

Arbeitsplatzatmosphäre
**Bewertung der Leistungsfähigkeit von Geräten für die
Messung der Konzentration luftgetragener Partikel**
Deutsche Fassung EN 13205:2001

DIN
EN 13205

ICS 13.040.30

Workplace atmospheres – Assessment of performance of instruments
for measurement of airborne particle concentrations;
German version EN 13205:2001

Atmosphères des lieux de travail – Évaluation des performances des
instruments de mesure des concentrations d'aérosol;
Version allemande EN 13205:2001

Die Europäische Norm EN 13205 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Deutsches Spiegelgremium für die Mitarbeit im Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der Belastungen am Arbeitsplatz“ ist der Arbeitsausschuss AGSA/AA1.

Fortsetzung 39 Seiten EN

Arbeitsausschuss Gefahrstoffe/Arbeitsschutz (AGSA) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Arbeitsplatzatmosphäre
Bewertung der Leistungsfähigkeit von Geräten für die
Messung der Konzentration luftgetragener Partikel

Workplace atmospheres –
Assessment of performance of instruments for
measurement of airborne particle concentrations

Atmosphères des lieux de travail –
Évaluation des performances des instruments de
mesurage des concentrations d'aérosol

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 16. November 2001 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 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, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	3	A.4.4 Angewendete Laboratoriumsverfahren . . .	18
Einleitung	3	A.4.5 Einzelheiten des Versuchsaufbaus . . .	19
1 Anwendungsbereich	4	A.4.6 Darstellung der Versuchsergebnisse . . .	19
2 Normative Verweisungen	4	A.4.7 Analyse der Daten	19
3 Begriffe	5	A.4.8 Leistungsfähigkeit der Probenahmeeinrichtung	19
4 Anforderungen	6	Anhang B (normativ) Laboratoriumsvergleich von Geräten	22
4.1 Zusammenfassung der Anforderungen . . .	6	B.1 Prinzip	22
4.2 Genauigkeit	7	B.2 Prüfverfahren	22
5 Prüfverfahren	7	B.2.2 Prüfbedingungen	22
5.1 Auswahl der anzuwendenden Laboratoriumsprüfungen	7	B.2.3 Prüffaktoren	23
5.2 Übersicht über die Prüfverfahren	9	B.2.4 Anforderungen an die Versuche	24
6 Typen der Bewertung	9	B.3 Berechnungsverfahren	25
7 Benutzerinformation	9	B.3.1 Symbole und Abkürzungen	25
8 Kennzeichnung, Qualitätssicherung . . .	10	B.3.2 Verteilung der Verhältnisse	25
8.1 Kennzeichnung	10	B.3.3 Korrekturfaktor	26
8.2 Qualitätssicherung	10	B.3.4 Genauigkeit	26
Anhang A (normativ) Laboratoriumsprüfung von Probenahmeeinrichtungen hinsichtlich der Erfüllung der Probenahmekonventionen	10	B.3.5 Temperaturstabilität	26
A.1 Prinzip	10	B.3.6 Zeitstabilität	26
A.2 Prüfverfahren	11	B.4 Prüfbericht	26
A.2.2 Prüfbedingungen	11	B.4.1 Einzelheiten über das Prüflaboratorium und die auftraggebende Organisation . . .	26
A.2.3 Prüffaktoren	11	B.4.2 Beschreibung des zu prüfenden Geräts und der Referenz-Probenahmeeinrichtung .	26
A.2.4 Anforderungen an die Versuche	13	B.4.3 Kritische Überprüfung des Probenahmeverfahrens	26
A.3 Berechnungsverfahren	15	B.4.4 Prüflaboratorium	26
A.3.2 Symbole und Abkürzungen	15	B.4.5 Einzelheiten des Versuchsaufbaus . . .	27
A.3.3 Bestimmung des Wirkungsgrades der Probenahme	16	B.4.6 Analyse der Daten	27
A.3.4 Berechnung der gesammelten Aerosol-Massenkonzentration	16	B.4.7 Leistungsfähigkeit des zu prüfenden Geräts	27
A.3.5 Berechnung der ideal gesammelten Aerosol-Massenkonzentration	16	B.4.8 Zusammenfassung und Informationen für den Anwender	27
A.3.6 Berechnung der systematischen Messabweichung der Probenahmeeinrichtung	17	Anhang C (informativ) Empfohlenes Verfahren für den Feldvergleich von Geräten	28
A.3.7 Anwendung des Korrekturfaktors einer Probenahmeeinrichtung	17	C.1 Prinzip	28
A.3.8 Berechnung der Unsicherheit der geschätzten systematischen Messabweichung der Probenahmeeinrichtung	17	C.2 Vergleichsverfahren	28
A.3.9 Berechnung der Genauigkeit der Probenahmeeinrichtung	18	C.2.2 Vergleich von zwei Typen personenbezogener Geräte	29
A.4 Prüfbericht	18	C.2.3 Vergleich von zwei Typen ortsbezogener Geräte	29
A.4.1 Einzelheiten über das Prüflaboratorium und die auftraggebende Organisation . . .	18	C.2.4 Periodische Validierung	29
A.4.2 Beschreibung der zu prüfenden Probenahmeeinrichtung	18	C.3 Berechnungsverfahren	29
A.4.3 Kritische Überprüfung des Probenahmeverfahrens (siehe Abschnitt 5)	18	C.3.1 Symbole und Abkürzungen	29
		C.3.2 Abschätzung der Korrekturfunktion . . .	29
		C.3.3 Ausschluss von Ausreißerwerten	29
		C.3.4 Verbleibende Unsicherheit nach Transformation mit der Korrekturfunktion .	30
		C.3.5 Gleichwertigkeit (Äquivalenz)	30
		C.4 Dokumentation	30
		C.4.1 Allgemeines	30

