

**Ausgabe Dezember 2023**  
**GMBI Nr. 50/2023 vom 11.12.2023**

<b>Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe</b>	<b>Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biostoffe</b>	<b>TRBA 405</b>
---	---	-----------------

Die Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse wieder. Sie werden vom

### **Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe**

ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Gemeinsamen Ministerialblatt (GMBI) bekannt gegeben.

Die TRBA 405 „Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biostoffe“ konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs Anforderungen der Biostoffverordnung. Bei Einhaltung dieser Technischen Regel 405 kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnung erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

### **Inhalt**

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Planung und Vorbereitung von Messungen
- 4 Durchführung von Messungen
- 5 Kontrolle der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen / Technischer Kontrollwert
- 6 Berichterstattung

Anhang 1: Einfluss von Messstrategie und Messverfahren auf Ergebnisse aus Biostoffmessungen

Literaturhinweise

## **1 Anwendungsbereich**

Diese TRBA findet Anwendung bei der Erfassung luftgetragener Biostoffe an Arbeitsplätzen, die z. B. im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung, zur Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen oder zur Überprüfung der Einhaltung von technischen Kontrollwerten durchgeführt wird. Beschrieben werden die grundsätzliche Vorgehensweise und die Anforderungen.

## 2 Begriffsbestimmungen

### 2.1 Biostoffe

Biologische Arbeitsstoffe (Biostoffe) sind in der Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) definiert. Es sind u.a. Mikroorganismen (siehe BioStoffV § 2 Absatz 1, 1. Satz), die den Menschen beispielsweise durch Infektionen, Toxinbildung oder sensibilisierende Wirkungen gefährden können (BioStoffV, § 2 Absatz 1, 2. Satz). Zur Vereinfachung wird im Folgenden der Begriff Biostoffe verwendet.

### 2.2 Konzentration

- (1) Konzentration ist die Menge der Biostoffe (z. B. kultivierbare Schimmelpilze und Bakterien), ihrer Stoffwechselprodukte (z. B. Mykotoxine) oder Zellbestandteile (z. B. Endotoxine) pro Luftvolumen am Arbeitsplatz.
- (2) Sie wird z. B. für kultivierbare Bakterien und Pilze angegeben als Anzahl koloniebildender Einheiten (KBE) pro m<sup>3</sup> Luft oder für Endotoxine als Endotoxin-Einheiten (englisch: units, EU) pro m<sup>3</sup> Luft.

### 2.3 Technischer Kontrollwert (TKW)

Der technische Kontrollwert ist die Konzentration von Biostoffen in der Luft in einem bestimmten Arbeitsbereich, ggf. auch bei einem bestimmten Verfahren, einem bestimmten Anlagentyp oder einer bestimmten Tätigkeit, die durch Schutzmaßnahmen grundsätzlich nach dem Stand der Technik eingehalten werden kann. Dieser Wert dient der Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen und wird vom ABAS festgelegt. Er kann als Summenwert (z. B. für die Konzentration kultivierbarer Schimmelpilze) oder bezogen auf Einzelparameter für Biostoffe (z. B. *Aspergillus fumigatus*) definiert werden. Der TKW ist an die jeweils festgelegte Messstrategie gebunden.

### 2.4 Exposition

Eine Exposition liegt dann vor, wenn Personen durch Tätigkeiten in Kontakt mit Biostoffen kommen. Sie wird beschrieben durch die Angabe der Biostoffkonzentration in einer Probe (siehe 2.9) und dem zugehörigen zeitlichen Bezug der Tätigkeit (Dauer, Häufigkeit).

### 2.5 Messung

Eine Messung ist der Vorgang, bei dem aufgrund einer Messaufgabe durch eine festgelegte Messstrategie die Konzentration von Biostoffen, deren Stoffwechselprodukten oder Zellbestandteilen unter Anwendung spezifischer Messverfahren (Probenahme und Analytik) bestimmt wird.

### 2.6 Messaufgabe

Die Messaufgabe ist die Fragestellung, die mit der Messung geklärt werden soll.

### 2.7 Messstrategie

Die Messstrategie umfasst die Auswahl eines Probenahme- und Analyseverfahrens unter Berücksichtigung der zu erfassenden Biostoffe, der lokalen Gegebenheiten und der Tätigkeiten, um die Messaufgabe zu erfüllen.

### 2.8 Messverfahren

- (1) Das Messverfahren umfasst das Probenahme- und das Analyseverfahren (einschließlich der Rechenvorschrift zur Auswertung), welches zum Messwert oder Messergebnis führt.

- (2) Allgemeine Hinweise zur Messung luftgetragener Biostoffe und deren Bestandteile am Arbeitsplatz finden sich z. B. in [1].
- (3) Um die Vergleichbarkeit von Messwerten zu garantieren, sind die Verfahrensschritte der Messverfahren für Biostoffe in der Luft in Arbeitsbereichen zu standardisieren und in einer Betriebsanweisung festzuhalten. Zu den Verfahrensschritten gehören:
  1. Technische Probenahme (Geräte, Dauer),
  2. Proben transport (Lagerung),
  3. Probenaufbereitung,
  4. Analyse und Auswertung der Proben,
  5. Berechnung der Ergebnisse.

## **2.9 Probenahme**

Die Probenahme ist der Vorgang, der aus

- der Sammlung von Biostoffen, ihrer Zellbestandteile oder Stoffwechselprodukte aus der Luft oder
- der Entnahme oder Absonderung einer Teilfraktion eines größeren Luftvolumens besteht.

## **2.10 Analyseverfahren**

Das Analyseverfahren umfasst die Probenaufbereitung, Analytik und Auswertung der Proben.

## **2.11 Schimmelpilze**

Als Schimmelpilze werden filamentöse Pilze bezeichnet, die zu verschiedenen heterogenen taxonomischen Gruppen gehören.

