

DIN EN 482**DIN**

ICS 13.040.30

Einsprüche bis 2011-03-17
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 482:2006-10**Entwurf**

**Exposition am Arbeitsplatz –
Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur
Messung chemischer Arbeitsstoffe;
Deutsche Fassung prEN 482:2010**

Workplace exposure –

General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents;

German version prEN 482:2010

Exposition sur les lieux de travail –

Exigences générales concernant les performances des procédures de mesurage des agents chimiques;

Version allemande prEN 482:2010

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-01-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nasg@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: 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 24 Seiten

Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN

Nationales Vorwort

Der hiermit der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgelegte Norm-Entwurf ist die Deutsche Fassung des vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ (Sekretariat: Deutschland) ausgearbeiteten europäischen Norm-Entwurfs prEN 482:2010.

Der Norm-Entwurf wird gleichzeitig national und europäisch zur Stellungnahme verteilt.

Die Mitarbeit des DIN in der zuständigen Arbeitsgruppe 2 des Technischen Komitees CEN/TC 137 wird über den Arbeitsausschuss 3.1 „Messstrategien und Anforderungen an Messverfahren“ des Normenausschusses Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) wahrgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 482:2006-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einführendes Element des Normtitels geändert;
- b) zuvor in der Norm festgelegte Begriffe und Definitionen durch Verweisung auf prEN 1540:2010 ersetzt;
- c) Wert der maximalen erweiterten Unsicherheit für Mischungen aus luftgetragenen Partikeln und Dampf für Konzentrationsmessungen im Bereich zwischen dem halben und dem doppelten Arbeitsplatzgrenzwert von 30 % auf 50 % heraufgesetzt;
- d) Anhang C unter Berücksichtigung von DIN EN 838, DIN EN 1076 und DIN EN 13890 (Ausgaben 2010) überarbeitet und, sofern erforderlich, angepasst;
- e) Norm redaktionell überarbeitet.

Exposition am Arbeitsplatz — Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe

Exposition sur les lieux de travail — Exigences générales concernant les performances des procédures de mesurage des agents chimiques

Workplace exposure — General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents

ICS:

Deskriptoren

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe	6
4 Klassifizierung	6
4.1 Allgemeines.....	6
4.2 Orientierende Messungen der zeitbezogenen Durchschnittskonzentration.....	6
4.3 Orientierende Messungen der zeitlichen und/oder räumlichen Konzentrationsänderung.....	6
4.4 Messungen zum Vergleich mit Arbeitsplatzgrenzwerten und Kontrollmessungen	6
5 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit	6
5.1 Orientierende Messungen der zeitbezogenen Durchschnittskonzentration.....	7
5.2 Orientierende Messungen der zeitlichen und/oder räumlichen Konzentrationsänderung.....	7
5.3 Messungen zum Vergleich mit Grenzwerten und Kontrollmessungen.....	7
5.3.1 Eindeutigkeit	7
5.3.2 Selektivität	7
5.3.3 Mittelungsdauer	8
5.3.4 Messbereich	8
5.3.5 Erweiterte Messunsicherheit	8
5.4 Zusammengesetzte Messverfahren	8
5.5 Transport und Lagerung	8
5.6 Umgebungsbedingungen	8
5.7 Beschreibung des Messverfahrens	9
5.8 Maßeinheit des Ergebnisses	9
5.9 Zusätzliche Anforderungen	9
6 Prüfverfahren	9
7 Prüfbericht.....	10
Anhang A (informativ) In EN 689 beschriebene Messkategorien, die eine Kombination von Messaufgaben einschließen	11
Anhang B (informativ) Struktur einer Verfahrensbeschreibung.....	12
Anhang C (informativ) Berechnung der Messunsicherheit.....	13
Literaturhinweise	22

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 482:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 482:2006 ersetzen.

Die wesentlichen technischen Änderungen zwischen dieser Europäischen Norm und deren Vorgängerausgabe sind folgende:

- a) Die in der Vorgängerausgabe enthaltenen Begriffe und Definitionen wurden durch eine normative Verweisung auf prEN 1540:2010 ersetzt.
- b) Die maximale erweiterte Messunsicherheit für Mischungen aus luftgetragenen Partikeln und Dampf wurde für Messungen im Konzentrationsbereich des 0,5- bis 2-fachen Arbeitsplatzgrenzwertes von 30 % auf 50 % geändert.
- c) Anhang C wurde überarbeitet, um bereits in EN 838, EN 1076 und EN 13890 enthaltene Informationen zu entfernen.

Einleitung

Nationale Gesetze und Vorschriften, die auf Europäischen Richtlinien basieren, erfordern die Beurteilung der möglichen Exposition von Arbeitnehmern gegenüber chemischen Arbeitsstoffen in der Arbeitsplatzatmosphäre. Eine Möglichkeit, eine solche Exposition abzuschätzen, ist die Messung der Konzentration eines chemischen Arbeitsstoffes in der Luft im Atembereich des Arbeitnehmers. Die Verfahren, die für solche Messungen verwendet werden, sollten zuverlässige und nachvollziehbare Ergebnisse liefern, sodass, wenn diese mit geltenden Arbeitsplatzgrenzwerten verglichen werden, eine sachgemäße Entscheidung getroffen werden kann, ob das Expositionsniveau akzeptabel ist oder korrigierende Maßnahmen notwendig sind.

