
BGI 583

Biologische Arbeitsstoffe bei der Bodensanierung

(bisherige ZH 1/186)

Merkblatt

Tiefbau-Berufsgenossenschaft

Dezember 1999

Vorbemerkung

Dieses Merkblatt erläutert die "Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (BGR 128) hinsichtlich Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen bei der Bodensanierung und gibt zusätzliche Informationen und Hinweise, die darüber hinaus zu beachten sind.

In diesem Merkblatt sind die Anforderungen der "Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen" (BioStoffV) berücksichtigt. Diese Verordnung enthält Mindestvorschriften, mit denen das erforderliche Niveau an Sicherheit und Gesundheitsschutz erreicht werden kann. Sie bezieht Gefährdungen durch Allergien und toxische Substanzen der biologischen Arbeitsstoffe mit ein. Danach ist der Unternehmer insbesondere verpflichtet, die Gefährdungen, die von biologischen Arbeitsstoffen ausgehen können, zu ermitteln und zu beurteilen.

Dieses Merkblatt dient als Hilfe zur Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen bei der Bodensanierung sowie zur Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen. Nicht berücksichtigt sind Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen bei anderen Arbeiten in kontaminierten Bereichen, z.B. Rückbauarbeiten und Arbeiten auf Deponien.

Es richtet sich an Auftraggeber sowie an in der Sanierung tätige Firmen, Ingenieurbüros, Koordinatoren, Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Behörden, insbesondere Überwachungs- und Genehmigungsbehörden, sowie an gesetzliche Unfallversicherungsträger.

Das Merkblatt behandelt die Gefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe und die daraus abgeleiteten Schutzmaßnahmen bei der Bodensanierung. Aufgrund des Gefährdungspotentials der im zu sanierenden Boden vorkommenden chemischen Gefahrstoffe sind in vielen Fällen weitergehende Schutzmaßnahmen zu treffen, als dies allein aufgrund der mikrobiologischen Gefährdung erforderlich wäre. Zu diesen zusätzlichen Schutzmaßnahmen gehören z.B. die Ausrüstung der eingesetzten Erdbaugeräte mit Schutzbelüftungsanlagen, die Benutzung von Schwarz/Weiß-Anlagen sowie das Tragen von Einwegschutzanzügen und Atemschutzgeräten. Deshalb sind zusätzlich zu diesem Merkblatt die "Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (BGR 128) zu beachten.

Häufig verwendete Begriffe aus der mikrobiologischen Bodensanierung sind im Anhang 3 als Glossar wiedergegeben.

Die in diesem Merkblatt enthaltenen technischen Lösungen schließen andere, mindestens ebenso sichere Lösungen nicht aus, die auch in technischen Regeln anderer Mitgliedsstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ihren Niederschlag gefunden haben können.

1 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt findet Anwendung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen im Bereich der Bodensanierung.

2 Begriffsbestimmungen

1. **Biologische Arbeitsstoffe** bei der Bodensanierung sind Mikroorganismen, einschließlich gentechnisch veränderter Mikroorganismen, Zellkulturen und humanpathogener Endoparasiten, die Infektionen, Allergien oder toxische Wirkungen hervorrufen können.
2. **Tätigkeiten** im Sinne der Biostoffverordnung sind das Herstellen und Verwenden von biologischen Arbeitsstoffen, insbesondere das Isolieren, Erzeugen und Vermehren, das Aufschließen, das Ge- und Verbrauchen, das Be- und Verarbeiten, Ab- und Umfüllen, Mischen und Abtrennen sowie das innerbetriebliche Befördern, das Lagern einschließlich Aufbewahren, das Inaktivieren und das Entsorgen. Zu den Tätigkeiten zählt auch der berufliche Umgang mit Menschen, Tieren, Pflanzen, biologischen Produkten und Gegenständen, wenn bei diesen Tätigkeiten biologische Arbeitsstoffe freigesetzt werden können und dabei Beschäftigte mit den biologischen Arbeitsstoffen direkt in Kontakt kommen können.
3. **Gezielte Tätigkeiten** im Sinne der Biostoffverordnung liegen vor, wenn
 1. der biologische Arbeitsstoff mindestens der Spezies nach bekannt ist,
 2. die Tätigkeiten auf einen oder mehrere biologische Arbeitsstoffe unmittelbar ausgerichtet sind und
 3. die Exposition der Beschäftigten im Normalbetrieb hinreichend bekannt oder abschätzbar ist.

Nicht gezielte Tätigkeiten liegen vor, wenn mindestens eine der Voraussetzungen nach Satz 1 Nr. 1, 2 oder 3 nicht gegeben ist.

4. **Aerosole** sind Systeme aus Luft und darin fein verteilten kleinen festen (Stäube oder Rauche) oder flüssigen (Nebel) Teilchen.

3 Gefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe

3.1 Allgemeine Zusammenhänge und Gefährdungen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen

Mikroorganismen sind ein natürlicher Bestandteil unserer Umwelt. Einige Formen leben in Symbiose mit den Menschen, andere haben parasitäre Eigenschaften. Manche können aber auch schwerwiegende Erkrankungen auslösen. Die gesamte Haut, der obere Atemtrakt und der Magen-Darm-Trakt sind üblicherweise mit Mikroorganismen besiedelt.

Um eine Wechselwirkung im Sinne einer Erkrankung (Infektion, Allergie, toxische Wirkung) hervorzurufen, können krankheitsverursachende Keime über die Atmung, über den Mund, aber auch unter gewissen Umständen über die Haut aufgenommen werden. Eine Sonderstellung nimmt das Eindringen von Mikroorganismen im Rahmen einer Verletzung ein.

Neben infektiösen Eigenschaften, die von Mikroorganismen ausgehen können, besitzen manche Keime allergene Eigenschaften, die zu heuschnupfenartigen Symptomen, aber auch zu Asthma bronchiale oder zu Gasaustauschstörungen an den Lungenbläschen führen können (**Exogene Allergische Alveolitis: EAA**). Andere Erreger produzieren Toxine, die Durchfallerkrankungen oder toxische Erscheinungen an den Bronchien verursachen.

Nach den bisherigen Untersuchungen über das verwendete Keimspektrum in der Bodensanierung handelt es sich um Mikroorganismen, die weit verbreitet sind, mit denen unser Organismus täglich Kontakt hat, die jedoch erst durch ihre Vermehrung im Rahmen der Sanierung ein Gefährdungspotential bekommen können.

Zur Voraussage über eine mögliche Erkrankung sind mehrere Faktoren zu betrachten, wobei die Keimdosis nur eine hiervon ist. Vereinfacht sind folgende Fragen zu beantworten: Über welchen Weg kann welche Keimart in welcher Dosis von welchem Organismus aufgenommen werden, und welche Wirkung hat diese Dosis?

Die verfügbare Informationsbasis zu diesen Einzelfragen ist sehr unterschiedlich. Die Aufnahmepfade sind bekannt. Es bestehen auch gesicherte Erkenntnisse über die Zielorgane spezifischer Keime und ihre Krankheitssymptomatik. Eine besondere Bedeutung kommt der "verletzten Haut", auch wenn nur Bagatellverletzungen vorliegen, zu. Hier ist durch das erhöhte Keimaufkommen mit vermehrten und heftigen Wundinfektionen zu rechnen.

Über die bei Sanierungen vermehrten Keime gibt es nur wenige detaillierte Untersuchungen, die das Keimspektrum bis auf die Ebene der Art verfolgen. Erkenntnisse zur Virulenz (Grad der krankheitserzeugenden Eigenschaften) dieser Arten sind nicht verfügbar.

Auch zu Fragen der Keimdosis bestehen erhebliche Unsicherheiten sowohl hinsichtlich der Exposition, des Expositionspfades als auch der Deutung bei Vorhandensein gesicherter Expositionsgrößen. Von nur wenigen Keimen ist die Dosis bekannt, die bei Aufnahme zu einer Infektion führt (infektiöse Dosis).

Die Wahrscheinlichkeit, ob jemand erkrankt, hängt in wesentlichem Maße von seiner Abwehrfähigkeit ab. Ein geschwächtes Immunsystem bewirkt eine größere Infektionsgefährdung und ein überreagierendes Immunsystem eine höhere Allergieneigung. Beides sind individuelle Eigenschaften, mit denen bei Arbeitnehmern in der Bodensanierung gerechnet werden muss. Es existieren medizinische Methoden, derartige Merkmale im Vorfeld einer Erkrankung bis zu einem gewissen Grad zu erkennen.

3.2 Eingruppierung der Mikroorganismen

Entsprechend der Biostoffverordnung werden biologische Arbeitsstoffe anhand des von Ihnen ausgehenden Infektionsrisikos in vier Risikogruppen unterteilt:

Risikogruppe 1: Biologische Arbeitsstoffe, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen.

Risikogruppe 2: Biologische Arbeitsstoffe, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine Gefahr für Beschäftigte darstellen können; eine Verbreitung des Stoffes in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich; eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich.

Risikogruppe 3: Biologische Arbeitsstoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen können; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen, doch ist normalerweise eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung möglich.

Risikogruppe 4: Biologische Arbeitsstoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen; die Gefahr der Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß; normalerweise ist eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung nicht möglich.

Zur Eingruppierung in Risikogruppen sind die TRBA 460 "Einstufung von Pilzen in Risikogruppen", die TRBA 462 "Einstufung von Viren in Risikogruppen", die Merkblätter "Sichere Biotechnologie; Eingruppierung biologischer Agenzien" (BGI 631-634) der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie und die "Liste risikobewerteter Spender- und Empfängerorganismen für gentechnische Arbeiten" des Bundesministeriums für Gesundheit (BGBL) 40, 12 (1997 – Sonderbeilage) zu beachten, wobei nach heutigem Kenntnisstand für die Gefährdungsbeurteilung bei der Bodensanierung eine Bewertung der Pilze und Bakterien ausreicht. Ein Auszug dieser für die Bodensanierung relevanten Listen ist in Anhang 2 wiedergegeben. In der Regel treten im Boden und bei Bodensanierungsmaßnahmen Mikroorganismen der Risikogruppe 1 und 2 auf.

Die Bandbreite der Gruppeneinordnung bedingt, dass in Art und Höhe des Gefährdungspotentials innerhalb einzelner Gruppen Differenzierungen vorgenommen werden müssen.

So ist z.B. die Risikogruppe 2 sehr heterogen. Sie enthält Erreger ernsthafter Krankheiten, gegen die allerdings wirksame Therapien oder Impfmöglichkeiten vorhanden sind, ebenso wie Keime, die nur unter besonderen Voraussetzungen Infektionen auslösen können. Sie kommen als normale Flora, z.B. auch auf der Haut oder im Darm des Menschen und anderer Lebewesen, vor.

Unter den normalen Lebensbedingungen und bei gesunder Konstitution sind diese Keime nicht krankheitserregend, häufig sind sie sogar unerlässlich für die Gesunderhaltung. So verhindern z.B. die normalen Besiedler der Haut, dass sich andere, pathogene Keime ansiedeln können. Beispiele für Krankheitserreger der Risikogruppe 2, die regelmäßig bei gesunden Menschen vorgefunden werden, sind *Escherichia coli* (Besiedler des Darmes), *Corynebakterien* im Gehörgang und der Inguinalregion sowie *Staphylococcus aureus* in den äußeren Nasenhöhlen. Ein weiterer Vertreter für einen Krankheitserreger der Risikogruppe 2 ist das im Boden lebensfähige *Clostridium tetani*, der Erreger des Wundstarrkrampfes.

Vertreter der Risikogruppe 3 finden sich in Deutschland im Boden selten und nur lokal begrenzt an bestimmten Standorten im Boden. In der Regel sind sie in diesem Milieu einem kontinuierlichen Absterbeprozess unterworfen. Länger im Boden überdauern können jedoch die Sporen pathogener Sporenbildner. So auch die Sporen von *Bacillus anthracis*, dem Erreger des Milzbrandes (siehe Abschnitt 4.2). Bakterien und Pilze der Risikogruppe 4 sind bis heute nicht bekannt.

3.3 Spezielle Gefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe

Trotz lückenhafter Kenntnisse über das in der biologischen Bodensanierung verwendete Keimspektrum zeichnen sich hinsichtlich des Auftretens von Problemkeimen Schwerpunkte ab. Diese sind in der Herstellung und Verwendung von Labor- und Starterkulturen zu sehen, aber auch in der Pilzsporenbelastung der Luft beim Einsatz von festen organischen Substraten (siehe Abschnitt 4.3.5) und bei nicht sachgerechtem Umgang mit Nährlösungen (siehe Abschnitt 4.3.3). Die erhöhte Infektionsgefahr bei offenen Verletzungen stellt einen weiteren Schwerpunkt dar.