# **3 Planung und Vorbereitung von Messungen**

(1) Die BioStoffV enthält kein Grenzwertkonzept und keine allgemeine Messverpflichtung für den Arbeitgeber. Zur Gefährdungsbeurteilung können Messungen jedoch sinnvoll sein, um Art, Höhe, Dauer und Häufigkeit der Exposition der Beschäftigten gegenüber Biostoffen in der Luft am Arbeitsplatz zu ermitteln.

(2) Die Ermittlung, in welchen Fällen Messungen sinnvoll sind, sowie die Ausarbeitung einer angepassten Messstrategie hat im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung fachkundig zu erfolgen (§ 4 BioStoffV [2]). Verfügt die verantwortliche Person nicht selbst über die erforderliche Fachkunde zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung (TRBA 200 [3]), so hat sie sich fachkundig beraten zu lassen.

## **3.1 Zielsetzung von Messungen und Messaufgaben**

- (1) Zielsetzung von Messungen kann z. B. sein:
  1. Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen,
  2. Erarbeitung branchenspezifischer Hilfen zur Gefährdungsbeurteilung,
  3. Erarbeitung von TKW für weitere Arbeitsbereiche,
  4. Entwicklung von Schutzmaßnahmenkonzepten (z. B. Anlagenhersteller),
  5. Überprüfung von Arbeitsplätzen mit Tätigkeiten mit Biostoffen oder entsprechenden Kontaminationen in Hinblick auf eine mögliche Freisetzung in die Luft,

6. Beschaffung von Hinweisen zur Exposition gegenüber Biostoffen,
  7. Ermittlung von Expositionsstufen zur Anwendung des Expositionsstufenkonzepts der TRBA 400 für sensibilisierend und toxisch wirkende Biostoffe (siehe [4]),
  8. Beurteilung von Worst-Case-Szenarien.
- (2) Aus den genannten Zielsetzungen können sich dann z. B. folgende konkrete Messaufgaben ergeben:
1. Übersichtsmessung zur Abschätzung einer Biostoffkonzentration (siehe 4.2),
  2. Messungen in der Nähe der Emissionsquelle (siehe 4.3),
  3. Bestimmung der mittleren Expositionskonzentration über einen definierten Beurteilungszeitraum (siehe 4.4),
  4. Kontrolle der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen/Technischer Kontrollwert (siehe 2.2 und TRBA 214).

### 3.2 Informationsbeschaffung

(1) Grundlage zur Durchführung einer Messung ist die Kenntnis der im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 4 BioStoffV ermittelten Informationen zur möglicherweise vorhandenen Expositionssituation. Hinweise zur Informationsbeschaffung sind in der TRBA 400 „Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unterrichtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen“ beschrieben.

(2) Vor der Durchführung von Messungen müssen die technischen und betriebsspezifischen Faktoren erfasst werden, die einen Einfluss auf die Exposition von Beschäftigten gegenüber Biostoffen in der Luft am Arbeitsplatz haben können. Dies sind insbesondere:

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| Materialbezogene Faktoren   | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Mögliche Nahrungsquelle für Biostoffe, z. B. unbehandelte Naturprodukte (Jute, Hopfen, Reet), Klärschlamm, Kompost, Boden, Wasser (z. B. Abwasser, Prozesswasser),</li><li>2. Feuchtigkeit von Materialien oder Oberflächen,</li><li>3. Sichtbarer Befall mit Biostoffen, z. B. schimmelpilzbelastetes Archivgut, Biofilme,</li><li>4. Hohe, spezifische Oberfläche, z. B. Holzhackschnitzel, Kräuter und Gewürze,</li><li>5. Neigung zur Staubfreisetzung, z. B. Heu, Getreide,</li><li>6. poröse Materialien mit potenziellem Biostoffbewuchs, z.B. Haushaltsabfälle, Anlagenfilter),</li><li>7. Grad der Verarbeitung, z. B. bei Baumwolle oder Flachs, Kompost.</li></ol> |
| Tätigkeitsbezogene Faktoren | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Intensität der Bewegung oder Be- und Verarbeitung der Materialien, z. B. Rüttelsiebe, offene Übergabestellen von Förderbändern,</li><li>2. Unmittelbarer Kontakt zu kontaminierten Materialien,</li><li>3. Menge der gehandhabten Materialien, z. B. im Großhandelsmaßstab,</li><li>4. Dauer und Häufigkeit der zu bewertenden Tätigkeit,</li></ol>   |

5. Tätigkeiten mit Aerosolbildung, z. B. beim Einsatz von Hochdruckreinigern, beim Fräsen oder Schleifen,
  6. Prozessbedingte Expositionsspitzen,
  7. Biozide, die das Wachstum der Biostoffe modifizieren.
- Arbeitsplatzbezogene Faktoren
1. Arbeiten in geschlossenen Räumen mit unzureichender Lüftung, z. B. in Hallen ohne Querlüftung,
  2. Lagerbedingungen, die eine Vermehrung von Biostoffen begünstigen, z. B. Lagerung im Außenbereich mit Witterungseinfluss,
  3. Ausfall technischer Einrichtungen, z. B. Lüftung, Trocknungsprozesse,
  4. Hohe relative Luftfeuchte am Arbeitsplatz,
  5. Niedrige oder hohe Temperaturen am Arbeitsplatz,
  6. Leistungsfähigkeit Lüftungstechnischer Anlagen
  7. sonstige, die Luftströmung beeinflussende Faktoren (z.B. bei Einsatz von Ventilatoren),
  8. Fehlende Raumreinigung, keine Reinigung kontaminierter Arbeitsmittel.

(3) Informationen über das Vorkommen von Biostoffen im Arbeitsbereich können unter anderem aus

1. der TRBA 400, Anlage 3 und 4: Expositionsstufen für Schimmelpilze und Endotoxine in verschiedenen Arbeitsbereichen,
2. branchenspezifischen Handlungshilfen,
3. der GESTIS Biostoffdatenbank [5],
4. Erfahrungen bei vergleichbaren Tätigkeiten,
5. orientierenden Untersuchungen von Oberflächen oder Materialproben (z. B. Flüssigproben, Oberflächenkontaktproben) als mögliche Emissionsquellen,
6. Kenntnissen der Lebensbedingungen der Biostoffe (z. B. Vermehrung von Bakterien unter bestimmten Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Feuchtigkeit, pH-Wert, etc.),
7. wissenschaftlichen Studien

gewonnen werden.

