

DIN EN 13098

ICS 07.100.99; 13.040.30

Einsprüche bis 2018-09-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13098:2001-02

Entwurf

**Exposition am Arbeitsplatz –
Messung von luftgetragenen Mikroorganismen und mikrobiellen
Bestandteilen –
Allgemeine Anforderungen (Überarbeitung von EN 13098:2000);
Deutsche und Englische Fassung prEN 13098:2018**

Workplace exposure –
Measurement of airborne micro-organisms and microbial compounds –
General requirements (Revision of EN 13098:2000);
German and English version prEN 13098:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-07-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nasg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 86 Seiten

DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13098:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 095-03-01 AA „Messstrategien und Anforderungen an Messverfahren“ im DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13098:2001-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Dokumenttitel geändert;
- b) Liste der messbaren Bioaerosolverbindungen erweitert;
- c) neue Messtechniken hinzugefügt;
- d) neue Definitionen für „Allergen“, „Zellzahl der Mikroorganismen“, „Glucan“, „mikrobielle Verbindung“, „Mykotoxin“ und „RfC-Rekombinant“ hinzugefügt;
- e) bestehende Definitionen, soweit erforderlich, technisch überarbeitet;
- f) Begriffe und Definitionen, die bereits in EN 1540 enthalten sind, entfallen;
- g) 5.3 zur „Messstrategie“ durch weitere Details verbessert;
- h) Anhang A im Hinblick auf neue Techniken und Methoden aktualisiert;
- i) Anhang B durch Ergänzung neuer Verbindungen, die gemessen werden können, aktualisiert;
- j) Anhang C im Hinblick auf neue Zählstrategien und Identifizierungsmethoden aktualisiert;
- k) neuer Anhang E „Formel und Berechnungsbeispiele für die Koloniezählung“ hinzugefügt;
- l) Literaturhinweise aktualisiert;
- m) das gesamte Dokument redaktionell und technisch überarbeitet.

**Exposition am Arbeitsplatz — Messung von luftgetragenen
Mikroorganismen und mikrobiellen Bestandteilen — Allgemeine
Anforderungen (Überarbeitung von EN 13098:2000)**

Workplace exposure — Measurement of airborne micro-organisms and microbial compounds — General requirements (Revision of EN 13098:2000)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Messung von Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen	10
5.1 Biologische Arbeitsstoffe und biologische Eigenschaften	10
5.2 Ziel der Messung	10
5.3 Messstrategie	10
5.3.1 Allgemeines	10
5.3.2 Festlegung der Zielsetzungen für die Messung	10
5.3.3 Festlegung der Messaufgabe	11
5.3.4 Sammlung von Hintergrundinformationen	11
5.3.5 Probenahmestrategie	11
5.4 Optionen für die Messung	12
5.5 Messunsicherheit	12
5.6 Schwankung des Expositionsgrads	12
6 Probenahme	12
6.1 Grundsätze und allgemeine Anforderungen	12
6.2 Probenahmegerät	13
6.2.1 Kategorien	13
6.2.2 Anforderungen	13
6.3 Pumpen	14
6.4 Fähigkeiten der Bedienperson	14
6.5 Transport und Lagerung der Proben	14
6.5.1 Transport	14
6.5.2 Lagerung im Labor	14
6.6 Probenahmedokumentation	14
7 Analyseverfahren	15
7.1 Anforderungen	15
7.2 Validierung	16
7.3 Dokumentation	16
7.3.1 Allgemeine Angaben	16
7.3.2 Spezifische Informationen	16
7.4 Bestimmung des anzüchtbaren Anteils	17
7.5 Bestimmung der direkten Zellenzahl durch Mikroskopie	17
7.5.1 Allgemeines	17
7.5.2 Epifluoreszenzmikroskopie und Lichtmikroskopie	18
7.5.3 Raster-Elektronenmikroskopie	18
7.6 Bestimmung der mikrobiellen Verbindungen	18
8 Angabe der Ergebnisse	18
8.1 Allgemeines	18
8.2 Anzüchtungsverfahren	18

8.3	Mikroskopische Verfahren	18
8.4	Mikrobielle Verbindung.....	18
9	Prüfbericht.....	19
Anhang A (informativ) Empfehlungen für die Auswahl von Messverfahren.....		20
Anhang B (informativ) Beispielhafte Ausführung eines Probenahmeformulars		32
Anhang C (normativ) Bestimmung luftgetragener Mikroorganismen durch Anzuchtung.....		34
C.1	Allgemeines	34
C.2	Anforderungen	34
C.2.1	Suspensionsmedien und Verdünnungsmedien.....	34
C.2.2	Nährmedien	34
C.2.3	Bebrütungstemperatur und Bebrütungsdauer	34
C.2.4	Koloniezahlen	35
C.2.5	Identifizierung.....	35
Anhang D (informativ) Liste der Nährmedien.....		36
Anhang E (informativ) Formel und Berechnungsbeispiele für die Koloniezählung		37
E.1	Berechnung.....	37
E.2	Beispiele	38
Literaturhinweise.....		40

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13098:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13098:2000 ersetzen.

Die wesentlichen technischen Änderungen zwischen dieser Europäischen Norm und der Vorgängerausgabe sind die folgenden:

- a) Titel des Dokuments geändert;
- b) Liste der messbaren Bioaerosolverbindungen erweitert;
- c) neue Messtechniken hinzugefügt;
- d) neue Definitionen für „Allergen“, „Zellenzahl der Mikroorganismen“, „Glukan“, „mikrobielle Verbindung“, „Mykotoxin“ und „RfC-Rekombinante“ hinzugefügt;
- e) vorhandene Definitionen technisch überarbeitet, falls erforderlich;
- f) bereits in EN 1540 definierte Begriffe gestrichen;
- g) 5.3 zu „Messstrategie“ durch Angabe weiterer Einzelheiten verbessert;
- h) Anhang A in Bezug auf neue Techniken und Verfahren aktualisiert;
- i) Anhang B um neue Verbindungen aktualisiert, die gemessen werden können;
- j) Anhang C in Bezug auf neue Zählstrategien und Identifikationsverfahren aktualisiert;
- k) neuer Anhang E zu „Formel und Berechnungsbeispiele für die Koloniezählung“ hinzugefügt;
- l) Literaturhinweise aktualisiert;
- m) gesamtes Dokument redaktionell und technisch überarbeitet.

