einsatz von Schutzkleidung (BGR 189). Ausg. 10/2004. Carl Heymanns, Köln 2004
- [61] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Benutzung von Atemschutzgeräten (BGR 190). Ausg. 4/2004. Carl Heymanns, Köln 2004
- [62] Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Arbeitsmedizinische Vorsorge (BGV A 4). Ausg. 1/1997. Carl Heymanns, Köln 1997
- [63] Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz: Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen: G 26 Atemschutzgeräte. Gentner, Stuttgart
- [64] Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Betriebsärzte (BGV A 7). Carl Heymanns, Köln

## Anlage 1:

### Auszüge aus der TRBA 500 zu allgemeinen Hygienemaßnahmen

#### „5.2 Technische und bauliche Maßnahmen

Bei der Einrichtung von Arbeitsstätten sind im Hinblick auf die Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- Leicht reinigbare Oberflächen für Fußböden und Arbeitsmittel (z.B. Maschinen, Betriebseinrichtungen) im Arbeitsbereich, soweit dies im Rahmen der betrieblichen Möglichkeiten liegt
- Maßnahmen zur Vermeidung/Reduktion von Aerosolen, Stäuben und Nebel
- Waschgelegenheiten sind zur Verfügung zu stellen
- Vom Arbeitsplatz getrennte Umkleemöglichkeiten

#### 5.3 Organisatorische Maßnahmen

Der Arbeitgeber hat durch organisatorische Maßnahmen dafür Sorge zu tragen, dass folgende Forderungen eingehalten sind:

- Vor Eintritt in die Pausen und nach Beendigung der Tätigkeit sind die Hände zu waschen.

- Mittel zum hygienischen Reinigen und Trocknen der Hände sowie ggf. Hautschutz- und Hautpflegemittel müssen zur Verfügung gestellt werden
- Es sind Möglichkeiten zu einer von den Arbeitsstoffen getrennten Aufbewahrung der Pausenverpflegung und zum Essen und Trinken ohne Beeinträchtigung der Gesundheit vorzusehen.
- Arbeitskleidung und persönliche Schutzausrüstung sind regelmäßig und bei Bedarf zu reinigen oder zu wechseln.
- Straßenkleidung ist von Arbeitskleidung und persönlicher Schutzausrüstung getrennt aufzubewahren.
- Arbeitsräume sind regelmäßig und bei Bedarf mit geeigneten Methoden zu reinigen
- Pausen- oder Bereitschaftsräume bzw. Tagesunterkünfte sollten nicht mit stark verschmutzter Arbeitskleidung betreten werden
- Abfälle mit biologischen Arbeitsstoffen sind in geeigneten Behältnissen zu sammeln
- Mittel zur Wundversorgung sind bereitzustellen.

Anlage 1:  
Auszüge aus der TRBA 500 zu allgemeinen Hygienemaßnahmen

#### 5.4 Persönliche Schutzausrüstung

(1) Im Einzelfall kann aufgrund der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung zusätzlich zu den technischen und baulichen sowie den organisatorischen Maßnahmen der Einsatz von persönlicher Schutzkleidung zeitweilig notwendig werden.

(2) Folgende persönliche Schutzausrüstung kommt in Betracht:

- Hautschutz
- Handschutz
- Augenschutz/Gesichtsschutz
- Partikelschutzfilter.“

## Anlage 2: Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

### **Zusammenfassung**

Was machen Endotoxine am Arbeitsplatz?  
Endotoxine sind hitzestabile Bestandteile von Bakterien. Sie können bei Menschen abhängig von der Konzentration in der Luft akute Symptome eines „Inhalationsfiebers“ auslösen, z.B. Husten, Fieber, Muskel- und Gliederschmerzen. Ist man Endotoxinen länger ausgesetzt, kann es zu chronischer Bronchitis kommen.

### **Auftreten**

Endotoxine werden nach dem Zerfall der äußeren Zellwand von bestimmten (gramnegativen) Bakterien freigesetzt, wobei die überwiegende Zahl dieser Bakterien keine typischen Krankheitserreger sind.

Bakterien können viele verschiedene Lebensräume, darunter insbesondere solche, die organische Stoffe enthalten, besiedeln. Sie reichern sich auch im Wasser an.

Die beim Umgang mit besiedelten Materialien (z.B. Abfall, natürliche Rohstoffe in Land-, Futtermittel-, Lager- und Forstwirtschaft, Naturfasern in der Textilindustrie) entstehenden Aerosole können Endotoxine enthalten. Ebenso können Endotoxine als Aerosole aus bakteriell besiedeltem Wasser freigesetzt werden (z.B. Luftbefeuchter, Kühlwasser, Abwasser).

### **Schutzmaßnahmen**

Vorrangig sollte in Arbeitsprozessen die Besiedelung von Material bzw. Wasser mit Bakterien verhindert werden. Dazu dienen die Vermeidung z.B. von Feuchteintrag bzw. die Reduzierung des Nährstoffangebots durch Sauberkeit sowie geeignete Desinfektionsmaßnahmen.

Folgende Maßnahmen können der Exposition von Endotoxinen entgegenwirken:

- technisch, z.B. Reduzierung der Materialbewegung, Kapselung von Geräten, Absaugen der Aerosole
- organisatorisch, z.B. Veränderung von Arbeitsabläufen, Beratung, Unterweisung
- persönlich durch Tragen von Schutzausrüstung

Zum Gesundheitsschutz der Beschäftigten können Maßnahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge angeboten werden. Information, Beratung und Unterweisung sind dabei vorrangig.

### **1. Einführung**

Endotoxine als ein Bestandteil der Zellwand gramnegativer Bakterien kommen in der Natur ubiquitär vor. Gramnegative Bakte-

## Anlage 2:

### Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine

Aus: B ArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

rien wie z.B. Pseudomonaden oder Enterobacteriaceen besiedeln Boden, Wasser und die Oberflächen von Menschen, Tieren und Pflanzen, andere sind als humanpathogen, d.h. als Infektionserreger, bekannt, z.B. *Legionella pneumophila*, *Salmonella typhi*. Unabhängig von der Pathogenität des Bakteriums stellen die von diesem freigesetzten Endotoxine eine irritativ-toxische Belastung für den Menschen dar. Biochemisch handelt es sich bei Endotoxinen im Wesentlichen um Lipopolysaccharide (LPS), bestehend aus speziesspezifisch unterschiedlichen Polysaccharidketten und Lipid (Lipid A), das kaum speziesspezifische Unterschiede zeigt und die toxischen Eigenschaften der Endotoxine bedingt. Im Sprachgebrauch werden mit Endotoxin die nativen, mit bakteriellen Zellwandbestandteilen behafteten Lipopolysaccharide bezeichnet. Endotoxin ist somit ein Sammelbegriff für die zellgebundene Toxizität durchaus verschiedener Substanzen. Der Begriff Lipopolysaccharid sollte den chemisch reinen, in der Natur nicht vorkommenden Substanzen vorbehalten bleiben.

## 2. Vorkommen an Arbeitsplätzen

Endotoxine können grundsätzlich als Bestandteil von Bioaerosolen<sup>1)</sup> in unterschiedlichen Arbeitsbereichen vorkommen. Hohe

Endotoxinkonzentrationen wurden insbesondere in der Rohbaumwollverarbeitung, der Landwirtschaft und in geringerem Umfang auch in der Entsorgungswirtschaft nachgewiesen (Tabelle 1, siehe Seite 98 ff.). Hierbei gelangen verschiedene biogene Substanzen in die Luft. In der Regel handelt es sich dabei um eine Mischexposition, bei der Endotoxine nur einen von mehreren Bestandteilen darstellen. Endotoxine können an Stäube gebunden sein, und ihre biologische Aktivität kann über viele Jahre erhalten bleiben.

## 3. Wirkungsmechanismen

Endotoxine gelangen mit den Bioaerosolen nach Inhalation teilweise bis in die Bronchiolen und Alveolen und treffen dort in gelöster wie auch partikulärer Form auf die Alveolarmakrophagen. Diese tragen mit CD14 einen LPS-bindenden Oberflächenrezeptor. Die Bindungsaffinität von LPS gegenüber CD14 wird durch das *LPS-Binding-Protein* (LBP) vermittelt.