	Seite		Seite
C.4.2	Beschreibung des zu prüfenden Geräts und der Referenz-Probenahmeeinrichtung . . .	30	
C.4.3	Kritische Überprüfung des Probenahmeverfahrens (siehe Abschnitt 5)	30	
C.4.4	Bedingungen des Feldvergleichs	30	
C.4.5	Einzelheiten des Versuchsaufbaus . . .	30	
C.4.6	Analyse der Daten	30	
C.4.7	Gleichwertigkeit	31	
Anhang D (normativ) Prüfung auf das Verhalten bei Handhabung und Transport		31	
D.1	Prinzip	31	
D.2	Prüfverfahren	31	
D.2.1	Allgemeines	31	
D.2.2	Prüfgeräte	31	
D.2.3	Aufstellen der Probenahmegeräte . . .	31	
D.2.4	Prüfpartikeln und Verfahren der Beladung der Sammelmedien	32	
D.2.5	Prüfverfahren	v	
D.3	Berechnungsverfahren	32	
D.4	Prüfbericht	32	
D.4.1	Einzelheiten über das Prüflaboratorium und die auftraggebende Organisation . .	32	
D.4.2	Beschreibung des zu prüfenden Geräts und des Sammelmediums	32	
D.4.3	Beschreibung der Prüfverfahren und Materialien	33	
D.4.4	Ergebnisse	33	
D.4.5	Zusammenfassung	33	
Anhang E (normativ) Berechnung der Gesamtunsicherheit		33	
E.1	Prinzip	33	
E.2	Definition der relativen Gesamtunsicherheit	33	
E.3	Kombination der systematischen Messabweichungen der Probenahme und der analytischen Untersuchung	34	
E.4	Kombination der Präzisionen der Probenahme und der analytischen Untersuchung	34	
Anhang F (informativ) Analyse von Daten des Wirkungsgrades der Probenahmeeinrichtung		35	
F.1	Einleitung	35	
F.2	Beispiel eines ausgewogenen Versuchsprogramms	35	
F.3	Analyse von Wirkungsgraddaten mit dem polygonalen Approximationsverfahren . . .	36	
F.3.1	Abschätzung der mittleren gesammelten Konzentration	36	
F.3.2	Statistisches Modell	36	
F.4	Verfahren der Kurvenanpassung	37	
Literaturhinweise		38	

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der Belastungen am Arbeitsplatz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2002, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2002 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm enthält die normativen Anhänge A, B, D, E und die informativen Anhänge C und F. Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Einleitung

EN 481 definiert die Konventionen für die Probenahme für die zu sammelnde Partikelgrößenverteilung in Arbeitsplatzatmosphären, um deren Wirkung auf die menschliche Gesundheit zu bewerten. Die Konventionen sind für die einatembare, thorakale und alveolengängige Fraktion von Aerosolen definiert. Diese Konventionen stellen Sollvorgaben für die Probenahmeeinrichtungen für Aerosole dar und geben den idealen Wirkungsgrad der Probenahme als Funktion des aerodynamischen Partikeldurchmessers an.

Im Allgemeinen wird die Probenahmewirksamkeit vorhandener Probenahmeeinrichtungen für Aerosole von den Sollvorgaben abweichen, und die gesammelte Aerosolmasse wird sich daher von der Masse unterscheiden, die eine ideale Probenahmeeinrichtung sammeln würde. Zusätzlich wird das Verhalten vorhandener Probenahmeeinrichtungen durch viele Faktoren wie die äußere Windgeschwindigkeit beeinflusst, die von der Umgebung abhängig sind, in der die Probenahmeeinrichtung betrieben wird.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Verfahren zur Prüfung von Probenahmeeinrichtungen für Aerosole unter vorgeschriebenen Laboratoriumsbedingungen fest und gibt Leistungsanforderungen an, die für Aerosol-Probenahmeeinrichtungen spezifisch sind. Diese Leistungsanforderungen, zu denen die Übereinstimmung mit den Konventionen der EN 481 für die Probenahme gehört, gelten nur für das Verfahren der Probenahme der luftgetragenen Partikeln aus der Luft, nicht für den Prozess der Untersuchung der Partikeln, die im Prozess der Probenahme gesammelt wurden. Obgleich die Untersuchung der im Verlauf der Prüfung gesammelten Proben im Allgemeinen erforderlich ist, um die Leistungsfähigkeit der Probenahmeeinrichtung zu bewerten, sichern die festgelegten Prüfverfahren, dass Untersuchungsfehler während der Prüfung sehr niedrig gehalten werden und nicht signifikant zum Endergebnis beitragen. Die Bestimmung analytischer Fehler und mit ihnen verbundener Faktoren (zum Beispiel die systematische Messabweichung, die Präzision und die Nachweisgrenze des analytischen Verfahrens) liegt außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm. Wenn die Aerosol-Probenahmeeinrichtung die Verwendung einer äußeren Pumpe anstatt einer eingebauten Pumpe erfordert, unterliegt die Pumpe nicht den Anforderungen dieser Norm.

