

## EXPOSITION GEGENÜBER BIOLOGISCHEN ARBEITSTOFFEN UND DAMIT VERBUNDENE AUSWIRKUNGEN AUF DIE GESUNDHEIT VON ARBEITNEHMERN IN DER ABFALLBEWIRTSCHAFTUNG UND ABWASSERBEHANDLUNG

### Auswirkungen auf die Gesundheit von Arbeitnehmern aufgrund der Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen an Arbeitsstätten

Zwischen 2015 und 2017 führte die Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA) ein Projekt durch, um den Mangel an Wissen und Bewusstsein bezüglich der Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen und damit verbundenen Gesundheitsproblemen sowie dem mangelnden systematischen Ansatz zur Vorbeugung an Arbeitsstätten in Bezug auf biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit entgegenzutreten. 2016 wurde eine umfassende Literaturübersicht zu arbeitsbedingten Erkrankungen aufgrund von biologischen Arbeitsstoffen durchgeführt. Die Untersuchung ergab, dass Arbeitnehmer in den Bereichen Abfallbewirtschaftung und Abwasserbehandlung einem großen Expositionsrisiko gegenüber biologischen Arbeitsstoffen ausgesetzt sind. Zusätzlich zur Literaturübersicht, der Expertenbefragung und der Erhebung von Daten zu Gesundheitsproblemen und der Exposition aus Anzeigegeräten wurden Informationen zu Richtlinienmaßnahmen zur Reduzierung der Risiken durch biologische Arbeitsstoffe aus Interviews mit Sachverständigen und Fokusgruppensitzungen mit Betriebsärzten bezogen. Weitere Informationen wurden während eines Workshops der Interessenvertreter im Jahre 2017 gesammelt. Dieser Artikel konzentriert sich auf die gesundheitlichen Auswirkungen in Bezug auf biologische Arbeitsstoffe in den Bereichen Abfallbewirtschaftung und Abwasserbehandlung.

In den Bereichen der industriellen, medizinischen und Haushaltsmüllbehandlung wird in der EU immer mehr Müll erzeugt. Arbeitskräfte in der Abfallbehandlung umfassen Abfallsammler, Abfallverwerter, Abfallsortierer, Recyclingarbeiter, Verbrennungsarbeiter, Kompostierer, Biomasse-/Bioenergiearbeiter, Abfalldeponiearbeiter und Abwasserbehandlungsarbeiter. Da diese Arbeitskräfte häufig Mikroorganismen ausgesetzt sind (OSHWiki-Artikel zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen in der Abfallbewirtschaftung <sup>(1)</sup>), stellen die gesundheitlichen Auswirkungen aufgrund von biologischen Arbeitsstoffen ein ernsthaftes Risiko für Arbeitskräfte dar.

---

(<sup>1</sup>) Siehe den OSHwiki-Artikel zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen in der Abfallbewirtschaftung:  
[https://oshwiki.eu/wiki/Exposure\\_to\\_dangerous\\_substances\\_in\\_the\\_waste\\_management\\_sector](https://oshwiki.eu/wiki/Exposure_to_dangerous_substances_in_the_waste_management_sector)

## ▪ Abfallbehandlung

Kuijer und Sluiter (2010) erstellten eine Übersichtsarbeit über die Gesundheitsfolgen bei Abfallsammlern und stellten fest, dass überzeugende Nachweise dafür vorliegen, dass die Exposition gegenüber Bioaerosolen die Empfehlungen überschreitet. Es gibt auch moderate Nachweise für ein erhöhtes Risiko für Atembeschwerden, während es nur begrenzte Nachweise für ein erhöhtes Risiko für Magen-Darm-Erkrankungen gibt. Die damit verbundenen Krankheiten sind Atemwegssymptome wie Bronchitis, gastrointestinale Symptome wie Durchfall und



Übelkeit sowie Infektionen wie Hepatitis (A und C), HIV, Syphilis (Kuijer und Sluiter, 2010) und Hepatitis B (Kuijer und Sluiter, 2010; Corrao et al., 2013). Außerdem sind Arbeitsräume in Abfallanlagen mit Klimaanlage, hoher Luftfeuchtigkeit oder Systemen mit stehendem Warmwasser anfällig für das Wachstum von *Legionellen* (EU-OSHA, 2011).

Bei der Abfallbewirtschaftung besteht bei Unfällen mit scharfen Gegenständen das Risiko einer Infektion mit durch Blut übertragbaren Viren. Diese Unfälle geschehen bei der Mülltrennung oder bei der Müllsammlung vor allem dann, wenn Müllsäcke (die leicht reißen) anstelle von Containern verwendet werden. Nicht nur Nadeln, sondern auch Glas und Dosen müssen von Hand getrennt werden. In der Regel ist die Herkunft der Abfälle nicht bekannt.

## ▪ Abwasserbehandlung

Laut Korzeniewska (2011) würden sich die Arbeiter in Abwasserbehandlungsanlagen innerhalb eines Jahres mit Sicherheit durch die Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen eine Krankheit zuziehen, wenn sie nicht bereits immun oder entsprechend geschützt wären. Abwasser und instabile Schlämme enthalten verschiedene Krankheitserreger wie Viren, Bakterien sowie menschliche und tierische Parasiten. Diese Mikroorganismen können in Abwassertröpfchen, die beim Einblasen von Luft oder der mechanischen Bewegung des Abwassers entstehen, in die Umgebungsluft übertragen werden. Die bei der Abwasserbehandlung entstehenden Bioaerosole können daher eine potenzielle Gesundheitsgefahr für die Arbeiter in diesen Anlagen darstellen. Die Verwendung von Abwasser und Exkrementen in der Landwirtschaft ist in einigen Teilen der Welt eine gängige Praxis und kann zu schweren Infektionen einschließlich Durchfall, Hautinfektionen, parasitären Infektionen und bakteriellen Infektionen führen (Lam et al., 2015).

Leptospirose (verursacht durch *Leptospira* spp.) wurde auch bei Abwasser- und Kanalisationsarbeitern berichtet (Dutkiewicz et al., 2011). Arbeiter in der Abwasserbehandlung sind ebenfalls einem besonderen Risiko der Exposition gegenüber *Legionellen* ausgesetzt (EU-OSHA, 2011).

Tabelle 1 bietet einen Überblick über die gemeldeten Berufe, biologischen Arbeitsstoffe und damit zusammenhängenden Krankheiten bei biologischen Arbeitsstoffen an Arbeitsstätten, die in den seit 2010 veröffentlichten Übersichtsarbeiten (EU-OSHA, 2019) gemeldet wurden.