Wegen ihrer Bedeutung im Verlauf der Expositionsbewertung ist es erforderlich, dass die Messverfahren einige allgemeine Anforderungen erfüllen, die in diesem Dokument festgelegt sind. Für verschiedene Arten von Messverfahren und Messgeräten wurden darüber hinaus spezifische Europäische Normen erarbeitet. Dazu gehören Europäische Normen für Staubsammler (EN 13205), Diffusionssammler (EN 838), pumpenbetriebene Probenahmeeinrichtungen (EN 1076), Prüfröhrchen (EN 1231), Probenahmepumpen (EN 1232, EN 12919), Metalle und Metalloide (EN 13890), Mischungen aus luftgetragenen Partikeln und Dampf (in Vorbereitung) sowie direkt anzeigende Geräte [EN 45544 (alle Teile)]. Diese spezifischen Europäischen Normen enthalten zusätzliche Anforderungen für das jeweilige Verfahren oder Gerät, so dass die allgemeinen Anforderungen dieses Dokuments nicht kompromittiert werden. In den Fällen, in denen solche spezifischen Europäischen Normen nicht existieren, gelten nur die allgemeinen Anforderungen.

In diesem Dokument werden Leistungsanforderungen für die Eindeutigkeit, Selektivität, erweiterte Messunsicherheit für festgelegte Mindestmessbereiche, Mittelungsdauer usw. angegeben. Diese Anforderungen sind dafür vorgesehen, auch unter den am Arbeitsplatz herrschenden Umgebungsbedingungen zu gelten. Auf Grund des weiten Bereichs von Umgebungsbedingungen in der Praxis legt dieses Dokument jedoch Anforderungen fest, die von den Messverfahren zu erfüllen sind, wenn diese unter festgelegten Laborbedingungen geprüft werden.

Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, geeignete Verfahren oder Geräte auszuwählen, die den Anforderungen dieses Dokuments genügen. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, besteht darin, vom Lieferanten eines Verfahrens oder vom Hersteller eines Gerätes Informationen oder Bestätigungen zu erhalten. Die Typprüfung oder allgemeiner, die Beurteilung von Leistungskenngrößen von Messverfahren oder Geräten kann je nachdem, was am zweckmäßigsten ist, vom Hersteller, Anwender, Prüfinstitut oder Forschungs- und Entwicklungslaboratorium durchgeführt werden. Eine Reihe bestehender Verfahren für Arbeitsplatzmessungen wurden in einem Teil des geforderten festgelegten Mindestmessbereichs geprüft, nicht jedoch im gesamten Bereich (siehe Tabelle 1) bzw. die Verfahren wurden nicht hinsichtlich aller Umgebungseinflüsse und möglicher Störkomponenten untersucht. Sofern diese teilweise validierten Verfahren die Leistungsanforderungen dieser Europäischen Norm erfüllen, können diese zum gegenwärtigen Zeitpunkt trotzdem angewendet werden. Diese Verfahren sollten über die gesamten Bereiche geprüft werden, sobald dies praktisch möglich ist. Sofern es für einen chemischen Arbeitsstoff kein Messverfahren gibt, das den Anforderungen dieses Dokuments genügt, sollte ein Verfahren angewendet werden, dessen Leistungsfähigkeit den festgelegten Anforderungen am nächsten kommt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration chemischer Arbeitsstoffe in der Arbeitsplatzatmosphäre fest, wie seitens der Richtlinie über chemische Arbeitsstoffe 98/24/EG (siehe Literaturhinweis [1]) gefordert. Diese Anforderungen gelten für alle Messverfahren, unabhängig vom physikalischen Zustand des chemischen Arbeitsstoffes (Gas, Dampf, Schwebstoff), vom Probenahmeverfahren und vom eingesetzten Analyseverfahren.

Dieses Dokument gilt für alle Schritte eines Messverfahrens.

Dieses Dokument gilt sowohl für Messverfahren mit voneinander unabhängigen Probenahme- und Analyse-schritten als auch für direkt anzeigende Messgeräte.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 838, *Exposition am Arbeitsplatz — Messung von Gasen und Dämpfen mit Diffusionssammlern — Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 1076, *Exposition am Arbeitsplatz — Messung von Gasen und Dämpfen mit pumpenbetriebenen Probenahmeeinrichtungen — Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 1231, *Arbeitsplatzatmosphäre — Pumpenbetriebene Sammelröhrchen zur Bestimmung von Gasen und Dämpfen — Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 1232¹⁾, *Arbeitsplatzatmosphäre — Pumpen für personenbezogene Probenahme von chemischen Stoffen — Anforderungen und Prüfverfahren*

prEN 1540:2010, *Exposition am Arbeitsplatz — Terminologie*

EN 12919¹⁾, *Arbeitsplatzatmosphäre — Pumpen für die Probenahme von chemischen Stoffen mit einem Volumendurchlass über 5 l/min — Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 13205, *Exposition am Arbeitsplatz — Bewertung der Leistungsfähigkeit von Geräten für die Messung der Konzentration luftgetragener Partikel*

