

|   |   |            |
|---|---|------------|
| Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe | <b>Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe</b> | <b>405</b> |
|---|---|------------|

Die Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) geben den Stand der sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen, hygienischen sowie arbeitswissenschaftlichen Anforderungen bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen wieder. Sie werden vom

### **Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS)**

aufgestellt und von ihm der Entwicklung entsprechend angepasst. Die TRBA werden vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung im Bundesarbeitsblatt bekannt gegeben.

#### **Inhalt**

1. Anwendungsbereich
2. Begriffsbestimmungen, Erläuterungen
3. Allgemeines
4. Planung und Vorbereitung der Messungen
5. Messungen zur Kontrolle der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen / Technischer Kontrollwert
6. Allgemeine Aspekte bei Messungen
7. Protokoll

#### **1. Anwendungsbereich**

Die hier beschriebene Vorgehensweise gibt Empfehlungen für die Bestimmung der Konzentration von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen und die Anwendung von technischen Kontrollwerten zur Überprüfung der Wirksamkeit von technischen Schutzmaßnahmen. Nicht berücksichtigt ist dabei die Ermittlung von Viren.

#### **2. Begriffsbestimmungen, Erläuterungen**

Die Begriffsbestimmungen unter Nrn. 2.1 bis 2.3 beziehen sich auf Grund des Anwendungsbereichs dieser TRBA auf den Teilaspekt der *luftgetragenen* biologischen Arbeitsstoffe. Davon abzugrenzen ist das Vorhandensein von biologischen Arbeitsstoffen in Materialien oder an Gegenständen.

##### **2.1 Konzentration**

Die Konzentration von Bakterien und Pilzen in der Luft ist die in der Einheit des Luftvolumens befindliche Anzahl von Bakterien und Pilzen. Sie wird bei kultivierungsabhängigen Verfahren angegeben als die Anzahl koloniebildender Einheiten (KBE) pro m<sup>3</sup> Luft.

## **2.2 Technischer Kontrollwert (TKW)**

Der technische Kontrollwert legt die Konzentration biologischer Arbeitsstoffe in der Luft für einen bestimmten Arbeitsbereich, ggf. auch für ein bestimmtes Verfahren oder einen bestimmten Anlagentyp fest, die grundsätzlich nach dem Stand der Technik erreicht werden kann. Dieser Wert dient der Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen und wird vom ABAS festgelegt. Er kann als Summenwert oder bezogen auf Mikroorganismengruppen definiert werden. Der TKW ist an die jeweils festgelegte Messstrategie gebunden.

## **2.3 Exposition**

Exposition wird verstanden als das Vorhandensein von Bakterien und Pilzen in der Luft im Atembereich des Beschäftigten. Sie wird beschrieben durch Angabe von Konzentration und zugehörigem zeitlichen Bezug.

## **2.4 Arbeitsbereich**

Der Arbeitsbereich ist der zu beurteilende räumlich oder organisatorisch begrenzte Teil eines Betriebes. Dieser kann einen oder mehrere Arbeitsplätze umfassen. Er wird im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegt.

## **2.5 Messverfahren**

Das Messverfahren umfasst das oder die Bestimmungsverfahren, die Anzahl der zu nehmenden Proben und deren räumliche und zeitliche Verteilung sowie die Rechenvorschrift, die zum Messwert oder Messergebnis führt.

Allgemeine Hinweise zur Messung von Bioaerosolen am Arbeitsplatz finden sich z. B. in [4].

## **2.6 Probenahme**

Beim Einsatz eines Bestimmungsverfahrens sind unter Berücksichtigung der Messaufgabe und der im Arbeitsbereich herrschenden Bedingungen die Randbedingungen der Probenahme festzulegen. Sie umfassen

- die Messorte
- den Zeitpunkt der Messungen
- die Dauer der Messungen (im Rahmen der Möglichkeiten des Bestimmungsverfahrens)
- die Häufigkeit der Messungen.