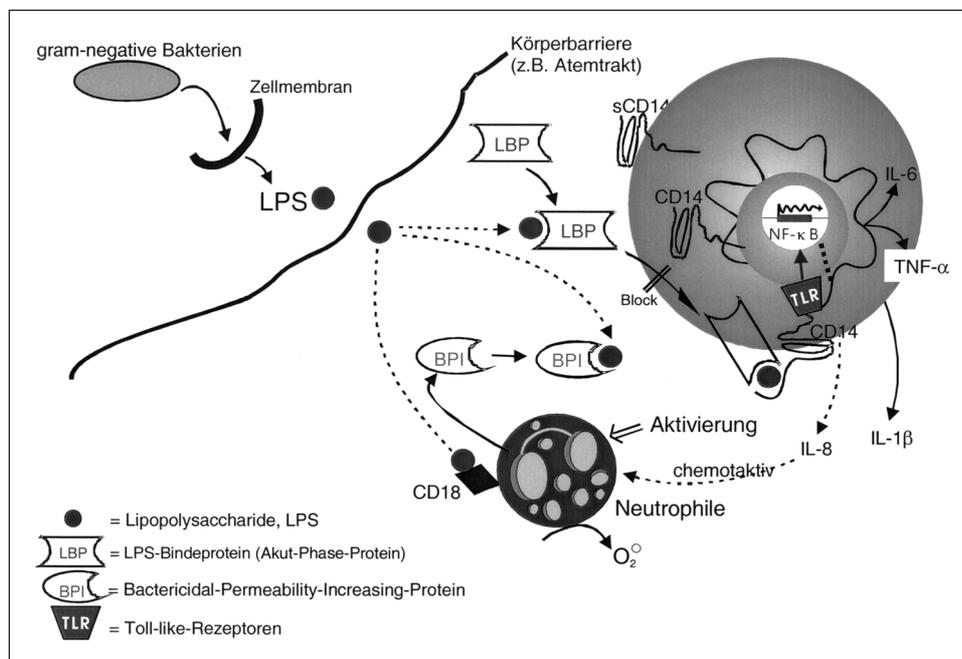
Auch andere Zellwandbestandteile gramnegativer Bakterien binden an CD14. CD14 ist neben der membrangebundenen auch in gelöster Form (sCD14) in der Flüssigkeit des Atemtraktes vorhanden, was Endotoxinwir-

<sup>1)</sup> Gemäß EN 13098:2000 sind Bioaerosole „luftgetragene Teilchen biologischer Herkunft“.

kungen auf nicht CD14-tragende Zellen wie Epithel- und dendritische Zellen vermittelt. In der Kausalkette zwischen CD14-Bindung und der Ausschüttung proinflammatorischer Mediatoren stehen die Toll-like-Rezeptoren, TLR-2 und -4. Zu den freigesetzten Mediatoren aktivierter Lungenzellen, insbesondere Alveolarmakrophagen, gehören lysosomale

Enzyme und reaktive Sauerstoffspezies mit einer unmittelbar antibiotisch zytotoxischen Wirkung. Proinflammatorische Mediatoren wie die Zytokine Tumor-Nekrose-Faktor  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), Interleukin-1  $\beta$  (IL-1  $\beta$ ), IL-6, IL-8 und lipidische Produkte wie Thromboxane, Leukotriene, Prostaglandine und Plättchen aktivierender Faktor (PAF) wirken als Chemokine

Abbildung 1:  
Wirkungsmechanismus von Endotoxinen (Lipopolysacchariden; LPS) im Zusammenspiel mit der körpereigenen Abwehr (nach BGFA, Bochum)



## Anlage 2:

### Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

und Aktivatoren auf weitere immunkompetente Blutzellen und residente Lungenzellen. Als Folge wandern polymorphkernige Leukozyten (PMN) als zytotoxische Fresszellen in die Lunge ein, wo sie über einen eigenen LPS-Rezeptor (CD18) u.a. zur Produktion von Bactericidal-Permeability-Increasing-Protein (BPI) angeregt werden. BPI wirkt kompetitiv mit LBP, was einen gegenregulativen Effekt bewirkt.

Polymorphismen der Toll-Hike-Rezeptoren werden als eine genetisch bedingte Ursache für die unterschiedliche Endotoxinempfindlichkeit beim Menschen diskutiert (Arbour, 2000).

Infolge der oben beschriebenen, auf den Atemtrakt beschränkten Entzündungsprozesse können durch den Bluttransfer von Zytokinen, zerebralem Katecholamin oder Serotonin systemische Effekte die Folge sein (Dunn, 1992).

Übersichten zum molekularen Wirkungsmechanismus der Endotoxine finden sich bei Ulmer (1997), Lien (2000) und Martin (2000).

#### 4. Beanspruchungsreaktionen des Menschen

Aus einer Endotoxinbelastung können sich gesundheitsadverse akute und chronische

Effekte insbesondere auf die Atemwege ergeben (Rylander, 2002). Entscheidend für die Ausprägung dieser Wirkungen sind Herkunft des Bioaerosols, Höhe und Dauer der Exposition und die persönliche Suszeptibilität. Personengruppen mit chronischen Lungenerkrankungen wie beispielsweise Asthma oder Bronchitis zeigen bei geringeren Endotoxinkonzentrationen der Luft pulmonale Reaktionen als ihre befundfreien Kollegen. Auch Raucher reagieren offensichtlich empfindlicher als Nichtraucher. Neueren Datums sind epidemiologische Hinweise darauf, dass geringe Endotoxinexpositionen im frühen Kindesalter protektive Wirkungen etwa auf die Entwicklung von Atopie oder Asthma haben können (Douwes, 2002). Ebenso scheint es eine verringerte Lungenkrebsinzidenz bei Endotoxinbelasteten zu geben (Lange, 2004).

Zur Untersuchung von Beanspruchungsreaktionen nach akuter wie auch chronischer Belastung durch luftgetragene Endotoxine wurden experimentelle Expositionsstudien mit LPS oder Modellstäuben (häufig Baumwollstaub) und epidemiologische Studien durchgeführt. Ohne Zweifel ist die Wirkung endotoxinhaltiger Bioaerosole nicht ausschließlich auf die Endotoxine zurückzuführen. Sie spielen gegenwärtig jedoch für die Bewertung von Arbeitsplätzen eine wesentliche Rolle. Die Effekte, Symptome wie Erkrankungen, werden nach der Nomen-

klatur für organische Stäube nach Rylander (1994) wie folgt eingeteilt:

#### *Toxische Pneumonitis*

Diese auch als *Inhalationsfieber* (ODTS – Organic Dust Toxic Syndrome) oder in speziellen Arbeitsbereichen als *Mühlentfieber* oder *Druckerfieber* bekannte Erkrankung geht mit grippeähnlichen Symptomen, etwa erhöhter Temperatur, Kopf- und Gliederschmerz und trockenem Husten einher. Es handelt sich um eine ca. sechs Stunden nach Exposition gegenüber endotoxinhaltigen Stäuben einsetzende Akutwirkung, welche innerhalb von 24 Stunden wieder abklingt. Das klinische Bild der toxischen Pneumonitis ist Leukozytose, Neutrophilie und erhöhte Inflammationsmarker in den Atemwegen. Ursächlich ist sie mit der Aktivierung der Alveolarmakrophagen verbunden. Die Symptome der toxischen Pneumonitis zeigen bei wiederholter Endotoxinexposition einen Adaptationseffekt.

#### *Systemische Effekte*

Systemische Effekte wie Fieber und Muskel- und Gliederschmerz sind Folge der Freisetzung proinflammatorischer Mediatoren in die Blutbahn.

#### *Atemwegsentzündung*

Anhaltende inflammatorische Prozesse in den Atemwegen können das Ergebnis einer Expo-

sition gegenüber endotoxinhaltigen Stäuben sein. Die ständig zunehmende Infiltration inflammatorischer Zellen und Mediatoren in das Gewebe der Luftwege führt zur Störung der Epithelzellschicht. Das Ergebnis sind Symptome ähnlich einer Erkältung und eine Hyperreagibilität der Atemwege. Im weiteren Verlauf ist die Lungenfunktion beeinträchtigt. Aufgrund der Ähnlichkeit mit asthmatischen Symptomen wird die endotoxinbedingte Entzündung auch als nichtallergisches Asthma bezeichnet.