Tabelle 1: Überblick über die gemeldeten Berufe, biologischen Arbeitsstoffe und die gemeldeten damit zusammenhängenden infektiösen und unspezifischen Krankheiten bei Arbeitern in der Abfallbehandlung (z. B. Abfallsammler, Kompostierer, Abfallbehandler, Abfallsortierer) und in der Abwasserbehandlung

Biologischer Arbeitsstoff	Beruf	Gesundheitliche Auswirkung
<b>Bakterien</b>		
Actinomyzeten	Arbeiter in der Kompostieranlage	Aktinomykose
<i>Acinetobacter</i>	Abfallarbeiter	—
<i>Brucella</i> spp.	Abfallarbeiter	Brucellose
<i>Campylobacter</i>	Abfallarbeiter	Campylobacter-Infektion
<i>Escherichia coli</i>	Abfallarbeiter	Kolibakteriose
<i>Legionella</i> spp.	Arbeiter in der biologischen Abfallbehandlungsanlage Abfallarbeiter Arbeiter in der Abwasserbehandlung	Legionellose
<i>Mykobakterium</i>	Abfallarbeiter	Tuberkulose
<i>Salmonellen</i>	Abfallarbeiter	Salmonellose
<i>Staphylokokkus</i>	Abfallarbeiter	—
<i>Treponema pallidum</i>	Abfallarbeiter	Syphilis
<b>Pilze</b>		
<i>Aspergillus</i>	Abfallarbeiter	Mykotische Keratitis (Hornhautentzündung)
<i>Kryptokokkus</i>	Abfallarbeiter	Kryptokokkose
<i>Geotrichum</i>	Abfallarbeiter	—
<i>Rhodotorula</i>	Abfallarbeiter	—
<i>Trichoderma</i>	Abfallarbeiter	—
<b>Viren</b>		
<i>Hepatitis-A-Virus</i>		Hepatitis A
<i>Hepatitis-B-Virus</i>	Abfallarbeiter	Hepatitis B
<i>Hepatitis-C-Virus</i>		Hepatitis C
<i>Humanes Immunschwächevirus (HIV)</i>	Abfallarbeiter	Erworbenes Immunschwächesyndrom (AIDS)

Biologischer Arbeitsstoff	Beruf	Gesundheitliche Auswirkung
<b>Parasiten</b>		
<i>Toxoplasma gondii</i>	Abfallarbeiter	Toxoplasmose
<b>Mischungen</b>		
Schimmel im Innenraum, Pilze (Mischung)	Abfallarbeiter	Sick-Building-Syndrom, Asthma, Erkrankungen der oberen Atemwege, Infektionen, Husten, Kopfschmerzen und grippeähnliche Symptome, allergische Erkrankungen und Reizungen von Nase, Hals, Augen und Haut

Hinweis: Die Literaturübersicht lieferte nicht für alle verursachenden biologischen Arbeitsstoffe Informationen über spezifische Gesundheitsfolgen. Wo es in der Literatur keine Informationen gab, wurden die gesundheitlichen Auswirkungen möglichst auf der Grundlage des allgemeinen Wissens ermittelt, d. h. wenn der biologische Arbeitsstoff eine bestimmte Krankheit verursacht; bei den biologischen Arbeitsstoffen, die eine Reihe von gesundheitlichen Auswirkungen verursachen, wurden die Zellen mit einem Strich markiert.

(<sup>a</sup>) Toxine, die von bestimmten Bakterien produziert und bei der Zerstörung der Bakterienzelle freigesetzt werden.

Eine kausale Beziehung zwischen der Exposition gegenüber nichtinfektiösen luftübertragenen Biogefahren (Endotoxine, (1-3)-beta-D-Glucane von Bakterien und Pilzen) und dem Vorkommen von Magen-Darm-Symptomen, Fieber, Atemwegsbeschwerden, Hautkrankheiten, Augenreizungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Übelkeit bei Arbeitern in Abwasserbehandlungsanlagen wurde ebenfalls berichtet (Korzeniewska, 2011).

Erhöhte Expositionen gegenüber Endotoxinen (EU-OSHA, 2007a; Ławniczek-Wałczyk und Górny, 2010; Duquenne et al., 2013), Mykotoxinen (Fromme et al., 2016), Beta-Glucanen über organischen Staub (Ławniczek-Wałczyk und Górny, 2010) und Bioaerosolen (Anzivino-Viricel et al., 2012; Pearson et al., 2015; Walser et al., 2015) standen in Zusammenhang mit verschiedenen nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen, einschließlich entzündlicher Reaktionen der Atemwege, des Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS), hohem Fieber, Augen-, Nasen- und Rachenreizungen, Husten, Juckreiz, einer Verringerung der Lungenfunktion (einsekündiges forciertes Expirationsvolumen (FEV1)), einem Anstieg der Prävalenz von Atopie und der Myeloperoxidase-Produktion (ein Indikator für die Aktivität des Immunsystems)

#### ▪ **Kompostierung**

Die Exposition gegenüber organischem Staub an Arbeitsstätten in Kompostierungsanlagen ist mit nachteiligen akuten und chronischen Gesundheitsauswirkungen auf die Atemwege verbunden, einschließlich einer Reizung der Schleimhäute, chronischer Bronchitis und einem beschleunigten Rückgang der forcierten Vitalkapazität. Das Muster der gesundheitlichen Auswirkungen unterscheidet sich von dem anderer Arbeitsstätten mit Exposition gegenüber organischem Staub, möglicherweise aufgrund der hohen Konzentrationen von thermotoleranten/thermophilen Aktinomyzeten und Fadenpilzen in Kompostieranlagen.

Die in einer Übersichtsarbeit von Pearson et al. als potentiell schädlich identifizierten Bioaerosolkomponenten sind:

- Pilze und Pilzsporen – einschließlich der thermotoleranten Art *Aspergillus fumigatus*;
- Bakterien – darunter gramnegative Bakterien und die sporenbildenden grampositiven Bakterien Aktinomyzeten;
- Endotoxin – strukturelle Komponenten einiger Bakterien, die durch Zellwandschäden freigesetzt werden, einschließlich Lipopolysaccharide (LPS) oder Lipo-Oligo-Saccharide;



- Staub oder Feststoffteilchen (PM), die mikrobielle Fragmente enthalten;
- Beta(1→3)-Glucane – Polysaccharide, die in den Zellwänden bestimmter Pilze, insbesondere von *Aspergillus*-Arten, vorkommen.