## **2.7 Bestimmungsverfahren**

Um die Vergleichbarkeit von Messwerten zu sichern, ist es erforderlich, bei den Bestimmungsverfahren für Bakterien und Pilze in der Luft in Arbeitsbereichen alle den Messwert wesentlich beeinflussenden Verfahrensschritte durch Konvention festzulegen. Liegen für das Bestimmungsverfahren technische Regeln vor [2], sind diese bevorzugt anzuwenden. Eine Beschreibung der von den örtlichen Begebenheiten unabhängigen Bestimmungsverfahren ist den Veröffentlichungen qualifizierter Fachgremien zu entnehmen. Sie enthält Angaben zur Durchführung

- der technischen Probenahme (Geräte, Dauer)
- des Probenverkehrs (Lagerung)
- der Probenaufbereitung

- der Auswertung der Proben im Labor.

### **3. Allgemeines**

Die von einem Fachgremium erarbeiteten und in der BIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“ [4] veröffentlichten Verfahrensvorschriften zur Ermittlung biologischer Arbeitsstoffe sind im Rahmen von Arbeitsplatzbeurteilungen als Standardverfahren nach dem Stand der Technik heranzuziehen. Hierbei handelt es sich um

- das Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentrationen in der Luft in Arbeitsbereichen (Kennzahl 9450),
- das Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9420),
- und das Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9430 in Vorbereitung).

Das Verwenden anderer Verfahren zur Beurteilung ist möglich, wenn deren Eignung und Validität vom Entwickler bzw. Verwender nachgewiesen wird.

#### **3.1 Grundlagen**

Die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) enthält kein Grenzwertkonzept und keine Messverpflichtung für den Arbeitgeber. Für die Gefährdungsbeurteilung nach §§ 5-8 BioStoffV ist die Durchführung von Messungen in der Regel nicht erforderlich. Zur Gefährdungsbeurteilung bei nicht gezielten Tätigkeiten nach § 7 Abs. 3 BioStoffV können im Einzelfall (z. B. bei der Einführung neuer Verfahren) orientierende Messungen erforderlich sein, um Art, Ausmaß und Dauer der Exposition der Beschäftigten gegenüber biologischen Arbeitsstoffen zu ermitteln. Darüber hinaus kann es nach § 11 Abs. 2 BioStoffV erforderlich sein, die mikrobielle Belastung der Luft am Arbeitsplatz zu bestimmen.

#### **3.2 Zielsetzung**

An Hand von Messwerten und technischen Kontrollwerten kann der Arbeitgeber die Wirksamkeit technischer Maßnahmen beurteilen.

Sollen unter anderen Gesichtspunkten Messungen biologischer Arbeitsstoffe in der Luft am Arbeitsplatz durchgeführt werden, wie z. B. zur

- Erarbeitung von branchenspezifischen Hilfen zur Gefährdungsbeurteilung durch unterschiedliche Institutionen (ABAS, Träger der gesetzlichen Unfallversicherung, Verbände, Kammern u. a.)
- Fortentwicklung des TKW-Konzepts in Richtung der Festlegung wissenschaftlich begründeter Werte
- Entwicklung von Schutzmaßnahmenkonzepten (z. B. Anlagenhersteller)
- Überprüfung von Arbeitsplätzen in Hinblick auf eine mögliche Kontamination

wird empfohlen, diese nach der in dieser TRBA beschriebenen Vorgehensweise durchzuführen, um repräsentative und vergleichbare Messergebnisse zu erhalten.

Dies ist nur möglich, wenn standardisierte Bestimmungsverfahren und eine einheitliche Vorgehensweise bei der Planung und Durchführung der Messung angewendet werden. Um Messungen in diesem Sinne durchzuführen, wird die hier beschriebene, abgestufte

Vorgehensweise empfohlen. Der Aufwand für die Messungen richtet sich nach der jeweiligen Messaufgabe.

## **4. Planung und Vorbereitung von Messungen**

### **4.1 Informationsbeschaffung**

(1) Grundlage zur Durchführung einer Messung ist die Kenntnis der im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 BioStoffV ermittelten Informationen. Die Vorgehensweise zur Informationsbeschaffung ist ausführlich in der TRBA 400 „Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unterrichtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffe“ (Ausgabe April 2006, BArbBI 6-2006, 62-77) beschrieben und in den Absätzen 2 und 3 kurz umrissen.