Diagnostizierbar sind akute Wirkungen durch einen Abfall des Lungenfunktionsparameters *Einsekundenatembkapazität* (FEV<sub>1</sub>), ggf. nach Inhalation von Methacholin und durch den Nachweis des Anstiegs proinflammatorischer Zytokine oder einer Neutrophilie in nasaler oder bronchialer Lavageflüssigkeit.

#### *Chronische Bronchitis*

Diese ist durch Veränderungen in der Epithelzellschicht gekennzeichnet, was zur vermehrten und viskoserer Schleimproduktion führt. Die Atemwege werden anfälliger gegenüber Infektionen. Als Symptome treten Auswurf, chronischer Husten, Kurzatmigkeit auf. Das kann letztendlich zu obstruktiven Erkrankungen führen. Eine langandauernde Exposition gegenüber endotoxinhaltigen Stäuben am Arbeitsplatz trägt wahrscheinlich zur Entwick-

## Anlage 2:

### Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

lung der irreversiblen chronischen Bronchitis mit oder ohne Obstruktion bei. Die bisher vorliegenden epidemiologischen Studien erlauben aber keine Abgrenzung der Endotoxinwirkung von den anderen Komponenten einer komplexen inhalativen Bioaerosolbelastung. Neuere epidemiologische Befunde deuten darauf hin, dass Probanden mit chronischen obstruktiven Lungenkrankheiten in der Landwirtschaft signifikant häufiger überstandene akute ODS angeben als gesunde, ein Hinweis auf eine mögliche Indikatorfunktion bzw. prognostische Bedeutung akuter Effekte.

#### 5. Messprinzip

Das Bioaerosol wird mithilfe geeigneter Sammelgeräte auf Filtern oder in Impingerflüssigkeiten als einatembarer Staub (E-Staub) gesammelt und in endotoxinfreiem Wasser extrahiert bzw. verdünnt. Zur Endotoxinbestimmung in den Extrakten wird der chromogen-kinetische Limulus-Amöbozyten-Lysat (LAL)-Test als international etabliertes Messverfahren eingesetzt. Der Test beruht auf einer Gelbildung des Amöbozytenlysats des Pfeilschwanzkrebsses (*Limulus polyphemus*) in Gegenwart von Endotoxinen. Der LAL-Test stellt ein sehr sensitives, jedoch auch stör anfälliges Messverfahren dar, was die Notwendigkeit der Einhaltung detaillierter Messvorschriften zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse bedingt. Eine derartige Vorschrift wurde

in der BIA-Arbeitsmappe (Kennnummer 9450, 2002) publiziert und in einem Ringversuch zur Anwendung gebracht (*Linsel*, 2002).

Alternativmethoden wie die gaschromatographische Bestimmung von 3-Hydroxy-Fettsäuren sind als Screeningverfahren ungeeignet. Andere Testverfahren, die z.B. Parameter des menschlichen Blutes als Ergebnis bewerten, befinden sich noch im Entwicklungsstadium (*Fennrich*, 2000).

#### 6. Dosis-Wirkungsbeziehungen beim Menschen

Experimentelle und epidemiologische Studien weisen Dosis-Wirkungsbeziehungen basierend auf akuten und chronischen pulmonalen Effekten mit Wirkungsschwellen (No-Observed-Effect-Level, NOEL) von 90 bis 1 800 EU/m<sup>3</sup> aus. Zu den aussagefähigsten und statistisch sichersten Studien gehören die experimentelle Expositionsstudie von *Castellan* (1987) mit dem Nachweis akuter Effekte und die epidemiologische Studie von *Smid* (1992, 1993) mit Aussagen zu chronischen Effekten. In der Querschnittstudie von *Smid* mit 315 Arbeitern in Tierfutterbetrieben führten Endotoxin-Langzeitexpositionen oberhalb 150 EU/m<sup>3</sup> zu chronisch pulmonalen Effekten. Dieser Wert steht in guter Übereinstimmung mit einem NOEL von 100 EU/m<sup>3</sup>, den *Castellan* im Ergebnis

einer experimentellen Baumwollstaub-Exposition über sechs Stunden an gesunden, beruflich nicht endotoxinbelasteten Probanden als effektfrei hinsichtlich akuter Beeinträchtigungen der FEV<sub>1</sub> errechnet hat.

Rylander (2002) unterscheidet bei seinen NOEL-Abschätzungen gemäß oben genannten Beanspruchungsreaktionen: Toxische Pneumonitis 2000 EU/m<sup>3</sup>, systemische Effekte 1 000 EU/m<sup>3</sup> und für Atemwegszündungen 100 EU/m<sup>3</sup>.

Die in den oben angeführten Studien zitierten Endotoxin-Luftkonzentrationen sind mit nicht standardisierten Mess- und Analyseverfahren und unterschiedlichen Stäuben ermittelt worden. Die sich daraus ergebende problematische Vergleichbarkeit der Werte widerspiegelt sich u.a. in der großen Streuung der beschriebenen NOEL.

## 7. Zur Frage von Grenz- oder Richtwerten

Anerkannte Grenz- oder Richtwerte gibt es international bislang keine. Ein wissenschaftlich begründeter Grenzwert für Endotoxine in der Luft an Arbeitsplätzen erscheint derzeit aus folgenden Gründen nicht sinnvoll:

- Die messtechnische Basis der in der Vergangenheit gemachten Untersuchungen zum NOEL war nicht ausreichend vergleichbar.

- Ein allgemeiner und damit branchenübergreifender Richtwert wird aufgrund der Heterogenität von Bioaerosolen und damit auch der Unterschiedlichkeit der Endotoxine und ihrer Quellen als nicht gerechtfertigt angesehen.
- Ein am NOEL orientierter Grenzwert, wie etwa in den Niederlanden diskutiert (1998), wäre in bestimmten Branchen, z.B. in Bereichen der Landwirtschaft, kurz- und mittelfristig nicht umsetzbar.

Dennoch ist die Anwendung von Technischen Kontrollwerten (TKW) zur Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen für definierte Branchen zu prüfen.

## 8. Präventive Maßnahmen

Im Hinblick auf die gesundheitsadversen Eigenschaften von Endotoxinen werden sowohl sicherheitstechnische Maßnahmen als auch arbeitsmedizinische Vorsorge branchenbezogen als notwendig angesehen und unter Punkt 9 beschrieben. Trotz derzeit realisierbarer Schutzmaßnahmen wird zumindest kurz- und mittelfristig die reale Exposition in bestimmten Branchen teilweise weit oberhalb der NOEL liegen. Hier greift die arbeitsmedizinische Vorsorge. Diese setzt auf Aufklärungsprogramme und darf die primär nötigen technischen und organisatorischen Maßnahmen nicht ersetzen.

## Anlage 2:

### Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

#### *Minimierung der Exposition*

Vorrangig müssen technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen die Exposition verringern. Hierzu gehört z.B. die Reduzierung der Endotoxinemission durch eine effektive Lüftungstechnik. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen kann durch Endotoxinmessungen nachgewiesen werden.

Die Schutzmaßnahmen reduzieren nicht nur die Exposition gegenüber Endotoxinen, sondern auch gegenüber anderen Belastungen z.B. Gefahrstoffen (u.a. Dämpfe, Partikeln) und dienen der Verminderung der sensibilisierenden Wirksamkeit von Bioaerosolen.

#### *Aufklärung, Beratung, Schulung*

Gefahren durch biologische Arbeitsstoffe werden aufgrund ihrer multifaktoriellen Ursachen, einer unterschiedlichen persönlichen Empfindlichkeit und Unkenntnis der Krankheitsgenese sehr oft unterschätzt. Dem ist durch branchenbezogene Programme zu begegnen.

#### *Arbeitsmedizinische Vorsorge*

In Arbeitsbereichen mit Exposition gegenüber endotoxinhaltigen Bioaerosolen ist das Wis-

sen der verantwortlichen Arbeitgeber wie auch der die arbeitsmedizinische Vorsorge durchführenden Arbeitsmediziner bzw. Betriebsärzte über die jeweilige branchenspezifische Exposition und die damit einhergehenden Gesundheitsgefahren die wesentliche Grundlage für zielgerichtete Maßnahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge.