Einleitung

Eine repräsentative Bewertung der berufsbedingten Exposition gegenüber luftgetragenen Mikroorganismen oder Verbindungen stellt eine Herausforderung dar. Aufgrund potenzieller gesundheitlicher Konsequenzen durch eine Exposition, ist es jedoch wichtig, die Exposition zu beurteilen und zu kontrollieren. Die verwendeten Probenahmegeräte können eigene kritische Grenzen mit sich bringen, wie bei der Erfassung von gesundheitsrelevanten Aerosolfraktionen. Bei einigen Probenahmegeräten ist es unter Umständen nur möglich, dass diese anzüchtbare lebensfähige Mikroorganismen erfassen können, während andere die Feststellung sowohl der Gesamtanzahl an Mikrobenzellen als auch von deren anzüchtbarem Anteil ermöglichen. Sowohl die Konservierung von Proben als auch analytische Verfahren können aufgrund von Veränderungen der mikrobiellen Population und/oder ungewollten Störkomponenten zu Schwierigkeiten und Unsicherheiten führen. Wenn jedoch die in dieser Europäischen Norm umrissenen Prinzipien für die Auswahl der Probenahme und Analyseverfahren befolgt werden, können diese Unsicherheiten vermindert und kontrolliert werden, wodurch die Durchführung vergleichbarer und repräsentativer Messungen ermöglicht wird.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt allgemeine Anforderungen an die Messung von Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen fest.

Dieses Dokument stellt außerdem Leitlinien für die Beurteilung der Exposition am Arbeitsplatz gegenüber luftgetragenen Mikroorganismen zur Verfügung, einschließlich der Bestimmung der Gesamtanzahl und der anzüchtbaren Anzahl an Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen in der Arbeitsplatzatmosphäre.

Dieses Dokument gilt nicht für die Messung von Viren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 482, *Exposition am Arbeitsplatz — Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe*

EN 1540, *Exposition am Arbeitsplatz — Terminologie*

EN ISO 13137, *Arbeitsplatzatmosphäre — Pumpen für die personenbezogene Probenahme von chemischen und biologischen Arbeitsstoffen — Anforderungen und Prüfverfahren (ISO 13137)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1540 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Aktinomyzeten

fadenförmige, grampositive, aerobe oder anaerobe Bakterien, die zum Stamm der *Aktinobakterien* gehören

Anmerkung 1 zum Begriff: Fadenförmige Aktinomyzeten bilden ein Myzel genanntes verzweigtes Netzwerk. Die meisten Actinomyceten vermehren sich durch konidienähnliche Sporen, die leicht in der Luft schweben können.

3.2

Allergen

Substanz, die eine allergische Reaktion bei darauf empfindlichen Personen auslösen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Allergene mikrobiellen Ursprungs sind für gewöhnlich Proteine oder Glykoproteine, die aus Pilzen stammen oder bakterieller Herkunft sind.

3.3

Bakterien

große Gruppe prokaryotischer Mikroorganismen mit einem Chromosom in einer Zellkernregion, die sich ausschließlich asexuell durch Zellteilung vermehren

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Klassifizierung in grampositive und gramnegative Bakterien werden die unterschiedlichen chemischen Eigenschaften der Zellwand verwendet. Nach morphologischen Merkmalen werden diese in Kugelformen (Kokken) und Stäbchen eingeteilt. Einige Arten bilden Endosporen als Dauerformen zum Überleben.

3.4

Wirksamkeit der Keimerhaltung

Fähigkeit des Probenahmegeräts, die Lebensfähigkeit der luftgetragenen Mikroorganismen während des Sammelns aufrechtzuerhalten und auch die durch die Mikroorganismen erzeugten Produkte unversehrt zu erhalten

3.5

Zellenzahl der Mikroorganismen

Anzahl der als einzelne Organismen (oder als eine andere entsprechende Maßeinheit) bestimmten Mikroorganismen

Anmerkung 1 zum Begriff: Hierzu gehören sowohl die lebensfähigen als auch die nicht lebensfähigen Mikroorganismen.

3.6

koloniebildende Einheit

KBE

Einheit, in der die *anzüchtbare Anzahl* (3.7) angegeben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine koloniebildende Einheit kann aus einem einzigen Mikroorganismus entstehen, einem Aggregat vieler Mikroorganismen oder aus einem Mikroorganismus oder vielen Mikroorganismen, die an ein Partikel angeheftet sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Anzahl an gewachsenen Kolonien kann von den Anzuchtungsbedingungen abhängen.

3.7

anzüchtbare Anzahl

Anzahl an Mikroorganismen, einzelnen Zellen oder Zellaggregaten, die zur Bildung von Kolonien auf einem festen Nährmedium fähig sind

3.8

erhöhte Konzentration

Konzentration, die höher liegt als die übliche Hintergrundkonzentration von Mikroorganismen in einer festgelegten Umgebung

3.9

Endotoxin

Bestandteil der äußeren Membran gramnegativer Bakterien (Lipopolysaccharide) bestehend aus einem komplexen Lipid, dem Lipid A, das kovalent an ein Polysaccharid gebunden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: „Freies Endotoxin“ wird nach dem Zelltod und durch Abgeben von lebenden Zellen freigesetzt. Lipid A ist der aktive (giftige) Teil und ist eine potentiell entzündungsfördernde Substanz und kann bei den exponierten Arbeitern Fieber, Atemwegsbeschwerden und andere Symptome auslösen. Die Zusammensetzung und die Giftigkeit von Endotoxin variiert zwischen den Arten.

3.10

Endotoxineinheit

Einheit, die gegen das definierte Referenzmaterial (Referenzstandard-Endotoxin) standardisiert ist

3.11

Filtration

Sammeln von in einem Gas oder einer Flüssigkeit schwebenden Teilchen durch Durchströmung eines porösen Mediums

3.12

Pilze

Fungi

verschiedenartige Gruppe eukaryotischer Mikroorganismen mit einem durch Membran abgeschlossenen Zellkern, der mehrere Chromosomen enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Vermehrung erfolgt hauptsächlich asexuell, aber einige Gruppen vermehren sich auch durch sexuelle Sporen. Fadenförmige Pilze (Schimmelpilze) wachsen in langen Hyphen und bilden Myzel genannte kompakte Büschel. Asexuelle Sporen (Konidien) können leicht in der Luft schweben. Hefen sind im Allgemeinen einzellig, von kugelförmiger Gestalt, und ihre Zellen vermehren sich sexuell oder asexuell durch Knospung.

3.13

Glukan

Polysaccharidmolekül, das in den Zellwänden von Eukaryoten und Prokaryoten vorhanden ist, einschließlich der meisten Schimmelpilze, höherer Pilze, Hefen, Algen und bestimmter Bakterien

Anmerkung 1 zum Begriff: Glukan wird auch als (1,3)- β -D-Glukan bezeichnet.