(2) Vor der Durchführung von Messungen müssen die technischen und betriebsspezifischen Informationen über den Arbeitsbereich und den Arbeitsablauf beschafft werden, die einen Einfluss auf die Exposition von Beschäftigten haben. Hierzu zählen insbesondere

- Informationen über zu erwartende Bakterien und Pilze
- die Anlagenart
- das Arbeitsverfahren
- die Tätigkeiten
- die Schutzeinrichtungen einschließlich Lüftungseinrichtungen
- die Emissionsorte
- die Aufenthaltsdauer und -orte der Beschäftigten
- eingesetzte Materialien
- die klimatischen Einflüsse.

(3) Das notwendige Wissen über das Vorkommen von Bakterien und Pilzen im Arbeitsbereich ergibt sich insbesondere aus der Erhebung der Arbeitsplatzsituation (ggf. auch unter Zuhilfenahme von Materialanalysen) und aus Ermittlungen von Ergebnissen bei vergleichbaren Anlagen und Tätigkeiten.

(4) Zur Planung und Vorbereitung von Messungen gehört auch die Kenntnis ggf. vorhandener TKW.

(5) Bestehen nach der Ermittlung Unsicherheiten bezüglich der Höhe der biologischen Arbeitsplatzbelastung, können Übersichtsmessungen mit einem begrenzten Aufwand an Analytik und Probenzahl durchgeführt werden. Die vorhandenen Kenntnisse der Verhältnisse im Arbeitsbereich und die Ergebnisse der Übersichtsmessungen ermöglichen eine fundierte Entscheidung über die Notwendigkeit weiterer Messungen und die anzuwendende Messstrategie.

### **4.2 Zweck der Messungen**

Messungen zur Bestimmung der Konzentration von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen können den unter Nr. 3 genannten Zwecken dienen. Mit der planmäßigen Vorgehensweise nach dieser Vorlage soll die Beurteilung von Arbeitsbereichen in Bezug auf die jeweiligen Messaufgaben vereinheitlicht werden. Dazu ist ein auf die Aufgabenstellung abgestimmtes Vorgehen im Hinblick auf die Planung der Messungen und die Beurteilung der Messwerte erforderlich.

In dieser Vorlage werden folgende Messaufgaben berücksichtigt:

- Kontrolle der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen,
- Übersichtsmessung in einem Arbeitsbereich,
- Messung in der Nähe einer Emissionsquelle,
- Messung von Expositionsspitzen nach Höhe und Dauer,
- Bestimmung der mittleren Konzentration über einen definierten Beurteilungszeitraum

### **4.3 Auswahl der Messinstitution**

(1) Der Arbeitgeber darf nur solche Einrichtungen und Laboratorien zur Durchführung von Messungen beauftragen, die über geeignetes Personal (mit mikrobiologischer Fachausbildung oder vergleichbarer Ausbildung und umfangreiche spezifische Berufserfahrung) und über die erforderliche Labor- und Messausstattung verfügen. Sie sollten nachweisbare Erfahrungen in der Ermittlung und Erfassung lufthygienischer Parameter insbesondere in der Anwendung von Luftkeim- und Staubsammelgeräten, im Umgang mit Mikroorganismen sowie der qualitativen und quantitativen Bestimmung der jeweils zu untersuchenden Organismen haben. Laborleiter müssen über einen mikrobiologisch orientierten naturwissenschaftlichen, medizinischen oder tiermedizinischen Abschluss sowie ausgewiesene spezifische Erfahrungen verfügen. Die genannten Anforderungen gelten auch bei der Vergabe von Unteraufträgen. Der Hauptauftragnehmer hat die Pflicht, beteiligte Unterauftragnehmer und deren Qualifikation im Untersuchungsbericht zu benennen.

(2) Die unkritische Verwendung von Messwerten führt zu Fehlbewertungen. Einerseits müssen bei der Beurteilung von Messergebnissen methodisch-analytische Aspekte berücksichtigt werden.

Betrachtet werden müssen unter mikrobiologischen Gesichtspunkten:

- Stoffwechseleigenschaften
- natürliche Standorte und Lebensweisen der Mikroorganismen
- Sensitivität und Spezifität der Untersuchungsverfahren
- Wechselwirkungen mit anderen Mikroorganismen
- Verbreitungsformen und spezifische Widerstandsfähigkeit bzw. Tenazität der Mikroorganismen.

