

DIN EN 17359

Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 4.

ICS 13.040.20

**Emissionen aus stationären Quellen –
Bioaerosole und biologische Agenzien –
Probenahme von Bioaerosolen und Abscheidung in Flüssigkeiten –
Impinger-Methode;
Deutsche Fassung EN 17359:2020**

Stationary source emissions –
Bioaerosols and biological agents –
Sampling of bioaerosols and collection in liquids –
Impingement method;
German version EN 17359:2020

Émissions de sources fixes –
Bioaérosols et agents biologiques –
Prélèvement des bioaérosols et collecte dans les liquides –
Méthode d'impaction par bullage;
Version allemande EN 17359:2020

Gesamtumfang 54 Seiten

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 17359:2020) wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 28 „Außenluft und Emissionen – Bioaerosole“ (Sekretariat und Obmannschaft: DIN, Deutschland) des Technischen Komitees CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) unter Mitwirkung deutscher Experten, die von der VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss – benannt worden sind, erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 134-03-07-03 UA „Probenahme von Bioaerosolen und Erzeugung von Biotestaerosolen“ der VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 7708:1995 siehe DIN ISO 7708:1996-01

ISO 16000-16:2008 siehe DIN ISO 16000-16:2009-12

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 7708:1996-01, *Luftbeschaffenheit — Festlegung von Partikelgrößenverteilungen für die gesundheitsbezogene Schwebstaubprobenahme (ISO 7708:1995)*

DIN ISO 16000-16:2009-12, *Innenraumluftverunreinigungen — Teil 16: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen; Probenahme durch Filtration (ISO 16000-16:2008)*

Deutsche Fassung

Emissionen aus stationären Quellen —
Bioaerosole und biologische Agenzien —
Probenahme von Bioaerosolen und Abscheidung
in Flüssigkeiten —
Impinger-Methode

Stationary source emissions —
Bioaerosols and biological agents —
Sampling of bioaerosols and collection in liquids —
Impingement method

Émissions de sources fixes —
Bioaérosols et agents biologiques —
Prélèvement des bioaérosols et collecte dans les
liquides —
Méthode d'impaction par bullage

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. Juli 2020 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Kurzbeschreibung des Verfahrens	11
6 Theoretische Grundlagen	12
6.1 Isokinetische Probenahme	12
6.2 Bestimmung von Konzentration und Fracht der Mikroorganismen	13
7 Geräte und Materialien	14
7.1 Allgemeines	14
7.2 Geräte und Verfahren zur Messung der Abluftparameter für die Berechnung des Hauptvolumenstroms	14
7.2.1 Allgemeines	14
7.2.2 Geräte zur Bestimmung der Abluftgeschwindigkeit	14
7.2.3 Geräte zur Bestimmung von Druck, Temperatur und Feuchte	15
7.3 Geräte für die Bioaerosolprobenahme	15
7.3.1 Allgemeines	15
7.3.2 Materialeigenschaften	16
7.3.3 Entnahmesonde, Krümmer und Absaugrohr	16
7.3.4 Emissionsimpinger	16
7.3.5 Absaugaggregat und Geräte zur Messung des Gasvolumens bzw. des Gasvolumenstroms	18
8 Probenahme	18
8.1 Allgemeines	18
8.2 Vorbereitung der Probenahmeausrüstung	18
8.2.1 Allgemeines	18
8.2.2 Vorbereitung des Emissionsimpingers	18
8.2.3 Vorbereitung von Entnahmesonde und Absaugrohr	19
8.2.4 Bestimmung einer geeigneten Probenahmesonde und eines geeigneten Volumenstroms	19
8.3 Durchführung der Bioaerosolprobenahme	21
8.3.1 Dichtheitsprüfung und Probenahme	21
8.3.2 Rückgewinnung von Ablagerungen vor dem Emissionsimpinger	22
8.3.3 Ermittlung der Masse der Sammelflüssigkeit	24
8.3.4 Feldblindwert	24
8.3.5 Analytischer Blindwert	24
8.4 Transport und Lagerung	24
9 Analyse	25
10 Bewertung	25
10.1 Allgemeines	25
10.2 Übergabe der Ergebnisse durch das analytische Labor	25
10.3 Teilgasvolumen bei der Probenahme	26
10.4 Berechnung der Anzahl an Mikroorganismen	28
10.5 Berechnung der Fracht	28