Als gesichert gelten kann die Vermehrung der Bakteriengattungen *Acinetobacter*, *Pseudomonas* und *Nocardia* bei der Anzucht von Spezialkulturen. Hierunter befinden sich auch potentiell pathogene Keime wie beispielsweise *Nocardia asteroides*, *Nocardia farcinica*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia* und andere. Nocardien und *Acinetobacter* sind übliche Bodenbewohner und opportunistische Keime, die sporadisch nach Aufnahme der Erreger aus dem Boden Infektionen auslösen bzw. eine besondere Prädisposition bei antibiotischer Vorbehandlung nutzen. Über das Verhalten dieser Mikroorganismen bei massiver Exposition, insbesondere in der Atemluft, wie es bei der Ausbringung von Kulturen möglich ist, ist nichts bekannt. Die in Tabelle 1 genannten Erkrankungen sind jedoch nicht auszuschließen. Bei mangelnder Hygiene auf der Baustelle ist die orale Aufnahme darmpathogener Keime möglich. Dies kann z.B. zu Durchfallerkrankungen führen. Auch können diese Keime unbewusst in Starterkulturen mitvermehrt oder durch Gülle bzw. nicht hygienisierten Kompost eingetragen worden sein. Eine Darminfektion ist ebenfalls durch den Verzehr unsachgemäß aufbewahrter Lebensmittel möglich, insbesondere bei warmen Außentemperaturen.

Durch Eintrag organischer Substanzen (Rindenmulch, Stroh, Kompost) muss bei Mietenverfahren, vor allem unter Einhausung, mit vermehrter Freisetzung von Pilz- und Actinomycetensporen (z.B. *Aspergillus fumigatus* oder *Aspergillus niger* bzw. *Saccharomonospora rectivirgula* oder *Streptomyces* sp.) gerechnet werden. Aus anderen Arbeitsbereichen wie beispielsweise der Landwirtschaft, der Pilzzucht oder der Käseherstellung ist bekannt, dass hohe Konzentrationen von Pilzsporen in der Luft Erkrankungen der Lunge verursachen können. Dies sind z.B. die **Exogene Allergische Alveolitis (EAA)** oder obstruktive Atemwegserkrankungen (siehe Glossar, Anhang 3).

Weiterhin ist beim Auftreten von Staub mit einer erhöhten Anzahl von Keimen in der Luft zu rechnen. Die Hintergrundbelastung der Luft mit Mikroorganismen (durchschnittlich 10^2 bis 10^3 KBE¹/m³) unterliegt Schwankungen. In Abhängigkeit z.B. von Luftbewegung, Luftfeuchte und Pollenflug können sich Unterschiede im Bereich von Zehnerpotenzen ergeben. Luftgetragene Mikroorganismen und Sporen können oral, durch Einatmen, über Hautwunden oder in seltenen Fällen über die Haut aufgenommen werden. Sie können Allergien oder Infektionen auslösen.

Anaerobe Sporenbildner werden zur Bodenreinigung nicht gezielt eingesetzt. Ihre Vermehrung in unsachgemäß gelagerten Substraten wurde jedoch beschrieben. Ohne entsprechenden Impfschutz, unter Missachtung der Tragepflicht von flüssigkeitsdichten Schutzhandschuhen bei Tätigkeiten mit kontaminierten Materialien, ist bei nicht immunisierten Personen bereits bei kleinsten Verletzungen, insbesondere bei Stichverletzungen Wundstarrkrampf (*Clostridium tetani*) möglich, bei Unfällen mit großflächigen, tiefen Wunden sogar eine Gasbranderkrankung (*Clostridium perfringens*).

Im übrigen können alle o.g. Keime bei Eindringen großer Konzentrationen in offene Wunden teils heftige Wundinfektionen auslösen.

An ehemaligen Standorten der Lederindustrie, von Tierkörperbeseitigungsanlagen und Schlachthöfen sowie auf Baustellen in zoologischen Gärten ist mit dem Auftreten von Milzbrandsporen zu rechnen. Dies ist bei der Gefährdungsbeurteilung besonders zu berücksichtigen (siehe Abbildung 1). Beim Nachweis von Milzbrandsporen sind wegen der geringen infektiösen Dosis sowie der Schwere der möglichen Erkrankungen (Lungenmilzbrand und Darmmilzbrand) besondere Schutzmaßnahmen notwendig.

¹ KBE = Koloniebildende Einheit

Bei Bodenarbeiten außerhalb der Bundesrepublik Deutschland muss auch mit dem Vorkommen von Erregern der Risikogruppe 3 gerechnet werden. Bekannt sind insbesondere Pilzkrankungen aus Nordamerika, aber auch andere Länder wurden als Endemiegebiet ausgewiesen. Die Pilzsporen stammen meist aus Exkrementen von Vögeln oder Nagetieren. Im Rahmen dieser Systemmykosen wird insbesondere die Lunge befallen und infiziert. Von der Kokzidioidomykose wird berichtet, dass sie auch Personen mit intaktem Immunsystem betrifft.

Die Sporen von Pilzen können bei Bodenbewegungen jeglicher Art eingeatmet werden und zu den in Tabelle 2 genannten Erkrankungen führen.

Vorgang	Keimart	Mögliche Erkrankung
Umgang mit kommerziell erhältlichen Spezialkulturen	Acinetobacter	Hirnhautentzündung Lungenentzündung Wundinfektion
	Nocardia	Abzessbildung in Lunge, Hirn und Haut
	Pseudomonas aeruginosa	Sepsis Pneumonie
	Stenotrophomonas maltophilia	Harnwegsinfektion
Eintrag organischer Substanzen (Rindenmulch, Stroh, Kompost)	Pilzsporen Actinomyceten	Exogen Allergische Alveolitis, Obstruktive Atemwegsstörungen (Pilzpneumonie)
Unsachgemäße Lagerung von Substraten, Prozesswasser	Clostridien	Wundstarrkrampf Gasbrand

Tabelle 1: Vorgänge mit Gefährdungspotential

Sporenherkunft	Krankheit	Befallene Organsysteme	Hauptsächliches Vorkommen in den Ländern
Vogel- und Fledermaus-exkremente	Histoplasmose	Lunge, Milz, Leber, Knochenmark, Augen, Gehirn	Nord- und Südamerika, Kanada, Afrika, Südtalien, Südspanien, GUS-Staaten, Neuseeland, Indonesien, Japan
Nicht bekannt	Blastomykose	Lunge, Haut, Milz, Leber, Gehirn, Knochen	Nord- und Südamerika
Kot von Nagetieren	Kokzidioidomykose	Lunge, Milz, Leber, Gehirn, Knochen	Saudi-Arabien, Nord- und Südamerika
Vogellexkremente bes. von Tauben	Kryptokokkose	Lunge, Gehirn, Knochen, Milz, Leber	Nordamerika Deutschland

Tabelle 2: Systemmykosen

4 Gefährdungsbeurteilung bei Bodensanierungsmaßnahmen

4.1 Allgemeines

Bodensanierungsmaßnahmen sind i.d.R. als ungezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen entsprechend der Biostoffverordnung einzustufen. Das biologische Gefährdungspotential einer Bodensanierungsmaßnahme ist abhängig vom kontaminierten Boden, den eingesetzten biologischen Substraten sowie den Tätigkeiten und der damit verbundenen Exposition. Aus der Kombination dieser Komponenten ergibt sich dann die Gesamtgefährdung.

Für die Ermittlung der Gefahren einer Bodensanierungsmaßnahme sind folgende Schritte zu beachten:

1. Welche Gefahren können von den Gefahrstoffen im Boden (chemisch und biologisch) selbst ausgehen (siehe Abschnitt 4.2)?
2. Welche Gefahr kann in Abhängigkeit von den möglichen Expositionspfaden von den eingesetzten biologischen Arbeitsstoffen ausgehen (siehe Abschnitt 4.3)?
3. Welches Sanierungsverfahren wird ausgewählt, und welche Expositionsmöglichkeiten sind dabei zu beachten (siehe Abschnitt 4.4)?

4.2 Boden

Im Rahmen der historischen Erkundung ist auch das biologische Gefährdungspotential des zu sanierenden Geländes zu erkunden.

Im Boden befindet sich eine Vielzahl von Mikroorganismen. Die meisten sind hygienisch unbedenklich oder besitzen nur ein geringes Gefährdungspotential. Eine durch einen Selektionsdruck der chemischen Kontaminationen bedingte Anreicherung obligatpathogener Mikroorganismen im Boden wurde bisher nicht beobachtet.

Erfahrungsgemäß ist bei Tätigkeiten mit Boden daher nur mit einer Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe 1 und 2 zu rechnen, wobei die biologischen Arbeitsstoffe der Risikogruppe 1 überwiegen und keine besondere Gefährdung zu erwarten ist, also Maßnahmen der Schutzstufe 1 ausreichen.

Humanpathogene Mikroorganismen der Risikogruppe 3 (siehe Abschnitt 3.2) kommen in der Bodenflora Europas üblicherweise nicht vor. Mit Mikroorganismen, die eine Gefährdung für den Menschen darstellen könnten, ist also nur in sehr seltenen Ausnahmefällen zu rechnen, wie etwa auf ehemaligen Standorten von Tierkörperbeseitigungsanlagen oder Standorten der Lederindustrie, die mit *Bacillus anthracis*, dem Erreger des Milzbrandes, kontaminiert sein können.

Bei Arbeiten in diesen Bereich sollte wie für die Gefährdungsbeurteilung in der Abbildung "Entscheidungsdiagramm für die Gefährdungsbeurteilung bei Milzbrandverdachtsstandorten, beispielhaft Gerbereistandort" dargestellt vorgegangen werden. Besonders relevant ist dabei eine sorgfältige historische Erkundung. Hierfür sind auch Daten der verantwortlichen Behörden, z.B. Landesgesundheitsämter, Veterinärämter oder Lederindustrie-BG, heranzuziehen. War das Einzugsgebiet für die in den entsprechenden Anlagen verwerteten Leder bzw. Felle lediglich lokal und sind in der Vergangenheit keine Milzbranderkrankungen aufgetreten, ist das Risiko als relativ gering einzustufen. Kamen die Felle jedoch aus dem Ausland oder sind z.B. keine Daten mehr verfügbar, sind weitere Untersuchungen durchzuführen. Diese sollten zunächst auf "Schwerpunkte" (z.B. Wäscherei) beschränkt bleiben. Siehe hierzu auch "Leitfaden zu Erkundung ehemaliger Gerbereistandorte".

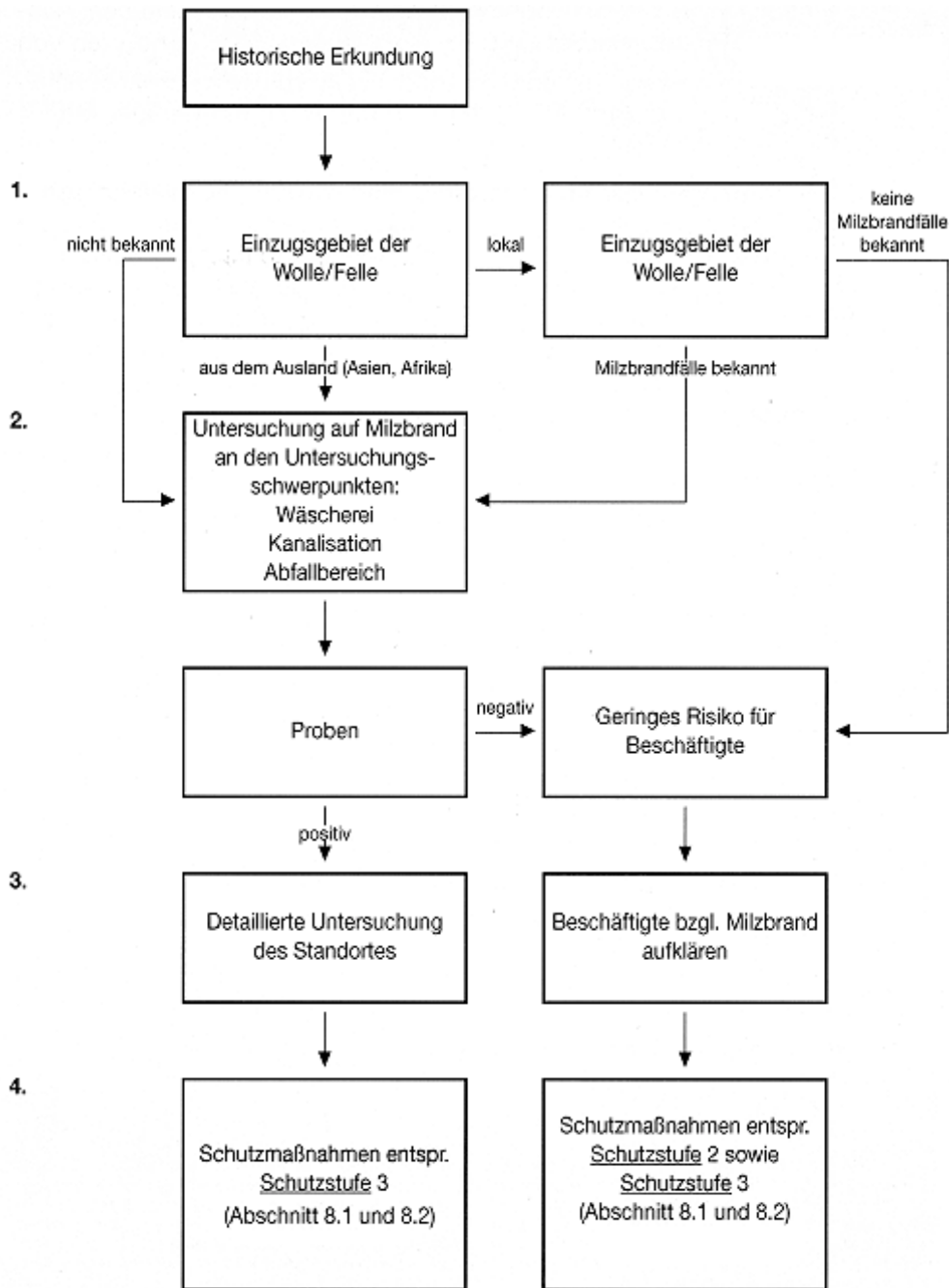


Abbildung: Entscheidungsdiagramm für die Gefährdungsbeurteilung bei Milzbrandverdachtsstandorten: hier beispielhaft Gerbereistandorte

Maßnahmen der Schutzstufe 1 (siehe Abschnitt 6) sind unter folgenden Voraussetzungen ausreichend:

- kein Zusatz biologischer Arbeitsstoffe,
- kein Prozesswasser und
- kein Verdacht auf das Vorhandensein von Mikroorganismen der Risikogruppe 3 (z.B. Bacillus anthracis, Erreger des Milzbrandes).