Andererseits ist die Beurteilung der Messergebnisse aufgrund des Fehlens von Grenz- oder Kontrollwerten grundsätzlich an einen quantitativen und qualitativen Vergleich mit Messungen an unbelasteten Orten gebunden. Hierfür sind systematische und ökologische Kenntnisse von mikrobiellen Lebensgemeinschaften notwendig. Die Interpretation der Messergebnisse ist deshalb zwangsläufig eng an die Erfahrung der durchführenden Mitarbeiter gebunden.

(3) Zur Sicherstellung einer hohen Qualität der Messungen und um einem Auftraggeber verlässliche Kriterien für die Auswahl einer qualifizierten Messinstitution zu geben, wäre der Aufbau eines Systems zur externen Qualitätssicherung hilfreich. Da es dies zur Zeit noch nicht gibt, kann eine qualitätsbewusste Auswahl einer Messinstitution nur durch die Prüfung ausgewiesener Referenzen erfolgen (siehe Abschnitt 1).

## **5. Messungen zur Kontrolle der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen / Technischer Kontrollwert**

Die Vorgehensweise zur Kontrolle der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen soll

- Hersteller von technischen Schutzeinrichtungen,
- Anlagenbetreiber und

- Überwachungsbehörden

in die Lage versetzen, die angestrebte Verringerung der Konzentration von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen zu überprüfen.

### **5.1 Überprüfung der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen ohne technischen Kontrollwert**

(1) Die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen sollte auch unter ungünstigen Verhältnissen gegeben sein. Sie lässt sich am besten an den Arbeitsplätzen und bei den Betriebszuständen überprüfen, von denen die höchste Konzentration von Bakterien und Pilzen 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. Die Messungen sind so zu planen, dass zum Zeitpunkt der Messungen eine hohe Auslastung der Anlage (z. B. bei einem hohen Durchsatz) vorliegt.

(2) Wenn klimatische Bedingungen einen Einfluss auf die Konzentration von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen haben, sollten die Messungen unter solchen klimatischen Bedingungen stattfinden, die die Freisetzung und Vermehrung von Bakterien und Pilzen begünstigen.

(3) Die Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen sollte durch mindestens je fünf Messungen vor und nach dem Einsatz der Maßnahmen (vor/nach Installation, ein-/ausgeschaltet) bei gleicher Auslastung der Anlage erfolgen. Eine ausreichende Vorlaufzeit für die volle Entfaltung der Wirkung der Schutzmaßnahmen ist zu gewährleisten. Dabei kann es erforderlich sein, die Probenahmedauer im Rahmen des Bestimmungsverfahrens zu verkürzen, um die Messungen an einem Tag durchführen zu können. In das Messergebnis geht der Median der Messungen ein.

(4) Sind mehrere Arbeitsplätze mit vergleichbaren Schutzmaßnahmen vorhanden, ist die Ermittlung von Messwerten an einem Arbeitsplatz, an dem ungünstige Bedingungen herrschen, ausreichend.

(5) Die Funktion von technischen Schutzmaßnahmen kann über den ermittelten bzw. angezeigten Betriebszustand (z. B. über die Anzeige des Luftvolumenstromes einer Absaugung) kontrolliert werden. Trotz einer Funktionskontrolle über die Anzeige des Betriebszustandes kann die Wirksamkeit der Maßnahmen durch

- außergewöhnliche Betriebszustände
- organisatorische Mängel
- Fehlverhalten

beeinflusst werden. Der in der Gefährdungsbeurteilung vorgegebene Rahmen kann dadurch überschritten werden.

### **5.2 Technischer Kontrollwert**

(1) Für die Festlegung der Höhe der TKW sind maßgebend:

- der Stand der Technik.
- die Berücksichtigung vorliegender arbeitsmedizinischer, toxikologischer und epidemiologischer Erfahrungen.

- Technische Kontrollwerte liefern keine Aussagen zu Korrelationen zwischen Expositionen und damit verbundenen möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Beschäftigten. Da für die durch den TKW erfassten biologischen Arbeitsstoffe in der Regel keine Wirkungsschwelle ermittelt werden kann und auch bei Einhaltung der TKW eine Beeinträchtigung der Gesundheit nicht auszuschließen ist, sind fortgesetzte Verbesserungen der technischen Gegebenheiten und der technischen Schutzmaßnahmen notwendig. Auf das Minimierungsgebot nach § 10 Abs. 6 BioStoffV wird hingewiesen.