Zur arbeitsmedizinischen Vorsorge in diesem Zusammenhang gehören:

- die arbeitsmedizinische Beurteilung der durch die Tätigkeiten bedingten Gesundheitsgefährdung einschließlich der Empfehlung geeigneter Schutzmaßnahmen
- die Beratung der Beschäftigten über die mit der Tätigkeit verbundenen Gesundheitsgefährdungen einschließlich solcher, die sich aus vorhandenen gesundheitlichen Beeinträchtigungen ergeben können
- die Aufklärung über Frühsymptome der oben beschriebenen Erkrankungen
- die Empfehlung von und Unterweisung in Maßnahmen der Individualprävention (persönliche Arbeitshygiene und Schutzausrüstung)
- ggf. spezielle arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (Angebotsunter-

suchungen) zur Früherkennung von Gesundheitsstörungen und Berufskrankheiten

- ❑ arbeitsmedizinisch begründete Empfehlungen zur Überprüfung von Arbeitsplätzen und zur Wiederholung der Gefährdungsbeurteilung
- ❑ die Fortentwicklung des betrieblichen Gesundheitsschutzes auf der Grundlage gewonnener Erkenntnisse

Allgemeine Informationen zu diesen Aspekten geben die vorangehenden Kapitel dieses Beschlusses. Weitere Maßnahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge sind der TRBA 300 zu entnehmen.

Die laut Biostoffverordnung (§ 5 bis 8) gebotene Gefährdungsbeurteilung vor Ort umfasst u.a. das Beiziehen und die Bewertung von Expositionsdaten aus dem Betrieb oder vergleichbaren Firmen der Branche, Informationen über Betriebsabläufe und Arbeitsverfahren, die Berücksichtigung von Erfahrungen über bekannte tätigkeitsbezogene Beschwerden oder Erkrankungen sowie Kenntnisse über spezifische Schutzmaßnahmen.

Der Betriebsarzt, im Rahmen der speziellen arbeitsmedizinischen Vorsorge betreuende Arbeitsmediziner oder Referenten bei Schu-

lungsveranstaltungen für betroffene Betriebe geben Arbeitgeber, Betriebsrat und Beschäftigten Informationen und Ratschläge u.a. zu Expositionen, Gefährdungen, Schutzmaßnahmen und unterstützen den Arbeitgeber bei der Auswahl des Personenkreises, dem arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen angeboten werden sollen (Angebotsuntersuchungen nach § 15 der Biostoffverordnung).

Regelhaft müssen nicht allen Beschäftigten einer Branche oder eines Betriebs Untersuchungen angeboten werden, sondern nur

- ❑ den Personen aus Arbeitsbereichen bzw. mit speziellen Tätigkeiten, in denen (erfahrungsgemäß bzw. aufgrund von Messungen) erhöhte Expositionen gegenüber endotoxinhaltigen Bioaerosolen bekannt oder (aufgrund der Erfahrungen aus anderen Betrieben oder Messdaten) anzunehmen sind und bei denen aufgrund der speziellen betrieblichen Gefährdungsbeurteilung das Risiko des Auftretens von Erkrankungen erhöht ist.

Branchenspezifische Hinweise zu solchen speziellen betrieblichen Teilbereichen bzw. Tätigkeiten finden sich in Kapitel 9.

Unabhängig von der Möglichkeit der Inanspruchnahme von Angebotsuntersuchungen durch den o.a. Personenkreis in besonderen

## Anlage 2:

### Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

Arbeitsbereichen besteht für alle Beschäftigten mit Exposition gegenüber endotoxinhaltigen Bioaerosolen gemäß § 11 Arbeitsschutzgesetz das Recht, sich je nach den Gefahren für ihre Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit regelmäßig arbeitsmedizinisch untersuchen zu lassen. Dies ist insbesondere bei arbeitsabhängigen Beschwerden wichtig.

Bei inhalativer Exposition gegenüber Bioaerosolen besteht das Risiko einer eventuell nur langsam fortschreitenden Entwicklung von Atemwegs- und Lungenkrankheiten (z.B. chronische Bronchitis). Daher sind Information über Gesundheitsgefahren und Beratung über mögliche Schutzmaßnahmen sowie zum Vorgehen bei Beschwerden vorrangig. Insbesondere in Betrieben, welche arbeitsmedizinisch nicht regelmäßig betreut werden, kommt der Information bereits in Berufsschulen sowie der Beratung durch Unfallversicherungsträger und staatliche Arbeitsschutzbehörden eine hohe Bedeutung zu.

Es ist zu betonen, dass arbeitsmedizinische Vorsorge bei Exposition gegenüber endotoxinhaltigen Stäuben zwar eine wichtige Maßnahme der Sekundärprävention ist, primärpräventive Maßnahmen nach Kapitel 8 dieses Beschlusses aber keinesfalls ersetzen darf.

Inhalt und Umfang der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung orientieren sich an den

berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 23 „Obstruktive Atemwegserkrankungen“. Zum Zwecke der Verlaufkontrolle ist es ratsam, bei den Beschäftigten aus o.a. Arbeitsbereichen bereits bei Tätigkeitsbeginn Vorsorgeuntersuchungen, insbesondere mit Dokumentation der Lungenfunktionsuntersuchungen, vorzunehmen.

Sollten aufgrund der ganzheitlichen Gefährdungsbeurteilung in Arbeitsbereichen mit Exposition gegenüber endotoxinhaltigen Bioaerosolen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen auch nach anderen BG-Grundsätzen (wie z.B. G 1.4, G 26 oder anderen) vorgenommen werden, so sollten diese aus wirtschaftlichen Erwägungen des Arbeitgebers, der Akzeptanz der Mitarbeiter und unter Berücksichtigung der relevanten Gesundheitsgefährdungen inhaltlich und zeitlich abgestimmt werden.

#### *Persönlicher Atemschutz*

Aufgrund der unterschiedlichen Expositionsbedingungen gegenüber Endotoxinen in den verschiedenen Branchen werden jeweils speziell ausgerichtete Schutzmaßnahmenkonzepte beschrieben. Dies schließt ggf. Empfehlungen zum Tragen persönlicher Schutzausrüstungen unter Beachtung der BG-Regel 190 ein:

- ❑ Partikelfiltrierende Halbmasken FFP2 oder FFP3,
  - die über die Kennzeichnung mit dem CE-Zeichen verfügen, das nach EN 149:2001 baumustergeprüfte, zertifizierte und qualitätsüberwachte Produkte kennzeichnet,
  - über ein Ausatemventil verfügen und
  - die die richtige Größe und gute Anpassung an die jeweilige Gesichtsförmigkeit sicherstellen.
- ❑ Geltungsbereich: die hierbei infolge Endotoxin-Exposition betroffenen Teilbereiche bzw. speziellen Arbeitsvorgänge/Tätigkeiten
- ❑ Branchenspezifische Schutzmaßnahmen: Angabe spezieller Informationsschritten mit Quellenangabe oder konkreter Schutzmaßnahmen
- ❑ Arbeitsmedizinische Vorsorge: nach durchgeführter Gefährdungsbeurteilung vor Ort (unter Hinzuziehung von arbeitsmedizinischem Sachverstand) entweder mit Beratung/Information (I/B) entsprechend den Erläuterungen in Kapitel 8 oder mit der Notwendigkeit des Angebotes von Vorsorgeuntersuchungen (Angebots-VSU), verbunden mit I/B vor Ort
- ❑ Endotoxinspezifische Aussagen: ggf. branchenspezifische Erkenntnisse oder spezielle Hinweise

Ein belüfteter Helm bzw. eine belüftete Haube (ab der Klasse TN2) sind aufgrund der geringeren Belastung durch vernachlässigbaren Atemwiderstand, des Wegfalls der arbeitsmedizinischen Vorsorge nach G 26 und des Wegfalls der Tragezeitbegrenzung bevorzugt zu empfehlen.