3.14

Aufprallverfahren

Impaktionsverfahren

Sammlung luftgetragener Partikel, die durch eine Düse oder einen Schlitz beschleunigt wurden, auf einer Oberfläche durch die Masseträgheit

3.15

Flüssigkeitsaufprallverfahren

Impingementverfahren

Verbindung des Aufpralls auf eine Oberfläche mit der darauffolgenden Dispersion in einem flüssigen Medium

3.16

***Limulus*-Amoebocyten-Lysat**

aus den Blutzellen des Pfeilschwanzkrebses (*Limulus polyphemus*) extrahierte Enzyme, die durch Endotoxin aktiviert werden

3.17

mikrobielle Verbindung

Zell- oder Zellwandkomponente oder Stoffwechselprodukt mikrobiellen Ursprungs

Anmerkung 1 zum Begriff: Endotoxine, Glukane, Mykotoxine und Enzyme sind Beispiele für mikrobielle Verbindungen. Mikrobielle DNA fällt auch unter diese Definition.

3.18

Mikroorganismus

zelluläre oder nichtzelluläre mikrobiologische Einheit, die fähig ist, sich zu vermehren oder genetisches Material zu übertragen, oder eine Einheit, die diese Eigenschaften verloren hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff Mikroorganismus umfasst den in EN 1540 definierten Begriff „biologischer Arbeitsstoff“.

3.19

Mykotoxin

giftiges sekundäres Stoffwechselprodukt, das von Pilzen erzeugt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Pilzspezies kann viele verschiedene Mykotoxine erzeugen und mehrere Spezies können dasselbe Mykotoxin erzeugen.

3.20

physikalische Probenahmewirksamkeit

Fähigkeit des Probenahmeegeräts, in der Luft am Arbeitsplatz schwebende Partikel mit spezifischen Größen zu sammeln

3.21

RFc-Rekombinante

synthetische Variante von Faktor C, einem Element, das in den Blutzellen von Pfeilschwanzkrebsen vorkommt

Anmerkung 1 zum Begriff: Faktor C ist die wesentliche biologische Komponente bei der Prüfung von bakteriellem Endotoxin.

3.22

Siebsammler

Impaktor mit zahlreichen Eintrittsöffnungen

3.23

Gesamt-Probenahmewirksamkeit

Produkt aus der *physikalischen Probenahmewirksamkeit* (3.20) und der *Wirksamkeit der Keimerhaltung* (3.4)

3.24

Anzahl an lebensfähigen Mikroorganismen

Anzahl an Mikroorganismen, die fähig sind, einen Stoffwechsel zu unterhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein lebensfähiger Mikroorganismus ist nicht zwingend anzüchtbar (auch „lebensfähig aber nicht anzüchtbar“ genannt), was bedeutet, dass die Anzahl an anzüchtbaren Mikroorganismen nur einen Teil der lebensfähigen Anzahl darstellt.

4 Symbole und Abkürzungen

ATP	Adenosintriphosphat
KBE	koloniebildende Einheit
CV	Variationskoeffizient
DNA	Desoxyribonukleinsäure
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
EU	Endotoxineinheit
GSD	geometrische Standardabweichung
LAL	Limulus-Amoebocyten-Lysat
LPS	Lipopolysaccharid
PCR	Polymerase Kettenreaktion
SEM	Rasterelektronenmikroskop (en: scanning electron microscope)

5 Messung von Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen

5.1 Biologische Arbeitsstoffe und biologische Eigenschaften

Bioaerosole können unterschiedliche Mikroorganismen und/oder von diesen stammende mikrobielle Verbindungen enthalten. Mikroorganismen können in unterschiedliche taxonomische Gruppen eingeteilt werden, wie grampositive und gramnegative Bakterien, Aktinomyzeten, Pilze, Protozoen, Algen und Viren. Diese können weiter bis zur Ebene der Familie, Gattung oder der Art klassifiziert werden. Immunologische Reaktionen, d. h. allergische und/oder toxische Reaktionen, können durch die Exposition gegenüber Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen ausgelöst werden.

5.2 Ziel der Messung

Die Messung von Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen am Arbeitsplatz hat zwei Zielstellungen:

- a) die Exposition des Beschäftigten festzustellen; und/oder
- b) die biologischen Merkmale der Luft an verschiedenen Orten und/oder zu verschiedenen Zeitpunkten und über unterschiedliche Zeitspannen festzustellen.

Es ist wesentlich, den Zweck der Messung und die Art und Weise der Interpretation der Ergebnisse anzugeben.

ANMERKUNG Aufgabe der Messung kann es sein, die die Mikroorganismen und/oder mikrobiellen Verbindungen freisetzenden Quellen zu lokalisieren, die Exposition eines Beschäftigten über einen Tag oder eine Arbeitsschicht zu messen, Spitzenwerte der Exposition festzustellen, die Wirksamkeit von Bekämpfungsmaßnahmen zu prüfen oder Handlungen zu überprüfen, die zur Verringerung der Exposition unternommen wurden. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Probenahme und Analyse den Bewertungszielen und der Suche nach der Zielkomponente des Bioaerosols entspricht (siehe 5.1). Es kann vorteilhaft sein, wenn möglich, sowohl die lebensfähigen als auch die nicht lebensfähigen Bestandteile des Bioaerosols zu messen.

5.3 Messstrategie

5.3.1 Allgemeines

Die Messstrategie beschreibt den Maßnahmenplan, der die Interpretation der Messdaten ermöglicht. Der Maßnahmenplan muss aus den folgenden Elementen bestehen:

- a) Festlegung der Zielsetzungen für die Messung (siehe 5.3.2);
- b) Festlegung der Messaufgabe (siehe 5.3.3);
- c) Sammlung von Hintergrundinformationen (siehe 5.3.4);
- d) Probenahmestrategie (siehe 5.3.5).

5.3.2 Festlegung der Zielsetzungen für die Messung

Die Zielsetzungen für die Messung müssen angegeben und eine Strategie festgelegt werden, die an den Zielsetzungen ausgerichtet wird. Es ist auch zu berücksichtigen, dass unter Umständen keine OEL für die Interpretation der Messdaten vorhanden sind.

5.3.3 Festlegung der Messaufgabe

Beispiele für Messaufgaben sind

- Lokalisierung der Mikroorganismen und/oder mikrobielle Verbindungen freisetzenden Quellen,
- Messung der Exposition eines Beschäftigten über einen Tag oder eine Arbeitsschicht,
- Messung von Spitzenwerten der Exposition,
- Überprüfung von Handlungen, die zur Verringerung der Exposition unternommen wurden,
- Prüfung der Effizienz von Kontrollmaßnahmen.