11	Verfahrenskenngrößen.....	29
11.1	Messunsicherheit	29
11.2	Parameter für die Bestimmung der Messunsicherheit in der Praxis.....	30
12	Wartung und Qualitätssicherung	34
13	Sammeleffizienz und Grenzen des Verfahrens.....	35
14	Interferenzen	35
Anhang A (informativ) Ausführungsbeispiel für Schimmelpilze und Bakterien.....		36
A.1	Allgemeines	36
A.2	Festlegung der Messpunkte	36
A.3	Geräte und Materialien	36
A.3.1	Allgemeines	36
A.3.2	Geräte und Verfahren zur Messung der Abluftparameter für die Berechnung des Hauptvolumenstroms.....	36
A.3.2.1	Allgemeines.....	36
A.3.2.2	Geräte zur Bestimmung der Abluftgeschwindigkeit	37
A.3.2.3	Geräte zur Bestimmung von Druck, Temperatur und Feuchte.....	37
A.3.3	Geräte für die Bioaerosolprobenahme.....	37
A.3.3.1	Allgemeines.....	37
A.3.3.2	Materialeigenschaften	37
A.3.3.3	Entnahmesonde, Krümmer und Absaugrohr	37
A.3.3.4	Emissionsimpinger	37
A.3.3.5	Messsystem zur isokinetischen Teilvolumenstromentnahme	37
A.4	Durchführung der Probenahme.....	38
A.4.1	Allgemeines	38
A.4.2	Vorbereitung der Probenahmeausrüstung	38
A.4.2.1	Allgemeines.....	38
A.4.2.2	Vorbereitung des Emissionsimpingers.....	38
A.4.2.3	Vorbereitung von Entnahmesonde, Krümmer und Absaugrohr	38
A.4.3	Messung der Abluftparameter zur isokinetischen Probenahme.....	38
A.4.4	Probenahme	39
A.4.4.1	Allgemeines.....	39
A.4.4.2	Rückgewinnung von Ablagerungen vor dem Emissionsimpinger	39
A.4.4.3	Feldblindwert.....	39
A.4.5	Transport und Lagerung.....	40
Anhang B (informativ)		45
B.1	General	45
B.2	Messunsicherheit	45
B.2.1	Schimmelpilze.....	45
B.2.2	Mesophile Bakterien	46
B.2.3	Gesamtzellzahl.....	46
B.2.4	Messungen am Bioaerosol-Prüfkanal	46
B.3	Feldblindwert	46
Anhang C (normativ) Zusammenfassung der Anforderungen an die Emissionsmessung.....		47
Anhang D (informativ) Musterprotokoll für Probenahme und Analyse.....		49
D.1	Probenahme	49
D.2	Analyse	50
Literaturhinweise.....		51

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 17359:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2021 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält Festlegungen zur aktiven Probenahme von Bioaerosolen aus der Abluft, die durch einen definierten Querschnitt eines Abluftkanals strömt. Sie legt allgemeine Grundlagen fest, die bei einer isokinetischen Probenahmekampagne für Bioaerosole berücksichtigt werden müssen, wobei die Abluft durch einen spezifischen Impinger, der auf Emissionsmessungen ausgelegt ist, geleitet wird.

In diesem Dokument wird die Anwendung mit anzüchtbaren Organismen festgelegt, jedoch kann dasselbe Prinzip auch auf Verfahren angewendet werden, die nicht auf Kulturen basieren (z. B. molekulare und/oder enzymbasierte Verfahren).

Der Impinger ist auf einen Teilvolumenstrom von 1 m³/h bis 1,8 m³/h bzw. 16 l/min bis 30 l/min ausgelegt, und wurde für verschiedene Mikroorganismen in breiten Konzentrationsbereichen geprüft [1; 2; 3; 4].¹

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 1040:2005, *Chemische Desinfektionsmittel und Antiseptika — Quantitativer Suspensionsversuch zur Bestimmung der bakteriziden Wirkung (Basistest) chemischer Desinfektionsmittel und Antiseptika — Prüfverfahren und Anforderungen (Phase 1)*

EN 13284-1:2017, *Emissionen aus stationären Quellen — Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen — Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren*

EN 15259:2007, *Luftbeschaffenheit — Messung von Emissionen aus stationären Quellen — Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht*

CEN/TS 16115-1, *Luftbeschaffenheit — Messen von Bioaerosolen — Teil 1: Bestimmung von Schimmelpilzen mittels Probenahme auf Filtern und kulturellem Nachweis*

EN ISO 16911-1, *Emissionen aus stationären Quellen — Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des Volumenstroms in Abgaskanälen — Teil 1: Manuelles Referenzverfahren (ISO 16911-1)*

EN ISO 20988:2007, *Luftbeschaffenheit — Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit (ISO 20988:2007)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

1 Bei diesem Verfahren handelt es sich um ein Konventionsverfahren zur Ermittlung der Gesamtemission unter Einsatz einer Out-Stack-Anordnung nach EN 13284-1.