## 9 Branchenspezifische Maßnahmen

Die folgenden Spalten in der Tabelle 1 verdeutlichen unter

- ❑ Branche: die jeweilige Industrie oder das Handwerk bzw. Gewerbe

Darüber hinaus liefern einschlägige Artikel in Fachzeitschriften, Mitteilungen, Informationschriften und Fachveranstaltungen von betroffenen Verbänden, Unfallversicherungsträgern oder wissenschaftlichen Institutionen branchenspezifische Beiträge.

Anlage 2:  
Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen  
am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

Tabelle 1:  
Branchenspezifische Maßnahmen

Branche	Geltungsbereich	Branchenspezifische Schutzmaßnahmen
<b>Landwirtschaft</b>	<i>Intensivtierhaltung:</i>  Geflügelhaltung (Legehennenhaltung: Voliere/Bodenhaltung)  Schweinehaltung	Siehe Informationsbroschüren der landwirtschaftlichen BGen „Aktuelles zu Sicherheit und Gesundheitsschutz – Staub“ und „... Tierhaltung“  VSG 1.2 H 6  TRBA 230  Atemschutz (mindestens FFP 2), z.B.  bei Reinigungsarbeiten im Stall beim Ein- und Ausställen
<b>Abwasserbehandlung</b>	Bereiche bzw. Tätigkeiten mit erhöhter Aerosolbildung	
Metallbe- und -verarbeitung	Tätigkeiten mit <i>wassergemischten</i> Kühlschmierstoffen	Maßnahmen sind in der BGR 143 und BGI 762 beschrieben.
	Tätigkeiten mit wässrigen Umlaufsystemen	Maßnahmen sind in der BGI 805 beschrieben. Fahrzeugwaschanlagen: Merkblatt der BGF.
	Instandhaltungs- oder Reinigungsarbeiten in mikrobiell kontaminierten Bereichen	Maßnahmen sind in der BGI 805 beschrieben.

Arbeitsmedizinische Vorsorge	Endotoxinspezifische Aussagen
<p>Information und Beratung:</p> <p>Arbeitnehmer sind tätigkeitsbezogen auf die mögliche Gefährdung durch Endotoxine sowie auf Schutzmaßnahmen und Verhaltensmaßnahmen hinzuweisen (Stand des Wissens).</p> <p>Insbesondere ist auf die Möglichkeit der Inanspruchnahme einer Vorsorgeuntersuchung bei Auftreten von arbeitsabhängigen Beschwerden wie Montagsfieber, Husten über längeren Zeitraum, Kurzatmigkeit/Luftnot nach § 11 ArbSchG und § 9 VSG 1.2 hinzuweisen.</p> <p>Angebot der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung bei regelmäßiger Tätigkeit</p>	<p>Nach Messergebnissen und einschlägiger Fachliteratur erhöhte Belastung gegenüber Endotoxinen</p>
	<p>Infektionsgefährdung durch Schmierinfektion beim Gebrauch von PSA wird insgesamt höher eingeschätzt als toxische Wirkungen, die auf Endotoxinbelastung zurückzuführen sind.</p> <p>Hygienischen Maßnahmen kommt in diesen Arbeitsbereichen deshalb besondere Bedeutung zu (siehe TRBA 220, Absatz 6.3).</p>
<p>Vorbehaltlich der Gefährdungsbeurteilung sind arbeitsmed. Vorsorgeuntersuchungen bei Einhaltung der Schutzmaßnahmen nicht erforderlich</p>	<p>Durchschnittl. Messergebnisse &lt; 50 EU/m<sup>3</sup>, Spitzenwerte ca. 350 EU/m<sup>3</sup></p>
	<p>z.B. wässrige Neutralreiniger, Prüf- und Kühlwasser-Kreisläufe, Fahrzeugwaschanlagen</p>
	<p>z.B. im Bereich Abwasser, Abfall, mikrobiell kontaminierte Nutzfahrzeuge, Medizintechnik</p>

Anlage 2:  
Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen  
am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

Tabelle 1:  
(Fortsetzung)

Branche	Geltungsbereich	Branchenspezifische Schutzmaßnahmen
<b>Textilindustrie</b>	Natur-/Roh-Faserverarbeitung mit nicht ausreichend vorgereinigten <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pflanzenfasern: z.B. Baumwolle, Jute, Sisal, Hanf, Flachs u.a.</li> <li>- Tierhaaren: z.B. Kamel-, Ziegen- u.a. Haare, Schurwolle</li> </ul>	siehe Informationsschrift der Textil- und Bekleidungs-Berufsgenossenschaft (TBBG): „Checkliste zur Lüfthygiene-Reduzierung von Luftschadstoffen (Stäube, Keime, Endotoxine und andere luftgetragene Substanzen). Hygienebewusstes Betreiben von Raumlufotechnischen Anlagen (TA 28113)“ zu beziehen über TBBG, 86132 Augsburg, oder <a href="http://www.textil-bg.de">www.textil-bg.de</a>
	Naturfaseraufbereitung: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spinnerei-Vorwerk</li> <li>- Reisserei</li> <li>- Vliesfertigung</li> </ul>	s.o.
	Spez. Wartungsarbeiten: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reinigung von Teilen der Raumlufotechn. Anlage</li> <li>- Säuberung von Maschinen der Naturfaseraufbereitung</li> </ul>	s.o.
<b>Abfallwirtschaft</b>	Abfallsortieranlagen	(TRBA 210)
	Biologische Abfallbehandlung	(TRBA 211)
	Thermische Abfallbehandlung	(TRBA 212)

<sup>1)</sup> KTBL = Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft

<sup>2)</sup> PSA = Persönliche Schutzausrüstung

<sup>3)</sup> FFP 2 = partikelfiltrierende Halbmaske mit P2-Filter

Arbeitsmedizinische Vorsorge	Endotoxinspezifische Aussagen
generell: I/B	Unbehandelte Rohware wird regelhaft durch anschließende Verarbeitungsschritte gereinigt, sodass im Verlauf der textilen Kette (Faser → Garn → Gewebe) relativ immer weniger anhaftende Keime und Endotoxine freigesetzt werden.
speziell: Angebots-VSU incl. I/B	Nach Messergebnissen und einschlägiger Fachliteratur erhöhte inhalative Belastung
speziell: Angebots-VSU incl. I/B	Bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten an stärker biokontaminierten Anlagen ist mit hohen Luftkonzentrationen an Stäuben und Endotoxinen zu rechnen.
	BGI 853

**Anmerkung:**

Die in Tabelle 1 aufgeführten Beispiele sind bisher nicht nach ihrer praxisrelevanten Bedeutung angeordnet!!!

## Erläuterung zum Inhalt von Tabelle 2

In zahlreichen wissenschaftlichen Studien, die an unterschiedlichen Arbeitsplätzen durchgeführt wurden, wurden Endotoxinaktivitäten bestimmt. Je nach Studie und untersuchtem Arbeitsplatz fand man Endotoxinaktivitäten in einer Größenordnung, die von unterhalb der Nachweisgrenze bis hin zu mehreren 10 000 EU/m<sup>3</sup> Luft reichte. In den meisten Fällen wurde die Endotoxinaktivität mithilfe des Limulus-Amöbozyten-Lysat(LAL) Testes bestimmt. Teilweise wurden die Endotoxinanalysen jedoch unter sehr unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt. So wurden beispielsweise nicht nur unterschiedliche Filtermaterialien für die Probenahme verwendet, sondern auch verschiedene Extraktionsmethoden zur Aufarbeitung der Proben

herangezogen (z.B. Einsatz von Tween oder Erhitzung der Proben auf 100 °C). Darüber hinaus wurden einige Extrakte erst nach einer Lagerung bei -80 °C bzw. 4 °C bestimmt, während andere Filterextrakte ohne weitere Lagerung unmittelbar im Test eingesetzt wurden. Dass derartige Modifikationen die Testergebnisse beeinflussen können, wurde mehrfach nachgewiesen (Reynolds *et al.*, 2002). Auch unterschiedliche Reagenzien und Testprinzipien verschiedener Hersteller (Endpunkt- oder kinetische Bestimmung) können zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Aus der bisher vorliegenden Datenbasis können daher weder präzise Angaben für einzelne Branchen entnommen werden, noch erlaubt sie die Ableitung eines Schwellen- oder Grenzwertes für Endotoxine.