Es ist möglich, dass auch Mykotoxine, die giftige sekundäre Metabolite von Pilzen sind (eines der stärksten davon ist Aflatoxin, das hauptsächlich von *Aspergillus flavus* produziert wird), während des Kompostierungsprozesses emittiert werden (Pearson et al., 2015). Abhängig von der Partikelgröße können Bioaerosole tief in die Lunge eindringen und sich in den Lungenbläschen einbetten. Für Bioaerosole, die aus Kompostierungsanlagen emittiert werden, wurden die folgenden gesundheitlichen Auswirkungen festgestellt:

- Allergisches Asthma, Rhinitis, exogen allergische Alveolitis, allergische bronchopulmonale Aspergillose (ABPA), Augen- und Hautreizungen;
- Nicht-allergisches toxisches Asthma, Rhinitis, Schleimhautreizungen, chronische Bronchitis, chronische Atemwegsobstruktionen wie chronisch-obstruktive Lungenerkrankung (COPD), Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS), toxische Pneumonitis;
- Infektiöse Aspergillose, Zygomycose; immungeschwächte Personen sind bei geringeren Konzentrationen der relevanten Erreger anfälliger. (Pearson et al., 2015)

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die in der Literaturübersicht identifizierten Allergieauslöser, Toxine und damit verbundenen Gesundheitsprobleme.

**Tabelle 2: Überblick über Berufe, Allergieerreger, Toxine und damit verbundene Gesundheitsprobleme in der Abfallbewirtschaftung und Abwasserbehandlung**

Kategorie	Auslöser	Beruf	Gesundheitliche Auswirkung
Arthropode	Kanalisationsfliege	Arbeiter in der Abwasserbehandlungsanlage	Asthma
<i>Aspergillus fumigatus</i>		Arbeiter in der Kompostieranlage	Lungen- und Atemwegserkrankungen
Archaeen	Archaeen in Bioaerosolen	Arbeiter in der Abwasserbehandlung	Sensibilisierung (Relevanz noch zu ermitteln)
Pflanzenmaterial	Kapok	Kanalisationsarbeiter	Asthma
Pilze	<i>Alternaria</i>	Abfallarbeiter	Asthma, exogen allergische Alveolitis
Pilze	<i>Cladosporium</i>	Abfallarbeiter	Asthma, exogen allergische Alveolitis
Pilze	<i>Penicillium</i>	Abfallarbeiter	Asthma, exogen allergische Alveolitis
Organischer Staub	Organischer Staub (Beta-Glucane)	Abfallarbeiter	—
Organischer Staub (Mischung)	Organischer Staub (Endotoxine)	Abfallarbeiter	Hohes Fieber, Husten, Reizung der Atemwege und Engegefühl in der

Kategorie	Auslöser	Beruf	Gesundheitliche Auswirkung
			Brust (Inhalationsexposition)
Organischer Staub, Bioaerosole (Mischung)	Organischer Staub, Bioaerosole	Arbeiter in der Energieerzeugung aus Biomasse	Reizung (okulär, dermal)
Organischer Staub	Organischer Staub (Bakterien, Pilze, Endotoxine <sup>(a)</sup> , Beta-Glucane)	Arbeiter in der Kompostieranlage	Husten, Dyspnoe, Augenreizung
Giftiger/subzellulärer Erreger	Aflatoxine	Abfallarbeiter	Hepatotoxische, karzinogene und immunsuppressive Wirkungen
Giftiger/subzellulärer Erreger	Ochratoxin A	Abfallarbeiter	Krebserzeugende, nephrotoxische, teratogene und immuntoxische Wirkungen

Hinweis: Die Literaturübersicht lieferte nicht für alle verursachenden biologischen Arbeitsstoffe Informationen über spezifische Gesundheitsfolgen. Wo es in der Literatur keine Informationen gab, wurden die gesundheitlichen Auswirkungen möglichst auf der Grundlage des allgemeinen Wissens ermittelt, d. h. wenn der biologische Arbeitsstoff eine bestimmte Krankheit verursacht; bei den biologischen Arbeitsstoffen, die eine Reihe von gesundheitlichen Auswirkungen verursachen, wurden die Zellen mit einem Strich markiert.

## Expositionsmuster, absichtliche oder unbeabsichtigte Verwendung und verfügbare Expositionsgrenzwerte

Abfallmaterial enthält im Allgemeinen eine Reihe von Nährstoffen und ist feucht, was gute Bedingungen für das Wachstum von Mikroorganismen darstellt. Das Alter und die Zusammensetzung des Abfalls, die Lagertemperatur und die Feuchtigkeit beeinflussen die Art und Menge der Mikroorganismen im Abfall sowie das Ausmaß, in dem diese Mikroorganismen überleben und sich vermehren können. Die wichtigsten Expositionswegen gegenüber biologischen Arbeitsstoffen sind in diesem Zusammenhang der direkte Kontakt mit Abfallmaterialien und Staub (hauptsächlich dermale und/oder orale Exposition) sowie die Inhalation von luftübertragenen biologischen Arbeitsstoffen <sup>(2)</sup> (EU-OSHA, 2019). Ein spezifischer Expositionsweg gegenüber biologischen Arbeitsstoffen besteht durch Nadelstichverletzungen, beispielsweise bei der manuellen Abfallsortierung.

Die berufsbedingte Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen kann durch die absichtliche Verwendung bestimmter Mikroorganismen im Primärprozess oder als mehr oder weniger zufällige oder unbeabsichtigte Exposition infolge von Prozessen erfolgen, an denen viele verschiedene Mikroorganismen in Umgebungen beteiligt sind, in denen biologische Arbeitsstoffe natürlich vorkommen, weil die Bedingungen für das Wachstum von Mikroorganismen günstig sind. Eine beabsichtigte Verwendung erfolgt im Bereich der Abfallbehandlung, wenn der Abfall mit Hilfe von Mikroorganismen zersetzt wird, was z. B. bei der Kompostierung geschieht, wo natürlich wachsende Mikroorganismen organische Abfälle zersetzen und der Prozess so gesteuert wird, dass das Wachstum einiger dieser Zersetzer gefördert wird. Da die Beteiligung von Mikroorganismen in der Regel ein wesentlicher Bestandteil z. B. von Kompostierungs- und Abwasserbehandlungsverfahren ist, wird der

<sup>(2)</sup> Siehe den OSHwiki-Artikel zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen in der Abfallbewirtschaftung: [https://oshwiki.eu/wiki/Exposure\\_to\\_dangerous\\_substances\\_in\\_the\\_waste\\_management\\_sector](https://oshwiki.eu/wiki/Exposure_to_dangerous_substances_in_the_waste_management_sector)

Einsatz biologischer Arbeitsstoffe in diesen Fällen als beabsichtigt angesehen, aber wegen der erheblichen Unterschiede bei den beteiligten Mikroorganismen wird er dennoch als bedenklich angesehen. Darüber hinaus werden z. B. bei der Kompostierung Mikroorganismen erwartet und sollen wachsen, aber es können auch Krankheitserreger, z. B. in kontaminiertem Abwasser, oder Mikroorganismen, die Allergene produzieren, z. B. organischer Staub aus Abfällen, vorhanden sein, und das ist in der Tat unbeabsichtigt.