(2) Ist für ein Arbeitsverfahren ein TKW aufgestellt, sollte die Überprüfung der Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen an Hand des TKW mit der für diesen Wert festgelegten Messstrategie erfolgen. Schutzmaßnahmen können als wirksam betrachtet werden, wenn das Messergebnis den technischen Kontrollwert nicht überschreitet. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen ist nicht gegeben, wenn das Messergebnis den technischen Kontrollwert überschreitet. Ist für ein Arbeitsverfahren kein TKW aufgestellt, muss die Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen nach den vom Arbeitgeber in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Kriterien erfolgen (s. auch Nr. 5.1 Abs. 6).

(3) Ist für Arbeitsverfahren ein TKW aufgestellt, sollte die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen durch Messungen bei der Installation überprüft werden. Die Messungen sind in regelmäßigen Abständen, die in den jeweiligen TRBA festgelegt werden, sowie bei Änderungen der Betriebsbedingungen, die sich auf die Expositionssituation auswirken können, zu wiederholen.

(4) TKW werden vom ABAS fortlaufend an den Stand der technischen Entwicklung, der analytischen Möglichkeiten sowie der Überprüfung nach dem Stand der Wirkungsforschung angepasst.

## **6. Allgemeine Aspekte bei Messungen**

Sollen Messungen biologischer Arbeitstoffe in der Luft am Arbeitsplatz durchgeführt werden, sind Aspekte zur Schwankung von Expositionskonzentrationen zu beachten. Die Messungen sollten nach den im Folgenden beschriebenen Vorgehensweisen vorgenommen werden, um vergleichbare und repräsentative Messergebnisse zu erhalten.

### **6.1 Schwankungen der Expositionskonzentrationen**

Die Schwankungen der Expositionskonzentrationen von Mikroorganismen können sehr groß sein. Eine Beschreibung der Standardabweichungen bei Langzeitmessungen (8 h) findet sich in der Literatur [1, 2, 3].

Schwankungen der Mikroorganismenkonzentrationen werden dadurch verursacht, dass die Freisetzung von Mikroorganismen in die Luft aus z. T. unterschiedlichen Quellen sowohl zeitlich als auch räumlich diskontinuierlich erfolgt und somit nicht homogen ist. Messungen von Mikroorganismenkonzentrationen sind demzufolge stets Momentaufnahmen des aktuellen Zustandes. Sie sind weiterhin direkt vom gewählten Sammelverfahren und zum Teil auch vom Detektionsverfahren abhängig. Auch die Abstreuerung der Mikroorganismen von der Körperoberfläche des Menschen kann zu diesen Schwankungen beitragen.

Die nachfolgend genannten Faktoren bestimmen die biologische Sammeleffizienz bei kultivierungsbasierten Detektionsverfahren. Die biologische Sammeleffizienz beschreibt

z. B. den durch Kultivierungstechniken nachweisbaren Anteil an der Gesamtmenge der während einer Messung erfassten Anzahl von originär kulturfähigen Mikroorganismen desselben Parameters. Sie wird durch folgende Faktoren bestimmt:

1. Den Sammelvorgang selbst, einschließlich der Verwendung eines bestimmten Probenahmesystems und seiner aktuellen Betriebsweise (z. B. Luftvolumen und Durchsatz).
2. Die mikroklimatischen Bedingungen während der Messung und auch beim anschließenden Transport der gesammelten Proben (rel. Luftfeuchte, Temperatur).
3. Die biologischen Eigenschaften der gesammelten Mikroorganismen (Toleranz gegenüber Austrocknung, Lichteinwirkung, etc.).

Der Einfluss dieser einzelnen Faktoren auf das Ausmaß der Messschwankungen ist nicht exakt abschätzbar. Man kann jedoch die Messschwankungen per Konvention als gemeinsam zu betrachtenden Verfahrensfehler ansprechen und durch methodische Standardisierung minimieren. Der Verfahrensfehler ist nur bei Vorliegen geeigneter Voraussetzungen einer statistischen Analyse (z. B. Varianzschätzung) zugänglich. Je genauer die o. g. Ursachen der Schwankungen feststellbar sind, umso geringer kann der Messaufwand bezogen auf eine konkrete Messaufgabe sein.