EN 13890, *Exposition am Arbeitsplatz — Messung von Metallen und Metalloiden in luftgetragenen Partikeln — Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 45544 (alle Teile), *Arbeitsplatzatmosphäre — Elektrische Geräte für die direkte Detektion und direkte Konzentrationsmessung toxischer Gase und Dämpfe*

ISO 78-2, *Chemistry — Layouts for standards — Part 2: Methods of chemical analysis*

1) Derzeit ist eine Internationale Norm, ISO 13137, in Arbeit, durch die dieses Dokument ersetzt werden soll.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 1540:2010.

4 Klassifizierung

4.1 Allgemeines

In diesem Dokument werden Messverfahren entsprechend den Messaufgaben eingeteilt. Diese Klassifizierung beruht auf der nach EN 689 festgelegten Messstrategie.

ANMERKUNG EN 689 beschreibt eine Anzahl von Messkategorien, die aus einer Kombination dieser Messaufgaben bestehen (siehe Anhang A).

4.2 Orientierende Messungen der zeitbezogenen Durchschnittskonzentration

Orientierende Messungen der zeitbezogenen Durchschnittskonzentration werden durchgeführt, um eine relativ grobe, quantitative Angabe zum Grad der Exposition zu erhalten, damit entschieden werden kann, ob eine nennenswerte Exposition überhaupt besteht und, falls dem so ist, um deren mögliche Bedeutung abzuschätzen. Anhand dieser Messungen kann auch festgestellt werden, ob die Exposition weit oberhalb oder weit unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes liegt.

4.3 Orientierende Messungen der zeitlichen und/oder räumlichen Konzentrationsänderung

Orientierende Messungen der zeitlichen und/oder räumlichen Konzentrationsänderung werden durchgeführt, um

- a) Informationen über das mögliche Konzentrationsprofil chemischer Arbeitsstoffe in der Luft zu liefern,
- b) Orte und Zeiten erhöhter Exposition zu erkennen,
- c) Angaben über Ort und Intensität von Emissionsquellen zur Verfügung zu stellen, und
- d) den Wirkungsgrad von Lüftungsmaßnahmen oder anderen technischen Maßnahmen abzuschätzen.

4.4 Messungen zum Vergleich mit Arbeitsplatzgrenzwerten und Kontrollmessungen

Messungen zum Vergleich mit Arbeitsplatzgrenzwerten werden angewendet, um Ergebnisse mit bekannter Präzision und Genauigkeit für die mittlere Konzentration eines chemischen Arbeitsstoffes in der Luft im Atembereich eines Arbeitnehmers zu erhalten.

Kontrollmessungen werden angewendet, um festzustellen, ob sich die Expositionsbedingungen seit der Grenzwert-Vergleichsmessung geändert haben oder ob Kontrollmaße weiterhin wirksam sind (siehe EN 689).

ANMERKUNG Da die Zusammensetzung der Arbeitsplatzatmosphäre bereits während der Anfangs-Arbeitsbereichsanalyse untersucht wurde, kann es für Kontrollmessungen ausreichend sein, Verfahren mit geringerer Selektivität anzuwenden.

5 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit

ANMERKUNG 1 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Messverfahren werden durch die Messaufgabe bestimmt. Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von orientierenden Messungen sind weniger streng als für Messungen zum Vergleich mit Grenzwerten sowie für Kontrollmessungen. Aus diesem Grund sind die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von orientierenden Messungen in 5.1 und 5.2 nur allgemein gehalten.

ANMERKUNG 2 Falls kein Verfahren zur Messung eines bestimmten chemischen Arbeitsstoffes existiert, das die Anforderungen dieses Dokument erfüllt, sollte ein Verfahren verwendet werden, dessen Leistungsfähigkeit den festgelegten Anforderungen am ehesten entspricht.

5.1 Orientierende Messungen der zeitbezogenen Durchschnittskonzentration

Die Messverfahren müssen aufweisen

- a) eine angemessene Selektivität für den chemischen Arbeitsstoff (siehe 4.2),
- b) eine Mittelungsdauer, die kleiner oder gleich der für den Grenzwert festgelegten Referenzzeitspanne ist;
- c) einen Messbereich, der den Grenzwert einschließt, sowie
- d) eine dem Zweck entsprechende erweiterte Messunsicherheit (siehe 4.2).

5.2 Orientierende Messungen der zeitlichen und/oder räumlichen Konzentrationsänderung

Die Messverfahren müssen aufweisen

- a) eine angemessene Selektivität für den chemischen Arbeitsstoff (siehe 4.3),
- b) eine kurze Mittelungsdauer (für eine zeitliche Konzentrationsänderung ≤ 5 min; für eine räumliche Konzentrationsänderung ≤ 15 min),
- c) einen dem Zweck entsprechenden Messbereich (siehe 4.3), sowie
- d) eine dem Zweck entsprechende erweiterte Messunsicherheit (siehe 4.3).