EN 482 enthält allgemeine Leistungsanforderungen für die Verfahren, die zur Bestimmung der Konzentration chemischer Stoffe in Arbeitsplatzatmosphären angewendet werden. Zu diesen Leistungsanforderungen gehören Maximalwerte für die Gesamtunsicherheit (einer Kombination von Präzision und systematischer Messabweichung), die bei den zu verwendenden Verfahren unter vorgeschriebenen Laboratoriumsbedingungen erreichbar sind. Die Anforderungen von EN 482 gelten für die kombinierten Ergebnisse der Probenahme der luftgetragenen Partikeln und der Untersuchung der gesammelten Teilchen. Diese Norm legt fest, wie die Leistung von Messverfahren für Aerosole im Hinblick auf die allgemeinen Anforderungen von EN 482 bewertet wird, unter Kombination der Fehler bei der Sammlung und der Untersuchung.

Diese Norm gilt für alle Geräte, die für die gesundheitsbezogene Sammlung von Partikeln aus der Luft am Arbeitsplatz angewendet werden, unabhängig von ihrer Arbeitsweise. Es werden unterschiedliche Prüfverfahren und Bewertungstypen einbezogen, um die Anwendung dieser Norm auf eine breite Vielfalt von Geräten zu ermöglichen.

Die Norm sollte die Hersteller und Anwender von Aerosol-Probenahmegeräten befähigen, übereinstimmend an die Validierung der Geräte heranzugehen, und sollte einen Rahmen für die Bewertung der Leistung der Probenahmeeinrichtungen gegenüber den in EN 481 und EN 482 festgelegten Kriterien bieten. Es liegt in der Verantwortung der Hersteller von Aerosol-Probenahmegeräten, den Anwender über die Leistungsfähigkeit der Probenahmeeinrichtung unter den in dieser Europäischen Norm festgelegten Laboratoriumsbedingungen¹⁾ zu informieren. Es liegt in der Verantwortung der Anwender, sicherzustellen, dass die Einrichtung unter den tatsächlichen Bedingungen ihres Einsatzes die Anforderungen an die Gesamtunsicherheit aus EN 482 erfüllt.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 481, *Arbeitsplatzatmosphäre – Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel.*

EN 482, *Arbeitsplatzatmosphäre – Allgemeine Anforderungen an Verfahren für Messung von chemischen Arbeitsstoffen.*

EN 1232, *Arbeitsplatzatmosphäre – Pumpen für die personenbezogene Probenahme von chemischen Stoffen – Anforderungen und Prüfverfahren.*

EN 1540, *Arbeitsplatzatmosphäre – Terminologie.*

EN 12919, *Arbeitsplatzatmosphäre – Pumpen für die Probenahme von chemischen Stoffen mit einem Volumendurchfluss über 5 l/min – Anforderungen und Prüfverfahren.*

¹⁾ Die Konvention über die einatembare Fraktion ist nicht für Partikelgrößen über 100 µm oder für Windgeschwindigkeiten größer als 4 ms⁻¹ definiert. Die erforderlichen Prüfungen für die Bewertung der Leistungsfähigkeit sind deshalb auf diese Bedingungen beschränkt. Sollten solche großen Partikelgrößen oder Windgeschwindigkeiten zur Zeit der Probenahme tatsächlich vorliegen, ist es möglich, dass unterschiedliche Probeentnahmeeinrichtungen, die dieser Norm entsprechen, unterschiedliche Ergebnisse liefern.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Genauigkeit

Genauigkeit ist die obere Vertrauensgrenze der systematischen Messabweichung oder des relativen Fehlers bei der Probenahme des Aerosols, was einen Schätzwert des Bereichs um die ideale oder wahre Konzentration liefert, in dem 95 % der Konzentrationen der genommenen Proben zu erwarten sind

ANMERKUNG 1 Einzelheiten über Berechnungsverfahren der Genauigkeit, die unterschiedlichen Prüfverfahren angepasst sind, finden sich in den Anhängen A und B.

ANMERKUNG 2 Genauigkeit wird allgemein definiert als „das Ausmaß der Übereinstimmung zwischen einem Prüfergebnis und dem anerkannten Referenzwert“ (siehe ISO 3534-1).