### **3.3 Einflussfaktoren auf die Erfassung von Biostoffen**

(1) Die Schwankungen von Biostoffkonzentrationen können sehr groß sein und werden dadurch verursacht, dass die Freisetzung von Biostoffen in die Luft aus z. T. unterschiedlichen Quellen sowohl zeitlich als auch räumlich diskontinuierlich erfolgt. Messungen von Biostoffkonzentrationen sind stets Momentaufnahmen des aktuellen Zustandes. Tabelle 1 im Abschnitt 4 enthält Angaben zu Probenahmeverfahren, mit denen verschiedene Biostoffkonzentrationen am Arbeitsplatz als Momentaufnahme ermittelt werden können. Liegen solche Messergebnisse vor, erfolgt die Bewertung einer gesundheitlichen Gefährdung im

Zusammenhang mit der Expositionsdauer und -häufigkeit von Beschäftigten gegenüber diesen Biostoffen. Schichtmittelwerte werden aus Biostoffmessungen nicht abgeleitet.

(2) Faktoren, die einen Einfluss auf die Exposition von Beschäftigten gegenüber Biostoffen in der Luft am Arbeitsplatz haben können, werden im Abschnitt 3.2 beschrieben.

(3) Das Messverfahren ist sorgfältig auf die Messaufgabe abzustimmen. Die Grenzen von Messverfahren sind bei der Ergebnisbeurteilung zu berücksichtigen. Sollen bestimmte Mikroorganismen, z. B. Legionellen erfasst werden, ist bei der Auswahl der mikrobiologischen Analyseverfahren darauf zu achten, dass diese möglichst spezifisch sind. Einflussfaktoren auf Messergebnisse, die bei der Auswahl der Messstrategie und des Messverfahrens berücksichtigt werden sollten, werden in Anhang 1 beschrieben.

(4) Bei stationären Messungen können unterschiedliche Luftströmungen einen Einfluss auf die Biostoffkonzentration haben. Dies ist z. B. bei der Außenluftreferenzmessung bei der Auswahl des Aufstellungsortes der Messgeräte am Tag der Probenahme zu berücksichtigen (Frischluf- und Abluftseite einer Anlage).

### **3.4 Anforderungen an die Messinstitutionen**

(1) Der Arbeitgeber soll nur solche Einrichtungen und Laboratorien (Messinstitutionen) zur Durchführung von Messungen beauftragen, die über geeignetes Personal (mit mikrobiologischer Fachausbildung oder vergleichbarer Ausbildung und umfangreicher, spezifischer Berufserfahrung) und über die erforderliche Labor- und Messausstattung verfügen. Sie sollten nachweisbare Erfahrungen in der Ermittlung und Erfassung lufthygienischer Parameter am Arbeitsplatz, insbesondere in der Anwendung von Luftkeim- und Staubsammelgeräten, im Umgang mit Mikroorganismen und in der qualitativen und quantitativen Bestimmung der jeweils zu untersuchenden Mikroorganismen haben.

(2) Laborleiter von Messinstitutionen müssen über einen mikrobiologisch orientierten, naturwissenschaftlichen, medizinischen oder tiermedizinischen Abschluss sowie ausgewiesene Erfahrungen mit Biostoffmessungen verfügen. Zur Beurteilung der Messergebnisse sind systematische und ökologische Kenntnisse von mikrobiellen Lebensgemeinschaften notwendig.

(3) Eine Messinstitution hat ein Qualitätsmanagementsystem zu betreiben. Informationen dazu enthält z. B. die DIN EN ISO/IEC17025.

(4) Die genannten Anforderungen gelten auch bei der Vergabe von Unteraufträgen, z. B. für Probenahme oder Analytik. Der Hauptauftragnehmer hat die Pflicht, beteiligte Unterauftragnehmer und deren Qualifikation im Untersuchungsbericht zu benennen.

## **4 Durchführung von Messungen**

(1) Bei der Durchführung von Biostoffmessungen in der Luft am Arbeitsplatz sind die unter 3.3 aufgeführten Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

(2) Um vergleichbare und repräsentative Ergebnisse zu erhalten, sind bevorzugt standardisierte Verfahren zu verwenden. Das Verwenden anderer Verfahren zur Beurteilung ist möglich, wenn deren Eignung, insbesondere die Vergleichbarkeit, nachgewiesen wurde. Standardisierte Messverfahren sind bisher für Bakterien, Pilze und Endotoxine beschrieben [6, 7, 8, 9]. Darüber hinaus wurden Probenahme- und Analyseverfahren zur Bestimmung der Gesamtzellzahl von Bakterien und der Gesamtsporenzahl von Schimmelpilzen veröffentlicht [10, 11].

(3) Es sollten Probenahmegeräte verwendet werden, die gemäß DIN EN 481 „Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel“ die einatembare Fraktion erfassen.

#### **4.1 Ermittlung der Hintergrundkonzentration in der Außenluft**

(1) Die Hintergrundkonzentration in der Außenluft stellt in der Regel ein Kriterium im Rahmen der Bewertung der Messergebnisse dar. Sie soll daher durch Referenzmessung der Außenluft i. d. R. stationär ermittelt werden.

(2) Die Bestimmung der Biostoffkonzentration in der Außenluft soll am Tag der Messung im engen zeitlichen Zusammenhang auf dem Betriebsgelände oder in unmittelbarer Nähe des Betriebsgeländes erfolgen. Diese Messung erfolgt unter Einsatz desselben Messverfahrens, das für die Messungen am Arbeitsplatz angewendet wird. Daher ist sicherzustellen, dass je nach zu erwartender Biostoffexposition sowohl niedrige als auch hohe Konzentrationen bestimmt werden können. Dies kann durch Änderung des Probenahmenvolumens, der Probenahmedauer oder durch Anpassung des Messbereichs des Analyseverfahrens erreicht werden. Bei der Wahl des Messortes für die Außenluftmessung sind die örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen, z. B. Frischluftseite, weitere Emittenten.