5.3 Messungen zum Vergleich mit Grenzwerten und Kontrollmessungen

5.3.1 Eindeutigkeit

Ein Messverfahren muss im festgelegten Messbereich ein eindeutiges Ergebnis für die Konzentration des gemessenen chemischen Arbeitsstoffes liefern. Das bedeutet, dass ein analytisch ermittelter Wert nur einem einzigen Konzentrationswert entsprechen darf.

5.3.2 Selektivität

Das Messverfahren muss eine entsprechende Angabe über die Art und die Größenordnung von Störkomponenten enthalten.

ANMERKUNG Die Anforderungen an die Selektivität sind in Abhängigkeit vom Vorwissen über die Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz von Fall zu Fall unterschiedlich. Wenn die Zusammensetzung aller Schadstoffe vorher nicht vollständig bekannt ist, wird das Messverfahren eine hohe Selektivität haben müssen. Wenn die Zusammensetzung aller Schadstoffe vor der Messung vollständig bekannt ist und keine Störkomponenten vorliegen, könnte es möglich sein, ein Messverfahren mit einer niedrigen Selektivität anzuwenden.

Verfahren zum Messen chemischer Arbeitsstoffe, die als luftgetragene Partikel vorliegen, müssen ein Verfahren zur Probenahme der Teilchengrößenfraktion nach EN 481 vorschreiben, für die der Grenzwert des chemischen Arbeitsstoffes festgelegt ist.

Sofern unterschiedliche Grenzwerte für verschiedene Spezies eines chemischen Arbeitsstoffes festgelegt sind, muss das Messverfahren die einzelnen betreffenden Spezies bestimmen.

5.3.3 Mittelungsdauer

Die Mittelungsdauer ist gleich der Probenahmedauer, die kleiner oder gleich dem für den Grenzwert festgelegten Referenzzeitraum sein muss.

5.3.4 Messbereich

Der Messbereich des Verfahrens oder Messgeräts muss mindestens die Konzentrationen von einem Zehntel des Grenzwertes bis zum Zweifachen des Grenzwertes für Langzeitmessungen und vom halben Grenzwert bis zum Zweifachen des Grenzwertes für Kurzzeitmessungen abdecken.

ANMERKUNG Zu Grenzwerten siehe Literaturhinweis [2].

5.3.5 Erweiterte Messunsicherheit

Die Anforderungen an die erweiterte Messunsicherheit sind in Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1 — Anforderungen der erweiterten Messunsicherheit an Messungen zum Vergleich mit Grenzwerten und an Kontrollmessungen

Referenzzeitspanne	Messbereich	relative erweiterte Messunsicherheit	relative erweiterte Messunsicherheit (Mischungen aus luftgetragenen Partikeln und Dampf)
Kurzzeitmessung (z. B. 15 min)	0,5-facher bis zweifacher Grenzwert	$\leq 50 \%$	$\leq 50 \%$
Langzeitmessung	0,1-facher bis unter 0,5-facher Grenzwert	$\leq 50 \%$	$\leq 50 \%$
Langzeitmessung	0,5-facher bis zweifacher Grenzwert	$\leq 30 \%$	$\leq 50 \%$

ANMERKUNG Veränderungen in der Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen am Arbeitsplatz können signifikant größer sein, als dies durch die nach dieser Europäischen Norm berechnete Unsicherheit einer Einzelmessung angezeigt wird. Ursache hierfür sind zeitliche und räumliche Variabilitäten der Arbeitsplatzexposition. Hinsichtlich einer Messstrategie siehe EN 689.

5.4 Zusammengesetzte Messverfahren

Die Leistungsanforderungen nach 5.1, 5.2 und 5.3 müssen für das vollständige Messverfahren erfüllt werden, auch wenn das Verfahren aus mehreren, voneinander getrennten Schritten besteht. In diesem Fall dürfen, alternativ zur Prüfung des vollständigen Messverfahrens, die Schritte des Messverfahrens einzeln geprüft werden.

5.5 Transport und Lagerung

Der Transport und die Lagerung einer Probe müssen, sofern zutreffend, so ausgeführt werden, dass deren physikalische und chemische Unversehrtheit zwischen Probenahme und Analyse erhalten bleibt.

5.6 Umgebungsbedingungen

Der Einfluss der Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Luftfeuchte, Druck) auf die Leistungsfähigkeit des Verfahrens muss im Labor geprüft werden. Leistungsanforderungen an Eindeutigkeit, Selektivität, erweiterte Messunsicherheit, Mindestmessbereich und Mittelungsdauer müssen unter den am Arbeitsplatz wahrscheinlich anzutreffenden Bedingungen erfüllt sein.

ANMERKUNG Es ist nicht praktikabel, eine umfassende Bewertung der Umgebungseinflüsse vor Ort durchzuführen, und deshalb sind Laborprüfungen in diesem Dokument festgelegt. Feldversuche können jedoch wertvolle Angaben zur Leistungsfähigkeit der Messverfahren liefern.