3.2

Umgebungsschwebstoffkonzentration

Konzentration der Aerosolpartikeln, die in der Luft vorhanden ist, bevor die Partikeln durch die Anwesenheit der Probenahmeeinrichtung beeinflusst werden oder im Falle einer personenbezogenen Probenahmeeinrichtung durch die Anwesenheit der Person, die die Probenahmeeinrichtung trägt

3.3

systematische Messabweichung

nach EN 482

3.4

zu prüfendes Gerät (bei Verwendung in Vergleichen)

jedes Gerät, einschließlich eines Probenahmegeräts, das für die Messung der Konzentration von Aerosolpartikeln verwendet werden kann und dessen Leistungsfähigkeit bestimmt werden soll

3.5

Korrekturfunktion

mathematische Funktion, die die mit einem zu prüfenden Gerät gemessenen Aerosolkonzentrationen mit den durch ein Referenz-Probenahmegerät bei Vergleich beider Geräte gemessenen in Beziehung setzt

3.6

personenbezogene Probenahmeeinrichtung

nach EN 1540

3.7

Präzision

nach EN 482

3.8

Referenz-Probenahmeeinrichtung (bei Verwendung in Vergleichen)

Probenahmeeinrichtung, die vorher nach den in Anhang A dieser Norm beschriebenen Verfahren geprüft wurde und deren Genauigkeit bei den Umgebungsbedingungen des Vergleichs als kleiner oder gleich 30 % eingeschätzt wird

3.9

Erfassungsgrad der Probenahmeeinrichtung; Erfassungsgrad

für jeden aerodynamischen Partikeldurchmesser das Verhältnis der Aerosolkonzentration, die durch das Einlass-System der Probenahmeeinrichtung hindurchgeht, zur entsprechenden Umgebungsschwebstoffkonzentration

ANMERKUNG Der Erfassungsgrad ist das Produkt des Ansaugvermögens, das das aerodynamische Verhalten der Öffnung der Probenahmeeinrichtung charakterisiert, und der partikelgrößenabhängigen Wirkungen des Aufpralls und des Verlustes von Teilchen sowohl an der Innenseite als auch der Außenseite des Einlasses. Die Verluste an der Innenseite können bei manchen Probenahmeeinrichtungen auch von äußeren Faktoren wie Windgeschwindigkeit und Größenverteilung der Aerosolpartikeln abhängen.

3.10**Probenahmeeinrichtung (Oberbegriff)**

Vorrichtung für die Trennung von Aerosolpartikeln von deren Trägergas (üblicherweise Luft)

3.11**Prüfmuster einer Probenahmeeinrichtung (spezifischer Begriff)**

einzelne Probenahmeeinrichtung einer vorgegebenen Geräteart für die Probenahme

3.12**Probenahmewirkungsgrad**

für jeden aerodynamischen Partikeldurchmesser das Verhältnis der Aerosolkonzentration, die durch die Probenahme für die Messung gesammelt wird, zur entsprechenden Umgebungsschwebstoffkonzentration

3.13**Probenahme**

physikalische Vorgänge, durch die die Partikeln selektiv in den Einlass einer Probenahmeeinrichtung angesaugt, durch Trägheits- oder andere Kräfte fraktioniert und auf das Sammelsubstrat oder weitere Innenflächen übertragen werden oder aus dem Sammelsubstrat verloren gehen

3.14**Wirkungsgrad der Trennung**

für jeden aerodynamischen Partikeldurchmesser das Verhältnis des Probenahmewirkungsgrades zum Erfassungsgrad

3.15**ortsbezogene Probenahmeeinrichtung**

nach EN 1540

4 Anforderungen**4.1 Zusammenfassung der Anforderungen**

Tabelle 1 – Zusammenfassung der Anforderungen an die Leistung von Probenahmegeräten für Aerosole

Eigenschaft	Anforderung	Prüfverfahren	Anmerkungen
Genauigkeit	Siehe 4.2	Anhang A Anhang B	
Exemplarstreuung	Abweichungen in der Probenmasse < 5 %, bei einer Serie von 6 identisch exponierten Prüfmustern	Anhang A	1)
Stabilität des Luftstroms (bei Geräten mit eingebauter Pumpe)	Zutreffende Abschnitte von EN 1232 und EN 12919	Zutreffende Abschnitte von EN 1232 und EN 12919 (falls erforderlich, abgewandelt)	2)
Transport und Handhabung	Bei 10 Prüfsubstraten keine Masseveränderung > 5 %	Anhang D	
Identifizierung des Prüflings	Vorhandensein einer geeigneten Identifizierung des Prüflings	Sichtprüfung	
Benutzerinformationen	Inhalt nach Abschnitt 7	Sichtprüfung	

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Eigenschaft	Anforderung	Prüfverfahren	Anmerkungen
Sicherheit der Konstruktion	Zutreffende Abschnitte von EN 1232 und EN 12919	Zutreffende Abschnitte von EN 1232 und EN 12919	
Elektrische Sicherheit	Zutreffende Abschnitte von EN 1232 und EN 12919	Zutreffende Abschnitte von EN 1232 und EN 12919	
Temperaturstabilität	Anzeige weicht vom Mittelwert um nicht mehr als 5 % ab	Anhang B	3)
Zeitstabilität	Anzeige weicht vom Mittelwert um nicht mehr als 5 % ab	Anhang B	3)
1) Prüfungen sind nicht erforderlich, wenn die Hersteller nachweisen können, dass die Maßtoleranzen eng genug sind, um die Abweichungen innerhalb der Prüfmuster einer Probenahmeeinrichtung unterhalb eines messbaren Niveaus zu halten. 2) Falls erforderlich, müssen in der Benutzerinformation des Herstellers für das Gerät schärfere Anforderungen an die Stabilität des Luftstroms festgelegt werden. 3) Diese Anforderungen gelten nur für Geräte mit direkter Anzeige.			