(3) In Abhängigkeit von der Messaufgabe können anstelle von Außenluftmessungen auch andere Referenzmessungen zur Bewertung einer Arbeitsplatzmessung herangezogen werden, z. B. Messungen ohne Ausübung der Tätigkeit, Messungen in als unbelastet geltenden Räumen oder unter verschiedenen Betriebszuständen.

#### **4.2 Übersichtsmessung zur Abschätzung einer Biostoffkonzentration**

(1) Übersichtsmessungen (orientierende Messungen) werden durchgeführt, um festzustellen, ob Biostoffe vorliegen und wenn ja, in welcher Größenordnung.

(2) In Übersichtsmessungen werden i. d. R. Summengrößen wie z. B. die Gesamtkoloniezahl von Schimmelpilzen oder Bakterien oder die Endotoxin-Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz bestimmt. Für diese Messungen eignen sich insbesondere solche Verfahren, die über einen weiten Konzentrationsbereich Messwerte liefern. Solche Verfahren sind beispielsweise in den biostoffspezifischen Kennziffern der IFA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz“ beschrieben [6, 7, 8]. In Abhängigkeit von der Messaufgabe können auch andere Verfahren, wie z. B. die Bestimmung der Gesamtzellzahl [10], die Bestimmung der Gesamtsporenzahl [11] oder molekularbiologische Nachweisverfahren zum Einsatz kommen [12].

(3) Der Stichprobenumfang der Messungen richtet sich an der Messaufgabe aus. Liegen keinerlei Messergebnisse zur Fragestellung vor, wird empfohlen, mindestens drei Messungen durchzuführen, um einen Anhaltspunkt über die Höhe der Biostoffkonzentration zu erhalten. Die Messungen sollten in Atemhöhe an einem für den Arbeitsbereich repräsentativen Arbeitsplatz durchgeführt werden. Sind zeitliche Schwankungen der Exposition zu erwarten, so sollten die drei Messungen zeitlich so durchgeführt werden, dass diese Schwankungen erfasst werden.

(4) Sind in einer Anlage Betriebszustände unterscheidbar oder werden in einem Arbeitsbereich Tätigkeiten ausgeführt, die einen Einfluss auf die Höhe der Konzentration der Biostoffe haben, werden die Betriebszustände ermittelt, die zu einer möglichst niedrigen und zu einer möglichst hohen Konzentration führen. Dazu werden je Betriebszustand mindestens drei Messungen an demselben Messort durchgeführt.

### 4.3 Messungen in der Nähe der Emissionsquelle

(1) Messungen in der Nähe einer Emissionsquelle können Informationen zu Art und Umfang der Freisetzung von Biostoffen liefern. Die Untersuchung von Materialproben kann ebenfalls zur Ermittlung möglicher Emissionsquellen beitragen.

*Hinweis:* Ein Beispiel für solche Untersuchungen stellt die Messung der Luftkonzentration von Biostoffen an einer Fräsmaschine in Verbindung mit der Konzentrationsbestimmung in Materialproben der verwendeten Kühlschmierstoffe dar.

(2) Es wird empfohlen, mindestens drei Einzelmessungen und ggf. Materialanalysen durchzuführen, um die Stärke der Emissionsquelle abzuschätzen. Sind zeitliche Schwankungen der Exposition zu erwarten, so sollen die drei Messungen zeitlich so gewählt werden, dass diese Schwankungen erfasst werden und dies mit jeweils drei Messzeitpunkten in einem engen Zeitfenster erfolgt.

(3) Als Konvention wird festgelegt, dass für das Messergebnis der arithmetische Mittelwert oder Median (entsprechend Tab. 1) aus allen Einzelmessungen angegeben werden soll. Die Probenahme soll möglichst in unmittelbarer Nähe der Emissionsquelle erfolgen.

### 4.4 Bestimmung der mittleren Expositionskonzentration über einen definierten Beurteilungszeitraum

(1) Die Bestimmung der mittleren Konzentration über einen definierten Beurteilungszeitraum, z. B. für die Dauer einer Tätigkeit, dient der Ermittlung der Höhe einer Exposition. Diese Konzentrationen können im Sinne der TRBA 400 herangezogen werden, um Expositionsstufen zu bestimmen.

(2) Das Messverfahren muss repräsentative Messergebnisse für die Exposition der Beschäftigten liefern. Die Messungen sind tätigkeitsbezogen und vorrangig mit personengetragener Probenahme durchzuführen.

(3) Unter Berücksichtigung der Art der zu messenden Biostoffe und der erwarteten Höhe der Exposition sind zur Feststellung der mittleren Expositionskonzentration solche Bestimmungsverfahren besonders geeignet, die eine möglichst lange Probenahmedauer erlauben. Zur Orientierung mit Blick auf den Probenumfang dienen die in Tabelle 1 aufgeführten Werte.

Tabelle 1: Angaben zu Probenahmeverfahren für Biostoffmessungen (Auswahl)