## Grenzwerte für die Exposition am Arbeitsplatz

Das Fehlen von Kenntnissen über das gesamte Spektrum der Expositionen und von (quantitativen) Daten über die Beziehung zwischen der Exposition und den damit verbundenen gesundheitlichen Auswirkungen (die Expositions-Wirkungs-Beziehung) erschwert die Ableitung von Grenzwerten für die Exposition am Arbeitsplatz (OEL), die für die Abfallbehandlung und die Abwasserbehandlung gelten. Derzeit ist nur in Deutschland ein technischer Kontrollwert für Sporen mesophiler Schimmelpilze in der Arbeitsplatzluft von Abfallbehandlungsanlagen festgelegt:  $5 \times 10^4$  Sporen pro  $m^3$  Atemluft (BAuA, 2016). Obwohl die Empfehlung nicht spezifisch für den Abfallbehandlungsbereich ist und nicht als offizieller OEL umgesetzt wird, haben die Niederlande einen gesundheitsbasierten empfohlenen OEL für die Endotoxinexposition abgeleitet (90 Endotoxineinheiten/ $m^3$  Luft, zeitgewichteter Durchschnitt über 8 Stunden <sup>(3)</sup>) (Gesundheitsrat der Niederlande, 2010), der auch für diesen Bereich relevant ist. In Skandinavien untersuchte die Nordische Expertengruppe die gesundheitlichen Auswirkungen von Schimmelpilzen, die giftige Wirkungen hervorrufen können, und errechnete, dass die Menge an Schimmelpilzen in der Luft, bei der nicht-sensibilisierte Arbeitnehmer Auswirkungen erfahren, bei etwa  $10^5$  Sporen/ $m^3$  Luft liegt (Eduard, 2006, 2009).

Auf Grundlage der verfügbaren wissenschaftlichen Literatur werden jedoch die folgenden Schwellen- oder Referenzwerte <sup>(4)</sup> für Bioaerosole in der Arbeitsumgebung, einschließlich der Abfallbewirtschaftung, verwendet:

- Gesamtanzahl der Bakterien:  $\leq 1,0 \times 10^3$ - $7,0 \times 10^3$  koloniebildende Einheiten (KBE)/ $m^3$  für nicht-industrielle Arbeitsstätten und  $\leq 7,5 \times 10^2$ - $1,0 \times 10^7$  KBE/ $m^3$  für Produktions- und Industriegebäude.
- Gramnegative Bakterien:  $1,0 \times 10^3$ - $2,0 \times 10^4$  KBE/ $m^3$  für Produktions- und Industriegebäude
- Pilze:  $1,0 \times 10^1$ - $1,0 \times 10^4$  KBE/ $m^3$  für nicht-industrielle Arbeitsstätten und  $\leq 1,0 \times 10^2$ - $1,0 \times 10^7$  KBE/ $m^3$  für Produktions- und Industriegebäude.
- Bakterielle Endotoxine: 0,005-0,2  $\mu\text{g}/m^3$  für Produktions- und Industrieprozesse.
- Es gibt keinen sicheren Gehalt an pathogenen Mikroorganismen; der Grenzwert sollte 0 KBE/ $m^3$  betragen.

## Schutzbedürftige Gruppen

Einige Gruppen von Arbeitern können als „von Natur aus“ gefährdet angesehen werden, die „besonders empfindlichen Risikogruppen“ (z. B. ältere, junge oder weibliche Arbeitskräfte). Im Falle von Arbeitern mit hoher Exposition kann ihre Anfälligkeit jedoch auf den Arbeitsplatz selbst zurückgeführt werden (und möglicherweise darauf, dass die hohe Exposition in dem betreffenden Bereich auf die nicht ordnungsgemäße Umsetzung der Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit zurückzuführen ist). Es gibt jedoch eine Überschneidung zwischen diesen Gruppen, und die verschiedenen Bedingungen können sich gegenseitig beeinflussen. Folglich müssen bei der Ermittlung gefährdeter Gruppen Unterschiede im Stoffwechsel, bereits bestehende Gesundheitsprobleme – auch solche, die durch die Arbeit verursacht werden, wie z. B. Atemwegserkrankungen –, die Normen des Bereichs, seine Sicherheitskultur und die Arbeitsbedingungen sowie die spezifischen Bedingungen am Arbeitsplatz berücksichtigt werden.

In der Abfallbewirtschaftung und Abwasserbehandlung wie auch in anderen Bereichen gelten Auszubildende und Arbeitskräfte in ihrer ersten Anstellung sowie Zeitarbeiter als gefährdete Gruppen, da sie über weniger praktische Erfahrung verfügen und sich der Risiken im Allgemeinen weniger bewusst sind. Schwangere und ältere Menschen, Menschen mit bereits bestehenden Krankheiten wie

<sup>(3)</sup> Endotoxineinheiten sind ein Maß für die Aktivität eines Endotoxins.

<sup>(4)</sup> Siehe den OSHwiki-Artikel zu Bioaerosolen und Arbeitsschutz: [https://oshwiki.eu/wiki/Bioaerosols\\_and\\_OSH](https://oshwiki.eu/wiki/Bioaerosols_and_OSH)



Lungenerkrankungen, Allergien, Asthma und Diabetes (wegen des erhöhten Infektionsrisikos) sowie Menschen, die zur Behandlung chronischer Krankheiten eine Immunsuppression erhalten haben, gelten ebenfalls als gefährdet. Darüber hinaus gelten Zeitarbeiter und (illegale) Arbeiter ohne Papiere als besonders gefährdet in diesen Berufen, da sie sich der Risiken, denen sie ausgesetzt sind, häufig nicht bewusst sind und nicht darüber informiert werden und häufig keine angemessene Schulung, Anweisungen oder Impfungen erhalten. Die oben genannten schutzbedürftigen Gruppen geben in vielen Bereichen, einschließlich der Abfallbewirtschaftung und der Abwasserbehandlung, Anlass zur Sorge. Innerhalb dieser Bereiche gelten die Reinigung und Instandhaltung als besonders risikoreiche Arbeitsplätze (EU-OSHA, 2020).

## Aufkommende Risiken

Ein „aufkommendes Arbeitsschutzrisiko“ ist jedes Arbeitsrisiko, das als neu oder zunehmend angesehen wird. Zu den aufkommenden Risiken zählen neu geschaffene oder neu identifizierte Risiken, zunehmende Risiken und Risiken, die allgemein bekannt werden oder sich etablieren.

Im Folgenden werden Beispiele für aufkommende Risiken im Bereich der Abfallbewirtschaftung und Abwasserbehandlung genannt, die in den Interviews mit Experten und Fokusgruppen identifiziert wurden.