4.2 Genauigkeit

Die zu prüfende Probenahmeeinrichtung entspricht der einschlägigen Konvention in EN 481, wenn die Genauigkeit unter folgenden Bedingungen kleiner oder gleich 30 % ist:

- bei der Prüfung Typ 1 (siehe Anhang A): für mindestens 85 % der entsprechenden Verteilungen der Partikelgrößen (siehe Tabelle A.2) und bei allen obligatorischen Prüfungen, die nach Tabelle A.1 oder im Ergebnis der kritischen Überprüfung durchgeführt werden;
- bei der Prüfung Typ 2 (siehe Anhang B): für alle geprüften Verteilungen der Partikelgrößen und bei allen obligatorischen Prüfungen, die nach Tabelle B.1 oder im Ergebnis der kritischen Überprüfung durchgeführt werden.

Diese Anforderung muss für alle Windgeschwindigkeiten im für die praktische Anwendung vorgesehenen Größenbereich erfüllt werden. Die maximale geprüfte Windgeschwindigkeit, bei der die Probenahmeeinrichtung die Anforderungen an die Genauigkeit erfüllt, bestimmt die obere Grenze für ihren praktischen Einsatz.

ANMERKUNG Selbst wenn die Probenahmeeinrichtung nicht allgemein die in EN 481 festgelegte Konvention erfüllt, kann sie für die arbeitshygienische Probenahme luftgetragener Partikeln verwendet werden, vorausgesetzt, sie erfüllt die Anforderungen an die Gesamtunsicherheit in EN 482 unter den spezifischen Bedingungen (z. B. Partikelgrößenverteilungen, Messaufgaben, analytische Fehler), unter denen das Messverfahren angewandt wird.

5 Prüfverfahren

5.1 Auswahl der anzuwendenden Laboratoriumsprüfungen

Die kritische Überprüfung bildet die erste Stufe der Bewertung der Leistung der Probenahmeeinrichtung, und sie bestimmt die Gestaltung der Laboratoriumsprüfungen (siehe Anhänge A und B). Ihr Zweck ist die Feststellung, welche Umgebungs- und anderen Variablen wahrscheinlich den Probenahmewirkungsgrad beeinträchtigen. Bei der kritischen Überprüfung muss der Nachweis für die Einbeziehung oder den Ausschluss von Variablen bei der Prüfung erklärt werden, wobei auf veröffentlichte Ergebnisse verwiesen wird, wo dies möglich ist. Bei der Überprüfung müssen die Umgebungen berücksichtigt werden, in denen die Probenahmeeinrichtung zum Einsatz kommen wird, und über die Windbedingungen, die Aerosole und weiteren in der Prüfung anzuwendenden Parameter muss entschieden werden. Die kritische Überprüfung muss im Prüfbericht nachgewiesen werden, der auf alle Einschränkungen aufmerksam macht, die aus den getroffenen Entscheidungen für den Bereich der Leistungsbewertung entstehen.

Tabelle 2 – Haupteinflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit von Probenahmeeinrichtungen für Aerosole

Faktor	Wirkung	Betroffene Gerätearten
Partikelgröße	größenabhängige Erfassung der Partikeln	jede Art von Probenahmeeinrichtung
Windgeschwindigkeit	Windgeschwindigkeit am Einlass beeinträchtigt das Ansaugen, besonders bei hohen Windgeschwindigkeiten und großen Partikeln	jede Probenahmeeinrichtung ohne isokinetischen Einlass
Windrichtung	Richtung des Windes am Einlass beeinträchtigt das Ansaugen	jede Probenahmeeinrichtung ohne ungerichteten Einlass
Beschaffenheit der Aerosole	Partikelaufrall und Wiederablösen; Aufbrechen von Agglomeraten	z. B. Zyklone, Impaktoren
Gesammelte Aerosolmasse	bei stark beladenen Oberflächen ändert sich der Wirkungsgrad der Sammlung	z. B. Impaktoren, poröse Schaumfilter
Ladung der Aerosole	Anziehen/Abstoßen auf/von Oberflächen	alle Geräte, besonders nicht leitende
Exemplarstreuung	kleine Maßabweichungen verursachen große aerodynamische Wirkungen	z. B. Zyklone, Impaktoren
Schwankungen der Durchflussgeschwindigkeit	Mechanismus der Partikeltrennung ist stark durchflussabhängig	z. B. Zyklone, Elutriatoren, Impaktoren
Oberflächenbehandlungen	Wirkungsgrad der Sammlung ist z. B. von den für die Beschichtung der Sammeloberflächen verwendeten Fetten abhängig	z. B. Impaktoren, Impinger