Biostoff	Messbereich	Probenahmeverfahren	Mindestzahl Proben	Probenahmedauer [min]	Ergebnisangaben	Literatur
Aktinomyzeten <sup>1</sup>	<10.000 KBE/m <sup>3</sup>	Filtration: Direkte Methode	5	1-10	Median <sup>2</sup>	KAN-Studie Mikroorganismen in der Arbeitsplatzatmosphäre – Aktinomyceten, 1999 [16]
		Impaktion: Auf Nährmedium	4	1-10	Median <sup>2</sup>	Probenahme: IFA-Arbeitsmappe, Kennziffer 9430 Anhang [7] Analytik: KAN-Studie Mikroorganismen in der Arbeitsplatzatmosphäre – Aktinomyceten, 1999 [16]
	>10.000 KBE/m <sup>3</sup>	Filtration: Indirekte Methode	2	6-120	Arithmetischer Mittelwert	KAN-Studie Mikroorganismen in der Arbeitsplatzatmosphäre – Aktinomyceten, 1999 [16]
Bakterien	<10.000 KBE/m <sup>3</sup>	Filtration: Direkte Methode	10	1-10	Median <sup>2</sup>	IFA-Arbeitsmappe, Kennziffer 9430 [7]
		Impaktion: Auf Nährmedium	4	1-10	Median <sup>2</sup>	IFA-Arbeitsmappe, Kennziffer 9430 Anhang [7]
	>10.000 KBE/m <sup>3</sup>	Filtration: Indirekte Methode	5	1-10	Arithmetischer Mittelwert	IFA-Arbeitsmappe, Kennziffer 9430 [7]
Endotoxine	- EU/m <sup>3</sup>	Filtration	2	60-480	Arithmetischer Mittelwert	IFA-Arbeitsmappe, Kennziffer 9450 [8] DIN EN 14031, Analytik: Limulus-Amoebocyten-Lysat-Test (LAL) [9]

<sup>1</sup> Bei der Umschreibung „Aktinomyzeten“ handelt es sich nicht um ein korrektes Taxon, sondern vielmehr um eine ökologische Kategorie mit großer morphologischer Vielfalt [18].

<sup>2</sup> Die Mittelwertangabe als Median erfolgt in Form einer Konvention.

Biostoff	geeignet für Größenordnung	Probenahmeverfahren	Mindestzahl Proben	Probenahmedauer [min]	Ergebnisangaben	Literatur
Endotoxine	- EU/m <sup>3</sup>	Impingement	2	≤30	Median <sup>2</sup> oder Arithmetischer Mittelwert <sup>3</sup>	VDI 4254 Blatt 2, Analytik: rekombinanter Faktor C-Test (rFC) [13]
Schimmelpilze/Hefen	<10.000 KBE/m <sup>3</sup>	Filtration: Direkte Methode	5	1-10	Median <sup>2</sup>	IFA-Arbeitsmappe, Kennziffer 9420 [6]
		Impaktion: Auf Nährmedium	4	1-10	Median <sup>2</sup>	Probenahme: DIN ISO 16000-18 [14] Analytik: DIN ISO 16000-17 [15]
	>10.000 KBE/m <sup>3</sup>	Filtration: Indirekte Methode	2	60-120	Arithmetischer Mittelwert	IFA-Arbeitsmappe, Kennziffer 9420 [6]

*Hinweis:* Die Angaben zur Probenahmedauer beziehen sich auf die jeweiligen Probenahmeverfahren. Probenahmeholumina können gerätespezifisch fixiert oder frei wählbar sein und werden im Rahmen der Messstrategie festgelegt.

<sup>3</sup> In der VDI 4254, Blatt 2 wird beides dargestellt.

## 5 Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen

(1) Gemäß § 3 Arbeitsschutzgesetz [19] gehört es zu den Grundpflichten des Arbeitgebers, ergriffene Schutzmaßnahmen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen. Bei technischen Schutzmaßnahmen ist die Funktion nach § 8 Absatz 6 BioStoffV regelmäßig und deren Wirksamkeit mindestens jedes zweite Jahr zu überprüfen. Das Ergebnis und das Datum der Wirksamkeitsprüfung sind in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung festzuhalten. Die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen muss auch unter den ungünstigsten betriebsüblichen Verhältnissen gegeben sein.

(2) Bei der Betrachtung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen ist zu beachten, dass diese über die reine Funktionsprüfung hinausgeht. Beispielsweise kann eine Lüftungsanlage zwar technisch einwandfrei in Betrieb, aber dennoch nicht ausreichend sein, um eine nicht belastende Arbeitsplatzatmosphäre sicherzustellen. Ob Schutzmaßnahmen vor biologischen Gefährdungen wirksam sind, kann in vielen Fällen durch Messungen geeigneter Parameter überprüft werden.

(3) Die Vorgehensweise zur Kontrolle der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen soll

- Arbeitgeber/Anlagenbetreiber,
- Überwachungsbehörden,
- Hersteller von technischen Schutzeinrichtungen

in die Lage versetzen, die angestrebte Verringerung der Konzentration von Biostoffen in Arbeitsbereichen zu überprüfen.

(4) Die Messungen sind so zu planen, dass zum Zeitpunkt der Messungen typische, arbeitstägliche Betriebszustände vorherrschen.

### 5.1 Kontrolle der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen anhand eines TKW

(1) TKW und die dazugehörigen Messstrategien werden vom ABAS fortlaufend überprüft und ggf. an den Stand der technischen Entwicklung, der analytischen Möglichkeiten sowie den Stand der Forschung zur Wirkung von Biostoffen auf die Gesundheit angepasst.

(2) Wurde für einen Arbeitsbereich, ein Arbeitsverfahren oder einen Anlagentyp in einer Bekanntmachung nach § 19 Absatz 4 BioStoffV in entsprechenden TRBA ein TKW festgelegt, der die nach dem Stand der Technik erreichbare Konzentration der Biostoffe in der Luft am Arbeitsplatz beschreibt, so ist dieser Wert für die Wirksamkeitsüberprüfung entsprechender Schutzmaßnahmen heranzuziehen. Eine Bewertung gesundheitlicher Auswirkungen kann mit dem TKW nicht durchgeführt werden.

(3) Die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen soll bei Inbetriebnahme einer Anlage bzw. Aufnahme von Tätigkeiten durch Messungen überprüft werden.

(4) Die Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen anhand eines TKW durch Messungen von Biostoffen hat mit der für diesen Wert in einer spezifischen TRBA festgelegten Messstrategie zu erfolgen.

(5) Schutzmaßnahmen können als wirksam betrachtet werden, wenn das Messergebnis den TKW nicht überschreitet. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen ist nicht gegeben, wenn das Messergebnis den TKW überschreitet. Für die Entscheidung ist die erweiterte Messunsicherheit des Messverfahrens zu berücksichtigen.