5.3.4 Sammlung von Hintergrundinformationen

Hintergrundinformationen sollten umfassen:

- Identifizierung von potenziellen Quellen vor Ort,
- erwartete biologische Arbeitsstoffe,
- erwartete Konzentrationen oder Expositionsgrade von biologischen Arbeitsstoffen,
- die Schwankung der biologischen Arbeitsstoffe in Raum, Zeit und Partikelgröße.

5.3.5 Probenahmestrategie

Die Probenahmestrategie muss die Erstellung eines Probenahmeplans umfassen, in dem beschrieben ist, was an welcher Stelle, zu welcher Zeit und wie gemessen werden sollte.

Der Probenahmeplan umfasst für gewöhnlich:

- Definition (des) der biologischen Ziel-Arbeitsstoffe(s) sowie entsprechende(s) Analyseverfahren,
- Bestimmung des/der Probenahmeverfahren (Probenahmeeinrichtung, Sammelsubstrat, Durchflussrate usw.),
- Art der Probenahme (ortsfeste Probenahme/personenbezogene Probenahme),
- Festlegung von Parametern der Probenahme (Ort, Anzahl, Häufigkeit und Dauer),
- Anforderungen an den Transport der Probe.

ANMERKUNG 1 Es kann vorteilhaft sein, die Umgebungsbedingungen zu kennen (z.B. relative Luftfeuchte, Temperatur, Windgeschwindigkeit), insbesondere, wenn extreme Umgebungsbedingungen zu erwarten sind.

ANMERKUNG 2 Passive Verfahren (z. B. Oberflächentupfer, elektrostatische Staubkollektoren) können zur Ergänzung der Informationen zur Luftprobenahme verwendet werden.

Zur Bewertung der Messergebnisse sind Referenzproben zu nehmen, wie beispielsweise Außenluft, nicht exponierte Luft am Arbeitsplatz (z. B. aus einem anderen Büro im gleichen Arbeitsbereich) oder Luft am Arbeitsplatz vor Aufnahme der Arbeitstätigkeit.

Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Probenahme und Analyse den Bewertungszielen und der Suche nach der Zielkomponente des Bioaerosols entspricht (siehe 5.1).

5.4 Optionen für die Messung

Die folgenden Ansätze können zur Messung von Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen verwendet werden:

- direkte Zählung von Mikrobenzellen durch Mikroskopie, einschließlich anzüchtbarer, nicht anzüchtbarer aber lebensfähiger und nicht lebensfähiger;
- Auszählung der Mikrobenzellen und Zellaggregate durch Anzucht auf Agarmedium (die anzüchtbare Anzahl an Mikroben);
- Quantifizierung der Zellkomponenten von Mikroorganismen, von lebensfähigen, nicht lebensfähigen oder zerfallenen Mikroorganismen, beispielsweise Bestandteile der Zellstruktur wie Endotoxin oder Glukane;
- Quantifizierung primärer Stoffwechselprodukte (z. B. ATP oder Chitinase von Pilzen), die als Indikatoren für Mikroorganismen und deren Lebenstätigkeit dienen können;
- Quantifizierung von sekundären Stoffwechselprodukten (z. B. Mykotoxine), die von Mikroorganismen stammen und von anderen Partikeln in das Bioaerosol getragen werden.

5.5 Messunsicherheit

Die Messunsicherheit wird durch das Probenahmeverfahren, die Probenkonservierung und das Analyseverfahren begründet. Probenahme- und Analyseverfahren müssen validiert sein. Die Vergleichpräzision muss bestimmt werden.

ANMERKUNG Die Validierung von Verfahren für die Messung von Mikroorganismen kann durch den Mangel an Referenzmaterial und/oder Referenzverfahren eingeschränkt sein. Die Studie der Verfahrenseigenschaften kann jedoch in Labor-Assays mit mikrobiellen Strukturen, flüssigen Lösungen und experimentellen Bioaerosolen beurteilt werden.

5.6 Schwankung des Expositionsgrads

Die Schwankung in den Expositionsgraden von Mikroorganismen über eine bestimmte Zeit und bei verschiedenen Beschäftigten oder in unterschiedlichen Arbeitsbereichen können sehr groß und viel höher als die Genauigkeit der Messverfahren sein.

ANMERKUNG Geometrische Standardabweichungen (GSD) von 4 bis 6 für eine Messung über 8 h sind nicht unüblich; als Folge davon ist die Unsicherheit bei der Abschätzung einer Langzeitexposition aus einer einzigen Messung hoch.

Wenn zum Beispiel das geometrische Mittel $4 \times 10^5 \text{m}^{-3}$ Mikroorganismen beträgt und die $GSD = 5$ ist, beträgt das Vertrauensintervall von 95 % für eine Messung $1,6 \times 10^4 \text{m}^{-3}$ bis 10^7m^{-3} . Kürzere Probenahmezeitspannen werden die Unsicherheit noch weiter vergrößern.

Die Identifizierung der Ursachen für Schwankungen kann dazu beitragen, den Messaufwand durch die gezielte Probenahme bei besonderen Aufgaben oder der Expositionssituationen zu verringern.

6 Probenahme

6.1 Grundsätze und allgemeine Anforderungen

Die Probenahme von Bioaerosolen sollte, falls anwendbar, nach den Prinzipien der Probenahme zur Beurteilung der Exposition von Beschäftigten gegenüber anderen gesundheitsgefährdenden Substanzen nach EN 689 erfolgen. Bei der Probenahme von Bioaerosol sollten jedoch zusätzliche Anforderungen berücksichtigt werden. Die Erzeugung von Bioaerosol kann z. B. zeitlich unterbrochen und von kurzer Dauer und mit spezifischen Tätigkeiten verbunden sein. Für die Aufstellung eines relativen Expositionsprofils sollten mehrere aufeinanderfolgende Messungen nach einer spezifischen Strategie durchgeführt werden.

Dies ist auch vereinbar mit anderen Probenahmeverfahren zur Messung von Bioaerosolen wie der direkten Sammlung auf Agarmedien, die vorgibt, dass die Zeitspanne der Sammlung von kurzer Dauer sein sollte.

Vor Durchführung irgendeiner Probenahmetätigkeit am Arbeitsplatz ist es erforderlich, die technischen und betriebsspezifischen Parameter im Arbeitsbereich zu untersuchen und die Betriebsbedingungen zu berücksichtigen, die die Exposition des Beschäftigten gegenüber Mikroorganismen beeinflussen können, damit eine Probenahmestrategie festgelegt werden kann.

Falls nötig sollte eine Probe als Hintergrundreferenz in einem nicht kontaminierten Bereich oder in einem Außenbereich genommen werden.