Tabelle 2 enthält eine informative Kontroll-Liste der hauptsächlichen Variablen, von denen man weiß, dass sie Sammelgeräte für Aerosole beeinflussen, und Beispiele der Geräte, bei denen sie messbare Wirkungen auslösen können. Bei der kritischen Überprüfung müssen diese Variablen berücksichtigt werden, wie auch die möglichen Auswirkungen von Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Vibrationen, Bewegung, Orientierung, Proben transport und elektromagnetischer Suszeptibilität. Auch die folgenden allgemeinen Probleme bei Probenahmeeinrichtungen sollten einbezogen werden:

- ob der Probenahmeprozess zum Aufbrechen von Agglomeraten führen kann, d. h. die Größenverteilung des eingesaugten Aerosols verändern;
- ob der Einlass der Probenahmeeinrichtung neben den Partikeln, die in ihn unter dem alleinigen Einfluss der Luftansaugung eintreten, auch solche Partikeln erfassen kann, die ihm entgegenfliegen oder in ihm sedimentieren;
- ob eine Wechselwirkung zwischen der Durchströmungsgeschwindigkeit und der äußeren Windgeschwindigkeit bestehen kann, wenn die Probenahmeeinrichtung nur mit einem geringen Druckabfall arbeitet;
- ob die Probenahmeeinrichtungen sich bei flüssigen oder festen Partikeln oder bei Partikeln mit unterschiedlichen Aufprallcharakteristika unterschiedlich verhalten können.

5.2 Übersicht über die Prüfverfahren

Anhang A legt ein Laboratoriumsprüfverfahren zur Bestimmung fest, wie genau eine Probenahmeeinrichtung für Aerosole die Konvention für die Sollprobenahme erfüllt. Anhang A beschreibt, wie die aus den Prüfungen gewonnenen Daten verarbeitet werden müssen, um die Verfahrenskenngrößen der Probenahmeeinrichtung zu berechnen. Das Prüfverfahren in Anhang A ist für Einrichtungen geeignet, die für die Einhaltung der in EN 481 dargelegten Konventionen vorgesehen sind, und die auf physikalischem Wege durch aerodynamische Prozesse Partikeln von ihrem Trägergas trennen²⁾.

Anhang B beschreibt Verfahren zum Vergleich der Ergebnisse bei einem zu prüfenden Gerät mit denen eines Referenzgeräts durch eine Laboratoriumsprüfung. Diese Vergleichsprüfungen sind für Probenahmeeinrichtungen geeignet, die auf physikalischem Wege durch aerodynamische Prozesse Partikeln von ihrem Trägergas trennen, oder zusätzlich für jede weitere Geräteart, die für die Messung der Konzentration von Aerosolpartikeln in einem Gas vorgesehen ist. Bei der Vergleichsprüfung im Laboratorium werden die Probenahmeeigenschaften des zu prüfenden Geräts indirekt mit den Konventionen von EN 481 für die Probenahme verglichen.

Anhang C (der nur zur Information dient) schlägt ein Verfahren zur Bestimmung der Gleichwertigkeit von zwei Messverfahren für die Aerosolkonzentration auf dem Wege des Vergleichs im Feldversuch vor. Das Ergebnis eines Feldversuchs hängt sowohl von den Umständen am Arbeitsplatz ab als auch von den Leistungen der in ihn einbezogenen Geräte. Zweck des Verfahrens ist, die Verwendung von nicht normentsprechenden Aerosol-Messgeräten zu ermöglichen, wenn die Gleichwertigkeit mit Referenz-Probenahmeeinrichtungen durch eine genormte Prüfung festgestellt wurde.

Anhang D beschreibt ein Prüfverfahren zur Bewertung der Gebrauchseignung von Probenahmeeinrichtungen für Aerosole und möglicher Fehler, die während der Handhabung und des Transports von Proben bewirkt werden.

Bei der nachfolgenden Verwendung der geprüften Probenahmeeinrichtung für Aerosole ist die Berücksichtigung analytischer Fehler für den Anwender des Geräts sehr wichtig. Das ist so, weil die allgemeinen Leistungsanforderungen von EN 482 für alle Teile eines Messverfahrens gelten, sowohl für die Probenahme als auch für die Untersuchung der Probe. Anhang E beschreibt, wie die Gesamtunsicherheit eines Messverfahrens für Aerosole nach den Anforderungen von EN 482 für die Bewertung berechnet wird, indem die analytischen Fehler und die Probenahmefehler kombiniert werden.

6 Typen der Bewertung

Es gibt zwei Typen der Bewertung, die wie folgt definiert sind:

- Typ 1: Abschnitt 5 + Anhang A + Anhang D.
- Typ 2: Abschnitt 5 + Anhang B + Anhang D.