Anlage 2:  
Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen  
am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

Tabelle 2:  
Untersuchungen zu Endotoxinbelastungen in unterschiedlichen Arbeitsbereichen und Branchen

Arbeitsbereich	Endotoxinaktivität	Probenahme
Zuckerrübenverarbeitung	2,5 - 32 ng/m <sup>3</sup> *(25 - 320 EU/m <sup>3</sup> )	<input type="checkbox"/> stationäre Probenahme Mes- sungen (von Jan. bis Okt.) <input type="checkbox"/> Aerosolmonitor (Polycarbonatmembranen)
Kartoffelverarbeitung	inhalable: 0,5 - 62 227 EU/m <sup>3</sup> respirable: 1,7 - 1 420 EU/m <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> personengetragene und stationäre Probenahme
Tabakindustrie	Zigarrenfabrikation: 380 EU/m <sup>3</sup> (max) Zigarettenfabrikation: 1 060 EU/m <sup>3</sup> (max)	<input type="checkbox"/> stationäre Probenahme (20-30 cm von der Atemzone der Arbeiter entfernt); <input type="checkbox"/> Flussrate 20 l/min.; sterile Millipore-Filter, Porengröße 0,45 µm
Getreideverarbeitung	Gesamt-Endotoxin 2 858,7 ± 7 208,6 EU/m <sup>3</sup> respirable: 82,2 ± 277,9 EU/m <sup>3</sup> (GM; n = 410 Getreidearbeiter)	<input type="checkbox"/> personengetragene Probe- nahme
Brauerei	0,06 - 0,927 µg/m <sup>3</sup> (n = 4) *(600 - 9 270 EU/m <sup>3</sup> )	<input type="checkbox"/> stationäre Probenahme in der Atemzone,
Molkerei	25,4 - 34 800 EU/m <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> personengetragene und stationäre Probenahme mit 25 mm DM 800 Filter in der Kassette mit einer 15 mm Ø Öffnung
Reisverarbeitung	Luft: 492,12 ± 246,8 ng/m <sup>3</sup> *(4 921,2 ± 2 468,0 EU/m <sup>3</sup> ) Staub: 21,23 ± 8,63 ng/mg *(212,3 ± 86,3 EU/mg)	<input type="checkbox"/> Probenahme in der Atemzone

Endotoxinnachweis	Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 1 min. vortex in 5 ml pyrogenfreiem Wasser;</li> <li><input type="checkbox"/> LAL-Test (E-toxate, Sigma)</li> </ul>	<i>Forster et al., 1989</i>
LAL-Test (kinetisch), Filter in Gegenwart von Tween extrahiert	<i>Zock et al., 1995</i>
modifizierte Spektrophotometrie auf Basis des LAL-Testes (Kabi Vitrum Ltd., Diagnostic Division, Uxbridge, Middlesex, UK)	<i>Reimann et al., 2000</i>
chromogener LAL-Test ohne weitere Angaben	<i>Schwartz et al., 1995</i>
keine Angaben zur Durchführung der Extraktion und der LAL-Bestimmung	<i>Carvalho et al., 1994</i>
kinetisch chromogener LAL-Test (K-LAL)	<i>Kullman et al., 1998</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Filter mit 10 ml sterilem pyrogenfreiem Wasser 60 min bei RT; Extrakt zentrifugieren (1000 g, 10 min), Überstand -80 °C eingefroren;</li> <li><input type="checkbox"/> spektrophotometrische Modifikation des LAL-Gel-Testes (Pyrostat Millipore Corp.)</li> </ul>	<i>Olenchok et al., 1984</i>

Anlage 2:  
Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen  
am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

Tabelle 2:  
(Fortsetzung)

Arbeitsbereich	Endotoxinaktivität	Probenahme
Forstwirtschaft	inhalable: 0,37 - 9,11 ng/m <sup>3</sup> (GM) *(3,7 - 91,1 EU/m <sup>3</sup> ) respirable: 0,13 - 1,45 ng/m <sup>3</sup> (GM) *(1,3 - 14,5 EU/m <sup>3</sup> )	<input type="checkbox"/> personengetragene Probenahme
	<0,25 - 34,75 ng/m <sup>3</sup> *(<2,5 - 347,5 EU/m <sup>3</sup> )	<input type="checkbox"/> personengetragene Probenahme mit Teflonfilter
Schweinemast	2 876 EU/m <sup>3</sup> (EU-Öko-Vo) 5 544 EU/m <sup>3</sup> (konventionell) 14 495 EU/m <sup>3</sup> (Tiefstreu) (Medianwerte)	<input type="checkbox"/> stationäre Probenahme zu allen Jahreszeiten
Geflügelzucht	0,31 µg/m <sup>3</sup> *(3 100 EU/m <sup>3</sup> ) (Durchschnittswert)	<input type="checkbox"/> Anderson Sammler; stationäre Probenahme; Cellulose-Acetat-Filter (Ø 37 mm, 0,8 µm Porengröße)
	0,02 - 1,5 µg/m <sup>3</sup> *(200 - 15 000 EU/m <sup>3</sup> )	<input type="checkbox"/> Gesamtstaubsammlung über eine ganze Arbeitsschicht <input type="checkbox"/> Cellulose-Acetat-Millipore-Filter <input type="checkbox"/> personenbezogene Messung
	13 - 42 442 EU/m <sup>3</sup> (personenbezogene Messwerte)	<input type="checkbox"/> personengetragene Probenahme
Tierfutterherstellung	0,2 - 470 ng/m <sup>3</sup> *(2 - 4 700 EU/m <sup>3</sup> )	<input type="checkbox"/> personenbezogene 8 Stunden Staubmessung
	0,1 - 317,2 ng/m <sup>3</sup> *(1 - 3 170,2 EU/m <sup>3</sup> )	<input type="checkbox"/> personengetragene Probenahme

Endotoxinnachweis	Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Extraktion mit 2,5 -20 ml, abhängig vom Staubgewicht der Filter für 60 min bei RT</li> <li><input type="checkbox"/> Zentrifugation der dekantierten Flüssigkeit (10 min. 1 000 g)</li> <li><input type="checkbox"/> quantitativer Endpunkt-chromogener LAL-Test (Endospecky test kit standard Endotoxin: E. coli 0,111: B4)</li> </ul>	<i>Alwis et al., 1999</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Extraktion mit 20 ml Puffer (schütteln 1 h)</li> <li><input type="checkbox"/> Ultraschallbehandlung für 60 min./20 °C</li> <li><input type="checkbox"/> Zentrifugation 1 000 g/10 min.</li> <li><input type="checkbox"/> LAL-Test, kinetisch, turbidodimetrisch (BioWhittaker)</li> </ul>	<i>Dennekamp et al., 1999</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> BIA-Arbeitsmappe (9450)</li> </ul>	<i>Hartung et al., 2004</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Filterextraktion mit 10 ml pyrogenfreiem Wasser</li> <li><input type="checkbox"/> LAL-Test (Cape Cod Int.), gel clot-test</li> </ul>	<i>Clark et al., 1983</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Filter-Elution im pyrogenfreiem Wasser, LAL-Test</li> </ul>	<i>Hagmar et al., 1990</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> LAL-Test, sonst keine weiteren Angaben</li> </ul>	<i>Linsel et al., 2003</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> LAL-Test</li> </ul>	<i>Smid et al., 1992</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> QCL-Test, kinetisch chromogen (192 Test Kit; BioWhittaker)</li> </ul>	<i>Jorna et al., 1994</i>

Anlage 2:  
Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen  
am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

Tabelle 2:  
(Fortsetzung)