## **6.2 Ermittlung der Hintergrundbelastung**

(1) Messverfahren zur Bestimmung von Bakterien und Pilzen in der Luft sind wegen des Umgangs mit lebenden Organismen oftmals empfindlich gegenüber verschiedenartigen Einflüssen und stellen vornehmlich an den Probentransport und die Probenlagerung besondere Anforderungen. Darüber hinaus ist bei solchen Messungen eine von klimatischen Bedingungen abhängige allgemeine Belastung der Luft mit Bakterien und Pilzen (Hintergrundbelastung) zu berücksichtigen. Die Hintergrundbelastung sollte daher durch Referenzmessung der Außenluft ermittelt werden, wenn die Außenluft als Maß für die Hintergrundbelastung herangezogen wird.

(2) Die sachgerechte Anwendung der Messverfahren wird in der Regel am Tag der Messungen durch die Bestimmung von Bakterien und Pilzen in der Außenluft auf dem Betriebsgelände oder in unmittelbarer Nähe des Betriebsgeländes kontrolliert. Diese Referenzmessung erfolgt unter Einsatz derselben Messstrategie und Geräte, wie sie für die Messungen am Arbeitsplatz angewendet werden. Bei der Wahl des Messortes für die Referenzmessung sind die örtlichen Gegebenheiten (z. B. Frischluftseite, weitere Emittenten) zu berücksichtigen. Weil die Hintergrundbelastung mit Bakterien und Pilzen in der Außenluft im allgemeinen gering ist, kann es erforderlich sein, das Probenahmenvolumen zu erhöhen. Das kann sowohl durch eine Verlängerung der Probenahmedauer geschehen (bei konstantem Volumen) als auch durch Erhöhung des Probenahmenvolumens (bei entsprechend regelbaren Geräten und gleich bleibender Probenahmedauer).

## **6.3 Übersichtsmessung zur Abschätzung einer Konzentration**

(1) Übersichtsmessungen werden durchgeführt, damit entschieden werden kann, ob nennenswerte Konzentrationen überhaupt vorliegen (s. auch Nr. 3.1). An die Übersichtsmessung können sich weitere Maßnahmen anschließen. Diese sind u. a. zielgerichtete Messungen an bestimmten Emissionsorten, die Optimierung eines Betriebs im Hinblick auf die Konzentration der Bakterien und Pilze in der Luft oder die Festlegung von Schutzmaßnahmen.

(2) Für die Übersichtsmessung reichen orientierende Messungen aus. In der Regel werden Schimmelpilze oder Bakterien (Gesamtkeimzahl), ggf. auch spezifische Mikroorganismen oder Mikroorganismengruppen bestimmt. Weil die zu erwartende Konzentration der Bakterien und Pilze nicht bekannt ist, eignen sich für die Bestimmung insbesondere solche Verfahren, die über einen weiten Konzentrationsbereich Messwerte liefern wie z. B. Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration ([4] Kennzahl 9420)

(3) Verursacht der Betrieb einer Anlage oder die Ausführung von Tätigkeiten eine gleichförmige Raumluftkonzentration im Arbeitsbereich, wird empfohlen, mindestens drei Messungen durchzuführen um einen Anhaltspunkt über die Höhe der Konzentration zu erhalten. Bei sehr unterschiedlichen Messwerten sollte geprüft werden, ob nicht unterschiedliche Betriebszustände Ursache für die Schwankungen der Messwerte sind. Der zeitliche Abstand der Einzelmessungen sollte das dreifache der Probenahmedauer nicht überschreiten. Die Messungen sollten in Atemhöhe an einem für den Arbeitsbereich repräsentativen Arbeitsplatz durchgeführt worden. Bestehen Zweifel hinsichtlich der Eignung eines Messortes, sind die Messungen an mindestens einem weiteren Arbeitsplatz mit dem gleichen Arbeitsprofil zu wiederholen. In das Messergebnis geht der arithmetische Mittelwert der Messungen ein.