Die Rangfolge dieser Typen entspricht der Qualität der dem Anwender der Probenahmeeinrichtung nach der Prüfung zur Verfügung stehenden Informationen. Die Prüfung des Typs 1 liefert dem Anwender mehr Informationen, aus denen die wahrscheinliche Leistungsfähigkeit des Geräts unter besonderen Anwendungsbedingungen bestimmt werden kann. Die Prüfung des Typs 1 ermöglicht auch dem Anwender die Abschätzung der Gesamtunsicherheit eines bestimmten Messverfahrens (siehe Anhang E), während dies bei der Prüfung des Typs 2 nicht der Fall ist.

7 Benutzerinformation

Die Benutzerinformation muss eindeutig und gut verständlich sein und kann sachdienliche Illustrationen enthalten. Die Benutzerinformation muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- falls zutreffend: welcher Konvention über die Probenahme nach EN 481 das Gerät entsprechen soll;
- bekannte Anwendungsgrenzen des Geräts;
- die Größenverteilung von Aerosolen, die Windgeschwindigkeiten und anderen Betriebsbedingungen, unter denen die Probenahmeeinrichtung die Anforderungen an die Genauigkeit in 4.2 erfüllt;

²⁾ Ein Beispiel eines Geräts zur Messung von Aerosolkonzentration, das die Partikeln nicht mittels aerodynamischer Prozesse aus der Luft abtrennt, ist ein Gerät zur selektiven Erkennung von Partikeln auf der Grundlage der Lichtstreuung.

- die Nenn-Durchsatzrate;
- Aufstellen des Geräts und Einstellung seiner Betriebsparameter (z. B. volumetrische Durchflussrate);
- Anforderungen an äußere Pumpen, falls zutreffend; volumetrische Durchflussrate, Druckabfall, Pulsation. Beispiele empfohlener Pumpen sollten angegeben werden;
- empfohlene Akkumulatoren und Ladegeräte, falls zutreffend;
- Betriebsdauer bei voll aufgeladenen Akkumulatoren unter typischen Betriebsbedingungen;
- Temperaturbereich für Lagerung und Betrieb des Geräts;
- Einzelheiten für die zu verwendenden Partikelsammelsubstrate (z. B. Filterdurchmesser, Werkstoff, Porengröße);
- allgemeine Anleitung zu typischen Verwendungsweisen und zu Verfahren der Probenuntersuchung;
- Mindestanforderungen für den Betrieb;
- Wartung, Reinigung und Kalibrierung des Geräts;
- Warnung vor bekannten Problemen, die während der Benutzung auftreten können, beispielsweise im Hinblick auf Ausrichtung und mechanische Stoßbeanspruchung;
- falls zutreffend: Verwendungsverbot unter bestimmten Bedingungen wie explosionsgefährdeten Umgebungen.

8 Kennzeichnung, Qualitätssicherung

8.1 Kennzeichnung

Geräte zur Messung luftgetragener Partikel müssen dauerhaft gekennzeichnet sein. Die Kennzeichnung muss folgende Feststellungen ermöglichen:

- Hersteller.
- Identifizierung des Geräts.

Durch eine Prüfung des Typs 1 oder Typs 2 bewertete Geräte, die den Anforderungen dieser Norm entsprechen, sind mit der Nummer dieser Europäischen Norm und dem Typ der Bewertung zu kennzeichnen.

8.2 Qualitätssicherung

Die Hersteller müssen nach einem anerkannten Qualitätssicherungsprogramm arbeiten.

Anhang A (normativ)

Laboratoriumsprüfung von Probenahmeeinrichtungen hinsichtlich der Erfüllung der Probenahmekonventionen

A.1 Prinzip

Zweck der Laboratoriumsprüfungen ist die Bestimmung des Probenahmewirkungsgrades als Funktion des aerodynamischen Partikeldurchmessers über den interessierenden Größenbereich und auch als Funktion jeder weiteren wesentlichen Einflussgröße. Die Werte der Probenahmewirkungsgrade werden mit denen der gewünschten Sammelkonvention verglichen. Es wird eine mathematische Modellierung verwendet, um die Konzentrationen abzuschätzen, die in einem Bereich ideal logarithmisch-normal verteilter Aerosole als Probe genommen würden, wobei der gemessene Leistungsgrad der Probenahmeeinrichtung und die Werte der gewünschten Sammelkonvention als Größen verwendet werden. Aus diesen Daten werden die systematische Messabweichung und die Präzision des Probenahmegeräts abgeschätzt.

A.2 Prüfverfahren

A.2.1 Allgemeines

Die Werte der Probenahmewirkungsgrade werden durch Division der Aerosolkonzentrationen, die mit dem zu prüfenden Gerät gemessen wurden, durch die Messwerte der Umgebungsschwebstoffkonzentration berechnet. Es ist ein Versuchsprogramm zu erarbeiten, das die Zufallsverteilung und die Abschätzung der Haupteinflussfaktoren ausreichend berücksichtigt. Sein Aufbau und das mit ihm verbundene statistische Modell müssen im Prüfbericht erklärt werden. Ein Beispiel eines geeigneten Versuchsaufbaus findet sich in Anhang F.