6.2 Probenahmegerät

6.2.1 Kategorien

Es steht ein breites Spektrum an Probenahmegeräten für Bioaerosole zur Verfügung. Diese gehören jedoch entsprechend deren Sammelprinzipien grob zu folgenden vier Kategorien:

- Aufprall (Impaktion) auf eine feste oder halb feste Oberfläche wie ein Agarmedium oder in eine Flüssigkeit;
- Aufprall (Impingement) in eine Flüssigkeit;
- Filtration;
- elektrostatische Abscheidung.

Einige Verfahren sind nur für die ortsbezogene Probenahme geeignet, während andere auch für die personenbezogene Probenahme im Atembereich des Beschäftigten verwendet werden können. Es ist erforderlich, sich der Sammelprinzipien und deren Vorteile und Grenzen bewusst zu sein, weil einige von diesen für die Probenahme in bestimmten Arbeitsplatzumgebungen besser geeignet sein werden als andere. Das Verfahren der Probenahme wird oft die darauffolgenden Analyseverfahren bestimmen.

ANMERKUNG Für Empfehlungen bezüglich der Auswahl der Messverfahren siehe Anhang A.

6.2.2 Anforderungen

Das Probenahmegerät muss für den Zweck der durchzuführenden Messung geeignet und mit den Anforderungen der Untersuchung vereinbar sein. Insbesondere muss das Probenahmegerät zwischen den Probenahmevergängen gereinigt/desinfiziert werden.

Das verwendete Probenahmegerät muss eine bekannte und dokumentierte Probenahmewirksamkeit aufweisen, z. B. zur Probenahme der Gesamt-Mikroorganismen, der lebensfähigen Mikroorganismen oder von Bestandteilen der Mikroben fähig sein. Die physikalische Probenahmewirksamkeit des Probenahmegeräts muss bekannt und dokumentarisch erfasst sein und in Beziehung zum aerodynamischen Durchmesser der gesammelten Partikel stehen.

ANMERKUNG In der Praxis wird der Probenahmewirkungsgrad für gewöhnlich nur anhand von inerten Partikeln geprüft.

Das Probenahmegerät sollte die gesundheitsrelevanten Fraktionen des Aerosols nach EN 481 sammeln können.

Zur Bestimmung der Anzahl an lebensfähigen/anzüchtbaren Mikroorganismen muss das Probenahmegerät mit relevanten Mikroorganismen geprüft werden, um die Wirksamkeit der Keimerhaltung festzustellen. Das Vermögen des Probenahmemediums zur Aufrechterhaltung der Unversehrtheit der gesammelten Mikroorganismen muss bekannt sein.

6.3 Pumpen

Die Pumpen für die personenbezogene Probenahme muss den Anforderungen nach EN ISO 13137 entsprechen.

6.4 Fähigkeiten der Bedienperson

Das Bedienpersonal muss in aseptischen Arbeitstechniken zur Vermeidung von Kontaminierung einer Probe in jeder Probenahmephase geübt sein, Kenntnisse über die Probenahmeausrüstung aufweisen und wissen, wie die Probenahme durchzuführen ist.

6.5 Transport und Lagerung der Proben

6.5.1 Transport

Die Transportbedingungen müssen Veränderungen, die in der gesammelten Probe auftreten können, auf ein Minimum herabsetzen. Die Bedingungen müssen schriftlich festgehalten werden (Dauer, Wetterbedingungen, Probentemperatur und die Transportbedingungen).

Proben zur Kultivierung müssen so schnell wie möglich, idealerweise innerhalb von 24 h nach der Probenahme, im Analyselabor abgeliefert werden.

Temperaturextreme müssen vermieden werden (sie können ein Absterben der Keime bewirken). Flüssige Proben müssen direkt nach der Probenahme gekühlt und bei $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ transportiert werden.

Wenn Verzögerungen beim Transport unvermeidbar sind, müssen die Proben unter kontrollierten Bedingungen gelagert werden (siehe 6.5.2).

6.5.2 Lagerung im Labor

Die Proben müssen so bald wie möglich für die Untersuchung vorbereitet werden. Proben auf Nährbodenplatten müssen unmittelbar nach Eingang im Labor bebrütet werden. Sonstige Proben, deren Lagerung vor der Untersuchung unvermeidbar ist, müssen unter Bedingungen gelagert werden, z. B. gekühlt, die Veränderungen in der Zusammensetzung der Probe auf ein Minimum herabsetzen. Diese Bedingungen müssen festgehalten und validiert werden. Die Exposition gegenüber Quellen sichtbaren und ultravioletten Lichts und Luftverunreinigungen müssen minimal gehalten werden. Proben zur Untersuchung auf mikrobielle Verbindungen müssen bei Temperaturen unterhalb $-20 ^\circ\text{C}$ gelagert werden.

6.6 Probenahmedokumentation

Die durchgeführten Probenahmeprozesse müssen dokumentiert werden, um vergleichbare und zuverlässige Konzentrationswerte von Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen zu erhalten.

Die Probenahmedokumentation muss mindestens folgende Informationen umfassen:

- a) Name der Organisation und der Person, die die Probenahme durchführt,
- b) Probenahmedatum,
- c) Zweck der Probenahme, Ziel-Mikroorganismen und mikrobielle Verbindungen,

- d) ein nur für diese Probe geltender Identifizierungskode,
- e) Name und Adresse der Firma, in der die Probenahme durchgeführt wurde, oder zur Wahrung der Vertraulichkeit ein einmal zu verwendender Identifizierungskode,
- f) Beschreibung des Arbeitsplatzes, einschließlich der Tätigkeiten, bei denen Bioaerosol erzeugt wird,
- g) Typ und Name des Probenahmegeräts sowie Typ und Name des verwendeten Sammelsubstrats einschließlich des Volumens des für Flüssigkeits-Probenahmegeräte verwendeten Sammelmediums,
- h) Art der Probenahme (ortsbezogen oder personenbezogen),
- i) Positionierung der Probenahmegeräte,
- j) Ausrichtung des Probenahmegeräteinlasses und dessen Orientierung relativ zur Luftbewegung, falls zutreffend,
- k) Anfangs- und Endzeitpunkt sowie Dauer der Probenahme,
- l) Durchflussrate in Liter je Minute,
- m) Volumen der genommenen Probe,
- n) gesundheitsrelevante Fraktionen der Probe (siehe EN 481),
- o) Transport und Lagerung der Proben,
- p) Umgebungsbedingungen (Temperatur, relative Luftfeuchte, äußere Wetterbedingungen),
- q) andere Beobachtungen.

Zur Probenahmedokumentation gilt das Beachten der Anweisungen eines Probenahmeformulars grundsätzlich als gute Vorgehensweise. Für ein Beispiel eines Probenahmeformulars siehe Anhang B.