(4) Sind in einer Anlage Betriebszustände unterscheidbar oder werden in einem Arbeitsbereich Tätigkeiten ausgeführt, die einen Einfluss auf die Höhe der Konzentration von Bakterien und Pilzen 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. Bei der Wahl des zeitlichen Abstandes der Messungen ist das Erreichen des jeweiligen Betriebszustandes ausschlaggebend. In das Messergebnis geht der arithmetische Mittelwert der Messungen ein.

#### **6.4 Bestimmung von Expositionsspitzen**

(1) Der Ort, die Häufigkeit und der zeitliche Abstand von Expositionsspitzen (kurzzeitig höhere Konzentrationen von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen) ergeben sich in der Regel aus dem Arbeitsablauf. Die Ermittlung der Höhe und der Dauer von Expositionsspitzen kann erforderlich sein, um Beschäftigte gezielt vor möglichen gesundheitlichen Folgen zu schützen. Dazu können für die Dauer von Expositionsspitzen z. B. zusätzliche technische Maßnahmen (Absaugung) oder persönliche Schutzmaßnahmen (Atemschutz) ergriffen werden. Die Beurteilung von Betriebszuständen mit Expositionsspitzen kann anhand von Messungen oder über sonstige geeignete Vorgehensweisen erfolgen.

(2) Bei der Auswahl des Messverfahrens für die Bestimmung von Expositionsspitzen ist vor allem auf eine der Dauer der Expositionsspitzen angepasste Probenahme zu achten. Durch Messungen vor und nach dem Auftreten von Expositionsspitzen ist sicherzustellen, dass die maximale Konzentration von Bakterien und Pilzen im Vergleich zur durchschnittlichen Exposition im Arbeitsbereich erfasst wird. Dazu sollten mindestens je drei Messungen vor, während und nach dem Auftreten einer repräsentativen Expositionsspitze durchgeführt werden. Unterscheiden sich die Dauer einer Expositionsspitze und die Probenahmedauer nicht wesentlich, kann es erforderlich sein, drei Expositionsspitzen getrennt zu erfassen.

(3) Die Probenahme soll möglichst in Atemhöhe und in unmittelbarer Nähe der Beschäftigten an den Arbeitsplätzen erfolgen, an denen Expositionsspitzen zu erwarten sind. Aufschluss über diese Arbeitsplätze gibt die Erhebung der Arbeitsplatzsituation.

### **6.5 Messungen in der Nähe der Emissionsquelle**

(1) Messungen in der Nähe einer Emissionsquelle (z. B. Luftbefeuchter) können Informationen über den Emissionsort und die Quellstärke liefern. In Verbindung mit weiteren Informationen wie beispielsweise Materialanalysen (Befeuchterwasser) können sie zur Ermittlung möglicher Emissionsquellen beitragen.

(2) Für Messungen in der Nähe einer Emissionsquelle reicht es aus, relativ grobe quantitative Informationen über die Höhe der Exposition zu erhalten, um zu entscheiden, ob eine nennenswerte Exposition vorliegt und in welcher Größenordnung sie sich bewegt.

(3) Es wird empfohlen, mindestens drei Messungen und ggf. Materialanalysen durchzuführen, um die Quellenstärke abzuschätzen. Der zeitliche Abstand der Einzelmessungen sollte das dreifache der Probenahmedauer nicht unterschreiten. In das Messergebnis geht der arithmetische Mittelwert der Messungen ein. Die Probenahme soll möglichst in unmittelbarer Nähe der Emissionsquelle erfolgen. Aufschluss über den Ort der Emissionsquelle gibt die Erhebung der Arbeitsplatzsituation.

### **6.6 Bestimmung der mittleren Konzentration über einen definierten Beurteilungszeitraum**

(1) Die Bestimmung der mittleren Konzentration über einen definierten Beurteilungszeitraum (z. B. 8 Stunden) dient zunächst der wissenschaftlichen Untersuchung einer möglichen Korrelation von Art, Höhe und Dauer einer Exposition und den sich daraus ergebenden Folgen für die Gesundheit der Beschäftigten unter epidemiologischen Gesichtspunkten. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, die Expositionsverhältnisse für mehr als einen Beurteilungszeitraum zu beschreiben. Liegen zu einem späteren Zeitpunkt ausreichende Erkenntnisse über eine ggf. vorhandene Korrelation von Exposition und gesundheitlichen Beeinträchtigungen vor, können wissenschaftlich abgeleitete Grenzwerte für die Konzentration von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen festgelegt werden. Die Bestimmung der mittleren Konzentration über einen definierten Beurteilungszeitraum könnte dann auch zur Abschätzung einer möglichen gesundheitlichen Gefährdung der Beschäftigten (Einhaltung/Überschreitung eines Grenzwertes) herangezogen werden.