Maßnahmen der Schutzstufe 2 bzw. 3 sind erforderlich bei:

- Verdacht auf Milzbranderreger, z.B. bei Standorten der Lederindustrie und Tierkörperbeseitigungsanlagen (siehe hierzu auch Gefährdungsbeurteilung entsprechend der Abbildung).

4.3 Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen

4.3.1 Allgemeines

Für Bodensanierungsmaßnahmen werden oft Substanzen eingesetzt, die biologische Arbeitsstoffe enthalten können. Da diese Substanzen (z.B. Kompost) meist eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Mikroorganismen enthalten, ist für die Gefährdungsbeurteilung eine abschließende Aufzählung aller darin enthaltener Mikroorganismen nicht durchführbar. Weiterhin ist bei einigen Mikroorganismen (z.B. *Aspergillus niger*) die Eingruppierung in Risikogruppen allein nicht ausreichend, da für die Eingruppierung nur das Infektionsgeschehen betrachtet wird. Ein mögliches toxisches oder allergenes Potential muss gesondert betrachtet und in der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden.²

Aus diesem Grund erfolgt bei Bodensanierungsmaßnahmen eine weitere Unterteilung in die Medien:

- Prozesswasser,
- Nährlösung,
- Anreicherungskulturen sowie
- feste organische Stoffe.

Bei Tätigkeiten mit diesen Medien ist dann von einer geringen Gefährdung auszugehen, wenn keine über das übliche Maß hinausgehende Belastung erkennbar ist (siehe Abschnitt 4.3.2 – 4.3.5).

4.3.2 Prozesswasser

Wird im Verlauf der Sanierung Prozesswasser eingesetzt (siehe Anhang 1), kann es in diesem zur Anreicherung obligat-pathogener Mikroorganismen (z.B. *Clostridium* sp.) kommen, die der Risikogruppe 2 zuzuordnen sind, d.h. bei Tätigkeiten mit Prozesswasser sind **Maßnahmen der Schutzstufe 2** zu treffen.

4.3.3 Nährlösungen

Eine Vermehrung von Mikroorganismen in Nährlösungen ist abhängig von folgenden Randbedingungen:

- Art der Nährstoffe (Kohlenstoff-Quelle, anorganische Nährstoffe),
- Konzentration der Nährstoffe,
- Temperatur,
- Herstellung und Lagerung (Behälter offen oder verschlossen, Örtlichkeiten).

² Opportunistische Pilze, die große Mengen trockener Sporen/Konidien bilden, sind im Merkblatt "Sichere Biotechnologie: Pilze (BGI 634) der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie ausgewiesen. Hier finden sich auch allgemeine Aussagen zur Berücksichtigung eines allergenen Potentials bei Pilzen. Zur Eingruppierung in Risikogruppen sind die TRBA "Einstufung von Pilzen in Risikogruppen", die Merkblätter "Sichere Biotechnologie; Eingruppierung biologischer Agenzien: (Bakterien, Pilze): (BGI 633-634)" der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie und die "Liste risikobewerteter Spender- und Empfängerorganismen für gentechnische Arbeiten" des Bundesministeriums für Gesundheit (BGBL) 40, 12 (1997 – Sonderbeilage) zu beachten.

So sollte bereits bei der Herstellung der Nährlösungen auf eine möglichst saubere und staubfreie Umgebung geachtet werden. Auch die Nährstoffbehälter sind stets abzudecken, um eine Verunreinigung und damit Verkeimung der Nährlösung so weit wie möglich zu verhindern.

Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen sind Nährlösungen nur begrenzt lagerfähig. Ist keine Kühlung möglich, sind Nährlösungen, die leicht verwertbaren Kohlenstoff enthalten, innerhalb von 24 Stunden zu verbrauchen. Nährlösungen, die lediglich anorganische Zusätze enthalten, können bis zu eine Woche aufbewahrt werden. Bei Kühlung auf ≤ 9 °C kann sich die Lagerungsdauer bei kohlenstoffhaltigen Nährlösungen ebenfalls auf bis zu eine Woche verlängern.

Maßnahmen der Schutzstufe 1 (vgl. Abschnitt 6) sind ausreichend, wenn

- die Nährlösung innerhalb 24 Stunden verbraucht wird oder
- die Nährlösung innerhalb einer Woche verbraucht wird und
 - keine organischen Substrate zugesetzt sind **oder**
 - die Nährlösung gekühlt (≤ 9 °C) wird.

Maßnahmen der Schutzstufe 2 sind erforderlich, wenn

- die oben aufgeführten Anforderungen nicht erfüllt werden **oder**
- Prozesswasser eingesetzt wird.

4.3.4. Anreicherungskulturen

Als Anreicherungskulturen werden Präparate definiert, die dem Boden zugesetzt werden, um die Zahl schadstoffumsetzender Mikroorganismen zu erhöhen.

Anreicherungskulturen sind Kultursuspensionen sowie getrocknete Mikroorganismen mit oder ohne organisches Trägermaterial. Komposte oder organische Zuschlagstoffe, denen zur Anreicherung von schadstoffumsetzenden Mikroorganismen Schadstoffe zugesetzt worden sind, gelten ebenfalls als Anreicherungskulturen, wie auch Abläufe aus Kläranlagen und Klärschlämme. Diese Anreicherungskulturen enthalten Mikroorganismen in sehr hohen Konzentrationen.

Prozesswasser sowie Enzympräparate, die zur Beschleunigung des Schadstoffumsatzes eingesetzt werden, sind hinsichtlich des Arbeitsschutzes den Anreicherungskulturen gleichzusetzen.

Maßnahmen der Schutzstufe 1 (vgl. Abschnitt 6) sind ausreichend, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Anreicherungskulturen müssen gesundheitlich unbedenklich sein (siehe Bundesseuchengesetz §§ 19 ff). Die Untersuchungen sind vor Einbringen der Kulturen in den Boden durchzuführen.
- Für die Herstellung und Handhabung von Anreicherungskulturen sind die Anforderungen der Biostoffverordnung entsprechend Anhang II (Laboratorien) sowie die Unfallverhütungsvorschrift "Biotechnologie" (BGV A4) und ihre Durchführungsanweisungen in Form der Merkblattreihe "Sichere Biotechnologie" (BGI 629-636) zu beachten.
- Flüssige Anreicherungskulturen müssen auf der Baustelle wie Nährlösungen behandelt werden.

Maßnahmen der Schutzstufe 2 sind einzuhalten, wenn die oben aufgeführten Anforderungen nicht gewährleistet sind oder wenn undefinierte Anreicherungskulturen bzw. Enzympräparate eingesetzt werden.

- Bei undefinierten Anreicherungskulturen (z.B. Klärschlamm) muss grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass pathogene Keime vorhanden sind.

4.3.5 Feste organische Zuschlagstoffe

Die Herstellung organischer Zuschlagstoffe als Strukturverbesserer entspricht im Prinzip der Grünschnittkompostierung. Die dabei anfallenden Arbeiten sind daher mit einer ähnlichen Exposition der Arbeitnehmer gegenüber Mikroorganismen vergleichbar. Etwas anders erfolgt die Herstellung von Substraten als Träger von Nährstoffen und immobilisierten Mikroorganismen. Hier ist die Herkunft der Ausgangsstoffe wie Frischkompost aus Kompostwerken, Klärschlamm, Gülle und andere organische Abfallstoffe zur Beurteilung der hygienischen Situation wesentlich, ebenso wie die Prozessführung und das Beimpfen von Nährstoffen und Kulturbrühe mit Mikroorganismen. Die Ausgangssubstanzen und die Prozessführung der Kompostierung sind maßgeblich für die Zusammensetzung der Mikroorganismenflora. Bei Reststoffen, die Küchenabfälle, Klärschlamm, Gülle oder andere organische Ausgangsstoffe vergleichbarer Herkunft enthalten, muss mit der vermehrten Anwesenheit pathogener Keime gerechnet werden. Eine ausreichende Hygienisierung erfolgt nur bei hohen Temperaturen, die über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden (> 55 °C für 3 Wochen, > 65 °C für 1 Woche), sowie durch biochemische Prozesse im Verlauf der Rotte.

Beim Umgang mit festen organischen Zuschlagstoffen muss unabhängig von der Herkunft des Materials immer mit erhöhten Sporenkonzentrationen in der Luft gerechnet werden. Diese können auch nach dem eigentlichen Mischvorgang auftreten, besonders bei einer nachträglichen Bearbeitung der Mieten.

Maßnahmen der Schutzstufe 1 sind ausreichend, wenn hygienisierte kompostierte Substrate, Rindenmulch, Stroh oder Grünschnittkompost verwendet werden.
Wenn die Mieten in geschlossenen Räumen bearbeitet werden, sind neben den Maßnahmen der Schutzstufe 1 auch die Maßnahmen der Schutzstufe 2 entsprechend den Abschnitten 7.6.1 und 7.6.2 zu beachten.
Maßnahmen der Schutzstufe 2 sind erforderlich, wenn nicht hygienisierte Substrate eingesetzt werden.

4.4 Expositionsarten biologischer Arbeitsstoffe in Abhängigkeit verfahrenstypischer Arbeitsschritte

Die Einteilung der in Tabelle 3 aufgeführten Arbeitsschritte erfolgt in Anlehnung an die Verfahrensbeschreibungen (siehe Anhang 1) und unter Berücksichtigung der damit verbundenen möglichen Expositionspfade gegenüber vorhandenen Mikroorganismen.

5 Arbeitsmedizinische Vorsorge und Betreuung

5.1 Allgemeines

Es ist Aufgabe des Unternehmers, dafür zu sorgen, dass der Gesundheitszustand der Beschäftigten durch arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen überwacht wird. Er hat damit einen Arzt mit arbeitsmedizinischer Fachkunde (§ 3 UVV "Betriebsärzte" (A 7)) zu beauftragen und diesem ausreichend Zeit zur Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorgemaßnahmen zur Verfügung zu stellen.

Zu diesen Maßnahmen gehören unter anderem Vorsorgeuntersuchungen, die nach dem Prinzip der UVV "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (BGV A 4, bisher VBG 100) unter Beachtung der einschlägigen Berufsgenossenschaftlichen Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt werden. Bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen können sehr viele Gefahrstoffkombinationen auftreten, die besondere gesundheitliche Gefährdungen beinhalten. Daher ist davon auszugehen, dass mit der Durchführung spezieller arbeitsmedizinischer Untersuchungen nach den vorhandenen Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen nicht alle Gefahrstoffe und Gefährdungen berücksichtigt werden können. Deshalb ist der Arzt befugt, unter Berücksichtigung der dem Unternehmen zur Verfügung stehenden Informationen über die vorhandenen Gefahrstoffe und Gefährdungen und die daraus abzuleitenden gesundheitlichen Belastungen weitergehende Vorsorgeuntersuchungen und Maßnahmen zu ergreifen. Zu diesen Maßnahmen gehört auch die Beratung des Unternehmers durch den Arbeitsmediziner hinsichtlich des Gefährdungspotentials der eingesetzten Mikroorganismen und der damit verbundenen Anforderungen an Hygiene, Immunisierung und erste Hilfe (siehe Aufgabenkatalog für Betriebsärzte in § 3 Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG)).