A.2.2 Prüfbedingungen

Die Versuche zur Prüfung von Probenahmeeinrichtungen hinsichtlich der einatembaren Fraktion müssen in einem Windkanal oder einer Aerosolkammer erfolgen. Personenbezogene Probenahmeeinrichtungen für die einatembare Fraktion, die für Messungen im Freien oder in Umgebungen mit starker Zwangsbelüftung (d. h. Windgeschwindigkeiten über 1 ms^{-1}) vorgesehen sind, müssen in angebautem Zustand an eine lebensgroße Puppe oder unter Bedingungen geprüft werden, die gleichwertige Ergebnisse bewirken³⁾. Die Aufstellung der Puppe muss die Auswirkung der Anwesenheit eines lebensgroßen, menschenförmigen Kopfes und Rumpfes, der einen sauberen Baumwolloverall oder eine ähnliche Kleidung trägt, reproduzieren⁴⁾. Größe und Art der Puppe sind im Prüfbericht zu beschreiben. Wenn eine Probenahmeeinrichtung als personenbezogenes Gerät geprüft wird, gelten die Werte nicht für ihren Einsatz als ortsbezogene Probenahmeeinrichtung (und umgekehrt). Wenn der Einsatz einer Puppe aus technischen Gründen nicht möglich ist, dürfen die Windgeschwindigkeiten im Windkanal nicht 2 ms^{-1} überschreiten (z. B. $\leq 0,5 \text{ ms}^{-1}$, 1 ms^{-1} und 2 ms^{-1}), und die Einschränkungen der Prüfungen müssen im Prüfbericht beschrieben werden.

Die Probenahmewirkungsgrade von Probenahmeeinrichtungen für die thorakale oder die alveolengängige Fraktion sind eine Kombination der Erfassungsgrade der Einrichtung und der inneren Trennwirksamkeiten. Sie dürfen als Ganzes wie oben beschrieben geprüft werden, außer dass der Bereich der Partikelgrößen für die Prüfung auf den begrenzt ist, der in Tabelle A.1 für die interessierende Fraktion festgelegt ist. Alternativ dürfen in diesen Fällen die Probenahmewirkungsgrade durch Kombination der Ergebnisse aus zwei getrennten Versuchen gemessen werden, einem zur Prüfung des Erfassungsgrades des Geräts und einem zur Bestimmung seiner inneren Trennwirksamkeit. Für Prüfungen des Erfassungsgrades gelten die gleichen Erwägungen wie bei Probenahmeeinrichtungen für die einatembare Fraktion, außer dass der Bereich der Partikelgrößen für die Prüfung auf den begrenzt ist, der in Tabelle A.1 für die interessierende Fraktion festgelegt ist. Prüfungen der Trennwirksamkeit dürfen in einer Aerosolkammer mit niedriger Windgeschwindigkeit mit einzeln stehenden Probenahmeeinrichtungen durchgeführt werden.

A.2.3 Prüffaktoren

A.2.3.1 Allgemeines

Die Laboratoriumsprüfungen des Probenahmewirkungsgrades müssen so ausgelegt sein, dass die Auswirkungen der Einflussgrößen, die in der kritischen Überprüfung als wichtig für die zu prüfende Probenahmeeinrichtung festgestellt wurden, quantitativ bestimmt werden. In Tabelle A.1 sind die wichtigsten Einflussfaktoren aufgeführt und diejenigen festgelegt, bei denen die Prüfung obligatorisch ist (O), obligatorisch nur für bestimmte Typen oder Anwendungsarten von Probenahmegeräten (O*) oder wahlfrei (W). Nicht in die Prüfung aufgenommene Variable müssen eindeutig in dem Teil des Prüfberichts angegeben werden, in dem der Umfang der Prüfung beschrieben wird.

Tabelle A.1 gibt auch einen Überblick über die Wertebereiche, innerhalb derer die ausgewählten Prüfvariablen untersucht werden sollten, sowie die Anzahl der Werte innerhalb dieser Bereiche. Im Allgemeinen müssen die gewählten Werte nicht die Extremwerte des Bereichs einschließen, obwohl in einigen Fällen spezifische Anforderungen angegeben werden. Wenn der Aufbau des Versuchs eine Auswahl erfordert, zum Beispiel die Zusammensetzung des für die Prüfungen verwendeten Aerosols oder die Art des verwendeten Sammelsubstrats, muss bei der kritischen Überprüfung die Auswirkung der getroffenen Auswahl auf die Anwendbarkeit der Prüfergebnisse auf die Routineprobenahme berücksichtigt werden.

3) Um festzustellen, wie dies anders als durch die Verwendung einer Puppe durchgeführt werden kann, ist weitere Forschungsarbeit erforderlich.

4) Zu Beispielen von Leistungsbewertungen personenbezogener Probenahmeeinrichtungen für die einatembare Fraktion wird auf die in den Literaturhinweisen aufgeführten Arbeiten von Hinds und Kuo (1995), Kenny et al. (1997), Mark und Vincent (1986) und das Buch von Vincent (1989) (ebenda) verwiesen.