3.1

Abgas

Abluft

Tränergase mit festen, flüssigen oder gasförmigen Bestandteilen (Emissionen)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Tränergase können natürliche Luft (z. B. aus der Stallventilation) oder Prozessgase sein.

3.2

analytischer Blindwert

Messwert, der mithilfe einer Blindwertprobe ermittelt wird, die das Analysenverfahren abdeckt, um sicherzustellen, dass während des gesamten Analysenverfahrens keine signifikante Kontamination auftritt

Anmerkung 1 zum Begriff: entsprechend CEN/TS 16115-1

3.3

Bakterien

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

[QUELLE: EN 13098:2019, 3.3]

Anmerkung 1 zum Begriff: Die derzeitige Klassifizierung von Bakterien, z. B. die Gruppierung in Gattungen und Arten, erfolgt nach molekularen, sequenzbasierten, chemotaxonomischen und physiologischen Eigenschaften.

3.4

Normbedingungen

Referenzwerte für ein trockenes Gas bei einem Druck von 101,325 kPa, gerundet auf 101,3 kPa und einer Temperatur von 273,15 K, gerundet auf 273 K

Anmerkung 1 zum Begriff: Sofern die Referenzbedingungen durch eine Regulierungsbehörde festgelegt werden, z. B. durch eine Standort-Lizenz oder -Genehmigung, muss dies die zuvor festgelegten Bedingungen außer Kraft setzen.

3.5

Bioaerosole

luftgetragene Partikel biologischen Ursprungs

[QUELLE: DIN EN 13098:2019, 3.1]

Anmerkung 1 zum Begriff: Bioaerosole im Sinne dieser Europäischen Norm sind alle in der Atmosphäre befindlichen Ansammlungen von Partikeln, denen Pilze (Sporen, Konidien, Hyphenbruchstücke), Bakterien, Viren und/oder Pollen sowie deren Zellmembranbestandteile und Stoffwechselprodukte (z. B. Endotoxine, Mykotoxine) anhaften oder die diese beinhalten.

3.6

biologische Probenahmeeffizienz

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

[QUELLE: EN 13098:2019, 3.4]

Anmerkung 1 zum Begriff: Die biologische Probenahmeeffizienz beschreibt zusätzlich zur physikalischen Probenahmeeffizienz den bei der Probenahme und Analyse auftretenden Sammelstress. Sie ist stamm- und artspezifisch.

3.7

Endotoxin

Bestandteil der äußeren Membran gramnegativer Bakterien (Lipopolysaccharide), der aus einem komplexen Lipid, dem Lipid A, besteht, 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 (toxische) Teil und ist eine potentiell entzündungsfördernde Substanz und kann bei exponierten Arbeitern Fieber, Atemwegsbeschwerden und andere Symptome hervorrufen. Die Zusammensetzung und Toxizität von Endotoxin variiert zwischen den Arten.

[QUELLE: EN 13098:2019, 3.9]

3.8

Fracht

Produkt der gemessenen Konzentration von Bioaerosolen und dem Volumenstrom des Abgaskanals der Anlage

3.9

allumfassende Blindprobe

Feldblindprobe

Probe, die am Ort der Probenahme wie eine normale Probe der Messreihe behandelt wird, jedoch ohne Gasprobenahme und ohne Einführen der Probenahmeeinrichtung in den Abgaskanal während der Dauer des Versuchs

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Norm wird der Begriff „Feldblindprobe“ verwendet.

3.10

Gesamtzellzahl

Gesamtanzahl der lebensfähigen und toten Zellen in einem gegebenen Volumen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Gesamtzellzahl kann z. B. durch Anfärbung mit DAPI bestimmt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Lebende und tote Zellen werden bei der Anfärbung mit DNA-Fluoreszenzfarbstoffen, z. B. DAPI (4,6-Diamidino-2-phenylindol-dihydrochlorid), gemeinsam erfasst und können nicht voneinander unterschieden werden.

3.11

Hauptvolumenstrom

Volumenstrom des Abgases im Bereich der Probenahmeebene

3.12

Flüssigkeitsaufprallverfahren

Impingementverfahren

Abscheidung von luftgetragenen Partikeln in Flüssigkeiten durch mehrere zugrunde liegende Mechanismen wie Impaktion, Diffusion, Interzeption und Sedimentation

3.13

koloniebildende Einheit

KBE

Einheit, in der die anzüchtbare Anzahl von Mikroorganismen angegeben wird

[QUELLE: EN 13098:2019, 3.6 und 3.7]

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

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Anzahl der sich entwickelnden Kolonien hängt von den Anzuchtbedingungen ab.