Das erste aufkommende Risiko betrifft die Sammlung und Trennung von (organischem) Abfall in den Haushalten. Diese Abfälle werden heutzutage oft in (größeren) Kunststoffbehältern statt in Plastiktüten gelagert, was zu einer weniger häufigen Abfallsammlung führen kann. In den für die Lagerung verwendeten Behältern sind die Bedingungen für das Wachstum von Mikroorganismen in der Regel optimal, und längere Lagerzeiten in den Wohnungen lassen den Mikroorganismen mehr Zeit zum Wachstum. Dies führt zu einem erhöhten Risiko einer unbeabsichtigten Exposition gegenüber Bakterien und Pilzen, z. B. bei Abfallsammlern und Abfallsortierern.

Zweitens gilt die kombinierte Exposition gegenüber mehreren Risikofaktoren (chemische, biologische, physikalische), einschließlich einer Mischung biologischer Arbeitsstoffe, als aufkommendes Risiko für



Arbeitnehmer in der Abfallbehandlung (EU-OSHA, 2009), da noch viel über die möglichen Wechselwirkungen, die die Gesamtauswirkungen auf die Gesundheit erhöhen oder verringern können, unbekannt ist (EU-OSHA, 2019).

Der erwartete Anstieg der grünen Arbeitsplätze im Zusammenhang mit der Nutzung von Biomasse, Abfall und Recycling könnte in Zukunft zu einer erhöhten Anzahl von Sensibilisierungen für biomassebedingte Allergene führen. Auch biomassebedingte Allergene

geben Anlass zur Sorge, da die Abfallbewirtschaftung und die Kompostierung mit dem Auftreten bestimmter Allergene verbunden sind.

Darüber hinaus wird *Aspergillus* bei der Verwertung von Grünabfällen als ein aufkommendes Risiko betrachtet, da dieser biologische Arbeitsstoff in den Bioaerosolen enthalten sein kann, die in diesen Kompostieranlagen freigesetzt werden. Tätigkeiten wie das Zerkleinern von frischem Grünabfall, das Wenden von Haufen und das Sieben von reifem Kompost können zur Freisetzung erheblicher Mengen von Bioaerosolen führen und bei der Exposition von Arbeitern im Grünschnittrecycling gesundheitliche Auswirkungen haben.

Die EU-OSHA hat auch die biologischen Risiken, die mit der Arbeit mit neuen, in der Biotechnik entwickelten Bakterien verbunden sind, sowie die erhöhte Exposition gegenüber Bakterien und Pilzen aufgrund der verstärkten Sammlung und Trennung von organischen Abfällen als potenzielle neue Risiken identifiziert (EU-OSHA, 2013).



Ein weiteres aufkommendes Risiko betrifft *Leptospira* spp., die Leptospirose verursachen. *Leptospira* wird oft von Ratten in sich getragen und im Urin ausgeschieden, und es wird erwartet, dass der Klimawandel zu einem Anstieg der Rattenzahl führen wird, da Ratten in wärmeren Klimazonen gut gedeihen. Das Abwasser ist häufig mit Rattenurin verunreinigt und enthält daher möglicherweise *Leptospira*, das die Arbeiter in der Abwasserbehandlung infizieren kann.

## Vorschläge zur Prävention bezüglich Arbeits- und Gesundheitsschutz bei der Abfallbewirtschaftung und Abwasserbehandlung

Viele Mikroorganismen und von ihnen erzeugte Stoffe können die Arbeiter in diesem Bereich beeinträchtigen, und ihre Identifizierung durch eine Risikobewertung am Arbeitsplatz kann aufgrund der unterschiedlichen Art und Zusammensetzung von Abfällen und Abwasser schwierig sein. Es gibt jedoch einige Instrumente, die eine Anleitung für Arbeitsstätten und Informationen über häufige Expositionssituationen bieten, z. B. die deutschen Vorschriften für biologische Arbeitsstoffe in der Abfall- und Abwasserwirtschaft (ABAS/BAuA 2010; ABAS/BAuA 2018) und die deutsche GESTIS-Datenbank (DGUV, 2017), die Informationen über potenzielle Expositionen und Vorbeugungsmaßnahmen enthält (Förster, 2017).

### ▪ Abfallsammlung und -behandlung

In einer Übersichtsarbeit über die etablierte europäische Praxis in Bezug auf die mit Abfällen und abfallbedingten Biokraftstoffen verbundenen biologischen Risiken (Swords, 2011) wird festgestellt, dass zwar im Allgemeinen die einschlägigen Kontrollmaßnahmen zur Vermeidung der Exposition bekannt sind (und mit relativ einfachen Hygiene- und Organisationsmaßnahmen verbunden sein können, wie z. B. die Vermeidung von Hochdruckreinigern zur Reinigung von Oberflächen, um die Bildung von Aerosolen zu verhindern), die Umsetzung dieser Kontrollmaßnahmen jedoch schrittweise erfolgen muss, um die Expositionswege zu verringern (z. B. kann ein Wechsel der Geräteoberflächen erforderlich sein, um alternative Reinigungsmethoden zu erleichtern). Die dafür notwendigen Kompetenzen sind jedoch möglicherweise in vielen Unternehmen, die bereits im Abfallbereich tätig sind, nicht vorhanden, und für eine Lückenanalyse ihrer Bedürfnisse müssen sie sich an Spezialisten mit der notwendigen Erfahrung in der Prozessindustrie wenden.

Bei Haushaltsabfällen können aufgrund der zunehmenden Trennung verschiedene Arten der Abfalllagerung und die weniger häufige Sammlung von Abfällen einen Einfluss auf die Exposition der Arbeiter gegenüber biologischen Arbeitsstoffen ausüben. Bei der Festlegung von Vorbeugungsmaßnahmen zur Vermeidung von Expositionen der Arbeiter sollte jeder Schritt des Prozesses berücksichtigt werden. Als aufeinanderfolgende Schritte sind z. B. (1) die Mülltrennung in einem Haushalt, (2) die Sammlung von Hausmüll durch Abfallsammler und (3) die Aufbereitung von Hausmüll zu betrachten. Risiken können z. B. in der verringerten Häufigkeit der Abfallsammlung aufgrund von Entwicklungen bei der Trennung/Wiederverwertung von Abfällen und Änderungen bei der Lagerung von Abfällen liegen. In den Niederlanden wird der Hausmüll beispielsweise zunehmend zu Hause getrennt, wo er in kleinere Mengen aufgeteilt wird, die von den Haushalten eingesammelt oder zu zentralen Abfalllagern gebracht werden. Diese Entwicklung erhöht das Expositionsrisiko für Arbeiter, die die Abfälle sammeln und handhaben, da die Lagerungsbedingungen im Allgemeinen für das Wachstum von Mikroorganismen optimal sind und die Mikroorganismen mehr Zeit zum Wachsen haben. Wo der Abfall in zentralen Lagerbehältern (meist in städtischen Gebieten) statt bei den Menschen zu Hause gesammelt/gelagert wird, wird er im Allgemeinen häufiger gesammelt und die Abfallsammlung kann effizienter geplant werden.