(6) Die Messungen sind in regelmäßigen Abständen, die in der BioStoffV in § 8 Absatz 6 festgelegt sind, sowie bei Änderungen der Betriebsbedingungen, die sich auf die Expositionssituation auswirken können, zu wiederholen.

## 5.2 Kontrolle der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen ohne TKW

- (1) Für die Wirksamkeitsprüfung von Schutzmaßnahmen können validierte, auf Normen basierte Prüfverfahren oder auch Angaben von Herstellern anhand der dort definierten Kenn- und Zielgrößen herangezogen werden. Ein Beispiel hierfür ist die Prüfung mikrobiologischer Sicherheitswerkbänke nach DIN EN 12469.
- (2) Im Fall der Lüftungstechnik sind Parameter geeigneter Prüfverfahren beispielsweise
  - Luftwechselrate,
  - Einströmgeschwindigkeit,
  - Erfassungsgeschwindigkeit,
  - Erfassungsluftstrom,
  - Druckabfall an der Filtereinheit,
  - Filterdichtsitz,
  - Filterstandzeiten bzw. Betriebszeiten.
- (3) Sollten weder Normen noch Herstellerangaben vorliegen oder geeignet sein, um Kriterien für eine Wirksamkeitsprüfung zu ermöglichen, soll eine Arbeitsplatzmessung luftgetragener Biostoffe unter Beachtung der im Folgenden genannten Parameter durchgeführt werden. Die Bewertung richtet sich an dem in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Schutzziel aus.
- (4) Arbeitsplatzmessungen luftgetragener Biostoffe sollten an den Arbeitsplätzen und bei den Betriebszuständen überprüft werden, bei denen die höchste tätigkeits- und betriebsbedingte Konzentration von Biostoffen zu erwarten ist. Aufschluss über diese Arbeitsplätze ergibt die Erhebung der Arbeitsplatzsituation. Vor der Durchführung von Messungen ist sicherzustellen, dass die Schutzmaßnahmen dem Stand der Technik entsprechen.
- (5) Lassen sich bei Arbeitsplatzmessungen luftgetragener Biostoffe Kenngrößen technischer Beurteilungsparameter wie z. B. Luftvolumenstrom und Luftwechselrate ableiten und belegen, so können diese für die wiederkehrenden Überprüfungen anstelle von Biostoffmessungen herangezogen werden. Hinweise für die Wirksamkeitsprüfung können sich aus den Angaben der Hersteller für den korrekten Betrieb von Anlagen oder Arbeitsmitteln ergeben oder sind dort zu erfragen.
- (6) Klimatische Bedingungen können einen Einfluss auf die Konzentration luftgetragener Biostoffe haben. Messungen sollen unter klimatischen und betriebsüblichen Bedingungen stattfinden, unter denen die höchsten Konzentrationen von Biostoffen zu erwarten sind. Ein möglicher jahreszeitlicher Einfluss auf das Ausmaß einer Exposition gegenüber Biostoffen muss bei der Beurteilung von Messergebnissen berücksichtigt werden.
- (7) Die Überprüfung der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen soll durch eine repräsentative Anzahl von Messungen erfolgen. Angaben zur Mindestanzahl von Proben pro Messung in Abhängigkeit von der Probenahmedauer und der Messgröße sowie zur Berechnung der Messergebnisse können Tabelle 1 in Abschnitt 4.4 entnommen werden.
- (8) Die Messungen sollen vor und nach dem Einsatz der technischen Schutzmaßnahmen bei gleicher Auslastung der Anlage erfolgen. Bei bestehenden Lüftungstechnischen Maßnahmen soll der Betriebszustand erfasst werden, z. B. ein- und ausgeschalteter Zustand. Bei einer Messung mit ausgeschalteter Lüftung müssen Beschäftigte im Arbeitsbereich persönliche Schutzausrüstung (PSA) tragen.

(9) Die Angaben des Herstellers zum Betrieb der Anlage sind zu beachten, ggf. ist eine ausreichende Vorlaufzeit für die volle Entfaltung der Wirkung einer Schutzmaßnahme zu gewährleisten. Dies ist im Rahmen der Messstrategie zu beachten.

(10) Soll für mehrere Arbeitsplätze die Wirkung einer gemeinsamen technischen Schutzmaßnahme überprüft werden, ist die Ermittlung von Messwerten an einem Arbeitsplatz, an dem ungünstige Bedingungen herrschen, ausreichend.

## 6 Berichterstattung

(1) Um die Messergebnisse nachvollziehen und beurteilen zu können, ist es erforderlich, die folgenden Angaben festzuhalten:

1. Messinstitut,
2. Messaufgabe,
3. Beschreibung der material-, tätigkeits- und arbeitsplatzbezogenen Faktoren, die einen Einfluss auf die Exposition von Beschäftigten gegenüber Biostoffen am Arbeitsplatz haben können (siehe Abschnitt 3.2 Absatz 2),
4. Betriebsbedingungen zur Zeit der Messung (Betriebszustand, Auslastung),
5. Beschreibung der Messorte (Skizze),
6. Randbedingungen der Messung (Datum, Uhrzeit, Raumklima, Wetter, Jahreszeit),
7. Messverfahren (Probenahme, Messgerät, Messdauer, Anzahl der beaufschlagten Probenträger, Analyseverfahren),
8. Transportbedingungen (Dauer, Lagerbedingungen bis zur Aufarbeitung),
9. Messergebnisse.

(2) Bei Messungen zur Bestimmung einzelner Arten oder Gruppen von Mikroorganismen muss der Bericht Aussagen zur Spezifität der ausgewählten mikrobiologischen Analyseverfahren enthalten.

(3) Auf eine sachliche Darstellung der Messergebnisse im Bericht ist zu achten. Die Interpretation von Messergebnissen aufgrund persönlicher Kenntnisse und Erfahrungen muss ausdrücklich als solche gekennzeichnet werden. Quellen, auf die bei der Ergebnisbeurteilung Bezug genommen wird, müssen angegeben werden. Aussagen über das gesundheitsschädigende Potenzial von nachgewiesenen Biostoffen ohne Bezug zur tatsächlichen Exposition dürfen in Berichten nicht erfolgen. Ein Beispiel für eine solche unzulässige Aussage wäre, dass Schimmelpilze bestimmte Mykotoxine bilden können, die potenziell toxische oder krebsauslösende Wirkungen haben können, ohne dass diese selbst nachgewiesen wurden.