7 Analyseverfahren

7.1 Anforderungen

Das zur Analyse der Probe verwendete Verfahren muss in dessen Einzelheiten beschrieben werden, einschließlich der Nachweisgrenze, Präzision, systematischen Messabweichung und Verfahrensgrenzen.

Die Verfahren zur Vorbereitung der Probe müssen schriftlich festgehalten werden, z. B. Suspension, Verdünnung und Bebrütungsbedingungen, da dies durch ein Auseinanderreißen gesammelter Partikel einen Einfluss auf die Anzahl an Messeinheiten haben kann. Falls eine Behandlung der Probe, die die Größe und Anzahl an Partikeln beeinflussen kann, nicht vermieden werden kann, muss dies schriftlich festgehalten werden.

Wenn eine Kultivierung durchgeführt wird, müssen die Nährmedien, die Suspensions und Verdünnungsflüssigkeiten, Bebrütungstemperatur und Bebrütungszeit angegeben werden.

Zu mikroskopischen Verfahren müssen die Anzahl an gezählten Mikroorganismen, die Anzahl an ausgezählten Feldern, das Anteilsverhältnis der untersuchten Suspensionsflüssigkeit, die Vergrößerung des Mikroskops und die Berechnung der Zellzahlen gehören.

Das Laborpersonal, dass die Analyse durchführt, muss nachweisbar über Schulungen und Kompetenzen bezüglich aseptischer Techniken und über die Fähigkeit verfügen, mikrobiologische Proben nach „guter Laborpraxis“ handhaben zu können.

7.2 Validierung

Die Leistungsfähigkeit der Verfahren muss die in EN 482 angegebenen Anforderungen erfüllen. Das Analyseverfahren muss validiert sein, wenn möglich, gegenüber geeigneten Standard-Referenzsubstanzen.

7.3 Dokumentation

7.3.1 Allgemeine Angaben

Die folgenden Informationen müssen in allen Dokumentationen des Analyseverfahrens enthalten sein:

- a) Name des Labors und der Person, die die Untersuchung durchführt,
- b) Datum und Beginn der Analyse,
- c) Herkunft der analysierten Probe,
- d) Lagerungsbedingungen im Labor,
- e) Einzelheiten des angewandten Analyseverfahrens, einschließlich von Verweisen auf dokumentierte Standardverfahrensanweisungen,
- f) jegliche Abweichungen vom routinemäßig angewandten Verfahren und die Gründe dafür.

7.3.2 Spezifische Informationen

7.3.2.1 Allgemeines

Zusätzlich zu den allgemeinen Informationen, die in 7.3.1 aufgeführt sind, sind spezifische Informationen erforderlich zur Dokumentation der

- Analyse durch Anzüchtung auf/in Agarmedien, in Flüssigkeiten und auf Filtern gesammelte Bioaerosole (siehe 7.3.2.2),
- Analyse durch Mikroskopie (siehe 7.3.2.3), und
- Analyse von mikrobiellen Verbindungen und Stoffwechselprodukten (siehe 7.3.2.4).

7.3.2.2 Analyse von anzüchtbaren Mikroorganismen

7.3.2.2.1 Auf/in Agarmedien gesammelte Proben

Zusätzlich zu den in 7.3.1 aufgeführten Informationen über die in/auf Agarmedien gesammelten Proben, müssen die Art der Nährmedien, sowie Handelsname und Anbieter falls kein Eigenprodukt, die Inkubationsbedingungen und die Inkubationszeit in der Dokumentation angegeben werden.

7.3.2.2.2 In Flüssigkeiten gesammelte Proben

Zusätzlich zu den in 7.3.1 aufgeführten allgemeinen Informationen für in Flüssigkeiten gesammelte Proben, müssen das Sammelsubstrat, z. B. das Medium, in dem die Bioaerosol-Proben gesammelt wurden, die Einzelheiten der verwendeten Verdünnungsflüssigkeit und Volumina sowie das Bebrütungsvolumen und -verfahren auf/in Agarmedien in der Dokumentation angegeben werden.

7.3.2.2.3 Auf Filtern gesammelte Proben

Zusätzlich zu den in 7.3.1 aufgeführten Informationen für auf Filtern gesammelten Proben, müssen die Art des Filters (Porengröße, Material), das Extraktionsverfahren (Extraktionsflüssigkeit und -volumen), die verwendete Verdünnungsflüssigkeit und verwendeten Volumina sowie das Bebrütungsverfahren in der Dokumentation angegeben werden.

7.3.2.3 Analyse durch Mikroskopie

7.3.2.3.1 Lichtmikroskopie und Fluoreszenzmikroskopie

Zusätzlich zu den in 7.3.1 aufgeführten Informationen für die Analyse durch Lichtmikroskopie und Fluoreszenzmikroskopie, müssen die Suspensionflüssigkeit, die Verdünnungsflüssigkeit, das Färbeverfahren und mikroskopische Faktoren in der Dokumentation angegeben werden.

Bei Verwendung von Zählkammern ist das Verfahren in den Einzelheiten zu beschreiben.

7.3.2.3.2 Raster-Elektronenmikroskopie

Zusätzlich zu den in 7.3.1 aufgeführten Informationen für die Analyse durch Raster-Elektronenmikroskopie, müssen der Beschichtungsstoff und mikroskopische Faktoren in der Dokumentation angegeben werden.

7.3.2.4 Analyse von mikrobiellen Verbindungen und Stoffwechselprodukten

Zusätzlich zu den in 7.3.1 aufgeführten Informationen für die Analyse von mikrobiellen Verbindungen, müssen die Art der Probe (Filter, Flüssigkeit), das Extraktionsverfahren und der Extraktionsapparat, das Volumen und die Art der Extraktion und die Verdünnungsflüssigkeit ebenso wie das Analyseverfahren und der verwendete Referenzstandard in der Dokumentation angegeben werden.

7.4 Bestimmung des anzüchtbaren Anteils

Der anzüchtbare Anteil kann durch die Bebrütung von Mikroorganismen bestimmt werden, die entweder direkt auf Agarmedien abgelagert wurden oder aber durch Suspension der Mikroorganismen in einer Flüssigkeit und anschließender Beimpfung von Agarmedien. Um die geforderte Konzentration zu erhalten, könnten auch weitere Verdünnungen der Suspension notwendig sein. Wenn zur Bestimmung des anzüchtbaren Anteils die Mikroorganismen auf Filtern gesammelt werden, können die Filter entweder direkt auf die Agarmedien gelegt werden oder aber die Ablagerung kann von den Filtern in eine Flüssigkeit extrahiert werden. Die Extraktion muss dabei mit einem normierten Verfahren erfolgen, z. B. durch Schütteln, Abwaschen oder Ultraschallbehandlung.

Für weitere Einzelheiten siehe Anhang C.