Arbeitsschritte	Expositions-möglichkeiten			Sanierungsverfahren						
	Staub und Sporen	Aerosole	Boden, Wasser u. Spritzwasser	in-situ	Boden-wäsche	Land-farming	Biobeet	Miete	Feststoff-reaktor	Suspensions-reaktor
Auskoffern, Be- und Entladen, Transport	■									
Klassieren, Separieren	■									
Waschen										
Entwässern, Trocknen										
Wasseraufbereitung										
Bearbeitung des Bodens mit landwirtschaftlichen Geräten	■									
Aufbau von Biobeeten oder Mieten	■									
Einbau von Drainageschichten und Belüftungsschläuchen	■									
Abteufen von Einleit- und Entnahmebrunnen										
Ansetzen und Einleiten von Nährlösungen										
Anzucht von Mikroorganismen in Flüssigkulturen										
Anzucht von Mikroorganismen auf festen Medien (Stroh)	■									
Bearbeitung von flüssigen organischen Substanzen										
Bearbeitung von trockenen organischen Substanzen (Schreddern, Kompostierung)	■									
Einleiten von Nährlösungen oder biologischen Arbeitsstoffen				■						
Ausbringen von Nährlösungen oder biolog. Arbeitsstoffen mittels Sprühtechnik				■						
Mischen des Bodens mit trockenen Zuschlagstoffen	■									
Umsetzen der Miete										
Ausbringen von Nährstoffen oder biolog. Arbeitsstoffen mit Schleuderstreuern										
Befüllen und Entleeren von Bioreaktoren										
Wartungs- und Reinigungsarbeiten, Begehung, Beprobung										
Beprobung und Austausch von Abluftfiltern										

Expositionsmöglichkeiten:

- eine Exposition ist möglich
- eine Exposition ist unwahrscheinlich

Sanierungsverfahren:

- diese Arbeitsschritte werden meistens eingesetzt
- diese Arbeitsschritte werden i. d. Regel nicht eingesetzt

Tabelle 3: Verfahrenstypische Arbeitsschritte sowie deren Expositionsmöglichkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen

5.2 Vorsorgeuntersuchungen

Vorsorgeuntersuchungen sind vor Beginn der Arbeiten und als begleitende bzw. Nachuntersuchungen während bzw. nach Abschluss der Arbeiten durchzuführen. Mit dem einjährigen Untersuchungsrythmus, der für Arbeiten in kontaminierten Bereichen vorgesehen ist, sollten diese Untersuchungen synchronisiert werden.

Wesentliche Untersuchungsinhalte bestehen in der Prüfung der natürlichen und erworbenen Immunität, der anamnestischen und diagnostischen Erhebung von Allergieneigungen und eines überempfindlichen Bronchialsystems sowie in der gezielten Befragung zu abwehrbeeinflussenden Faktoren. Eine Schwächung der körpereigenen Abwehr verursachen beispielsweise bestimmte Medikamente, chronische Erkrankungen und individuelle Verhaltensmuster. Besondere Beachtung gilt Hauterkrankungen.

Bei bekanntem Erregerspektrum ist bei einem oder mehreren zutreffenden Mikroorganismen nach dem speziellen Teil des arbeitsmedizinischen Grundsatzes 42 "Tätigkeiten mit Infektionsgefahren" des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften zu untersuchen.

Weitere Informationen hierzu finden sich auch im "Leitfaden der arbeitsmedizinischen Betreuung von Arbeitnehmern in kontaminierten Bereichen" sowie im Merkblatt "Arbeitsmedizinische Vorsorge und Beratung bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen" der Tiefbau-Berufsgenossenschaft.

5.3 Beratung

Der Unternehmer sollte für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen stets auf medizinischen Sachverstand zurückgreifen. Zu beachten ist dabei auch die Beurteilung des eingesetzten oder vorhandenen Keimspektrums hinsichtlich möglicher Krankheitserreger und deren Auswirkungen unter Berücksichtigung der verfahrensbedingten Aufnahmepfade. Auch besteht Beratungsbedarf hinsichtlich der Weiterarbeit einzelner Beschäftigter bei auftretenden Infektionskrankheiten. Vor Beginn einer Maßnahme sind die erforderlichen Hygienemaßnahmen festzulegen. Weiterhin sind die Handlungsweisen für Erste-Hilfe-Maßnahmen zu koordinieren.

6 Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 1

Allgemeine Hygienemaßnahmen für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen, die der Schutzstufe 1 zuzuordnen sind, sind in den Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 500 "Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen" festgelegt. Aufgrund des Gefährdungspotentials der im zu sanierenden Boden enthaltenen Gefahrstoffe sind bei der Bodensanierung grundsätzlich weitergehende Schutzmaßnahmen anzuwenden, als aufgrund der mikrobiologischen Gefährdung erforderlich sind.

Diese Arbeitsschutzmaßnahmen für Arbeiten in kontaminierten Bereichen sind in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 524 "Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen" sowie in den "Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (BGR 128) der Tiefbau-Berufsgenossenschaft festgelegt.

7 Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 2

7.1 Allgemeines

Zusätzlich zu den unter Abschnitt 6 genannten Maßnahmen sind bei Schutzstufe 2 (siehe Abschnitt 4.3) die entsprechenden Arbeitsbereiche unter Verwendung eines Symbols für Biogefährdung (siehe Anhang 4) zu kennzeichnen.

7.2 Rangfolge der Schutzmaßnahmen

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass von Arbeitsabläufen keine vermeidbaren Gefahren ausgehen (siehe Abschnitt 4.4). Insbesondere hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass Arbeitsverfahren sowie Maschinen und Geräte so ausgestattet und beschaffen sind, dass diese Forderungen eingehalten werden.

Sind Arbeitsschritte mit erhöhtem Gefährdungspotential nicht auszuschließen, hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass die Mikroorganismen an der Austritts- oder Entstehungsstelle erfasst und gefahrlos beseitigt werden, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Ist dies nicht möglich, hat der Unternehmer Lüftungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik zu ergreifen. Sind technische und organisatorische Schutzmaßnahmen nicht ausreichend, hat der Unternehmer geeignete persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung zu stellen.

7.3 Organisatorische Maßnahmen

Sind bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen Maßnahmen der Schutzstufe 2 oder 3 zu treffen, so hat der Unternehmer einen Fach- bzw. Sachkundigen zu bestellen, der besondere Kenntnisse und Erfahrungen in sicherheitsrelevanten Fragen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen hat. Dieser hat den Unternehmer in Fragen des biologischen Arbeitsschutzes zu beraten und zu unterstützen.

Dazu gehört insbesondere:

- Gefährdungsbeurteilung für die geplanten Sanierungsmaßnahmen und die eingesetzten Mikroorganismen,
- Planung, Ausführung und Unterhaltung von Einrichtungen, in denen Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen erfolgen,
- Erstellung der Betriebsanweisung,
- Auswahl und Erprobung von technischen und persönlichen Schutzausrüstungen,
- Beschaffung von Einrichtungen und Betriebsmitteln und Einführung von Verfahren zur Nutzung biologischer Arbeitsstoffe.

7.4 Betriebsanweisung, Unterweisung

Bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen ab der Schutzstufe 2 hat der Unternehmer den Inhalt der im Betrieb anzuwendenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften in einer Betriebsanweisung aufzuführen und sie an geeigneter Stelle im Arbeitsbereich bekannt zu machen. Bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen empfiehlt es sich, eine gemeinsame Betriebsanweisung für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen sowie für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen zu erstellen. Zu beachten ist die Wirkung der biologischen Arbeitsstoffe auf die Beschäftigten, die notwendigen Schutzmaßnahmen sowie die Reinigung, ggf. Desinfektion und Entsorgung von biologischen Arbeitsstoffen. In dieser Betriebsanweisung sollten auch Hygienemaßnahmen, die beim Essen, Trinken, Rauchen, Schnupfen und beim Toilettengang zu beachten sind, aufgeführt werden. Die Betriebsanweisung ist in einer den Beschäftigten verständlichen Form und Sprache abzufassen und an geeigneter Stelle bekannt zu machen sowie den Beschäftigten auszuhändigen und zu erläutern.

Die Beschäftigten, die mit biologischen Arbeitsstoffen umgehen, haben die auf der Grundlage der Unterweisung erfolgten Anweisungen des Unternehmens sowie die Betriebsanweisung zu befolgen.

Zur Vermeidung von Rechtsnachteilen ist jeder Unternehmer gut beraten, sich vor dem Einsatz betriebsfremder Personen (z.B. Mitarbeiter von Fremdfirmen, Reinigungspersonal) davon zu überzeugen, dass auch für diese Personen keine gesundheitlichen Risiken bestehen.

7.5 Hygienemaßnahmen

Bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen, die der Schutzstufe 2 zuzuordnen sind, sind die Hygienemaßnahmen der Schutzstufe 1 wie folgt zu erweitern:

7.5.1 Schwarz/Weiß-Trennung

Abhängig vom Gefahrstoffprofil und einer möglichen mikrobiellen Gefährdung ist eine Erweiterung bis hin zur Mehrkammer-Schleuse vorzusehen. Dies ist erforderlich, um eine Verschleppung von Kontaminanten oder Keimen zu verhindern. Die Schwarz/Weiß-Anlage ist arbeitstäglich feucht zu reinigen.

7.5.2 Essen, Trinken, Rauchen, Schnupfen

Essen, Rauchen und Schnupfen am Arbeitsplatz ist grundsätzlich verboten.

Zum Ausgleich des Flüssigkeits- und Elektrolytverlustes bei sommerlichen Temperaturen und bei schwerer körperlicher Arbeit hat der Arbeitgeber geeignete Getränke anzubieten. Hierfür müssen zusätzliche Trinkmöglichkeiten unter Beachtung der Schwarz/Weiß-Trennung gewährt werden.

7.5.3 Hautschutz

Kontaminierte Hautareale sind mit Wasser und Seife gründlich zu reinigen. Fingernägel sind zur Verringerung der Keimansiedlung kurz zu schneiden. Vor jeder Mahlzeit sind die Hände mit Wasser und Seife zu reinigen. Für die Reinigung sind zusätzlich Nagelbürsten zu verwenden.

Personal mit Hautverletzungen darf, mit Ausnahme kleinerer Hautverletzungen, im Schwarzbereich nicht eingesetzt werden. Kleinere Hautverletzungen sind zu desinfizieren und mit einem dicht schließenden Verband zu schützen.

7.6 Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 2 in Abhängigkeit von den Expositionspfaden

Sind aufgrund der Ermittlung der Gefahren nach Abschnitt 4 Maßnahmen der Schutzstufe 2 zu treffen, sind abhängig von den Expositionen folgende Schutzmaßnahmen zu beachten:

7.6.1 Staub/Sporen

Staubbildung ist zu vermeiden. Die maximal zulässige Staubkonzentration ist durch die Technischen Regeln für Gefahrstoffe 900 "Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz – Luftgrenzwerte – MAK und TRK-Werte" (TRGS 900) sowie durch die "Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (BGR 128) geregelt. Im Einzelfall können in Abhängigkeit vom Arbeitsbereich und der Herkunft der Medien erhöhte Mikroorganismenzahlen in der Luft auftreten, die erweiterte Schutzmaßnahmen erforderlich machen (siehe hierzu auch den Abschnitt 4.3.5). Generell ist die Keimbelastung der Luft unabhängig vom Keimspektrum, z.B. durch ausreichende Lüftungsmaßnahmen, zu minimieren. Die Freisetzung von Sporen durch Staub ist durch feucht gehaltene Bodenoberflächen möglichst zu vermeiden.

Folgende technische Schutzmaßnahmen sind vorzusehen:

Die Bodenbehandlung darf nur in geschlossenen Behandlungseinheiten erfolgen, die mit einer Abluftreinigungsanlage (z.B. Abluftfilter) ausgestattet sind. Dabei sollten 10.000 KBE³ Pilzsporen und Bakterien/m³ in der Atemluft nicht überschritten werden. Dieser Wert entspricht bei Anlagen zur Sanierung von Böden ohne organische Zuschlagstoffe dem Stand der Technik. Er ist nicht ohne weiteres auf neue Verfahren oder auf andere Branchen übertragbar.

Sind technische Maßnahmen zur Verminderung einer Kontamination nicht ausreichend, z.B. beim Einsatz hoher Mengen organischer Substrate, hat der Unternehmer Schutzkleidung sowie Atemschutz zur Verfügung zu stellen. Die Beschäftigten haben diese zu benutzen.

Die Überprüfung des Keimgehaltes der Luft ist entsprechend den Empfehlungen des BMA (Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung) – Beratergremiums "Ausschuss für biologische Arbeitsstoffe" (ABAS) durchzuführen. Vgl. hierzu auch die TRBA 405: "Anwendung von Messverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe" sowie die TRBA 430 "Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz".

Schutzkleidung

Als Schutz vor Staub- und Sporenbelastung ist mindestens luftdurchlässige Einwegschutzkleidung zu tragen, es sei denn, technische Maßnahmen (z.B. Kabinenschutzbelüftung) verhindern eine Kontamination.

Atemschutz

Bei der maschinellen Bearbeitung ist eine Kabinenschutzbelüftung einzusetzen.

Sind technische Maßnahmen nicht ausreichend, hat der Unternehmer Atemschutz der Schutzstufe P3 zur Verfügung zu stellen. Die Filter sind mindestens arbeitstäglich zu wechseln. Die Beschäftigten sind zum Tragen dieser Atemschutzmasken verpflichtet.

Geeignete Atemschutzgeräte sind in den "Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten" (BGR 190), geeignete Kabinenschutzbelüftungsanlagen in dem "Merkblatt für Fahrerkabinen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen des Tiefbaus" (BGI 581) aufgeführt.

7.6.2 Nebel

Nebelbildung ist möglichst zu vermeiden. Bei einer möglichen Exposition gegenüber Nebel ist mindestens imprägnierte, luftdurchlässige Einwegschutzkleidung zu tragen.

Im Bereich einer Nebelwolke sind Atemschutzmasken (P3) zu tragen, sofern das versprühte Wasser kein Frischwasser ist. Bei der maschinellen Bearbeitung muss die Atemschutzmaske durch eine Kabinenschutzbelüftung ersetzt werden. Bei der Beurteilung des Ausmaßes einer Aerosolwolke sind wechselnde Luftbewegungen mit zu berücksichtigen.