3.14

kulturbasierte Analysen

Kultivierung

Anzucht von Mikroorganismen auf/in Nährmedien

[QUELLE: ISO 16000-16:2008, 3.6]

3.15

nicht kulturbasierte Analysen

nicht auf Kultivierungsverfahren basierende Verfahren, darunter Mikroskopie, molekulare Verfahren, Zytometrie, Fluoreszenz usw.

3.16

Indikatororganismen

Mikroorganismen, die für die Emissionen aus einer bestimmten Anlagenart charakteristisch sind und mit derzeit zur Verfügung stehenden Probenahme- und Analysemethoden nachweisbar sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Indikatororganismen, die für eine bestimmte Quelle (Prozess) charakteristisch sind, können auch in Luft vorkommen, die durch die entsprechende Quelle nicht beeinflusst wird, hauptsächlich jedoch in geringeren Konzentrationen. Dies lässt sich durch die Tatsache erklären, dass viele Mikroorganismen allgegenwärtig sind.

3.17

Probenahmeachse

Messachse

durch die Innenwand des Abgaskanals begrenzte Linie im Messquerschnitt, auf der die Messpunkte liegen

[QUELLE: EN 15259:2007, 3.15]

3.18

Probenahmestelle

Messplatz

Ort am Abgaskanal im Bereich der Probenahmeebene, bestehend aus baulichen und technischen Einrichtungen, beispielsweise Messbühnen, Messöffnungen, Energieversorgung

[QUELLE: EN 15259:2007, 3.11 — modifiziert: „des Messquerschnitts oder der Messquerschnitte“ wurde ersetzt durch „der Probenahmeebene“]

3.19

Probenahmepunkt

Messpunkt

festgelegter Ort auf der Probenahmeachse, an dem eine Probe entnommen bzw. eine Messgröße direkt ermittelt wird

[QUELLE: EN 15259:2007, 3.16]

3.20

Probenahmeebene

Messquerschnitt

zur Mittelachse des Abgaskanals senkrechte Fläche am Ort der Probenahme

[QUELLE: EN 15259:2007, 3.13]

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Emissionsmessungen an Flächenquellen ist die gesamte Oberfläche als Probenahmeebene zu verstehen.

3.21

mikrobielle Luftverunreinigung

Konzentration an luftgetragenen Mikroorganismen, die die natürliche Konzentration übersteigen bzw. die bezogen auf ihre Art nicht natürlicherweise zu beobachten sind

3.22

Mikroorganismen

zelluläre oder nicht zelluläre mikrobiologische Einheit, die fähig ist, sich zu vermehren oder genetisches Material zu übertragen, oder Einheiten, die diese Eigenschaften verloren haben

[QUELLE: EN 13098:2019, 3.18]

3.23

physikalische Probenahmeeffizienz

Fähigkeit des Probenahmegeräts, in der Luft schwebende Partikel zu sammeln

[QUELLE: EN 13098:2019, 3.20]

3.24

Pilze

Fungi

einzellige Hefen und Fadenpilze mehrerer taxonomischer Gruppen, namentlich Zygomycetes (Mucromycotina und Entomophthoromycotina), Ascomycetes (Ascomycota) und mitosporische Pilze (Deuteromycetes, Fungi imperfecti) [7]

Anmerkung 1 zum Begriff: Schimmelpilze bilden je nach taxonomischer Gruppe, zu der sie gehören, unterschiedliche Arten von Sporen aus und zwar Conidiosporen (Conidien), Sporangiosporen oder Ascosporen.

3.25

Teilvolumenstrom

Volumenstrom, der dem Hauptvolumenstrom zum Ermitteln der Messkomponente entnommen wird

[QUELLE: EN 15259:2007, 3.29]

3.26

Probenahmeapparatur

vollständig zusammengebaute Probenahmeeinrichtung nach Bild 1

4 Symbole und Abkürzungen

In dieser Norm werden die nachfolgenden Symbole verwendet:

Symbol	Einheit	Bedeutung
A	m^2	Probenahmeebene des Abluftkanals
A_S	m^2	aus dem Durchmesser δ_S der Sonde berechnete Fläche
c	$KBE/m^3; GZZ/m^3$	Anzahlkonzentration von Mikroorganismen im Teilvolumenstrom
C	$KBE/m^3; GZZ/m^3$	Anzahlkonzentration von Mikroorganismen in der Abluft
ΣC_{Platte}	KBE	Summe der gezählten Kolonien auf allen ausgewerteten Platten
d		Verdünnungsfaktor der ersten ausgewerteten Verdünnung (z. B. $d = 100$ bei Verdünnungsstufe 10^{-2})