7.5 Bestimmung der direkten Zellenzahl durch Mikroskopie

7.5.1 Allgemeines

Die direkte Zellenzahl der Mikroorganismen wird anhand von Mikroskopie bestimmt, wobei die Anzahl an anzüchtbaren, nicht anzüchtbaren aber lebensfähigen sowie nicht lebensfähigen Mikroorganismen bestimmt wird.

Die Präzision der mikroskopischen Zählung muss abgeschätzt werden.

7.5.2 Epifluoreszenzmikroskopie und Lichtmikroskopie

Die Epifluoreszenzmikroskopie oder Lichtmikroskopie kann angewandt werden, wenn die Probe auf einem Filter oder in einer Flüssigkeit gesammelt wurde. Die Mikroorganismen auf mindestens 40 Feldern oder 200 Mikroorganismen sollten ausgezählt werden. Die Felder können nach dem Zufallsprinzip ausgewählt oder gleichmäßig über das gesamte Filter verteilt werden. Mikroorganismen sind unter Verwendung eines graduierten Okularrasters zu zählen.

7.5.3 Raster-Elektronenmikroskopie

Auf Filtern mit einer glatten Oberfläche, z. B. Polykarbonatfiltern, gesammelte Mikroorganismen können mit dem Raster-Elektronenmikroskop (SEM) gezählt werden. Bakterienzellen können schwierig zu erkennen sein und neigen auch zum Zusammenfallen, wenn diese nicht vor der Untersuchung mit dem SEM fixiert und/oder gefriergetrocknet werden. Filterproben können direkt für das SEM vorbereitet werden, wenn die Partikeldichte nicht zu hoch ist; andernfalls kann der Niederschlag auf dem Filter suspendiert und eine Teilprobe erneut gefiltert werden.

7.6 Bestimmung der mikrobiellen Verbindungen

Zur Sicherung einer aussagekräftigen Ausbeute an mikrobiellen Verbindungen müssen die Probenahme und Analyseverfahren validiert sein.

Die Anzahl an mikrobiellen Verbindungen muss anhand von validierten Verfahren auf Basis einer bekannten Norm bestimmt werden, da es bei der Verwendung verschiedener Normen zu Schwankungen in den Ergebnissen kommen kann.

ANMERKUNG Es hat sich erwiesen, dass der Filtertyp und das Extraktionsverfahren einen Einfluss auf die Ausbeute haben können. Die Verfahren können durch mit Endotoxin angereicherte Proben validiert werden.

8 Angabe der Ergebnisse

8.1 Allgemeines

Die Angabe der Ergebnisse sollte, falls möglich, die Nachweisgrenzen und Bestimmungsgrenzen umfassen.

Die Anzahl an Mehrfachanalysen und die Anzahl an Analysen sind ebenfalls anzugeben.

8.2 Anzüchtungsverfahren

Wenn Keimzahlen auf der Grundlage der Zählung der auf Agarplatten gewachsenen Kolonien bestimmt wurden, sind die Ergebnisse als koloniebildende Einheiten je Kubikmeter Luft (KBE/m³) anzugeben.

8.3 Mikroskopische Verfahren

Wenn Keimzahlen auf der Grundlage einer mikroskopischen Zählung bestimmt wurden, sind die Ergebnisse als Gesamtanzahl an Mikroorganismen je Kubikmeter gesammelter Luft anzugeben.

8.4 Mikrobielle Verbindung

Endotoxin muss als Endotoxineinheit je Kubikmeter (EU/m³) gesammelter Luft angegeben werden.

Glukane, Allergene und Mykotoxine müssen in Nanogramm je Kubikmeter (ng/m³) gesammelter Luft angegeben werden.

Mikrobielle Enzyme müssen als Aktivitätseinheit je Kubikmeter gesammelter Luft angegeben werden.

Durch quantitative PCR bestimmte DNA muss als Genomeinheit je Kubikmeter (GU/m³) gesammelter Luft angegeben werden.

Alle Messungen der mikrobiellen Verbindungen müssen in Bezug zur verwendeten Referenznorm gesetzt werden.

Wenn eine Hemmung oder Steigerung vorliegt, sind diese Probleme zu beschreiben und zu lösen.

9 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- a) einen Hinweis auf diese Europäische Norm;
- b) Zielsetzung der Messung;
- c) Probenahmestrategie;
- d) Identifizierung der Probe (z. B. eindeutige Referenznummer);
- e) Probenergebnisse;
- f) Probenahmedokumentation nach 6.6;
- g) Dokumentation des verwendeten Analyseverfahrens nach 7.3;
- h) Auslegung und Diskussion der Ergebnisse, falls erforderlich.

Anhang A (informativ)

Empfehlungen für die Auswahl von Messverfahren

Die Tabellen A.1 und A.2 fassen Verfahren zur Messung von nichtinfektiösen Mikroorganismen sowie von mikrobiellen Verbindungen in der Arbeitsplatzatmosphäre nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zusammen. Die Bewertung von Expositionsmessungen ist schwierig, da Arbeitsplatzgrenzwerte (OELV) bisher nicht festgelegt wurden. Vergleiche mit anderen Studien setzen die Verwendung vergleichbarer Analyseverfahren voraus. In der Regel können unter bestimmten Umständen Filter- und Flüssigproben durch kulturunabhängige Analyseverfahren für Expositionsmessungen zur Risikobeurteilung toxisch und allergisch bedingter Effekte eingesetzt werden. Für die Identifizierung von Spezies werden verschiedene Analyseverfahren eingesetzt (z.B. kulturabhängig, proteinabhängig und auf Nukleinsäure basierende Verfahren).

Tabelle A.1 — Vorteile und Grenzen verschiedener Probenahmeverfahren für die Messung der Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen in der Arbeitsplatzumgebung