³ KBE = Koloniebildende Einheit

7.6.3 Boden

Bei einer möglichen Exposition gegenüber Boden ist mindestens imprägnierte, luftdurchlässige Einwegschutzkleidung zu tragen.

7.6.4 Spritzwasser, Wasser

Der Hautkontakt mit Boden, Spritzwasser, Wasser und Geräten ist zu vermeiden. Bei einer möglichen Spritzwasser- oder Wasser-Exposition ist mindestens wasserdichte Einwegschutzkleidung zu benutzen.

Aufgrund des hierdurch entstehenden erhöhten Hitzestaus sind bei warmer oder heißer Witterung zusätzliche Erholungspausen einzuplanen.

Für Atemschutz gelten die unter Abschnitt 7.6.2 "Nebel" aufgeführten Schutzmaßnahmen.

8 Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 3 bei Verdacht auf Milzbranderreger (*Bacillus anthracis*)

Ist aufgrund der Ermittlung der Gefahren nach Abschnitt 4 mit dem Vorhandensein von Milzbranderregern zu rechnen, sind zusätzlich zu den unter Abschnitt 6 und 7 genannten Maßnahmen folgende Schutzmaßnahmen zu treffen:

8.1 Allgemeines

Bei begründetem Verdacht auf das Vorhandensein des Milzbranderregers (vgl. Entscheidungsdiagramm) muss das zu bearbeitende Areal zunächst an den Schwerpunkten beprobt werden. Kann der Milzbranderreger nicht nachgewiesen werden, ist lediglich Abschnitt 8.2 zu beachten, wobei von einer Immunisierung der betreffenden Personen abgesehen werden kann. Wird der Milzbranderreger nachgewiesen, ist der entsprechende Bereich als "milzbrandgefährdend" einzustufen, und weitere Analysen sind zu veranlassen. Bei Arbeiten in milzbrandgefährdeten Bereichen sind folgende Schutzmaßnahmen anzuwenden.

Nähere Informationen zur Erkundung milzbrandgefährdeter Standorte können dem Leitfaden "Historische und technische Erkundung ehemaliger Gerbereistandorte" des Umweltbundesamtes Förderkennzeichen 1460789 entnommen werden.

8.2 Organisatorische Maßnahmen

8.2.1 Arbeitsmedizinische Vorsorge und Betreuung

Die Eintrittspforte für Milzbrandsporen ist am häufigsten die verletzte Haut. Schwerpunktmäßig ist deshalb im Beratungsgespräch auf den Hautschutz und die Vermeidung von Hautverletzungen einzugehen. Durch Einatmen von Milzbrandsporen sowie durch Aufnahme in den Magen-Darm-Trakt (Hygienefehler) können auch die selteneren schweren Verlaufsformen, nämlich Lungenmilzbrand und Darmmilzbrand, auftreten.

In Absprache mit dem zuständigen Arbeitsmediziner sollten Personen, die besonders gefährdet sind, immunisiert werden.

Die Vorsorgeuntersuchung ist nach dem arbeitsmedizinischen Grundsatz 42.23 "Tätigkeiten mit Infektionsgefahr" des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaft (Milzbrand) durchzuführen.

8.2.2 Unterweisung

Die Beschäftigten müssen besonders auf die Milzbrandproblematik hingewiesen werden. Beim geringsten Infektionsverdacht ist sofort ein Krankenhaus aufzusuchen.

Auf die Milzbrandproblematik (Infektionsweg, Anzeichen der Erkrankung) ist mit einem gesonderten Aushang in der Arbeitsstätte hinzuweisen.

Milzbrand ist in Europa eine seltene Erkrankung. So kann es zu einer verspäteten Diagnose und somit Behandlung kommen. Daher müssen die zuständigen Krankenhäuser und Ärzte rechtzeitig auf diese Problematik hingewiesen werden. Der Unternehmer (Auftragnehmer) hat entsprechend den Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen (BGR 128) dafür zu sorgen, dass Versicherte einen Notfallausweis bei sich tragen. Im Notfallausweis ist auf eine mögliche Exposition gegenüber Milzbrandernregern hinzuweisen. Die Versicherten haben den Notfallausweis auch außerhalb der Arbeitszeit bis einschließlich eine Woche nach den Baumaßnahmen bei sich zu tragen (Inkubationszeit 1-3 Tage).

8.2.3 Essen, Trinken, Rauchen

Zur Vermeidung der oralen inhalativen Aufnahme des Krankheitserregers ist Essen, Trinken, Rauchen und Schnupfen im kontaminierten Bereich strikt untersagt. Gesicht, Hände und Arme sind vor dem Essen, Trinken, Rauchen und vor Arbeitsschluss sorgfältig zu reinigen.

8.3 Technische Schutzmaßnahmen

Hautkontakt sowie orale bzw. inhalative Aufnahme des Milzbrandersregers sind durch technische und persönliche Schutzmaßnahmen zu vermeiden. Im Einzelnen bedeutet dies:

Staubaufwirbelungen sind zu vermeiden.

Die Schwarz/Weiß-Trennung ist strikt einzuhalten.

Schutzanzüge sowie Handschutz sind nach Gebrauch im Schwarzbereich der S/W-Anlage in staubdichte, autoklavierbare Behälter zu füllen und sicher zu entsorgen. Eine Abtötung der Erreger kann durch Hitzesterilisation (Autoklavieren) der Behälter erfolgen. Dies muss von einer Fachfirma durchgeführt werden.

Im kontaminierten Bereich eingesetzte Geräte sind vor Verlassen des Schwarzbereiches zu desinfizieren.

8.4 Persönliche Schutzmaßnahmen

8.4.1 Hautschutz

Auf gefährdete Körperteile (z.B. Unterarme, Hals) ist Hautschutzmittel aufzutragen. Kleinere Hautverletzungen sind zu desinfizieren und mit einem dicht schließenden Verband zu schützen.

Die Reinigung möglicherweise kontaminierter Hautstellen ist problematisch, da die Anwendung von Formaldehyd oder Phenoxyessigsäure (desinfizierende Wirkung auf Milzbrandsporen) in den hier benötigten Konzentrationen aus gesundheitlichen Gründen nicht möglich ist. Eine Behandlung mit Seife und alkoholischer Lösung oder medizinischen Handwaschmitteln ist vor allem wegen der schmutzlösenden Wirkung sinnvoll, führt aber nicht zur Abtötung. Das Washwasser muß aufgefangen und dekontaminiert werden.

8.4.2 Schutzkleidung

Als Schutz vor Milzbrandsporen ist ein imprägnierter Einwegschutzanzug zu tragen. Bei starker Beanspruchung des Schutzanzuges sind zwei Anzüge übereinander zu verwenden, damit kein Erreger durch evtl. vorhandene Verschleißstellen an die Haut oder textile Unterkleidung gelangen kann. Die Kapuze ist aufzusetzen. U. U. ist wasserdichte Einwegschutzkleidung zu verwenden.

8.4.3 Handschutz

Als Schutz vor Milzbrandsporen sind mindestens zwei Schutzhandschuhe übereinander zu tragen. Dies sind z.B. Latexhandschuhe auf der Haut und darüber robuste Gummi- oder Lederhandschuhe oder z.B. für Schreibtätigkeiten leichte Vinylhandschuhe.

8.4.4 Atemschutz

Als Atemschutz ist eine P3-Atemschutzmaske zu verwenden. Bei Staubentwicklung sind Vollschutzmasken mit P3-Filter einzusetzen.

9 Anzeige

Der Unternehmer hat geplante **Arbeiten in kontaminierten Bereichen** gemäß Abschnitt 11 zweiter Absatz der "Regeln für Gesundheit und Arbeitsschutz bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (BGR 128) **spätestens 4 Wochen** vor ihrem Beginn der zuständigen Berufsgenossenschaft schriftlich anzuzeigen.

Der Anzeige sind beizufügen:

- eine zusammenfassende Darstellung und Bewertung der im kontaminierten Bereich vermuteten oder bekannten Gefahrstoffe,
- eine Beschreibung der vorgesehenen Bau- und Sanierungsmaßnahmen und der zugehörigen Arbeitsverfahren unter besonderer Berücksichtigung der eingesetzten biologischen Arbeitsstoffe,
- die seitens des Unternehmens vorgesehenen Sicherheitsmaßnahmen,
- Betriebsanweisung, einschließlich des Ergebnisses der Gefährdungsermittlung.

Anhang 1

Bodensanierungsverfahren

1 Allgemeines

Die Sanierung von Altstandorten erfolgt üblicherweise im Zusammenhang mit dem Flächenrecycling, d.h. der Wiedernutzung von Industriebrachen.

Die dabei eingesetzten Verfahren können eingeteilt werden

1. nach dem Sanierungsort:
 - In-situ-Verfahren,
 - On-site-Verfahren,
 - Off-site-Verfahren,
2. nach dem Verfahrensprinzip
 - mikrobiologisch,
 - chemisch-physikalisch,
 - thermisch.

Da sich On-site- und Off-site-Verfahren nur durch den Transportweg unterscheiden, werden diese zusammengefasst behandelt.

2 Mikrobiologische Bodensanierung

Die mikrobiologische Bodensanierung beruht auf dem Schadstoffabbauverhalten natürlicher Mikroorganismen, also auf dem Selbstreinigungsprinzip. Unter günstigen Bedingungen setzen die Bodenorganismen vorhandene organische Verbindungen zu Kohlendioxid, Wasser, Biomasse und Bodenhumus um. Sie nutzen Schadstoffe als Substrat, d.h. als Energie- und Kohlenstoffquelle für ihren Stoffwechsel. Der Abbau wird durch Optimierung des Bodenmilieus (z.B. durch Zugabe von Nährstoffen) beschleunigt. In zahlreichen Sanierungsverfahren werden dem kontaminierten Erdmaterial Mikroorganismen in Form von Reinkulturen, angereicherten Mischkulturen oder "natürlichen" Zuschlagstoffen zugeführt. Dieses Vorgehen dient dem Zweck, die vorhandenen Bodeneigenschaften mit besonderen Abbauleistungen zu ergänzen oder das Milieu für die Entfaltung der autochthonen Mikroflora zu optimieren.

Die gängigen Verfahren greifen dafür auf eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen zurück:

- Anregung der im Boden lebenden Mikroorganismen durch Zufuhr von Sauerstoff und Nährstoffen,
- Verbesserung der Umgebungsbedingungen durch Einstellung von Feuchtigkeit und pH,
- Zusätze zur Erhöhung der Bioverfügbarkeit von Schadstoffen,
- Zugabe von Starterkulturen (Bakterien, Pilze),
- Homogenisierung und Auflockerung des Bodens.

Die folgenden Verfahrensbeschreibungen sind beispielhaft für die Vielzahl der heute eingesetzten Techniken aufgeführt. Zwischen den einzelnen charakteristischen Verfahrenstypen gibt es fließende Übergänge.

2.1 In-situ-Verfahren

Die mikrobiologische In-situ-Sanierung umfasst alle Verfahren, bei denen die Untergrundkontamination an Ort und Stelle durch mikrobiellen Abbau beseitigt wird bzw. eine hydraulische In-situ-Sanierung durch mikrobiellen Abbau ergänzt wird.

In der Praxis haben sich dabei zwei grundlegende Verfahrenstypen durchgesetzt:

1. Versorgung der bereits im Boden befindlichen schadstoffabbauenden Mikroflora mit den entsprechenden Nährstoffen einschließlich der Versorgung mit Sauerstoff.
2. Zugabe von angezüchteten Mikroorganismen.

Diese können entweder

- a) als schadstoffabbauende Mischkultur aus Bodenproben des zu sanierenden Bereiches isoliert werden. Im weiteren Sanierungsverlauf wird die so isolierte und angepasste Mischkultur im Labor angezüchtet und in den Sanierungsbereich infiltriert. Darüber hinaus wird die Nährstoffversorgung analog zu 1. sichergestellt.

oder

- b) an anderen Standorten gewonnene und angezüchtete Mischkulturen sein. Die Nährstoffversorgung erfolgt analog Nummer 1.

2.2 Landfarming

In Deutschland werden unter dem Begriff "Landfarming" Flachbeete angelegt und landwirtschaftlich bearbeitet, ohne dass eine Verdünnung mit unbelastetem Boden vorausgeht.

Auf einer Basisabdichtung aus Folie, Beton oder Ton wird der kontaminierte, von Steinen befreite Boden in einer Schichtdicke von etwa 0,4 m breitflächig ausgebracht. Höher geschichtete Beete sind nicht mehr mit landwirtschaftlichen Geräten zu befahren und werden unter den nachfolgenden Abschnitten 2.3 bis 2.4 beschrieben. Die Bearbeitung erfolgt durch Pflügen, Eggen, Fräsen und/oder Einsaat von Pflanzen. Nährstoffe und Suspensionen werden z.T. verrieselt oder versprüht.

Abdeckungen sind nicht üblich, mit Ausnahme einer möglichen Bepflanzung.