(4) Die Beurteilung von Messergebnissen und die Empfehlungen von Maßnahmen für den Arbeitgeber richtet sich nach der Aufgabenstellung und kann nur im Rahmen der eigenen Fachkunde erfolgen. Die medizinische Beurteilung der Messergebnisse ist kein Bestandteil des Berichts.

(5) Beim Vergleich der Messergebnisse vom Arbeitsplatz mit Messergebnissen aus der Außenluft muss neben den Außenluftkonzentrationen vom Tag der Messung auch die natürliche Schwankungsbreite der Außenluftkonzentration im Jahresverlauf berücksichtigt werden [17].

## Anhang 1: Einfluss von Messstrategie und Messverfahren auf Ergebnisse aus Biostoffmessungen

- (1) Faktoren, die Einfluss auf die Ergebnisse von Expositionsmessungen von Biostoffen nehmen können, sind vielfältig. Sie resultieren sowohl aus den Gegebenheiten vor Ort und der darauf abgestimmten Messstrategie als auch aus den Limitierungen der gewählten Messverfahren.
- (2) Der Einfluss der auftretenden Faktoren auf die Messunsicherheit ist nicht exakt abschätzbar. Durch eine falsche Messstrategie oder den Einsatz ungeeigneter Messverfahren kann die vorhandene Exposition falsch eingeschätzt werden. Daher sind Probenahme- und Analysenverfahren auf die Messaufgabe abzustimmen. Limitierende Faktoren bei der Probenahme und den angewendeten Messverfahren müssen bei der Beurteilung der Ergebnisse stets dokumentiert werden. Je genauer solche Limitierungen bekannt sind, umso besser können die Ergebnisse im Zusammenhang mit der konkreten Messaufgabe bewertet werden.
- (3) Ein von klimatischen Bedingungen abhängiges allgemeines Vorkommen von Biostoffen in der Luft ist bei den Messungen zu berücksichtigen (Hintergrundexposition).
- (4) Lebende oder aktive Biostoffe sind empfindlich gegenüber verschiedenartigen Einflüssen. Daher müssen insbesondere bei der Auswahl des Messverfahrens, beim Probentransport und bei der Probenlagerung besondere Anforderungen erfüllt werden (s. u. Tabelle Anhang 1).
- (5) Die Risikogruppenzuordnung von Biostoffen beruht auf ihrem Infektionspotenzial. Darüber verfügen nur lebensfähige/aktive Biostoffe. Aus diesem Grund hat man sich ursprünglich für die Kultivierung als analytisches Nachweisverfahren entschieden.
- (6) Beim Einsatz von kulturunabhängigen Verfahren, z. B. basierend auf einem DNA/RNA Nachweis wie PCR-Verfahren, können nur bei Anwendung spezifischer Verfahren Aussagen zur Lebensfähigkeit getroffen werden.

Tabelle Anhang 1: Mögliche Einflussfaktoren auf die Ergebnisse einer Biostoffmessung (Auswahl)

	Kriterien	Erläuterungen
<b>Messstrategie</b>	<b>Ort und Zeit der Messung</b>	Mit Bezug zur örtlichen Gegebenheit müssen vor allem Schwankungen der Expositionskonzentrationen von Biostoffen bei den Messungen berücksichtigt werden. Solche Schwankungen sind z. T. sehr groß und werden dadurch verursacht, dass die Freisetzung von Biostoffen z. B. aus unterschiedlichen (z. B. Futtermaterial und Fäkalien in einem Stall) oder sich verändernden Quellen (z. B. eine reife Kompostmiete) sowohl zeitlich als auch räumlich diskontinuierlich erfolgt. Damit ist die Freisetzung aus quantitativer und qualitativer Sicht inhomogen. Messungen von Expositionskonzentrationen sind stets Momentaufnahmen des aktuellen Zustandes. Die kumulative Zeitdauer und Anzahl und Verteilungen der einzelnen Probenahmen spielt als beeinflussender Faktor daher eine bedeutende Rolle bei der Bewertung der Expositionshöhen.

	<b>Kriterien</b>	<b>Erläuterungen</b>
	<b>Vergleich von Arbeitsplatz- und Hintergrundkonzentration</b>	In der Regel wird die Außenluft als Referenz zur Beurteilung der Biostoffkonzentration am Arbeitsplatz herangezogen. In Abhängigkeit von der Messaufgabe sind zusätzlich zu quantitativen auch qualitative Ergebnisse für die Beurteilung erforderlich (z. B. Einsatz selektiver Nährmedien oder Identifizierung bzw. Differenzierung der Biostoffe).
<b>Probenahme</b>	<b>Physikalische Sammeleffizienz</b>	In Abhängigkeit von der Quelle, der Art des Biostoffes und der Art der Freisetzung können die Biostoffe in der Luft z. B. einzeln, als Agglomerate oder partikelgebunden vorliegen. Die Wahl des Sammel-systems entscheidet u.a. darüber, welche Partikelfrak-tionen erfasst und im Sammel-system ab-geschieden werden.
	<b>Biologische Sammeleffizienz</b>	Die Sammlung austrocknungsempfindlicher Biostoffe oder die Wahl zu langer Sammelzeiten kann z. B. bei dem Filtrationsverfahren dazu führen, dass empfindliche Biostoffe absterben oder so in ihrem physiologischen Zustand verändert werden, dass ihre Kultivierung im Anschluss an die Sammlung nicht mehr gelingt.
	<b>Agglomerate</b>	Proben, die Zellagglomerate beinhalten, können bei der Kultivierung zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen führen. Beim Einsatz z. B. von Impaktions-sammlern in Arbeitsbereichen mit hoher Anzahl an Agglomeraten, bei denen die Agglomerate direkt ohne weitere Aufarbeitung auf Nährmedien aufgebracht werden, kann die Mikroorganismenzahl deutlich unterschätzt werden.
<b>Analyseverfahren</b>	<b>Kultivierungsbedingungen</b>	<p>Jede Kultivierungsbedingung ist selektiv und ermöglicht nur den Biostoffen das Wachstum, deren Stoffwech-sel-eigenschaften man gerecht wird. Auch mit komplexen Nährmedien wird meist nur ein kleiner Teil der vorhan-denen Biostoffe erfasst.</p> <p>Kein/e Selektivmedium/Kultivierungsbedingung ist so selektiv, dass nur eine Art oder die Vertreter einer ein-zelnen Gattung der Biostoffe wachsen. Auch Biostoffe, die nicht das Ziel der Messung sind, können auf den ver-wendeten Nährmedien mit kultiviert werden. Es muss der Nachweis erbracht werden, ob es sich bei den vor-handenen Biostoffen um die nach Messstrategie nach-zuweisenden Biostoffe handelt.</p> <p>Alle derzeit standardisierten Verfahren stellen eine Kon-vention dar. Weiterhin müssen Kultivierungsbedingun-</p>