Symbol	Einheit	Bedeutung
D		weiterer Verdünnungsfaktor, der sich daraus ergibt, dass nur ein Aliquot der Verdünnungen ausplattiert wurde
f_{GM}	kg/m ³	Feuchte des Teilgasvolumens am Volumenmessgerät (bezogen auf Normbedingungen)
f	kg/m ³	Feuchte der Abluft
n_1		Anzahl der Platten bei der niedrigsten auswertbaren Verdünnung (höhere Konzentration)
n_2		Anzahl der Platten bei der nächst höheren auswertbaren Verdünnung (geringere Konzentration)
N		Anzahl der Doppelanalysen
N_{KBE}	KBE	Anzahl der Bakterien in KBE
p		Pipettierfaktor
p_d	Pa	dynamischer Druck
p_G	kPa	absoluter Druck der Abluft
p_{GM}	kPa	absoluter Druck am Gasvolumenmessgerät
p_N	kPa	Normdruck (101,3 kPa)
p_A	kPa	Außenluftdruck
p_R	kPa	absoluter Druck am Eingang des Schwebekörperdurchflussmessgeräts
p_{st}	kPa	statischer Druck im Abluftkanal
$r_{H_2O, G}$	%	Wasserdampf-Volumenanteil in der feuchten Abluft
$r_{H_2O, GM}$	%	Wasserdampf-Volumenanteil in der feuchten Abluft im Gasvolumenstrommessgerät
s	KBE/m ³ ; GZZ/m ³	Standardabweichung unter Wiederholbedingungen
T_G	K	absolute Temperatur der Abluft
T_{GM}	K	absolute Temperatur am Gasvolumenmessgerät
T_N	K	Normtemperatur (273 K)
T_R	K	Temperatur am Eingang des Schwebekörperdurchflussmessgeräts
$u_{G,i}$	m/s	Strömungsgeschwindigkeit am Messpunkt i
u_{mittel}	m/s	mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Messquerschnitt
u_S	m/s	Strömungsgeschwindigkeit in der Entnahmesonde
u		Unsicherheit
v	m ³	Teilgasvolumen
v_b	ml	Volumen des pipettierten Aliquoten
v_{GM}	m ³	Teilgasvolumen bezogen auf die Bedingungen am Gasvolumenmessgerät (Temperatur, Druck, Feuchte)
$v_{N,tr}$	m ³	Teilgasvolumen (bezogen auf Normbedingungen 273 K, 101,3 kPa und trockenes Gasvolumen)

Symbol	Einheit	Bedeutung
v_p	ml	Pipettiervolumen (Platten 1 bis 4)
v_1	ml	filtriertes Volumen der Impinger-Sammelflüssigkeit
v_2	ml	Gesamtvolumen der Impinger-Sammelflüssigkeit
$\dot{v}$	m ³ /h	Probenvolumenstrom (bzw. vorgesehener Probenvolumenstrom im Impinger)
$\dot{v}_{N,tr}$	m ³ /h	Probenvolumenstrom (bezogen auf Normbedingungen 273 K, 101,3 kPa und trockenes Gasvolumen)
$\dot{v}_i$	m ³ /h	erforderlicher Probenvolumenstrom am Messpunkt i bezogen auf Abluftbedingungen (Temperatur, Druck, gegebenenfalls Feuchte)
$\dot{v}_{i,N,tr}$	m ³ /h	erforderlicher Teilvolumenstrom am Messpunkt i (bezogen auf Normbedingungen 273 K, 101,3 kPa und trockenes Gasvolumen)
$\dot{V}$	m ³ /h	Hauptvolumenstrom der Abluft bezogen auf Abluftbedingungen (Temperatur, Druck, gegebenenfalls Feuchte)
$\dot{V}_N$	m ³ /h	Hauptvolumenstrom der Abluft (bezogen auf Normbedingungen 273 K, 101,3 kPa und trockenes Gasvolumen)
x_{1i}	KBE/m ³ ;GZZ/m ³	Messwert in Impinger 1 der Messreihe i
x_{2i}	KBE/m ³ ;GZZ/m ³	Messwert in Impinger 2 der Messreihe i
z_{Impinger}	GZZ	ermittelte Zellzahl im ausgewerteten Impinger
z_{GZZ}	GZZ	Anzahl der Mikroorganismenzellen in der Probe
z_{MO}	KBE	Anzahl der kultivierbaren Mikroorganismen in der Probe
$\dot{Z}_{\text{MO}}$	KBE/h	Fracht der kultivierbaren Mikroorganismen (bezogen auf die Anzahl) im Hauptvolumenstrom der Abluft
$\dot{Z}_{\text{GZZ}}$	GZZ/h	Fracht der Mikroorganismenzellen (bezogen auf die Anzahl) im Hauptvolumenstrom der Abluft
δ_S	M	Durchmesser der Entnahmesonde
ρ_f	kg/m ³	Dichte der feuchten Abluft
$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$	kg/m ³	Dichte des gasförmigen Wassers (bezogen auf Normbedingungen, $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 0,804 \text{ kg/m}^3$)
ρ_N	kg/m ³	Normdichte der Abluft
τ	s	Probenahmedauer