Arbeitsbereich	Endotoxinaktivität	Probenahme
Holzverarbeitung/ Sägewerke	7 - 588 EU/m <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> personengetragene Probenahme mit 25 mm Glasfaserfiltern
	124 - 17 000 EU/m <sup>3</sup> (Messwerte aus unterschiedlichen Bereichen)	<input type="checkbox"/> stationäre Probenahme in etwa 1 m Höhe (Flüssigimpinger 30 AGI)
	0,24 und 4 µg/m <sup>3</sup> lt. Angabe 1 ng = 12 EU *(2 880 und 48 000 EU/m <sup>3</sup> ) zwei Sägewerke untersucht, jeweils der Mittelwert aus den Best. in einem Sägewerk	<input type="checkbox"/> stationäre Probenahme (one-stage sampler; TWOMET, Polen) <input type="checkbox"/> PVC-Filter, AS-50
Bürräume mit mechanischer Belüftung	< 27 - 800 ng/m <sup>3</sup> *( < 270 - 8 000 EU/m <sup>3</sup> )	<input type="checkbox"/> stationäre Probenahme; Millipore Feldmonitor mit Luftfiltern
Naturfaserproduktion (Baumwolle)	0,25 - 759 ng/m <sup>3</sup> *(25 - 7590 EU/m <sup>3</sup> ) Angabe für den gesamten Bereich	stationäre Probenahme in unterschiedlichen Bereichen
	Textilfirma 1: 738 EU/m <sup>3</sup> - 12 038 EU/m <sup>3</sup> Textilfirma 2: 27 EU/m <sup>3</sup> - 7 463 EU/m <sup>3</sup> (Angaben jeweils GM) kumulative Endotoxindosis/Jahr 4 020 EU/m <sup>3</sup> (kalkuliert)	stationäre Probenahme

Endotoxinnachweis	Literatur
<input type="checkbox"/> keine weiteren Angaben zum LAL-Test	<i>Douwes et al., 2000</i>
<input type="checkbox"/> AGI-Lösung auf ein Gesamtvolumen von 30 ml mit 0,1% Tween 80 auffüllen, Endkonzentration 0,03% Tween; <input type="checkbox"/> Extrakt für Endotoxinbestimmung vor Analyse in Borosilikat-Röhrchen einfrieren, <input type="checkbox"/> LAL-Endpunkt chromogener Test (Ass. of Cape Cod, Woods Hole, Mass.)	<i>Duchaine et al., 2000</i>
<input type="checkbox"/> Filter 1 h in 10 ml pyrogenfreiem Wasser bei RT extrahiert, auf 100 °C für 15 min erhitzt („Pyrotell“ Limulus Reagenz; Ass. of Cape Cod, Woods Hole, Mass.) (gel tube test/clot-test)	<i>Dutkiewicz et al., 2001</i>
<input type="checkbox"/> LAL-Test (LAL-5000, Version 2.0, Cape Cod Inc. Woods Hole, Mass.) <input type="checkbox"/> Proben 30 min. auf 100°C erhitzt	<i>Teeuw et al., 1994</i>
<input type="checkbox"/> LAL-Test, chromogen	<i>Wang et al., 2002</i>
<input type="checkbox"/> LAL-Test, chromogene Methode (kinetisch, QCL; BioWhittaker, Walkersville, MD)	<i>Christiani et al., 1999</i>

Anlage 2:  
Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen  
am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

Tabelle 2:  
(Fortsetzung)

Arbeitsbereich	Endotoxinaktivität	Probenahme
Müllverbrennung	4,8 - 346,3 EU/m <sup>3</sup> 29 EU/m <sup>3</sup> (GM)	personengetragene Probenahme (während einer Schicht gemessen) mehrfach in einer Anlage; Sommer- und Wintereffekte beachtet
Metallverarbeitung/ Kühlschmierstoffe	Endotoxinaktivität in der Luft: < 0,04 - 600 ng/m <sup>3</sup> lt. Angabe 1 ng = 12 EU *( < 0,48 - 7 200 EU/m <sup>3</sup> ) Endotoxin in der Kühl-/ Schmierflüssigkeit: 0,03 - 25 000 ng/m <sup>3</sup> *(0,36 - 300 000 EU/m <sup>3</sup> )	sowohl stationäre als auch personengetragene Probenahme Verwendung von Glasfaserfiltern (37 mm)
Abwasseraufbereitung	<0,04 - 350 ng/m <sup>3</sup> lt. Angabe 1 ng = 12 EU *(0,48 - 4 200 EU/m <sup>3</sup> )	Probenahme erfolgte mit Glasfaserfiltern
	stationäre Sammler: 0 - 185 ng/m <sup>3</sup> *(0 - 1 850 EU/m <sup>3</sup> ) personengetragene Messungen: 0,1 - 27,2 ng/m <sup>3</sup> *(1 - 272 EU/m <sup>3</sup> )	sowohl personengetragene als auch stationäre Probenahme

GM = geometrischer Mittelwert; \* Umrechnung der Angaben von ng/m<sup>3</sup> in EU/m<sup>3</sup>

Endotoxinnachweis	Literatur
<input type="checkbox"/> nach <i>Thorne</i> , 1997	<i>Mahar et al.</i> , 1999
<input type="checkbox"/> LAL-Test (Coatest, Endotoxin Test Kit; Kabi Vitrum Diagnostica, Schweden); <input type="checkbox"/> pro Filter 10 ml pyrogenfreies Wasser, (horizontale Schüttlung, 90 Shakes/min, RT, 60 min), Lagerung des Extraktes bei 4 °C bis zu zwei Wochen	<i>Laitinen et al.</i> , 1999
<input type="checkbox"/> LAL-Test chromogen (Coatest Endotoxin Test Kit; Kabi Vitrum Diagnostica, Schweden)	<i>Laitinen et al.</i> , 1994
<input type="checkbox"/> –	<i>Thorn et al.</i> , 2002

## Anlage 2:

### Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

#### Literatur

*Alwis, K.; Mandryk, J.; Hocking, A.* (1999): Exposure to Biohazards in Wood Dust: Bacteria, Fungi, Endotoxins, and (1-3)- $\beta$ -D-Glucans. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 14(9), 598-608

*Arbour, N.; Lorenz, E.; Schutte, B.; Zabner, J.; Kline, J.; Jones, M.; Frees, K.; Watt, J.; Schwartz, D.* (2000): TLR4 mutations are associated with endotoxin hyporesponsiveness in humans. *Nature Genetics* 25, 187

Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.), Gentner Verlag Stuttgart, 1998

BIA-Arbeitsmappe (2002): Hrsg: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Erich Schmidt Verlag, ISBN 3 503 02085 3: Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentrationen, Kennzahl 9450, neu in 28. Lfg. IV/02

*Castellan, R.M.; Olenchock, S.A.; Kinsley, K.B.; Hankinson, J.L.* (1987): Inhaled Endotoxin and Decreased Spirometric Values. *New England J of Med* 317, 605-610

*Carvalho, M.; Gomes, M.J.M.; Duarte, G.; Santos, O.; Henriques, J.; Mendes, B.; Marques, A.; Avila, R.* (1994): Symptoms and exposure to endotoxin among brewery employees. *American Journal of Industrial Medicine* 25, 113-115

*Christiani, D.C.; Ye, T.T.; Zhang, S.; Wegman, D.H.; Eisen, E.A.; Ryan, L.A.; Olenchock, S.A.; Pothier, L; Dai, H.L.*: Cotton dust and endotoxin exposure and long-term decline in lung function: results of a longitudinal study. *American Journal of Industrial Medicine* 1999; 35: 321-331

*Clark, S.* (1983): Airborne Bacteria, Endotoxin and Fungi in Dust in Poultry and Swine Confinement Buildings. *American Industrial Hygiene Association Journal* 44, 537-541

*Dennekamp, M.; Demers, P.; Bartlett, K.; Davies, H.; Teschke, K.* (1999): Endotoxin Exposure Among Softwood Lumber Mill Workers In The Canadian Province of British Columbia. *Annals of agricultural and environmental medicine* 6, 141-146

*Douwes, J.; McLean, D. van der Maarl, E.; Heederik, D.M.; Pearce, N.* (2000): Worker Exposures to Airborne Dust, Endotoxin and  $\beta$  (1,3)-Glucan in Two New Zealand Sawmills. *American Journal of Industrial Medicine* 38, 426-430