(2) Das Messverfahren muss repräsentative Messergebnisse für die Exposition der Beschäftigten liefern. Die Probenahme soll möglichst in Atemhöhe und in unmittelbarer Nähe der Beschäftigten erfolgen. Nach Möglichkeit sollen personenbezogene Probenahmegeräte benutzt werden, die von Beschäftigten am Körper getragen werden. Ortsfeste Messsysteme können eingesetzt werden, wenn auf der Grundlage der Messergebnisse eine Beurteilung der Exposition im Arbeitsbereich möglich ist. In Zweifelsfällen ist als Messort der Ort höheren Risikos zu wählen. Die Messungen sind innerhalb eines Beurteilungszeitraums durchzuführen.

(3) Unter Berücksichtigung der Art der zu messenden Bakterien und Pilze und der erwarteten Höhe der Exposition sind zur Feststellung der mittleren Konzentration die Bestimmungsverfahren besonders geeignet, die eine möglichst lange Probenahmedauer

erlauben (vgl. Nr. 2.5). Die Mindestzahl der beispielsweise in acht Stunden erforderlichen Messungen ist der Tabelle zu entnehmen. Liegt die Probenahmedauer verfahrensbedingt zwischen den vorgegebenen Zeiten, ist die Probenzahl entsprechend zu interpolieren. In das Messergebnis geht der Median bzw. der arithmetische Mittelwert der Messwerte ein.

| <b>Probenahmedauer</b> | <b>Probenzahl</b> | <b>Messergebnis</b>       |
|------------------------|-------------------|---------------------------|
| ≤ 5 min                | ≥ 12              | Median                    |
| 15 min                 | ≥ 6               | Median                    |
| 1 h                    | ≥ 2               | Arithmetischer Mittelwert |

## 7. Protokoll

Um die Messergebnisse nachvollziehbar zu halten, ist es erforderlich, die folgenden Angaben in einem Protokoll festzuhalten:

- Messinstitut
- Messaufgabe
- Beschreibung des Arbeitsplatzes (Arbeitsverfahren, technische Schutzmaßnahmen; Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit)
- Betriebsbedingungen zur Zeit der Messung (Betriebszustand; Auslastung)
- Beschreibung der Messorte (Skizze)
- Randbedingungen der Messung (Datum, Uhrzeit, Wetterbedingungen, Jahreszeit)
- Messverfahren (Probenahme, Messgerät, Bestimmungsverfahren, Messdauer, Anzahl der beaufschlagten Probenträger)
- Transportbedingungen (Dauer, Lagerbedingungen bis zur Aufarbeitung)
- Messergebnisse

## Literatur

- [1] Ableitung von schichtbezogenen MAK-Werten für Stäube aus Langzeitgrenzwerten; Toxikologisch-arbeitsmed. Begründungen von MAK-Werten, Hsg.: Greim, H., Deutsche Forschungsgemeinschaft Bonn, Wiley-VCH Verlag, 1996
- [2] Umrechnung von Langzeitgrenzwerten auf schichtbezogene Grenzwerte für Stoffe mit langsamen Wirkungseintritt wie z. B. Quarzfeinstaub; Bochmann, F., Blome, H., Rödelsperger, K., Woitowitz, H.-J., Morfeld, P., Piekarski, C.: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft (GRdL), 59 (1999) Nr. 11/12, 409 – 417.
- [3] Leitlinien für die Messung von Mikroorganismen und Endotoxin in der Luft; Deutsches Institut für Normung, Berlin: DIN EN 13098, 2001-02
- [4] Messung von Gefahrstoffen – BIA Arbeitsmappe, Expositionsermittlung bei chemischen und biologischen Einwirkungen, Ergänzbares Sammlungs, Hsg: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Erich Schmidt Verlag, ISBN 3 503 02085 3