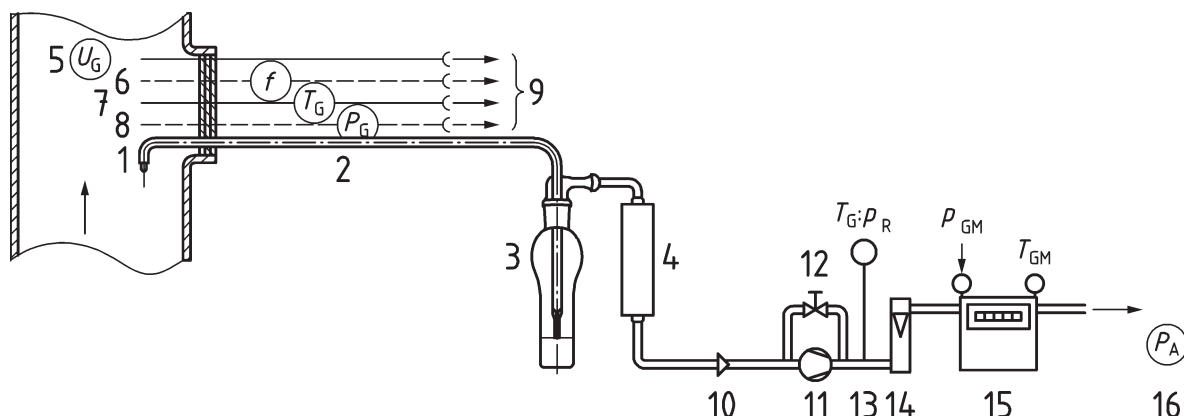
5 Kurzbeschreibung des Verfahrens

Das im Folgenden beschriebene Verfahren zur Messung von Bioaerosolemissionen beruht auf EN 13284-1. Das Verfahren beschreibt die Durchführung von Emissionsmessungen unter isokinetischen Bedingungen unter Verwendung eines Emissionsimpingers in Out-stack-Anordnung.

Bei Quellen, bei denen die Abluft durch einen definierten Querschnitt strömt, wird während der Probenahmedauer ein Teilvolumenstrom der Abluft aus dem Hauptvolumenstrom entnommen, wobei das Teilgasvolumen gemessen wird. Die Anzahl und Lage der repräsentativen Messpunkte werden in EN 15259 festgelegt, obwohl die maximale Anzahl der Punkte, die für eine Einzelprüfung verwendet werden, auf

8 begrenzt wird (siehe 7.3.1). Nach EN 13284-1 muss das isokinetische Verhältnis zwischen -5% und $+15\%$ gehalten werden.

Bei der Durchführung von Bioaerosolemissionsmessungen wird Abluft durch die Entnahmesonde geleitet, bevor die in der Abluft schwebenden Partikel in der Sammelösung des Impingers aufgefangen werden. Es ist bekannt, dass sich Partikel in den Krümmern und auf den Oberflächen der Sonde ablagern können. Daher ist nach der Probenahme ein Ausspülen aller Teile der Probenahmeapparatur vor dem Emissionsimpinger erforderlich.