2.3 Biobeetverfahren

Das Biobeetverfahren ist ein Feuchtverfahren und eine technische Weiterentwicklung des Landfarming zur mikrobiellen Reinigung größerer Bodenmengen. Auf einer zu einer Art Wanne ausgebildeten Basisabdichtung aus Folie (und Beton) wird der kontaminierte, von Steinen befreite Boden eingelagert. Notwendig ist das Anlegen einer Drainageschicht.

Zusätzlich kann eine im Gegenstrom arbeitende Belüftung installiert sein. Zu diesem Zweck wird Umgebungsluft durch das Beet geblasen oder unter angelegtem Vakuum gezogen (Vakuumpumpe oder gleichmäßig im Erdreich verlegte perforierte Schläuche). Die durchströmende Luft sowie die in der Halle oder im Zelt befindliche Luft kann mittels Bio- oder Aktivkohlefilter geleitet und gereinigt werden.

2.4 Mietenverfahren

Regenerationsmieten sind in der Regel Trockenverfahren (ca. 50 % der maximalen Wasserhaltekapazität), so dass kein Sickerwasser anfällt. Das Prinzip beruht auf dem Anlegen von Mieten, vergleichbar der Kompostierung organischer Abfallstoffe. Zusätzlich erfolgt beim dynamischen Mietenverfahren ein mechanischer Aufschluss des Bodens durch das wiederholte Umwälzen der Mieten. Hierdurch wird die Bioverfügbarkeit der Schadstoffe erhöht und die Kontamination intensiv mit Mikroorganismen, Nährstoffen, Wasser und Luft in Kontakt gebracht. Zur Anwendung kommen Trapez-, Rechteck- oder Pyramidenform. Die Höhe variiert zwischen 0,80 m und 2,00 m, wobei häufig lagenweises Aufbringen (Boden abwechselnd mit Strukturbildnern) angewandt wird. Bei dynamischen Mieten kann die Höhe deutlich über 2,00 m ansteigen, wenn häufig umgewendet wird. Organische Strukturverbesserer können von vornherein zugeschlagen oder lagenweise eingebaut werden. Neben dem Schutz des Untergrundes durch Folien oder adsorptives Material kann mit luftdurchlässiger Folie abgedeckt oder in Zelten und Hallen eingehaust werden.

Eine zusätzliche Belüftung in den Bearbeitungsintervallen ist bei dynamischen Mietenverfahren nicht üblich, bei stationären Mietenverfahren kann zusätzlich eine im Gegenstrom arbeitende Belüftung installiert sein. Die durchströmende Luft kann mittels Bio- oder Aktivkohlefilter geleitet und gereinigt werden.

2.5 Feststoffreaktorverfahren

Bioreaktoren sind in sich geschlossene Behälter zur Behandlung kontaminierten Bodens. Alle Ausgasungen werden vollständig aufgefangen. Die Vorbereitung des Bodens ist vergleichbar mit den Mietenverfahren, erfordert jedoch entsprechende Emissionsschutzmaßnahmen. Ziel des Einsatzes von Bioreaktoren ist die Beschleunigung der Abbauprozesse, Verbesserung des Reinigungsgrades und die Erweiterung der Schadstoffpalette. Das Prinzip der Feststoffreaktoren beruht auf dem mechanischen Aufschluss des Bodens und einer intensiven Mischung der Komponenten (Kontaminanten, Mikroorganismen, Nährstoffe, Wasser, Luft). Hierdurch werden Bioverfügbarkeit und Abbaurate erhöht. Zuschlagstoffe wie organische Strukturverbesserer sind nicht notwendig.

Die Belüftung kann aktiv über Gebläse oder passiv durch Absaugung erfolgen. Der Luftstrom muss über Aktivkohle bzw. Biofilter geleitet und gereinigt werden.

2.6 Suspensionsreaktorverfahren

Suspensionsbioreaktoren arbeiten mit einem Wassergehalt von mindestens 100 %, d.h. Boden und Wasser sind etwa im Verhältnis 1 : 1 gemischt. Ziel des Reaktoreinsatzes ist die Beschleunigung der Abbauprozesse, die Verbesserung des Reinigungsgrades bei hohen Konzentrationen und die Erweiterung der Schadstoffpalette.

Das Prinzip der Suspensionsreaktoren beruht auf dem hydraulischen Aufschluss des Bodens und einer intensiven Mischung der Komponenten (Kontaminanten, Mikroorganismen, Nährstoffe, Wasser und Luft). Sie sind vergleichbar mit Fermentern aus der biotechnologischen Produktion. Überschüssiges Prozesswasser enthält neben den Kontaminanten auch eine hohe Konzentration an Mikroorganismen und muss dementsprechend behandelt werden. Alternativ ist eine Trocknung des Materials möglich. Zum Teil sind weitere Nachbehandlungsschritte (Regenerationsmiete oder flächige Ausbringung mit Bepflanzung) erforderlich.

Die Belüftung ist wegen der Problematik des Stoffüberganges (Sauerstoff/ Wasser) sehr aufwendig. Der Luftstrom muss über Abluftreinigungsanlagen (z.B. Aktivkohle) geleitet und gereinigt werden.

Suspensionsreaktoren gibt es in unterschiedlichen Funktionstypen.

3 Bodenwäsche

Kennzeichnend für die Bodenwaschverfahren ist eine Klassierung des Bodens sowie die Übertragung der Schadstoffe von den Bodenpartikeln an die Waschflüssigkeit. Die Übertragung der Schadstoffe von der Oberfläche der Bodenpartikel in die flüssige Phase beruht im Wesentlichen auf den drei unterschiedlichen Wirkmechanismen: Separieren, Auflösen und Ablösen.

Die Waschflüssigkeit wird in einer Wasserreinigungsanlage aufbereitet. Im Wesentlichen werden die Schadstoffe an die Feinstkornfraktion "absorbiert". Die Schadstoffe fallen so meist als stichfester, hochkonzentrierter Schlamm an. Dieser Schlamm kann mit thermischen oder biologischen Verfahren (siehe Abschnitt 2.6 und 4) weiter behandelt oder auf eine Deponie verbracht werden.

4 Verfestigung/Immobilisierung

Sanierungsverfahren, bei dem durch Zugabe von Bindemitteln die Löslichkeit von Schadstoffen herabgesetzt wird. Nach der Behandlung kann das bearbeitete Material wieder in den Boden eingebracht werden.

5 Thermische Verfahren

Bei den thermischen Verfahren kann unterschieden werden zwischen Pyrolyse, Vergasung und Verbrennung.

Bei der Pyrolyse werden kohlenstoffhaltige Materialien unter Ausschluss von Sauerstoff durch Einwirkung von Hitze zersetzt. Bei der Vergasung, die in einem relativ niedrigen Temperaturbereich erfolgt, werden die Schadstoffe in die gasförmige Phase überführt und auf diese Art und Weise dem kontaminierten Boden entzogen.

Bei der Hochtemperaturverbrennung werden hohe Temperaturen angewandt, um die betreffenden Schadstoffe unmittelbar zu zerstören.

6 Verfahrenskombinationen (Bodenwäsche/Biologie)

Bei der Bodenwäsche fallen hoch belastete Reststoffe in der Feinkornfraktion an. In einigen Fällen ist es möglich, diese biologisch nachzubehandeln anstelle einer Deponierung oder thermischen Behandlung. Dafür werden z.T. Suspensionsreaktorverfahren (2.6) eingesetzt.

Eine zweite Variante ist der Einsatz der In-situ-Hochdruckbodenwäsche mit anschließender Wasserbehandlung und biologischer Nachreinigung der Feinkornfraktion im dynamischen Mietenverfahren (2.4) oder im Suspensionsreaktor (2.6).

Die dritte Möglichkeit einer Verfahrenskombination ist die biologische Nachbehandlung extrahierter, aber nicht klassierter Böden im Biobeetverfahren (2.3) oder Mietenverfahren (2.4).

Anhang 2 Einteilung der Mikroorganismen

(Stand Januar 1998)

Die folgende Tabelle enthält beispielhaft eine Auswahl der Mikroorganismen, die im Rahmen einer Bodensanierung auftreten können, sowie die Eingruppierung in die entsprechende Risikogruppe.

Die Eingruppierung ist den Merkblättern Biotechnologie B004 bis B009 der BG der chemischen Industrie sowie der "Liste risikobewerteter Spender- und Empfängerorganismen für gentechnische Arbeiten" (BGBl 38,5 [1995] Sonderbeilage) entnommen.

In vielen Fällen ist bei schadstoffabbauenden Mikroorganismen nur die Gattung bestimmt worden. Für die Einstufung in Risikogruppen muss jedoch die Art bekannt sein.

Aus diesem Grund wurde in den entsprechenden Zeilen (".....species") aufgeführt, in welche Risikogruppen die hier noch nicht genannten Arten der entsprechenden Gattungen eingestuft worden sind. Angaben in Klammern (z.B. [2]) sind als quantitative Angaben zu verstehen, d.h. es sind auch ein oder zwei Arten dieser Gattung bekannt, die in die entsprechende Risikogruppe (hier 2) eingestuft wurden. Nähere Informationen zu den einzelnen Arten enthalten die Merkblätter Biotechnologie der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie.

In der Tabelle unter der Spalte "Bemerkungen" verwendete Abkürzungen:

A = Allergie-induzierend

B = aus Wasser- und Bodenproben isolierte Spezies

S = Ist bzw. kann bei Sanierungen eingesetzt werden, ein Abbau von Gefahrstoffen wurde für diese Gattungen bzw. Spezies beschrieben.

H = Für diese Bakterien bzw. Pilze ist eine gesicherte humanpathogene Potenz bekannt, für die anderen jedoch nicht ausgeschlossen.

Bakterien Gattung Art	Risikogruppe				Bemerkungen
	1	2	3	4	
ACINETOBACTER					
Acinetobacter calcoaceticus		2			B, S, H
Acinetobacter lwoffii		2			B, S
Acinetobacter species	(1)	2			B, S
ACHROMOBACTER →					
ALCALIGENES					
ACTINOMYCES					
Actinomyces species	1	2			S, H
AEROMONAS					
Aeromonas hydrophila		2			B, H
Aeromonas species	1	2			B, H
AGROBACTERIUM					
Agrobacterium tumefaciens	1				B, S
ALCALIGENES					
Alcaligenes denitrificans (Alc. xylos. ssp. denit.)		2			B, S, H
Alcaligenes eutrophus → Ralstonia eutropha					
Alcaligenes faecalis		2			B, S, H
Alcaligenes latus	1				B
Alcaligenes paradoxus → Variovorax paradoxus					
Alcaligenes xylos. ssp. denit. → Alc. denitrificans					
Alcaligenes species	1	2			B, S, H
ALTEROMONAS					
Alteromonas putrefaciens → Shewanella putrefaciens					
ANKYLOBACTER					
Ankylobacter aquaticus	1				S
ARTHROBACTER					
Arthrobacter globiformis	1				B, S
Arthrobacter ilicis	1				B
Arthrobacter species	1	(2)			B, S, (H)
AUREOBACTERIUM					
Aureobacterium species	1				S
BACILLUS					
Bacillus anthracis			3		H
Bacillus cereus		2			B, H
Bacillus species	1				B, S
BEIJERINCKIA					
Beijerinckia species	1				S
BREVIBACTERIUM					
Brevibacterium species	1	(2)			S
BREVUNDIMONAS					
Brevundimonas vesicularis (Pseudomonas vesicularis)	1				S

Bakterien	Risikogruppe				Bemerkungen
	1	2	3	4	
Gattung					
Art					
BURKHOLDERIA					
Burkholderia cepacia (Pseudomonas cepacia)		2			B, S, H
CHRYSEOBACTERIUM					
Chryseobacterium meningosepticum (Flavobacterium meningosepticum)		2			B, H
CLOSTRIDIUM					
Clostridium botulinum		2			H
Clostridium tetani		2			H
Clostridium pasteurianum	1				S
Clostridium perfringens		2			H
Clostridium species	1	2			B, H
COMAMONAS					
Comamonas testosteroni (Pseudomonas testosteroni)	1				S
CORYNEBACTERIUM					
Corynebacterium flavescens	1				B, S
Corynebacterium matruchotii		2			B, H
Corynebacterium species	1	2			S
DESULFOTOMACULUM					
Desulfotomaculum species	1				B, S
ENTEROBACTER					
Enterobacter agglomerans → Pantoea agglomerans		2			H
ENTEROCOCCUS					
Enterococcus species	(1)	2			H
ERWINIA					
Erwinia species	1				S
ESCHERICHIA					
Escherichia coli ⁴		2			S, H
Escherichia species	(1)	2			H
FLAVOBACTERIUM					
Flavobacterium meningosepticum → Chryseobacterium meningosepticum					B, S
Flavobacterium species	1	2			
FRANCISELLA					
Francisella tularensis subsp. holarctica		2			B, H
KLEBSIELLA					
Klebsiella species	(1)	2			S, H
KOCURIA					
Kocuria varians (Micrococcus varians)	1				S