In Finnland werden neue Abfallbehandlungsanlagen gebaut, in denen die Arbeiter im Behandlungsprozess vom Abfallstrom getrennt sind. Dies kann als Beispiel für vorbildliche Verfahren dienen. Technologische Innovationen wie der Einsatz von Robotern für bestimmte Teile des Prozesses – bereits üblich bei der Verarbeitung von Grünabfällen (z. B. Kompostierung) – sind eine weitere mögliche Lösung, um die Arbeiter von den Abfällen zu trennen und so ihre Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen zu reduzieren.



©EU-OSHA, Raymond Widawski

Eine andere Möglichkeit wäre, einige Abfälle lokal (d. h. zu Hause) zu verarbeiten. Ein Beispiel dafür wäre die Verwendung eines Hausmüllentsorgungssystems, das es ermöglicht, biologisch abbaubare Kunststoffprodukte mit einer Zerkleinerungsmaschine zu entsorgen, die an das örtliche Abwassersystem angeschlossen ist, in der feste Abfälle und Abwasser getrennt und Wasser gefiltert werden.

Ein wichtiger Aspekt im Bereich der Abfallbehandlung ist, dass Abfälle häufig in offenen Räumen behandelt werden, in denen Aerosole vorhanden sind. Die Zurückhaltung biologischer Arbeitsstoffe ist in Freiflächen schwieriger als in Abfallbehandlungsanlagen, wo die Abfallbehandlungsprozesse oft viel stärker eingeschlossen und daher besser kontrollierbar sind. Der Schwerpunkt im Bereich der Abfallbehandlung sollte daher auf Freiflächen liegen, wo das Risiko als am höchsten eingeschätzt wird (Workshop für Interessenvertreter).

Als allgemeine Maßnahme wird auch ein Lebenszyklusansatz empfohlen. Da sich der Abfallbehandlungssektor im Allgemeinen am Ende einer Wertschöpfungskette befindet, kann man bestimmten Risiken, die bei der Abfallbehandlung auftreten,

möglicherweise früher in der Kette besser begegnen. Ein Beispiel für diese bereichsübergreifenden Risiken sind Nadelstichverletzungen bei der Sammlung und Sortierung von Abfällen: Apotheker und Händler könnten die Verbraucher, die Nadeln kaufen, (besser) darüber informieren, wie sie diese ohne Risiken für sich selbst und die Mitarbeiter der Abfallbehandlung entsorgen können. Dies würde zu weniger Unfällen mit scharfen Gegenständen bei der Abfallbehandlung führen und damit das Risiko einer Infektion mit durch Blut übertragbaren Viren bei diesen Arbeitern verringern.

#### ▪ Fortbildung

Aufgrund des allgemeinen Mangels an Bewusstsein und Kenntnissen in diesem Bereich ist eine umfassende Schulung über die Risiken der Exposition gegenüber biologischen Krankheitserregern für Arbeitsschutzexperten auf Unternehmensebene (z. B. Mitglieder von Arbeitsschutzausschüssen) ebenso gerechtfertigt wie eine hochspezialisierte Schulung für Arbeiter in der Abfallbehandlung, um sie über die Art der Risiken zu informieren, denen sie beim Umgang mit einer bestimmten Art von Abfällen ausgesetzt sind. Es ist auch wichtig, ausreichende Informationen und Schulungen für Zeitarbeitskräfte oder externes Personal, das über Subunternehmen eingestellt wird, sicherzustellen. Eine vorgeschlagene Maßnahme ist das Angebot eines Kurses für Arbeiter zu Anfang ihres Arbeitsbeginns, in dem sie über die (biologischen) Risiken im Zusammenhang mit der Abfallbehandlung unter besonderer Berücksichtigung der neuen Arbeiter (die als gefährdete Gruppe identifiziert wurden) unterrichtet werden.

Weitere Informationen über Vorbeugungsmaßnahmen für den Abfallbehandlungsbereich sind in dem OSHwiki-Artikel zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen in der Abfallbewirtschaftung <sup>(5)</sup> enthalten.

## Abwasserbehandlung

Die Vorbeugungsmaßnahmen für den Bereich der Abwasserwirtschaft sollten der Hierarchie der Kontrollmaßnahmen folgen und technischen vor persönlichen Schutzmaßnahmen den Vorrang einräumen. Bereits in der Planungsphase der Anlagen hätten konstruktive Maßnahmen umgesetzt werden müssen, um die Bildung von Bioaerosolen in Abwasseranlagen zu vermeiden. Insbesondere:

Wie bei der Abfallbehandlung werden auch bei der Abwasserbehandlung sowie bei der Wartung und Instandhaltung von Abwasser- und Kanalisationsanlagen allgemeine Hygienemaßnahmen empfohlen.

<sup>(5)</sup> [https://oshwiki.eu/wiki/Exposure\\_to\\_dangerous\\_substances\\_in\\_the\\_waste\\_management\\_sector](https://oshwiki.eu/wiki/Exposure_to_dangerous_substances_in_the_waste_management_sector)

Dazu gehören die von der Straßenbekleidung getrennte Lagerung von Arbeitskleidung, einschließlich Schuhen, Verfahren für das Händewaschen und die Trennung von Ruhe- und Arbeitsbereichen sowie Richtlinien für die Lagerung und Reinigung von Arbeitskleidung. Die persönliche Schutzausrüstung (PSA) sollte getrennt gelagert werden, und die PSA sollte den Arbeitern dort zur Verfügung gestellt werden, wo eine Exposition nicht vermieden werden kann oder zu erwarten ist. Eine Politik ist die sogenannte Schwarz-Weiß-Politik, die Regeln für die Trennung von schwarzen (kontaminierten) Bereichen, Ausrüstungen und Kleidung von weißen (sauberen, nicht kontaminierten) Bereichen festlegt. Den Arbeitnehmern sollten auch geeignete Waschmöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden.

Wartung und Reinigung gelten in diesem Bereich als besonders schmutzige Aufgaben und bergen ein hohes Expositionsrisiko, obwohl sie in diesem Bereich routinemäßig angewendet werden. Die Maßnahmen zur Risikobewertung und -vermeidung müssen diese Aufgaben umfassen und spezifische Maßnahmen dafür festlegen. Um Magen-Darm-Erkrankungen vorzubeugen, enthalten beispielsweise die Richtlinien für den Umgang mit Abwasser in einigen Mitgliedsstaaten, wie z. B. Dänemark, die Empfehlung, die Bildung von Bioaerosolen zu vermeiden, indem beispielsweise kein Hochdruckwasser zur Reinigung verwendet wird.