	<b>Kriterien</b>	<b>Erläuterungen</b>
		gen dem Messobjekt gemäß gewählt werden. So müssen z. B. Biostoffe mit einem anaeroben Stoffwechsel in einer sauerstofffreien oder -reduzierten Atmosphäre angezüchtet oder zur Erfassung langsam wachsender oder thermophiler Biostoffe längere Inkubationszeiten oder höhere Temperaturen gewählt werden.
	<b>Erfassung toter/inaktivierter Biostoffe</b>	Expositionen gegenüber toten/inaktivierten Biostoffen sind mit Kultivierungsverfahren nicht erfassbar. Wird vermutet, dass von den toten/inaktivierten Biostoffen sensibilisierende oder toxische Wirkungen ausgehen könnten, sollten die dafür verantwortlichen Biostoffbestandteile oder Stoffwechselprodukte direkt gemessen werden.
	<b>Erfassung von Biostoffen mit unbekanntem Kultivierungsbedingungen</b>	Bei Biostoffen, deren Kultivierungsbedingungen nicht bekannt sind, können kultivierungsunabhängige Verfahren wie z. B. Lichtmikroskopie, Zellzahlbestimmung oder molekularbiologische Nachweisverfahren herangezogen werden, um sich eine Übersicht über diesen Teil der Biostoffpopulation zu verschaffen.

## Literaturhinweise

- [1] Exposition am Arbeitsplatz – Messung von luftgetragenen Mikroorganismen und mikrobiellen Bestandteilen – Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 13098: 2019; Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: DIN EN 13098: 2019-12
- [2] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) vom 15. Juli 2013. Zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 21. Juli 2021 (BGBl. I S. 3115)
- [3] TRBA 200 „Anforderungen an die Fachkunde nach Biostoffverordnung“. GMBI 2014, Nr. 38 vom 30.6.2014 1. Änderung 2022, GMBI Nr. 16 vom 28.4.2022
- [4] TRBA 400 „Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unterrichtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen“. GMBI Nr. 10-11 vom 31. März 2017, S. 158-1821. Änderung: GMBI. Nr. 30 vom 3.7.2018, S. 589
- [5] GESTIS-Biostoffdatenbank:  
<https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-biostoffdatenbank/index.jsp>
- [6] Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9420). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 30. Lfg. IV/03. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg. [www.ifa-arbeitsmappedigital.de/9420](http://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/9420)
- [7] Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9430). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 32. Lfg. IV/04. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg. [www.ifa-arbeitsmappedigital.de/9430](http://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/9430)
- [8] Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9450). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 28. Lfg. IV/02. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg. [www.ifa-arbeitsmappedigital.de/9450](http://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/9450)
- [9] Exposition am Arbeitsplatz – Quantitative Messung von luftgetragenen Endotoxinen; Deutsche Fassung EN 14031: 2021. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: DIN EN 14031: 2021-09
- [10] Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Bestimmung der Gesamtzellzahl mittels Fluoreszenzanalyse nach Anfärbung mit DAPI. VDI-Richtlinie 4253 Blatt 4, Ausgabe 2013-02
- [11] Innenraumluftverunreinigungen – Teil 20: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Bestimmung der Gesamtsporenzahl (ISO 16000-20: 2014). Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: DIN ISO 16000-20: 2015-11
- [12] Jäckel, U., Schäfer, J. und E. Martin (2013). Mikrobiologische Methoden zur Gewinnung von Expositionsdaten bei berufsbedingtem Kontakt mit biologischen Arbeitsstoffen an hoch belasteten Arbeitsplätzen, Teil 1: Methodenauswahl. Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 73 (9): 358-360
- [13] Bioaerosole und biologische Agenzien – Emissionsmessung von Endotoxinen. VDI-Richtlinie 4254 Blatt 2, Ausgabe 2022-03

- [14] Innenraumluftverunreinigungen – Teil 18: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme durch Impaktion (ISO 16000-18:2011 + Cor. 1:2011). Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: DIN EN ISO 16000-18: 2012 01
- [15] Innenraumluftverunreinigungen – Teil 17: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Kultivierungsverfahren (ISO 16000-17: 2008). Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin: DIN EN ISO 16000-17, 2010 06
- [16] Mikroorganismen in der Arbeitsplatzatmosphäre – Aktinomyceten. KAN-Bericht 13, 2. Aufl. Hrsg.: Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa, Sankt Augustin 1999
- [17] Kolk, A., Van Gelder, R., Schneider G. und S. Gabriel (2009): Mikrobiologische Hintergrundwerte in der Außenluft – Auswertung der IFA-Expositionsdatenbank MEGA. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 69 (4): 113-123
- [18] Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin 2017  
<https://www.umweltbundesamt.de/schimmelleitfaden>
- [19] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) Ausfertigungsdatum: 7.8.1996. Zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 31.5.2023 I Nr. 140