- Douwes, J.; Pearce, N.; Heederik, D.* (2002): Does environmental endotoxin exposure prevent asthma? *Thorax* 57, 86-90
- Duchaine, C.; Meriaux, A.; Thorne, P.; Cormier, Y.* (2000): Assessment of Particulates and Bioaerosols in Eastern Canadian Sawmills. *American Industrial Hygiene Association Journal* 61, 727-732
- Dunn, A.* (1992): Endotoxin-induced activation of cerebral catecholamine and serotonin metabolism: comparison with interleukin-1. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 261, 964-969
- Dutkiewicz, J.; Krysinska-Traczyk, E.; Prazmo, Z.; Skorska, C.; Sitkowska, J.* (2001): Exposure to Airborne Microorganisms in Polish Sawmills. *Annals of agricultural and environmental medicine* 8, 71-80
- Fennrich S.; Zucker B.A.; Hartung T.* (2000): Beispiel eines neuen Einsatzbereiches des humanen Vollbluttests: Entwicklung eines Messverfahrens zur Abschätzung der gesundheitlichen Gefährdung durch luftgetragene mikrobielle Verunreinigungen, *Altex* 18, 41-46
- Forster, H.W.; Crook, B.; Platts, B.W.* (1989): Investigation of organic aerosols generated during sugar beet slicing. *American Industrial Hygiene Association Journal* 50, S. 44-50
- Hagmar, L.; Schutz, A.; Hallberg, T.; Sjöholm, A.* (1990): Health effects of exposure to endotoxins and organic dust in poultry slaughter-house workers. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 62, 159-164
- Hartung, E.; Ollesch, K.; Häußermann, A.; Rieger, M.A.; Diefenbach, H.; Sundrum, A.; Ebke, M.; Lohmeyer, M.* Stallluftqualität und Arbeitsplatzbelastungen in unterschiedlichen Mastschweinehaltungsverfahren. *Agrartechnische Forschung* 2004; 10: 47-53
- Jorna, T. J.; Borm, P.A.; Valks, J.; Houba, R.; Wouters, E.M.* (1994): Respiratory symptoms and lung function in animal feed workers. *Chest.* 106, 1050-1055.
- Kullman, G.; Thorne, P.; Waldron, P.; Marx, J.; Ault, B.; Lewis, D.; Siegel, P.; Olenchock, S.; Merchant, J.* (1998): Organic Dust Exposures from Work in Dairy Barns. *American Industrial Hygiene Association Journal* 59, 403-413
- Laitinen, S.; Kangas, J.; Kotimaa, M.; Liesivuori, J.; Martikainen, P.; Nealainen, A.; Sarantila, R.; Husman, K.* (1994): Worker' Exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. *American Industrial Hygiene Association Journal* 55 (11), 1055-1060

## Anlage 2:

### Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

*Laitinen, S.; Linnainmaa, M.; Laitinen, J.; Kiviranta, H.; Reiman, M.; Liesivuori, J.* (1999): Endotoxins and IgG antibodies as indicators of occupational exposure to the microbial contaminants of metal-working fluids. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 72, 443-450

*Lange, J.H.; Mastrangelo, G.; Fedeli, U.; Rylander, R.; Christiani, D.C.* (2004): A benefit of reducing lung cancer incidence in women occupationally exposed to cotton textile dust. *American Journal of Industrial Medicine* 45, 388-389

*Lien, E.; Means, T.; Heine, H.* (2000): Toll-like receptor 4 imparts ligand-specific recognition of bacterial lipopolysaccharide. *J. Clin. Invest.* 105, 497-504

*Linsel, G.; Doering, C.; Duggal, S.; Hartung, J.; Koch, A.; Kottmair, A.; Lohmeyer, M.; Schierl, R.; Weist, K.; Zucker, B.* (2002): Ergebnisse eines Ringversuches zur Messung luftgetragener Endotoxine. *VDI-Berichte Nr. 1656*, 329-339

*Linsel, G.; Backé, E.; Brehme, G.; Jäckel, R.; Lotz, G.; Zucker, B.* (2003): Anwendung eines Vollbluttests zur Messung luftgetragener Endotoxine in der Landwirtschaft, In Dokumentationsband 43. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin, Dresden 2003, im Druck

*Mahar, S.; Reynolds, S.; Thorne, P.* (1999): Worker Exposures to Particulates, Endotoxins, and Bioaerosols in Two Refuse-Derived Fuel Plants. *American Industrial Hygiene Association Journal* 60, 679-683

*Martin, T.* (2000): Recognition of bacterial endotoxin in the lung. *Am. J. Resp. Cell. Mol. Biol.* 23, 128-132

*Neumann, H.-D.; Mathys, W.; Raulf-Heimsoth, M.; Becker, G.; Balfanz, J.* (2001): Gefährdung von Beschäftigten bei der Abfallsammlung und -abfuhr durch Keimexpositionen. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Dortmund/Berlin (Hrsg.), Fb 920

Niederländische Expertenkommission (1998): Endotoxins, Health-based recommended occupational exposure limit. Dutch expert committee on occupational standards, a Committee of the Health Council of the Netherlands, 1998/03 WGD

*Olenchock, S.A.; Christiani, D.C.; Mull, J.C.; Shen, Y.E.; Lu, P.L.* (1984): Airborne endotoxins in a rice production commune in the People's Republic of China. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 13, 545-51

*Reiman, M.; Utti, J.* (2000): Exposure to microbes, endotoxins and total dust in ciga-

- rette and cigar manufacturing: an evaluation of health hazards. *Annals of Occupational Hygiene* 44, 467-473
- Reynolds, S. J.; Thorne, P.S.; Donham, K. J.; Croteau, E.A.; Kells, K.M.; Lewis, D.; Whitmer, M.; Heederik, D. J. J.; Douwes, J.; Connaughton, I.; Koch, S.; Malmberg, P.; Larsson, B.M.; Milton, D.K.*: Comparison of endotoxin assays using agricultural dusts, *American Industrial Hygiene Association Journal* 2002; 62, 430-438
- Rylander, R.* (1994): The Clinical Panorama. In *Rylander R., Jacobs R. (Eds.) Organic Dusts Exposure, Effects, and Prevention*, CRC Press, Inc. Lewis Publisher 117-123
- Rylander, R.* (1999): Health effects among workers in sewage treatment plants. *Occupational and Environmental Medicine* 56, 354-357
- Rylander, R.* (2002): Endotoxin in the environment-exposure and effects. *J. Endox. Res.* 8, 241-252
- Schwartz, D.; Donham, K.; Olenchock, S.; Pependorf, W.; Van-Fossen, D.; Burmeister, L.; Merchant, J.* (1995): Determinants of Longitudinal changes in spirometric function among swine confinement operators and farmers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 151, 47-53
- Schwartz, D.; Thorne, P.; Yagla, S.; Burmeister, L.; Olenchock, S.; Watt, C.; Quinn, T.* (1995): The Role of Endotoxin in Grain Dust-induced Lung Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 152, 603-608
- Smid, T.; Heederik, D; Houba, R.* (1992): Dust- and Endotoxin-related Respiratory Effects in the Animal Feed Industry. *Am. Rev. Respir. Dis.* 146, 1474-1479
- Smid, T.* (1993): Exposure to organic dust and respiratory disorders: an epidemiological study in the animal feed industry. In *Thesis vakgroep Humane Epidemiologie en Gezondheidsleer, Landbouw Universiteit Wageningen*
- Teeuw, K.; Vandenbrouckegrauls, C.J.; Verhoef, J.* (1994): Airborne gram negative bacteria and endotoxin in sick building syndrome – A study in Dutch governmental office buildings. *Archives of Internal Medicine* 154, 2339-2345
- Thorn, J.; Beijer, L.; Jonsson, T.; Rylander, R.* (2002): Measurement Strategies for the Determination of Airborne Bacterial Endotoxin in Sewage Treatment Plants. *Annals of Occupational Hygiene* 46, No.6, 549-554
- Ulmer, A.* (1997): Biochemistry and Cell Biology of Endotoxin. *Intern. J. Occup. Environm. Health Suppl.* 3, 1, S.8

Anlage 2:

Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen  
am Beispiel der Endotoxine

Aus: BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59

*Wang, X.R.; Pan, L.D.; Zhang, H.X.;  
Sun, B.X.; Dai, H.L.; Christiani, D.C.:* Follow-  
up study of respiratory health of newly-hired  
female cotton textile workers. *Am. J. Ind.  
Med.* 2002; 41: 111-118

*Zock, J.; Heederik, D.; Doekes, G.* (1998):  
Evaluation of chronic respiratory effects in the  
potato processing industry: indications of a  
healthy worker effect? *Occupational and  
Environmental Medicine* 55, 823-827