⁴ gilt nicht für EHEC- Stämme

Bakterien	Risikogruppe				Bemerkungen
	1	2	3	4	
Gattung					
Art					
LEGIONELLA					
Legionella species	1	2			B, H
LEPTOSPIRA					
Leptospira species	1	2			H
LEUCOTHRIX					
Leucothrix mucor	1				S
METHANOBACTERIUM					
Methanobacterium	1				S
thermoautotrophicum					
Mehtanosarcina mazei	1				S
(Methanococcus mazei)					
METHANOCOCCUS					
Methanococcus mazei →					
Methanosarcina mazei					
METHANOSPIRILLUM					
Methanospirillum species	1				S
METHANOTHRIX					
Methanothrix soehngenii	1				S
METHYLOBACTER					
Methylobacter species	1				S
METHYLOCOCCUS					
Methylococcus species	1				S
METHYLOCYSTIC					
Methylocystis species	1				S
METHYLOMONAS					
Methylomonas species	1				S
METHYLOSINUS					
Methylocinus species	1				S
MICROCOCCUS					
Micrococcus luteus	1				B, H
Micrococcus varians → Kocuria					
varians					
Micrococcus species	1				B, S
MICROMONOSPORA					
Micromonospora species	1				S
MORAXELLA					
Moraxella species	(1)	2			S, H
MYCOBACTERIUM					
Mycobacterium aurum	1				S
Mycobacterium vaccae		2			S, H
Mycobacterium species	1	2	(3)		S, H
MYXOCOCCUS					
Myxococcus species	1				S

Bakterien	Risikogruppe				Bemerkungen
	1	2	3	4	
Gattung					
Art					
NITROSOMONAS					
Nitrosomonas europaea	1				S
NOCARDIA					
Nocardia asteroides		2			B, S, H
Nocardia farcinica		2			H
Nocardia globerula → Rhodococcus globerulas					
Nocardia species	1	(2)			B, S, H
PANTOEA					
Pantoea agglomerans (Enterobacter agglomerans)		2			B, H
PLESIOMONAS					
Plesiomonas shigelloides		2			B, H
PROTEUS					
Proteus species	(1)	2			S, H
PSEUDOMONAS					
Pseudomonas aeruginosa		2			B, S, H
Pseudomonas alcaligenes		2			B, S, H
Pseudomonas cepacia → Burkholderia cepacia					
Pseudomonas corrugata	1				S
Pseudomonas fluorescens	1				B, S, H
Pseudomonas paucimobilis → Sphingomonas paucimobilis					
Pseudomonas pseudoalcaligenes	1				B, S
Pseudomonas putida					B, S
Pseudomonas stutzeri	1				B, S
Pseudomonas testosteroni → Comamonas testosteroni					S
Pseudomonas vesicularis → Brevundimonas vesicularis					
Pseudomonas species	1	(2)			B, S, (H)
RALSTONIA					
Ralstonia eutropha (Alcaligenes eutropha)	1				
RHODOCOCCUS					
Rhodococcus globerulus (Nocardia globerula)	1				S
Rhodococcus rhodochrous	1				S
Rhodococcus species	1	(2)			B, S, (H)
SACCHAROMONOSPORA					
Saccharomonospora rectivirgula					A
SALMONELLA					
Salmonella species		2	(3)		H
SERRATIA					
Serratia species	1	2			S, H
SHEWANELLA					
Shewanella putrefaciens (Alteromonas putrefaciens)	1				B, S

Bakterien	Risikogruppe				Bemerkungen
	1	2	3	4	
Gattung					
Art					
SHIGELLA					
Shigella species		2	(3)		H
SPHAEROTILUS					
Sphaerotilus species	1				S
SPHINGOMONAS					
Sphingomonas paucimobilis (Pseudomonas paucimobilis)		2			B, S, H
Sphingomonas species	1	(2)			H
SPIRILLUM					
Spirillum species	1				S
STAPHYLOCOCCUS					
Staphylococcus aureus		2			H
Staphylococcus species	1	2			H
STENOTROPHOMONAS					
Stenotrophomonas maltophilia (Xanthomonas maltophilia)		2			B, S
STREPTOMYCES					
Streptomyces species	1	(2)			B, (H)
THERMOMICROBIUM					
Thermomicrobium species	1				S
VARIOVORAX					
Variovorax paradoxus (Alcaligenes paradoxus)	1				
VIBRIO					
Vibrio furnissii		2			S, H
Vibrio metschnikovii		2			B, S, H
XANTHOBACTER					
Xanthobacter autotropicus	1				S
XANTHOMONAS					
Xanthomonas (Pseudomonas) maltophilia					
→ Stenotrophomonas maltophilia					
Xanthomonas species	1				S

Pilze Gattung Art	Risikogruppe				Bemerkungen
	1	2	3	4	
AGARICUS					
Agaricus bisporus					S
AGROCYBE					
Agrocybe species					S
ALTERNARIA					
Alternaria alternata	1				A
ASPERGILLUS					
Aspergillus candidus					A
Aspergillus flavus		2			A, H
Aspergillus fumigatus		2			A, H
Aspergillus glaucus					A
Aspergillus nidulans					A, S
Aspergillus niger	1				A, S
Aspergillus oryzae					A
Aspergillus repens					A
Aspergillus restrictum					A
Aspergillus sydowi					A
Aspergillus terreus	1				A, S
AUREOBASIDIUM					
Aureobasidium pullulans					A
BISPORA					
Bispora effusa					A
BLASTOMYCES					
Blastomyces dermatidis			3		H ⁵
BOTRYTIS					
Botrytis effusa					A
CANDIDA					
Candida albicans (Soorpilz)		2			A, H
Candida tropicalis		2			S, H ⁶
CHAEMOTOMIUM					
Chaemotomium globosum	1				A
Chaemotomium indicum					A
CLADOSPORIUM					
Cladosporium herarum					A
COCCIDIOIDES					
Coccidioides immitis			3		H ⁷
CRYPTOCOCCUS					
Cryptococcus neoformans		2			H ⁸

⁵ = Erreger der Süd- bzw. Nordamerikanischen Blastomykose

⁶ = häufige Erreger opportunistischer Infektionen

⁷ = v. a. in den USA-Südstaaten, in Mexiko und Argentinien

⁸ = v. a. in Nordamerika

Pilze Gattung Art	Risikogruppe				Bemerkungen
	1	2	3	4	
CUNNINGHAMELLA					
Cunninghamella bertholletiae	1				S
CURVULARIA					
Curvularia lunata					A
Curvularia spicifera	1				A
DEMATIACEAE					
(Schwärzepilze) Gr.					
EPICOCCUM					
Epicoccum purpurascens					A
FUSARIUM					
Fusarium culmorum					A
Fusarium solani	1				A
Fusarium (vasinfectum)					A
Fusarium oxysporum var. oxysporum					A
HELMINTHOSPORUM					
Helminthosporium interseminatum					A
HISTOPLASMA					
Histoplasma capsulatum			3		H ⁹
HYPOLOMA					
Hypoloma species					S
HORMODENDRUM					
(Hormodendrum cladosporioides)					A
Cladosporium cladosporioides					A
KHYNEROMYCES					
Khyneromyces species					S
MERULIUS					
Merulius lacrimans (Hausschwamm)					A
MICROSPORUM					
Microsporium canis		2			A, H
MONILIA					
(Monilia sitophila)					A
MUCOR					
Mucor circinelloides	1				A
Mucor mucedo					A
Mucor (pulsillus) siehe Rhizomucor					A
Mucor racemosus					A
Mucor (spin.) plumbeus					A
Mucor species					A

⁹ = v. a. in Amerika Afrika, GUS-Staaten, Südspanien, Süditalien

Pilze Gattung Art	Risikogruppe				Bemerkungen
	1	2	3	4	
MYCOGONE					
Mycogone species					A
NEUROSPORA					
Neurospora sitophila					A
Neurospora crassa					A
PAECILOMYCES					
Paecilomyces marquardii					A
Paecilomyces ros.?					A
Paecilomyces variotii					A
PENICILLIUM					
Penicillium atramentosum					A
Penicillium beforne					A
Penicillium brevicompactum					A
Penicillium (carmino-violaceum)					A
roseopurpureum					
Penicillium commune					A
Penicillium (notatum) chrysogenum					A
Penicillium digitum					A
Penicillium expansum					A
Penicillium frequentans					S
Penicillium simplicissimum					S
Penicillium species					A
PHANEROCHAETE					
Phanerochaete chrysosporium	1				A
PHOMA					
Phoma betae					A
PHYCOMYCETES					
Phycomycetes Gr.					A
PLEUROTUS					
Pleurotus ostreatus	1				A, S
PULLULARIA - AUREOBASIDUM					
Pullularia - Aureobasidium pullulans					A
RHIZOMUCOR					
Rhizomucor pusillus	1				A
RHIZOPORIS					
Rhizopors species					A
RHIZOPUS					
Rhizopus (nigricans) stolonifer					A
Rhizopus (arrhizus) oryzae					A
SACCHAROMYCES					
Saccharomyces cerevisiae (Bierhefe)	1				A
SERPULA					
Serpula lacrimans					A

Pilze Gattung Art	Risikogruppe				Bemerkungen
	1	2	3	4	
SPONDYLOCLADUM Spondylocladum species					A
SPOROBOLOMYCES Sporobolomyces marq.					A
STEMPHYLIIUM Stemphylium botryosum					A
STROPHARIA Stropharia rugosa					S
TRAMETES Trametes versicolor	1				S
TRICHODERMA Trichoderma viride	1				S
TRICHOPHYTON Trichophyton species		2			A, H
USTILAGO Ustilago species					A
WALLEMIA Wallemia					A

Anhang 3 Glossar

Adsorption:	Unspezifische Anlagerung, besonders an festen Oberflächen aus der Gasphase oder aus Lösungen.
aerob:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anwesenheit von Sauerstoff (siehe auch anaerob). 2. Eigenschaftswort zur Kennzeichnung von Mikroorganismen, die in Anwesenheit von Luftsauerstoff wachsen (siehe auch anaerob).
Aerosol:	Ein Gas, vor allem Luft, in dem kleine Partikel oder Flüssigkeitströpfchen schweben.
Allergen:	Stoff, der eine Überempfindlichkeit (siehe auch Allergie) auslöst.
Allergie:	Bereitschaft eines Organismus, gegen einen als fremd erkannten Stoff (siehe auch Allergen) mit einer Überreaktion des Immunsystems zu antworten. Die Reaktion kann sofort oder auch verspätet einsetzen.
anaerob:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abwesenheit von Sauerstoff. 2. Eigenschaftswort zur Kennzeichnung von Mikroorganismen, die in Abwesenheit von Sauerstoff wachsen (siehe auch aerob).
Anamnese:	(gr. anamnesis Erinnerung) Vorgeschichte von Patienten; die Eigenanamnese beruht auf Angaben der Patienten selbst, eine Fremdanamnese wird von anderen Personen (Verwandten, Unfallzeugen) erhoben.
Antibiotikum antibiotisch:	Eine Substanz, die schon in geringen Konzentrationen Mikroorganismen abtötet oder in ihrem Wachstum hemmt.
Antigene:	Moleküle oder Teile von Molekülen, die in einem Organismus eine Immunantwort auslösen können.
Antikörper:	Proteine im Blut oder in anderen Körperflüssigkeiten, deren Bildung durch Antigene ausgelöst wird.

Art:	Grundeinheiten der Klassifikation von Organismen (siehe auch Taxonomie).
autochthon:	Bodenständig, an Ort und Stelle heimisch, zu einem bestimmten Biotop gehörend.
autoklavieren:	Hitzesterilisieren von Materialien, z.B. Instrumenten, Kulturmedien, durch wassergesättigten, unter Druck stehenden Dampf (siehe auch Sterilisation).
Bakterien:	Mikroskopisch kleine, einzellige Lebewesen, deren Chromosom nicht von einer Membran umhüllt ist, die also keinen echten Zellkern haben.
biologische Arbeitsstoffe:	Mikroorganismen einschließlich gentechnisch veränderte Zellkulturen und humanpathogene Endoparasiten, die Infektionen, Allergien oder toxische Wirkungen hervorrufen können.
Bioreaktor:	Bezeichnung für einen Behälter, in dem biologische Stoffumwandlungen mit Enzymen durchgeführt oder Mikroorganismen gezüchtet werden.
Bioverfügbarkeit:	Die Substanzen (Schadstoffe) liegen im Boden so vor, dass entweder eine Aufnahme durch Organismen oder ein Abbau durch Mikroorganismen ermöglicht wird (z.B. keine Adsorption an Bodenkolloide).
Blastomykose:	Erkrankung durch Hefen oder hefeartige Organismen, deren Sprossformen im Gewebe nachweisbar sind.
chronische Infektion:	Der Infektionserreger bleibt nach Eindringen in den Wirtsorganismus lange Zeit, manchmal lebenslang, im Körper nachweisbar.
Dekontamination:	(lat.: de = von, über; contaminare = verschmutzen) Sanierung von kontaminierten Materialien, z.B. Böden.
Desinfektion:	Abtötung oder Inaktivierung von Mikroorganismen, so dass keine Gefährdung mehr von ihnen ausgeht. Bei der Desinfektion handelt es sich um eine Maßnahme zur gezielten Verminderung der Keimzahl, die normalerweise nicht zur Sterilität führt (siehe auch Sterilisation). Zur Desinfektion werden Chemikalien (Desinfektionsmittel) eingesetzt, darüber hinaus physikalische Verfahren wie Behandlung in drucklos strömendem Dampf, Bestrahlung oder Hitze.
Eingruppierung biologischer Arbeitsstoffe:	Zuordnen von biologischen Arbeitsstoffen zu (Risiko-)Gruppen (siehe Anhang I Teil B GenTSV und Merkblätter "Sichere Biotechnologie" der chemischen Berufsgenossenschaft B 004, B 005, B 006, B 007, B 009).
Enzyme:	Proteine, die als hochspezifische biologische Katalysatoren wirken.
Exogene Allergische Alveolitis:	Allergische Reaktion an den Lungenbläschen, die den Gasaustausch behindert und teils schwere Verlaufsformen annehmen kann (z.B. Farmer-, Vogelzüchterlunge, Beleuchterfieber). Auch ist hierdurch eine Verengung und Verlegung der Atemwege im Sinne einer obstruktiven Atemwegserkrankung möglich.