Probenahmeprinzip	Probenahmegeräte ^a und Probenahmebedingungen	Sammelsubstrat	Vorteile	Grenzen
Filtration	— Filtersammelgeräte für einatembaren Feinstaub — standardmäßiger Aerosol-Probenahmekopf bei geringen Windgeschwindigkeiten und einer Partikelgröße von weniger als 30 µm ANMERKUNG Beispiele für Filtersammelgeräte für einatembaren Feinstaub sind Closed-Face Cassette (2,0 l/min), ButtonTM Sampler (4,0 l/min), IOMTM Sampler (2,0 l/min) und PGP GSPTM (3,5 l/min)	— 25 mm- oder 37 mm-Filter Die Art und Porosität der Filter hängt von der durchzuführenden Analyse ab (siehe Tabelle A.2).	— Abschätzung der Exposition bei toxischen und allergischen Auswirkungen — personengetragene Messung möglich — eine Probe kann für mehrere Analysen verwendet werden — Sammlung von einer einatembaren Fraktion ist möglich — praktisch keine Begrenzung der Probenahmedauer	— erfordert die Extraktion von mit Filtern gesammelten Partikel — mögliche Verluste durch die Ablagerung von Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen an den Wänden der Probenahmeköpfe — hohe Nachweisgrenzen aufgrund der geringen Probenahmerate und weiteren Verdünnungen für die Analyse — eine lange Probenahmezeit oder ein hoher Probenahmedurchfluss kann das Überleben von Bakterien beeinflussen
Impaktion	einstufige Impinger ANMERKUNG Beispiele für einstufige Impinger sind MAS 100TM und LKS 30TM oder LKS 100TM + MBASS 30TM	Agarplatten mit unterschiedlichen Nährmedien	— personengetragene Messung mit manchen Geräten möglich — niedrige Nachweisgrenze	— überwiegend stationäre Messgeräte — max. Probenahmedauer 15 min — Ansaugverluste bei größeren Partikeln
	mehrstufige Impinger ANMERKUNG Beispiele für mehrstufige Impinger sind DGITM-Impinger (50 l/min bis 100 l/min), RESPICONTM (3,1 l/min) und ELPITM (10 l/min).	Filter	— eine Probe kann für mehrere Analysen verwendet werden — Mehrstufen-Messgeräte erlauben das Erstellen einer Partikelgrößenverteilung des Bioaerosols — personengetragene Messung mit manchen Geräten möglich	— überwiegend stationäre Messgeräte — Ansaugverluste bei größeren Partikeln — eine lange Probenahmezeit oder ein hoher Probenahmedurchfluss kann das Überleben von Bakterien beeinflussen

Probenahme- prinzip	Probenahmegeräte ^a und Probenahmebedingungen	Sammelsubstrat	Vorteile	Grenzen
Impaktion	mehrstufige Impinger	Agarplatten mit unterschiedlichen Nährmedien	— Mehrstufen-Messgeräte erlauben das Erstellen einer Partikelgrößenverteilung des Bioaerosols — personengetragene Messung mit manchen Geräten möglich — niedrige Nachweisgrenze bei der Impaktion auf einer Agarplatte	— sehr kurze Probenahmedauer bei der Impaktion auf Agarplatten — Ansaugverluste bei größeren Partikeln
	Zentrifugalsammler	Agarstreifen mit unterschiedlichen Nährmedien	— personengetragene Messung mit manchen Geräten möglich — niedrige Nachweisgrenze	— überwiegend stationäre Messgeräte — bei einigen Geräten kann der Volumenstrom nicht gemessen werden — nicht verwendbar bei der Sammlung der einatembaren Fraktion
Flüssigkeits- aufprall- verfahren (Impingement verfahren)	Impinger	sterile flüssige Lösung	— personengetragene Messung mit manchen Geräten möglich — einfach zu sterilisieren	— Verdunstung der Sammelösung während der Probenahme — überwiegend stationäre Messgeräte — kurze Probenahmedauer im Vergleich zu den Filtrationsverfahren — Ansaugverluste bei größeren Partikeln — für gewöhnlich empfindlich und schwierig in beruflichen Einrichtungen zu kontrollieren

Probenahme- prinzip	Probenahmegeräte ^a und Probenahmebedingungen	Sammelsubstrat	Vorteile	Grenzen
Zentrifugal- impaktion	Zentrifugalsammler	— rotierender Becher mit steriler Lösung — rotierender Becher mit Schaum	— personengetragene Messung möglich — Probenahmeköpfe sind für die einatembare, thorakale und atembare Fraktion verfügbar	— niedriger Wirkungsgrad der Sammlung bei Partikeln im Submikrobereich — Verdunstung der Sammelösung während der Probenahme
	trockene Zyklone	Sammlung in Röhren und/oder Filtern	— personengetragene Messung mit manchen Geräten möglich — Verwendung von sterilem Einweg-Material — Sammlung von einer einatembaren Fraktion ist möglich	— sehr geringe Anzahl an Studien
	nasale Zyklone	sterile flüssige Lösung	— personengetragene Messung mit manchen Geräten möglich — Verwendung von sterilem Einweg-Material — Sammlung von einer einatembaren Fraktion ist möglich	— Verdunstung der Sammelösung während der Probenahme — kurze Probenahmedauer im Vergleich zu den Filtrationsverfahren
^a Button™ Sampler, IOM™ Sampler, PGP GSP™, MAS 100™, LKS 30™, LKS 100™, MBASS 30™, DGI™ Impactor, RESPICON™ und ELPI™ sind Handelsnamen oder Warenzeichen von geeigneten handelsüblichen Produkten. Diese Angabe dient nur zur Unterstützung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung der genannten Produkte durch CEN.				

Tabelle A.2 — Vorteile und Grenzen von Verfahren für die Messung der luftgetragenen Mikroorganismen und mikrobiellen Verbindungen in der Arbeitsplatzumgebung

Mikrobielle Zielmerkmale	Mikrobielle Einheiten, Verbindungen und Toxine	Analyseverfahren	Probenahmeverfahren	Sammelmedium	Vorteile	Grenzen	Arbeitsumgebung
gesamte Mikroorganismen	Mikroorganismen	Fluoreszenzmikroskopie	Filter-sammelgerät	— Polykarbonatfilter (0,4 µm bis 1,0 µm) — Gelatinefilter (3 µm)	— Expositionsabschätzung für die Gesamtmenge — gut dokumentiert und moderat verwendet	— Sporen mancher Pilzarten werden nicht angefärbt — Mikroorganismen in manchen großen Aggregationen schwer zählbar — schlechte Identifizierung von Mikroorganismen — keine Informationen zur Lebensfähigkeit	— Arbeitsbereiche mit offensichtlichen Mikroorganismenquellen — weniger sinnvoll in Arbeitsbereichen mit geringen Konzentrationen
	Mikroorganismen, insbesondere Pilzsporen	Lichtmikroskopie	Filter-sammelgerät	— Polykarbonatfilter (0,4 µm bis 1,0 µm) — Gelatinefilter (3 µm)	— Expositionsabschätzung für die Gesamtmenge — Mikroorganismen in Aggregationen zählbar — Klassifizierung teilweise möglich — gut dokumentiert und moderat verwendet	— Mikroorganismen in komplexen Bioaerosolen können schwierig zu erkennen sein, insbesondere wenn diese klein sind — schlechte Identifizierung von Mikroorganismen — keine Informationen zur Lebensfähigkeit	— Arbeitsbereiche mit offensichtlichen Mikroorganismenquellen — weniger sinnvoll in Arbeitsbereichen mit geringen Konzentrationen