Legende

- 1 Entnahmesonde mit Krümmer
- 2 Absaugrohr
- 3 Emissionsimpinger (es ist möglich, dass mehr als ein Impinger eingesetzt wird, siehe 8.3.1)
- 4 Trocknungseinrichtung (z. B. Silikagel)/Feuchtigkeitsabscheider
- 5 Gerät zur Messung der Abluftgeschwindigkeit (Hitzdrahtanemometer, Flügelradanemometer, Staurohr)
- 6 gegebenenfalls Feuchtefühler
- 7 Temperaturfühler
- 8 gegebenenfalls Sensor für absoluten Druck
- 9 Messwertaufnehmer
- 10 Abschaltventil
- 11 Absaugaggregat
- 12 Bypassventil
- 13 Temperatursensor (T_R) und Drucksensor (p_R)
- 14 Schwebekörperdurchflussmessgerät (optional)
- 15 Gasvolumenmessgerät mit Temperatursensor (T_{GM}) und Drucksensor (p_{GM})
- 16 Druckmessgerät

Bild 1 — Beispiel einer Probenahmeapparatur für Bioaerosolmessungen

6 Theoretische Grundlagen

6.1 Isokinetische Probenahme

Das Ziel der Probenahme bei isokinetischer Geschwindigkeit ist die repräsentative Erfassung der in einem Gasstrom dispergierten Partikel unabhängig von ihrer Größe. Für den Idealfall einer gerichteten Strömung im Abluftkanal liegen bei isokinetischer Probenahme isokinetische Verhältnisse bezogen auf die Flugbahnen der Partikel in der freien Strömung und die der Partikel in der Sonde vor. Die theoretischen Grundlagen der isokinetischen Probenahme sind in Anhang A ausführlich beschrieben.

6.2 Bestimmung von Konzentration und Fracht der Mikroorganismen

Die im Folgenden aufgeführten Gleichungen gelten grundsätzlich allgemein, beziehen sich jedoch hier hauptsächlich auf die Anzahlkonzentration von Mikroorganismen als Bestandteil der Bioaerosole. Die Berechnung z. B. der Endotoxinkonzentration kann in analoger Weise erfolgen.

Die Anzahlkonzentration C von Mikroorganismen in der Abluft wird durch das Verhältnis der Fracht zum gesamten Volumenstrom (Hauptvolumenstrom) der Abluft definiert:

$$C = \frac{\dot{Z}_{M0}}{\dot{V}} \text{ bzw. } C = \frac{\dot{Z}_{GZZ}}{\dot{V}} \quad (1)$$

Dabei ist

$\dot{Z}_{M0}$ die Fracht der kultivierbaren Mikroorganismen (bezogen auf die Anzahl) im Hauptvolumenstrom der Abluft, in KBE/h;

$\dot{Z}_{GZZ}$ die Fracht der Mikroorganismenzellen (bezogen auf die Anzahl) im Hauptvolumenstrom der Abluft, in GZZ/h;

$\dot{V}$ der Hauptvolumenstrom der Abluft, in m³/h.

Die Fracht im Abluftstrom kann nicht unmittelbar gemessen werden. Zu seiner Bestimmung ist eine Teilstromentnahme erforderlich. Das Teilgasvolumen v wird mit einem Gasvolumenmessgerät gemessen oder aus dem angesaugten Volumenstrom, z. B. gemessen mit einer Messblende oder einem Flügelradanemometer, und der Probenahmedauer berechnet:

$$v = \int \dot{v}(\tau) d\tau \quad (2)$$

Dabei ist

v das Teilgasvolumen, in m³;

$\dot{v}$ der Teilvolumenstrom, in m³/h;

τ die Probenahmedauer, in s.

Die Anzahlkonzentration der Mikroorganismen in dem über die Probenahmedauer angesaugten Teilgasvolumen ergibt sich durch (siehe auch 10.4):

$$c = \frac{Z_{M0}}{v} \text{ bzw. } c = \frac{Z_{GZZ}}{v} \quad (3)$$

Dabei ist

c die Anzahlkonzentration der Mikroorganismen im Teilstrom, in KBE/m³ oder GZZ/m³;

Z_{M0} die Anzahl der Mikroorganismen in der Probe, in KBE;

Z_{GZZ} die Anzahl der Mikroorganismen in der Probe, in GZZ;

v das Teilgasvolumen, in m³.

Die Fracht $\dot{Z}_{MO}$ bzw. $\dot{Z}_{GZZ}$ ergibt sich aus der Anzahlkonzentration der Mikroorganismen c im Teilstrom und dem Volumenstrom $\dot{V}$ wie folgt (siehe auch 10.5):

$$\dot{Z}_{MO} = c \cdot \dot{V} \text{ bzw. } \dot{Z}_{GZZ} = c \cdot \dot{V} \quad (4)$$

Dabei ist

$\dot{Z}_{MO}$ die Fracht der kultivierbaren Mikroorganismen (bezogen auf die Anzahl) im Hauptvolumenstrom der Abluft in KBE/h;

$\dot{Z}_{GZZ}$ die Fracht der Mikroorganismenzellen (bezogen auf die Anzahl) im Hauptvolumenstrom der Abluft in GZZ/h;

c die Anzahlkonzentration der Mikroorganismen im Teilstrom in KBE/m³ oder GZZ/m³;

$\dot{V}$ der Hauptvolumenstrom der Abluft in m³/h.