Eine weitere Maßnahme zur Vermeidung von Infektionen sind Impfprogramme für Abwasserarbeiter, die in Frankreich gegen Leptospirose und in Dänemark zur Vorbeugung von Hepatitis und Tetanus durchgeführt wurden.

## Fazit

Es liegt auf der Hand, dass Arbeitnehmer in der Abfall- und Abwasserbehandlung einer Vielzahl von Risiken ausgesetzt sind, die auf eine unbeabsichtigte Exposition gegenüber Bakterien, Viren und Pilzen und deren Bestandteilen sowie auf eine potenzielle Exposition gegenüber Bioaerosolen und organischem Staub zurückzuführen sind. Diese Expositionen können zu Infektionen, Reiz- und toxischen Wirkungen, aber auch zu Allergien und einer Reihe anderer Effekte wie Übelkeit oder Magen-Darm-Störungen oder sogar immunologischen Auswirkungen führen. Krankheiten, die häufig bei Abfallsammlern auftreten, sind Asthma und Hepatitis-Infektionen. Die Abwasserarbeiter sind besonders von Legionellose und Leptospirose bedroht. Reinigungs- und Wartungspersonal in der Abfall- und Abwasserbehandlung sind gefährdete Gruppen; eine weitere gefährdete Gruppe sind Zeitarbeiter und Arbeiter von Subunternehmen. Immunsupprimierte Arbeiter können ebenfalls gefährdet sein, da sie potenziell einem breiten Spektrum (unbekannter) biologischer Arbeitsstoffe ausgesetzt sein können. Aufkommende Probleme, die zu einem erhöhten Risiko führen können, sind die zunehmende Abfalltrennung in Haushalten, die das Wachstum von Mikroorganismen fördert, die kombinierte Exposition (Mischungen), das erhöhte Risiko, aufgrund des Klimawandels an Leptospirose zu erkranken, und die potenziell zunehmende Exposition gegenüber biomassebedingten Allergenen in einer umweltfreundlicher werdenden Wirtschaft. Neben einer Reihe spezifischer technischer Maßnahmen, die der in den Rechtsvorschriften über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit festgelegten Hierarchie der Vorbeugungsmaßnahmen folgen (z. B. Risikobeseitigung durch Trennung der Arbeiter von den Abfällen in Recyclinganlagen zur Vermeidung von Expositionen und spezifische Hygienemaßnahmen wie die Trennung von kontaminierten und nicht kontaminierten Arbeitsbereichen, Ausrüstungen und Kleidung (Schwarz-Weiß-Politik)), umfassen die in dieser Untersuchung ermittelten politischen Maßnahmen Impfprogramme, gezielte Bewusstseinsbildungs-, Schulungs- und Unterweisungsprogramme sowie ein Lebenszykluskonzept, das neue Wege der Abfallsammlung berücksichtigt. Um das Infektionsrisiko durch biologische Arbeitsstoffe zu verringern, wäre es hilfreich, wenn bereichsspezifische Grenzwerte für die Exposition am Arbeitsplatz abgeleitet werden könnten, wobei die verschiedenen Gruppen von Arbeitnehmern in der Abfall- und Abwasserbehandlung und die besonderen Risiken, denen sie ausgesetzt sind, zu berücksichtigen sind.



## Literatur

- ABAS/BAuA, 2018. Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe 214 (TRBA 214) — Abfallbehandlungsanlagen. GMBI. Nr. 30 vom 3. Juli 2018, 574-. Abgerufen im Juni 2019 von: <http://www.baua.de/de/Themenvon-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/TRBA/TRBA-214.html>
- ABAS/BAuA, Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe 220 (TRBA 220) — Sicherheit und Gesundheit bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in abwassertechnischen Anlagen. GMBI. Nr. 68-80 vom 6. Dezember 2010, S. 1405-1416. Abgerufen im Dezember 2019 von <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRBA/TRBA-220.html>
- Anzivino-Viricel, L., Falette, N., Carretier, J., Montestrucq, L., Guye, O., Philip, T., Fervers, B., 2012. Haushaltsabfallbewirtschaftung: Aktueller Wissensstand und Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen auf die allgemeine und berufstätige Bevölkerung [*Gestion des déchets ménagers et assimilés: Bilan des connaissances et évaluation des effets sanitaires en population générale et au travail*]. Environ. Risque Santé 11, 360-77. doi:10.1684/ers.2012.0559
- BAuA, 2016. Abgerufen im September 2016 von <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/TRBA/TRBA-214.html>
- Corrao, C.R.N., Del Cimmuto, A., Marzuillo, C., Paparo, E., La Torre, G., 2013. Assoziation zwischen Abfallbewirtschaftung und HBV unter Siedlungsabfallarbeitern: Eine systematische Übersichtsarbeit und Meta-Analyse von Beobachtungsstudien. [*Association between waste management and HBV among solid municipal waste workers: A systematic review and meta-analysis of observational studies.*] Sci. World J. 2013, 5. doi:10.1155/2013/692083
- DGUV, 2017. GESTIS Datenbank biologischer Arbeitsstoffe. Abgerufen im April 2019 von: <http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-biostoffdatenbank/index-2.jsp>
- Duquenne, P., Marchand, G., Duchaine, C., 2013. Messung von Endotoxinen in Bioaerosolen an Arbeitsstätten: Eine kritische Übersichtsarbeit [*Measurement of endotoxins in bioaerosols at workplace: A critical review*], Annals of Occupational Hygiene. doi:10.1093/annhyg/mes051
- Dutkiewicz, J., Cisak, E., Sroka, J., Wojcik-Fatla, A., Zajac, V., 2011. Biologische Arbeitsstoffe als Berufsgefahr: ausgewählte Probleme. [*Biological agents as occupational hazards: selected issues.*] Ann. Agric. Environ. Med. 18, 286-293.
- Eduard, W., 2006. Die nordländische Expertengruppe für die Dokumentation von Kriterien für Gesundheitsrisiken aufgrund von Chemikalien: 139 – Pilzsporen [*The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals: 139 — Fungal spores.*] Arbetslivsinstitutet. Arbete och Hälsa 2006:21. Abrufbar unter: [http://www.inchem.org/documents/kemi/kemi/ah2006\\_21.pdf](http://www.inchem.org/documents/kemi/kemi/ah2006_21.pdf)
- Eduard, W., 2009. Pilzsporen: Eine kritische Übersicht der toxikologischen und epidemiologischen Nachweise als Grundlage für die Festlegung von Grenzwerten für die arbeitsbedingte Exposition. [*Fungal spores: A critical review of the toxicological and epidemiological evidence as a basis for occupational exposure limit setting.*] Crit. Rev. Toxicol. 39(10), 799-864.
- EU-OSHA, Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, 2007. Expertenprognose zu neu auftretenden biologischen Risiken für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit: Bericht der Europäischen Beobachtungsstelle für Risiken. Abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/report-expert-forecast-emerging-biological-risks-related-occupational-safety-and-health>
- EU-OSHA, Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, 2009. Expertenprognose zu neu auftretenden chemischen Risiken für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit: Bericht der Europäischen Beobachtungsstelle für Risiken. Abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/report-expert-forecast-emerging-chemical-risks-related-occupational-safety-and-health/view>
- EU-OSHA, Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, 2011. Legionellen und Legionärskrankheit: Eine Übersicht der Richtlinien. Abrufbar unter:



<https://osha.europa.eu/en/publications/legionella-and-legionnaires-disease-policy-overview/view>

- EU-OSHA, Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, 2013a. Grüne Arbeitsplätze und Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit: Vorausschau auf neu auftretende Risiken im Zusammenhang mit neuen Technologien bis 2020 — Zusammenfassung. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. Abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/es/publications/foresight-new-and-emerging-risks-occupational-safety-and-health-associated-new-0>
- EU-OSHA, Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, 2019. Biologische Arbeitsstoffe und arbeitsbedingte Erkrankungen: Ergebnisse einer Literaturschau, einer Expertenbefragung und einer Untersuchung von Überwachungssystemen: Abrufbar unter: <https://osha.europa.eu/en/publications/biological-agents-and-work-related-diseases-results-literature-review-expert-survey-and/view>
- EU-OSHA, Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz, 2020. Biologische Arbeitsstoffe und arbeitsbedingte Erkrankungen: Abschlussbericht.
- Förster, G., 2017. Deutschlands nationaler Teil des Schengener Informationssystems zur Vorbeugung von Risiken aufgrund biologischer Arbeitsstoffe – die Rolle des Ausschusses für biologische Arbeitsstoffe und seine Zusammenarbeit mit anderen Behörden, Workshop der EU-OSHA zur Vorbeugung arbeitsbedingter Krankheiten aufgrund der Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen an Arbeitsstätten [*Germany's national system for prevention of risks from biological agents – the role of the committee on biological agents and its cooperation with other bodies, EU-OSHA workshop on the prevention of work-related diseases due to biological agents exposure at work.*] Abrufbar unter <https://osha.europa.eu/sites/default/files/seminars/documents/4%20F%C3%B6rster.pdf>.
- Fromme, H., Gareis, M., Völkel, W., Gottschalk, C., 2016. Gesamte interne Exposition gegenüber Mykotoxinen und ihr Vorkommen an Arbeitsstätten und in Wohnhäusern: Eine Übersicht. [*Overall internal exposure to mycotoxins and their occurrence in occupational and residential settings: An overview.*] Int. J. Hyg. Environ. Health 219, 143-165. doi:10.1016/j.ijheh.2015.11.004
- Gesundheitsrat der Niederlande, 2010. Endotoxine: Gesundheitsbasierte empfohlene Expositionsgrenzwerte an Arbeitsstätten [*Endotoxins: Health-based recommended occupational exposure limit.*] Gesundheitsrat der Niederlande, Den Haag. Veröffentlichung Nr. 2010/04OSH.
- Korzeniewska, E., 2011. Emission von Bakterien und Pilzen aus Abwasserbehandlungsanlagen in die Luft: Eine Übersichtsarbeit. [*Emission of bacteria and fungi in the air from wastewater treatment plants: A review.*] Front. Biosci. (Schol. Ed.) 3, 393-407.
- Kuijjer, P.P.F.M., Sluiter, J.K., 2010. Gesundheit und Sicherheit bei der Abfallsammlung: In Richtung einer nachweisbasierten Gesundheitsüberwachung der Arbeitskräfte [*Health and safety in waste collection: Towards evidence-based worker health surveillance.*] Am. J. Ind. Med. 53, 1040-1064. doi:10.1002/ajim.20870
- Lam, S., Nguyen-Viet, H., Tuyet-Hanh, T.T., Nguyen-Mai, H., Harper, S., 2015. Nachweis für öffentliche Gesundheitsrisiken von Abwasser- und Exkrementbehandlungsmethoden in Südostasien: Eine umfangreiche Übersichtsarbeit. [*Evidence for public health risks of wastewater and excreta management practices in Southeast Asia: A scoping review.*] Int. J. Environ. Res. Public Health 12, 12863-12885. doi:10.3390/ijerph121012863
- Ławniczek-Wałczyk, A., Górny, R.L., 2010. Endotoxine und  $\beta$ -Glucane als Marker für eine mikrobiologische Kontamination: Eigenschaften, Erkennung und Umweltexposition. [*Endotoxins and  $\beta$ -glucans as markers of microbiological contamination: Characteristics, detection, and environmental exposure.*] Ann. Agric. Env. Med. 17, 193-208.
- Pearson, C., Littlewood, E., Douglas, P., Robertson, S., Gant, T.W., Hansell, A.L., 2015. Exposition und Gesundheitsfolgen in Bezug auf Emissionen von Bioaerosol aus Kompostieranlagen: Eine systematische Übersichtsarbeit über Berufs- und Gemeindestudien. [*Exposures and health outcomes in relation to bioaerosol emissions from composting facilities: a systematic review of*

*occupational and community studies.*] J. Toxicol. Environ. Health. B. Crit. Rev. 18, 43-69. doi:10.1080/10937404.2015.1009961.

Swords, P., 2011. Eine Übersicht über die etablierten europäischen Methoden in Bezug auf biologische Risiken in Verbindung mit Abfall- und abfallbezogenen Biobrennstoffen. [A review of the established European practice in relation to biohazards associated with waste and waste-related biofuels.] Proceedings of the 22nd Institution of Chemical Engineers Symposium on Hazards 2011 (HAZARDS XXII), Liverpool, 11-14 April 2011.

Redhook, NY: Curran, 213-219. Walser, S.M., Gerstner, D.G., Brenner, B., Bünger, J., Eikmann, T., Janssen, B., Kolb, S., Kolk, A., Nowak, D., Raulf, M., Sagunski, H., Sedlmaier, N., Suchenwirth, R., Wiesmüller, G., Wollin, K.M., Tesseroux, I., Herr, C.E.W., 2015. Beurteilung von Beziehungen zwischen Exposition und Reaktion für gesundheitliche Auswirkungen von mikrobiellen Bioaerosolen: Eine systematische Übersicht. [Evaluation of exposure-response relationships for health effects of microbial bioaerosols: A systematic review.] Int. J. Hyg. Environ. Health 218, 577-589. doi:10.1016/j.ijheh.2015.07.004

*In dieser Publikation wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.*