Im Messverfahren ist der Bereich der klimatischen Bedingungen festzulegen, unter denen die Leistungsanforderungen nach 5.1 bis 5.4 erfüllt werden.

5.7 Beschreibung des Messverfahrens

Das Messverfahren muss in Übereinstimmung mit ISO 78-2 schriftlich festgehalten werden. Ein Beispiel für die Struktur einer Verfahrensbeschreibung ist in Anhang B angegeben.

Die Beschreibung muss alle zur Durchführung des Messverfahrens erforderlichen Informationen enthalten, darüber hinaus Angaben zur erreichbaren erweiterten Messunsicherheit, dem Messbereich, der Mittelungsdauer, zu Störkomponenten sowie Informationen über die Umgebungsbedingungen sowie über alle weiteren Bedingungen, die die Leistungsfähigkeit des Messverfahrens beeinflussen können.

Sofern Korrekturfaktoren, z. B. für bekannte oder erklärbare systematische Abweichungen auf Grund von Umwelteinflüssen, angewendet werden, müssen diese im Messverfahren begründet und im Prüfbericht vermerkt werden.

5.8 Maßeinheit des Ergebnisses

Das abschließende Ergebnis eines Messverfahrens muss in der gleichen Maßeinheit wie der entsprechende Grenzwert angegeben werden. Dies kann auf direktem Wege oder mit Hilfe einer geeigneten Umrechnung erreicht werden.

Diese Anforderung ist nicht bindend für orientierende Messungen der Konzentrationsänderung.

5.9 Zusätzliche Anforderungen

Zusätzlich zu den Anforderungen nach 5.1 bis 5.8 sind für bestimmte Typen von Messverfahren und -geräten weitere Anforderungen nach EN 838, EN 1076, EN 1231, EN 1232, EN 12919, EN 13205, EN 13890 und EN 45544 (alle Teile), sofern zutreffend, zu erfüllen.

6 Prüfverfahren

6.1 Die erweiterte Messunsicherheit der mit dem Messverfahren erhaltenen Ergebnisse ist durch die Prüfungen abzuschätzen, die in der (den) entsprechenden Europäischen Norm(en) speziell für den Typ des betreffenden Verfahrens oder Gerätes nach Abschnitt 2 festgelegt sind. Messungen sind am unteren und oberen Ende des Messbereichs nach Tabelle 1 und mindestens bei einer mittleren Konzentration durchzuführen. Es sind mindestens sechs Wiederholproben für jede Prüfreihe herzustellen und die Proben sind unter Wiederholbedingungen zu analysieren.

Die erweiterte Messunsicherheit, in Prozent, wird nach folgender Vorgehensweise berechnet (siehe z. B. Literaturhinweise [3], [4] und [5] sowie ENV 13005):

- a) Die Messgröße wird festgelegt;
- b) alle möglichen Unsicherheitsquellen werden identifiziert;
- c) die zufällige Unsicherheit bei der Probenahme (u_{s_r}) und die nicht zufällige Unsicherheit bei der Probenahme ($u_{s_{nr}}$) werden quantifiziert;
- d) die analytische Variabilität (u_{a_r}) und die nicht zufällige Unsicherheit bei der Analyse ($u_{a_{nr}}$) werden quantifiziert;

- e) die kombinierte Standardunsicherheit (u_c) wird nach Gleichung (3) berechnet;
- f) die erweiterte Messunsicherheit (U) wird mit einem Erweiterungsfaktor $k = 2$ nach Gleichung (4) berechnet.

$$u_{C_r} = \sqrt{u_{S_r}^2 + u_{a_r}^2} \quad (1)$$

$$u_{C_{nr}} = \sqrt{u_{S_{nr}}^2 + u_{a_{nr}}^2} \quad (2)$$

$$u_c = \sqrt{u_{C_r}^2 + u_{C_{nr}}^2} \quad (3)$$

$$U = 2 \times u_c \quad (4)$$

ANMERKUNG 1 Alternativ dazu können die zufälligen und nicht zufälligen Komponenten der Unsicherheit bei der Probenahme und die zufälligen und nicht zufälligen Komponenten der Unsicherheit bei der Analyse in anderer Reihenfolge kombiniert werden, um zunächst Werte für die Unsicherheit bei der Probenahme und die Unsicherheit bei der Analyse zu erhalten, bevor diese verwendet werden um die kombinierte Standardunsicherheit zu berechnen.

ANMERKUNG 2 Anhang C enthält Angaben über die unterschiedlichen Komponenten der Unsicherheiten bei der Probenahme und bei der Analyse.

ANMERKUNG 3 Hinsichtlich detaillierter Berechnungsverfahren siehe EN 838, EN 1076 und EN 13890.

6.2 Soweit erforderlich sind weitere Prüfungen durchzuführen, um den Einfluss von Störkomponenten und Umgebungsparametern, wie z. B. Windgeschwindigkeit, Windrichtung oder Ausrichtung des Probenahme-geräts, zu untersuchen.