Exposition:	Art der Einwirkung eines Stoffes oder einer Strahlung auf Objekte (Individuen, Populationen, Ökosysteme, Sachgüter). Grundvoraussetzung für die Beurteilung des Risikos einer Chemikalie sind Kenntnisse sowohl der Exposition als auch der Ökotoxizität. Eine sehr toxische Chemikalie entfaltet daher auch bei E. null kein Risiko, und eine wenig giftige kann bei sehr hoher E. ein beträchtliches Risiko darstellen.
Familie:	Taxonomische Gruppe oberhalb der Gattung.
Fermenter:	Bioreaktor.
Fermentation:	Unter anderem 1. Erzeugung von Biomasse. 2. Einsatz von Organismen zur Erzeugung von Bioprodukten.
Flächenrecycling:	Erneute Nutzung von Landschaftsflächen, insbesondere Rückführung von Bodenflächen in den Wirtschaftskreislauf.
Histoplasmose:	Pilzerkrankung von Mensch und Tier durch <i>Histoplasma capsulatum</i> . Nach Einatmen der Erreger als Lungenerkrankung oder aber als schwere Allgemeinerkrankung in Form einer chronisch schleichenden Retikuloendotheliose (klinisch wie eine Tuberkulose).
Immunisierung:	1. Aktive Immunisierung: Impfung mit Antigenen zur Auslösung einer Immunantwort. 2. Passive Immunisierung: Impfung mit Antikörpern zur Verleihung einer Immunität.
Immunität:	Unempfindlichkeit des Organismus für eine Infektion mit pathogenen Mikroorganismen bzw. Schutz vor der Wirkung mikrobieller Stoffwechselprodukte sowie pflanzlicher oder tierischer Gifte aufgrund unspezifischer Abwehrmechanismen.
Impfstoff:	Substanz zur vorbeugenden Behandlung oder Abwehr einer Infektionskrankheit unter Beteiligung des Immunsystems.(siehe auch Immunisierung).
in-situ:	(lat.: in = in; situs = Stellung, Lage) Umwelttechnische Bezeichnung für ein Dekontaminationsverfahren, bei dem der Boden nicht ausgekoffert wird.
Infektion:	Übertragung, Eindringen und Vermehrung von Fremdorganismen in biologische(n) Systeme(n) (siehe auch latente Infektion).
KBE:	K olonie b ildende E inheit.
Keim:	Die der Fortpflanzung dienende Zelle oder Zellgruppe.
Klasse:	Taxonomische Gruppe oberhalb der Ordnung.
Klassieren:	Boden nach Korngrößen trennen.
Kokzidioidomykose:	"Wüstenfieber", meist nur als Befall der Atemwege mit grippeartigem Verlauf. Zusätzlich zum Wüstenfieber kann bei einer generalisierten Infektion fast jedes Organ befallen werden.
Kontamination:	Verunreinigung mit unerwünschten Stoffen oder Organismen (siehe auch Dekontamination).
Kryptokokkose:	Erkrankung durch den Hefepilz <i>Cryptococcus neoformans</i> . Meist als Sekundärerkrankung, auch bei verminderter Abwehrlage.
Kultur:	1. Vermehrung von Organismen in oder auf einem Nährmedium. 2. Siehe auch Stamm (siehe auch Reinkultur).
latente Infektion:	Infektion ohne Krankheitserscheinungen.
mikrobieller Abbau:	Abbau einer Substanz durch Mikroorganismen.

Mikrobiologie:	Lehre von den Mikroorganismen.
Mikroorganismen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Viren, Bakterien, mikroskopisch kleine ein- oder mehrzellige Algen oder Pilze, andere eukaryotische oder mikroskopisch kleine tierische Mehrzeller (§ 3 Nr. 1 GenTSV). 2. Alle zellulären oder nichtzellulären mikrobiologischen Einheiten, die zur Vermehrung oder zur Weitergabe von genetischem Material fähig sind.
Mischkultur:	Kulturen, die aus mehreren unterschiedlichen Mikroorganismen bestehen. Gegensatz Reinkulturen.
Mykose:	Krankheit, die durch Pilze hervorgerufen wird.
Nebel:	Ein Gas, vor allem Luft, in dem kleine Flüssigkeitströpfchen schweben.
obligat:	Ausschließlich, unerlässlich.
obstruktive Atemwegserkrankung:	gesteigerte oder verminderte Lungenventilation bei Erhöhung des Strömungswiderstandes durch bronchiale Atemwegseinengung (z.B. Bronchialasthma) (siehe auch Exogene Allergische Alveolitis).
off-site:	(engl.: off = weg; site = Stelle) Umwelttechnische Bezeichnung für ein Dekontaminationsverfahren, bei dem der kontaminierte Boden ausgehoben, abtransportiert, gereinigt und wieder verwendet wird.
Ökotoxizität:	Wirkung von Chemikalien auf die belebte Umwelt.
on-site:	(engl.: on = auf, an, in; site = Stelle) Umwelttechnische Bezeichnung für ein Dekontaminationsverfahren, bei dem der kontaminierte Boden ausgehoben, an Ort und Stelle gereinigt und anschließend an der entnommenen Stelle wieder verfüllt wird.
Opportunist, opportunistisch:	Mikroorganismen, die nur bei verringerter Abwehr Krankheit hervorrufen können.
oral:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durch den Mund. 2. Den Mund betreffend.
Ordnung:	Taxonomische Gruppe oberhalb der Familie.
Pathogenität, pathogen:	Fähigkeit, eine Krankheit auszulösen.
Pilze:	Ein- bzw. mehrzellige Mikroorganismen mit echtem Zellkern (Eukaryonten) ohne die Fähigkeit zur Photosynthese und meist ohne aktive Fortbewegung.
Pilzpneumonie:	Infektion der Lunge mit Schimmel-, Spross- oder Strahlenpilzen.
Population:	Die Gesamtheit der in einem bestimmten Gebiet vorkommenden Individuen einer Art.
Pseudomonas:	Gramnegative, begeißelte, in der Medizin vor allem als Farbstoffbildner bekannte Mikroorganismen.
Reinkultur:	Kultur, die nur einen Stamm enthält.
Schimmel (-pilze):	Trivialbezeichnung für eine uneinheitliche Gruppe von Pilzen, die deutlich sichtbar an meist unerwünschten Stellen wachsen, z.B. auf Lebensmitteln, Tapeten.
Selektion:	Auswahl, Auslese
Spore:	Allgemeiner Begriff für eine Verbreitungs-, Überdauerungs- oder Vermehrungseinheit von Mikroorganismen.
Stamm:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Taxonomische Gruppe oberhalb der Klasse. 2. Jedes Isolat einer Art.

Sterilisation:	Entkeimung, Befreiung eines Materials von lebenden Mikroorganismen oder deren Ruhestadien.
Stoffwechsel:	Die Gesamtheit der lebensnotwendigen biochemischen Vorgänge beim Auf-, Um- und Abbau des Organismus bzw. beim Austausch von Stoffen zwischen Organismus und Umwelt.
Substrat:	Nährboden, Unterlage, Grundlage, Material, auf dem oder in dem Organismen leben.
Suspension:	Aufschwemmung, Feinstverteilung fester Stoffe in einer Flüssigkeit.
Taxonomie:	Ordnungslehre, genaue Einordnung von Lebewesen in ein natürliches wissenschaftliches System zur Unterscheidung und Klassifizierung.
Toxin:	Stoffwechselprodukte bzw. Giftstoffe von Mikroorganismen, Pflanzen oder Tieren.
Toxizität, toxisch:	Giftigkeit, giftig.
vegetative Vermehrung:	Vermehrung ohne Geschlechtvorgänge.
Virus, Viren:	Biologische Einheit aus Nukleinsäure und Proteinhülle, die sich nur in einer geeigneten Wirtszelle vermehren kann.

Anhang 4 Symbol für Biogefährdung



W16 Warnung vor Biogefährdung

Anhang 5

Vorschriften und Regeln

Nachstehend sind insbesondere die zu beachtenden einschlägigen Vorschriften und Regeln zusammengestellt; siehe auch letzter Absatz der Vorbemerkung.

1. Gesetze/ Verordnungen

(Bezugsquelle: Buchhandel oder Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen (Bundes-Seuchengesetz),

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) mit zugehörigen Technischen Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA),

Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) (BGV B1) mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS),

Gentechnik-Sicherheitsverordnung.

2. Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (BG-Vorschriften) für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

(Bezugsquelle: Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Technischer Aufsichtsdienst, Landsberger Straße 309, 80687 München oder Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

Allgemeine Vorschriften (BGV A1, bisher VBG 1),

Bauarbeiten (BGV C22, bisher VBG 37),

Milzbrand (BGV B8, bisher VBG 84),

Arbeitsmedizinische Vorsorge (BGV A4, bisher VBG 100),

Biotechnologie (BGV C4, bisher VBG 102),

Betriebsärzte (BGV A7, bisher VBG 123).

3. Berufsgenossenschaftliche Regeln (BG-Regeln) und Informationen (BG-Informationen) für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

(Bezugsquelle: Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Technischer Aufsichtsdienst, Landsberger Straße 309, 80687 München oder Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe:

TRBA 405 "Anwendung von Messverfahren für luftgetragene biologische Arbeitsstoffe",

TRBA 430 "Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz",

TRBA 460 "Einstufung von Pilzen in Risikogruppen",

TRBA 462 "Einstufung von Viren in Risikogruppen",

TRBA 500 "Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen",

Technische Regeln für Gefahrstoffe:

TRGS 900 "Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz – Luftgrenzwerte – MAK und TRK-Werte (Bekanntmachung des BMA nach § 52 Absatz 4 GefStoffV)",

"Liste risikobewerteter Spender- und Empfängerorganismen für gentechnische Arbeiten" des Bundesministeriums für Gesundheit (BGBl 38,5 [1995]-Sonderbeilage).

(Bezugsquelle: Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Technischer Aufsichtsdienst, Landsberger Straße 309, 80687 München oder Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen (BGR 128, bisher ZH 1/183),

Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung (BGR 189, bisher ZH 1/700),

Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten (BGR 190, bisher ZH 1/701),

Regeln für den Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz (BGR 192, bisher ZH 1/704),

Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen (BGR 195, bisher ZH 1/706),

Regeln für den Einsatz von Hautschutz (BGR 197, bisher ZH 1/708),

Merkblatt für Fahrerkabinen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen des Tiefbaues (BGI 581, bisher ZH 1/184),

Merkblätter Sichere Biotechnologie der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, insbesondere B001 bis B010 (BGI 628 bis BGI 636, bisher ZH 1/341 bis ZH 1/349),

B002: Ausstattung und organisatorische Maßnahmen: LABORATORIEN (BGI 629, bisher ZH 1/342),

B003: Ausstattung und organisatorische Maßnahmen: BETRIEB (BGI 630, bisher ZH 1/343),

B005: Eingruppierung biologischer Agenzien: PARASITEN (BGI 632, bisher ZH 1/345),

B006: Eingruppierung biologischer Agenzien: BAKTERIEN (BGI 633, bisher ZH 1/346),

B007: Eingruppierung biologischer Agenzien: PILZE (BGI 634, bisher ZH 1/347),

Merkblatt: "Arbeitsmedizinische Vorsorge und Beratung bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen".

(Bezugsquelle: Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Technischer Aufsichtsdienst, Landsberger Straße 309, 80687 München)

"Leitfaden der arbeitsmedizinischen Betreuung von Arbeitnehmern in kontaminierten Bereichen".

(Bezugsquelle: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Postfach 304240, 10724 Berlin).

BIA-Arbeitsmappe. Messungen von Gefahrstoffen, Loseblattsammlung. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld,

9400 Biologische Arbeitsstoffe,

9410 Probenahme von Bioaerosolen am Arbeitsplatz,

9411 Anwendung von Messverfahren für luftgetragene biologische Arbeitsstoffe,

9420 Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz,

9427 1. Ringversuch "Schimmelpilze",

9430 Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz,

9450 Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz.

"Leitfaden zur Erkundung ehemaliger Gerbereistandorte". BMBF-Forschungsvorhaben: Modellhafte Gefährdungsabschätzung ehemaliger Gerbereistandorte unter besonderer Berücksichtigung der einzelnen Produktionsverfahren. Projektträger: Umweltbundesamt. Förderkennzeichen 1460789. Federführung: Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Projektleitung: Dr. Ulrike Ströh-Neben.