7 Geräte und Materialien

7.1 Allgemeines

Zur Bestimmung der Fracht $\dot{Z}_{MO}$ in der Abluft nach Gleichung (4) oder Gleichung (15) ist Folgendes notwendig:

- die Messung der Abluftparameter zur Berechnung des Hauptvolumenstroms (siehe 6.1 und 7.2),
- die Bioaerosolprobenahme durch die isokinetische Teilstromentnahme mit Messung des Teilgasvolumens (siehe 6.2 und 7.3),
- die anschließende Analyse und
- die Berechnung der Mikroorganismenkonzentration (siehe 10.4).

7.2 Geräte und Verfahren zur Messung der Abluftparameter für die Berechnung des Hauptvolumenstroms

7.2.1 Allgemeines

Im Vorfeld und während der Messung sind zur sachgerechten Anwendung des Messverfahrens, zur Normierung der erhaltenen Messergebnisse und zur Ermittlung der Fracht die Messgrößen zu bestimmen, die die Abluftparameter charakterisieren. In der Regel sind dies:

- Abluftgeschwindigkeit,
- Luftdruck,
- gegebenenfalls absoluter Druck der Abluft,
- Ablufttemperatur,
- Abluftfeuchte (zur Berechnung der Dichte der Abluft sowie zur Normierung).

7.2.2 Geräte zur Bestimmung der Abluftgeschwindigkeit

Gängige Geräte zur Bestimmung der Abluftgeschwindigkeit sind folgende:

- Hitzdrahtanemometer,
- Flügelradanemometer,
- Staudrucksonde mit Druckmessgerät.

Die Einsatzbereiche der unterschiedlichen Messgeräte sind abhängig von den zu erwartenden Abluftgeschwindigkeiten. Weitere Einzelheiten siehe EN ISO 16911-1.

Der Hauptvolumenstrom der Abluft wird aus der mittleren Gasgeschwindigkeit im Messquerschnitt und der Fläche des Messquerschnitts bestimmt.

7.2.3 Geräte zur Bestimmung von Druck, Temperatur und Feuchte

Die Konzentration der Mikroorganismen in der Abluft ist auf die gegebenen Bedingungen zu beziehen. Dies können Normbedingungen (z. B. 101,3 kPa, 273 K, Trockengas) oder auch andere Bedingungen entsprechend den behördlichen Vorgaben sein, die in der Standort-Lizenz oder der Betriebsgenehmigung zu finden sind. Die Temperatur und der Druck im Abluftkanal müssen gemessen und die Feuchte bestimmt werden, sodass die tatsächliche Dichte des Gases unter Berücksichtigung der Gaszusammensetzung berechnet werden kann. Weiterhin werden bei der isokinetischen Probenahme beide Messwerte zur Berechnung des Teilvolumenstroms und zur Normierung der Anzahlkonzentration der Mikroorganismen benötigt.

Die folgenden Geräte sind erforderlich:

- Druckmessgeräte,
- zur Messung des Luftdrucks (Barometer), gegebenenfalls des Drucks im Abluftkanal und des Drucks am Eingang des Durchflussmessgeräts,
- Temperaturmessgeräte,
- zur Messung der Ablufttemperatur und der Temperaturen am Eingang des Durchflussmessgeräts sowie am Ausgang der Durchflussmessgeräte (sofern verwendet),
- Feuchtemessgerät,
- zur Bestimmung des Feuchtegehalts der Abluft (Gravimetrie, Psychrometrie, geeignete kontinuierlich arbeitende Messeinrichtungen). Die Feuchte des Abgases darf abgeschätzt werden, wenn eine vorangegangene Prüfung diese Konzentration in der Vergangenheit charakterisiert hat, bzw. wenn das Abgas fast den Umgebungsbedingungen entspricht.

7.3 Geräte für die Bioaerosolprobenahme

7.3.1 Allgemeines

Die Materialeigenschaften der Geräte für die Probenahme werden in 7.3.2 beschrieben. Die Probenahmeeinrichtung besteht grundsätzlich aus folgenden Teilen:

- Entnahmesonde mit Krümmer (siehe 7.3.3)
- Absaugrohr (siehe 7.3.3),
- Abscheidevorrichtung (Emissionsimpinger, siehe 7.3.4),
- Trocknungssystem,