6.3 Bei einem Messverfahren, das aus mehreren unabhängigen Schritten besteht (Vorbereitung der Ausrüstung, Probenahme, Transport und Lagerung der Probe, Analyse), kann es alternativ zur Prüfung des vollständigen Verfahrens günstiger sein, einzelne Verfahrensschritte getrennt zu prüfen. In diesem Fall ist die relative erweiterte Messunsicherheit des Messverfahrens durch eine geeignete Kombination der Unsicherheiten aller Einzelschritte zu berechnen.

ANMERKUNG Bei einigen chemischen Arbeitsstoffen ist die Leistungsfähigkeit von einem oder mehreren Schritt(en) möglicherweise auf anderem Weg als durch direkte Prüfung des chemischen Arbeitsstoffes zu bestimmen. Zu Einzelheiten siehe die entsprechende spezifische Europäische Norm.

7 Prüfbericht

Für jedes geprüfte Messverfahren muss ein Prüfbericht angefertigt werden, der mindestens die Prüfbedingungen und die erhaltenen Ergebnisse beinhaltet und angibt, inwieweit das Messverfahren den Anforderungen dieses Dokuments und anderer maßgeblicher Europäischer oder Internationaler Normen entspricht.

Anhang A (informativ)

In EN 689 beschriebene Messkategorien, die eine Kombination von Messaufgaben einschließen

A.1 Messungen im ungünstigsten Fall („worst case“-Messungen)

Anhand von orientierenden Messungen der zeitlichen und räumlichen Konzentrationsänderung (siehe 4.3) können Perioden höherer Emission, z. B. hohe Emissionen infolge bestimmter Arbeiten, eindeutig festgestellt werden. Die Probenahmezeiten können entsprechend diesen Perioden ausgewählt werden. Dieser Ansatz wird „worst case“ – Probenahme genannt. Folglich kann die Überwachung entweder als eine orientierende Messung der zeitbezogenen Durchschnittskonzentration (siehe 4.2) oder als eine Grenzwert-Vergleichsmessung (siehe 4.4) gefordert werden.

A.2 Messungen an festgelegten Punkten

Messungen an festgelegten Punkten können zum Vergleich mit Grenzwerten (siehe 4.4) verwendet werden, sofern die Ergebnisse repräsentativ für die Expositionskonzentration sind. Bei anderen Anwendungen ist die Anfangsmessaufgabe die gleiche wie für Emissionsquellen (siehe 4.3) und jede anschließende Überwachung ist entweder eine orientierende Messung der zeitbezogenen Durchschnittskonzentration (siehe 4.2) oder es sind Kontrollmessungen (siehe 4.4).

A.3 Messungen kurzzeitiger Expositionsspitzen

Anhand von orientierenden Messungen der zeitlichen Konzentrationsänderung (siehe 4.3) können kurzzeitige Expositionsspitzen festgestellt werden. Diesen Messungen können orientierende Messungen der zeitbezogenen Durchschnittskonzentration (siehe 4.2) folgen. Wenn Expositionskonzentrationen gemessen werden, können diese mit den Grenzwerten (siehe 4.4) verglichen werden. In diesen Fällen sind die Kurzzeitgrenzwerte von Bedeutung.

Anhang B (informativ)

Struktur einer Verfahrensbeschreibung

Die folgenden Hauptabschnitte sollten, sofern anwendbar, vorhanden sein:

- Einleitung;
- Titel;
- Warnhinweise und Sicherheitsmaßnahmen;
- Anwendungsbereich;
- Normative Verweisungen;
- Begriffe;
- Kurzbeschreibung des Verfahrens;
- Reaktionen;
- Reagenzien und Materialien;
- Prüfgeräte;
- Probenahme;
- Transport und Lagerung;
- Analytische Bestimmung;
- Berechnung;
- Leistungskenngrößen;
- Qualitätskontrolle und Überwachung;
- Sonderfälle (z. B. Störgrößen);
- Prüfbericht;
- Anhänge.

Anhang C (informativ)

Berechnung der Messunsicherheit

C.1 Allgemeines

Der erste Schritt zur Abschätzung der Unsicherheit eines Verfahrens nach ENV 13005 besteht im Erstellen eines Ursache-Wirkungs-Diagramms zum Erkennen der individuellen zufälligen und nicht zufälligen Komponenten der Unsicherheit (siehe Literaturhinweise [3], [4] und [5] sowie ENV 13005). Nach der Vereinfachung durch Ausschließen von Doppelberücksichtigungen kann das resultierende Diagramm zum Erkennen der Komponenten verwendet werden, für die Schätzungen der Unsicherheit gefordert sind.

Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe in Arbeitsplatzatmosphären umfassen üblicherweise zwei wesentliche Schritte: die Probenahme und die Analyse. Die nachfolgende Aufzählung gibt eine typische, jedoch nicht ausschließliche Zusammenstellung zufälliger und nicht zufälliger Unsicherheitskomponenten:

- a) Probenahme
 - 1) Unsicherheit in Zusammenhang mit dem Probeluftvolumen oder der Massenaufnahme (siehe C.2);
 - 2) Unsicherheit in Zusammenhang mit dem Probenahmewirkungsgrad (siehe C.3);
 - 3) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Lagerung und dem Transport der Probe, sofern zutreffend (siehe C.4).
- b) Analyse für Gase und Dämpfe (siehe EN 838 und/oder EN 1076)
 - 1) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Wiederfindungsrate des Verfahrens;
 - 2) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Variabilität des Verfahrens;
 - 3) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Kalibrierung;
 - 4) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Messgerätedrift der Anzeige.
- c) Analyse für luftgetragene Partikel (siehe EN 13890) und Mischungen aus luftgetragenen Partikeln und Dampf
 - 1) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Wiederfindungsrate des Analyseverfahrens;
 - 2) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Präzision der Analyse;
 - 3) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Kalibrierung;
 - 4) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Verdünnung der Probenlösungen, sofern anwendbar;
 - 5) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Messgerätedrift der Anzeige, sowie
 - 6) Unsicherheit in Zusammenhang mit der Subtraktion des Blindwertes.

Die Unsicherheit jeder dieser Komponenten wird abgeschätzt oder berechnet und dann kombiniert, um nach Abschnitt 6 einen Schätzwert der Unsicherheit des Messverfahrens als Ganzes zu erhalten.

Unter der Annahme einer rechtwinkligen Wahrscheinlichkeitsverteilung sollte ein Bereich, $\pm A$, in eine nicht zufällige Unsicherheit gleich $A/\sqrt{3}$ umgewandelt werden.

C.2 Unsicherheit in Zusammenhang mit dem Probeluftvolumen oder der Massenaufnahme

C.2.1 Pumpenbetriebene Probenahme

C.2.1.1 Unsicherheitsquellen

Bei der pumpenbetriebenen Probenahme bestehen hinsichtlich des Probeluftvolumens die folgenden Unsicherheitsquellen: Messung des Durchflusses (siehe C.2.1.2), Stabilität des Pumpendurchsatzes (siehe C.2.1.3) und Probenahmedauer (siehe C.2.1.4).

C.2.1.2 Messung des Durchflusses

Messungen des Durchflusses können mithilfe einer Reihe unterschiedlicher Messgeräte, z. B. Schwebekörper-Durchflussmesser, Massendurchflussmesser, Seifenblasendurchflussmesser oder Trockenkolbendurchflussmesser, durchgeführt werden. Messfehler des Durchflusses sind auf drei Quellen zurückzuführen: auf die Kalibrierung des Durchflussmessers (nicht zufällig), auf die Anzeige des Durchflussmessers (zufällig) und gegebenenfalls auf deren Korrektur in Bezug auf den Umgebungsdruck und die -temperatur.

Die Unsicherheit in Zusammenhang mit der Kalibrierung des Durchflusses (u_{fc}) sollte aus den Daten des Durchflussmesser-Prüfzeugnisses abgeschätzt werden.

Die Unsicherheit in Zusammenhang mit der Anzeige des Durchflusses, u_{fr} , sollte als der Variationskoeffizient jener Messungen angenommen werden, die unter Wiederholbedingungen durchgeführt wurden.

Beispiele für die Unsicherheit bei der Messung des Durchflusses mit verschiedenen Durchflussmessertypen sind in Tabelle C.1 angegeben.

Tabelle C.1 — Unsicherheit bei der Messung des Durchflusses mit verschiedenen Durchflussmessertypen (beispielhaft)

Durchflussmessertyp	Skala		Unsicherheit in Zusammenhang mit der Kalibrierung des Durchflusses ^a	Unsicherheit in Zusammenhang mit der Anzeige des Durchflusses ^b
	%		%	%
Schwebekörper-Durchflussmesser, 30 cm Länge ^c	100		1,6	0,23
	50		2,0	0,45
	10		5,2	2,3
Durchflussmessertyp	Messbereich des Durchflussmessers l · min ⁻¹	Gemessener Durchfluss l · min ⁻¹	Unsicherheit in Zusammenhang mit der Kalibrierung des Durchflusses ^a %	Unsicherheit in Zusammenhang mit der Anzeige des Durchflusses ^b %
Massendurchflussmesser	0,1 bis 15	2,0	0,61	2,0
Durchflussmessertyp	Messbereich der Durchflusszelle l · min ⁻¹	Gemessener Durchfluss l · min ⁻¹	Unsicherheit in Zusammenhang mit der Kalibrierung des Durchflusses ^a %	Unsicherheit in Zusammenhang mit der Anzeige des Durchflusses ^b %
Seifenblasen-durchflussmesser	0 bis 0,25	0,12	0,4	0,35
	0,2 bis 6	2,0	0,12	0,1
	2 bis 30	3,0	0,06	0,22
Trockenkolben-durchflussmesser	0,5 bis 5	2,0	0,59	0,26
	0,5 bis 25	3,0	0,41	0,07
^a Die Unsicherheiten in Zusammenhang mit der Kalibrierung des Durchflusses werden unter der Annahme einer rechtwinkligen Wahrscheinlichkeitsverteilung $A/\sqrt{3}$ berechnet, wobei A der Verteilungswert aus dem Durchflussmesser-Kalibrierzertifikat ist. ^b Die Unsicherheiten in Zusammenhang mit der Anzeige des Durchflusses basieren auf zehn Messungen. ^c Die Unsicherheit in Zusammenhang mit der Anzeige des Durchflusses eines analogen Durchflussmessers ist von der Auflösung der Geräteskala abhängig.				

Fall der Durchfluss mehrmals gemessen wird, und nicht nur zu Beginn der Probenahme, wird die Unsicherheit in Zusammenhang mit der Anzeige des Durchflusses um einen Faktor $1/\sqrt{n}$ herabgesetzt, wobei n der Anzahl an Durchflussmessungen entspricht.

C.2.1.3 Stabilität des Pumpendurchsatzes

Pumpen für die personenbezogene Luftprobenahme sind üblicherweise selbst regulierend und behalten den eingestellten Durchsatz unabhängig von Änderungen in der Druckdifferenz bei. EN 1232 und EN 12919 fordern, dass der Durchsatz während der gesamten Probenahme innerhalb von $\pm 5\%$ des eingestellten Wertes bleibt. Unter Annahme einer Rechteckverteilung beträgt der zulässige Höchstwert für die nicht zufällige Unsicherheitskomponente in Zusammenhang mit der Stabilität des Pumpendurchsatzes $(5/\sqrt{3})\%$.

Reale Werte für die Stabilität des Pumpendurchsatzes können unter 5 % liegen. Diese kann aus dem vom Hersteller angegebenen Wert oder aus den Ergebnissen der Prüfung nach EN 1232 abgeschätzt werden. Unter Annahme einer Rechteckverteilung kann der Wert der nicht zufälligen Unsicherheitskomponente in Zusammenhang mit der Stabilität des Pumpendurchsatzes nach Gleichung (C.1) berechnet werden:

$$u_{\text{pfs,nr}} = \frac{\Delta_{\text{pfs}}}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.1})$$

Dabei ist

- $u_{\text{pfs,nr}}$ der Wert der nicht zufälligen Unsicherheitskomponente in Zusammenhang mit der Stabilität des Pumpendurchsatzes;
- Δ_{pfs} die Differenz zwischen der mittleren Anzeige des Durchsatzes bei der höchsten und niedrigsten Druckdifferenz, in Prozent (%).

C.2.1.4 Probenahmedauer

Die Probenahmedauer kann sehr genau mit einer Funkuhr, einer Quarzuhr oder einer Stoppuhr gemessen werden. Die Hauptunsicherheitsquelle bei der Messung der Probenahmedauer besteht in der Genauigkeit, mit der die Ablesung erfolgt, d. h. auf die Minute oder Sekunde genau.

Falls die Ablesung auf die Sekunde genau erfolgt, ist die nicht zufällige Unsicherheitskomponente sowohl für die Langzeit- als auch für die Kurzzeitmessungen sehr klein und kann vernachlässigt werden. Falls die Ablesung auf die Minute genau erfolgt, ist die nicht zufällige Unsicherheitskomponente für Langzeitmessungen (z. B. > 2 h) sehr klein und darf unberücksichtigt bleiben, muss jedoch bei Kurzzeitmessungen berücksichtigt werden.

Falls z. B. die Zeitmessung auf die Minute genau erfolgt, beträgt der Variationskoeffizient 2,7 % bei einer Probenahmedauer von 15 min (berechnet durch Summierung der maximalen systematischen Abweichungen jeweils zu Beginn und Ende der Probenahmedauer über eine halbe Minute und Division durch die Probenahmedauer und $\sqrt{6}$, unter Annahme einer Dreiecksverteilung).

Im Fall einer pumpenbetriebenen Probenahme verlangt EN 1232, dass die angezeigte Zeit nach 8 h um nicht mehr als 5 min von einer Referenz-Stoppuhr abweichen darf. Die höchste Toleranz für die Probenahmedauer beträgt 1 %. Unter Annahme einer Rechteckverteilung beträgt der höchste tolerierbare Wert einer nicht zufälligen Unsicherheitskomponente $1/\sqrt{3} = 0,58$ %.

C.2.2 Passive Probenahme

C.2.2.1 Unsicherheitsquellen

Bei der passiven Probenahme (d. h. der Probenahme mit Diffusionssammlern) bestehen hinsichtlich der Massenaufnahme die folgenden Unsicherheitsquellen: Aufnahmezeit (siehe C.2.2.2) und Probenahmedauer (siehe C.2.2.3).

C.2.2.2 Aufnahmezeit

Die Komponenten der zufälligen und nicht zufälligen Unsicherheit der Aufnahmezeit sollten, wie in EN 838 beschrieben, anhand von Wiederholproben abgeschätzt, die einer Prüfatmosphäre entstammen.

C.2.2.3 Probenahmedauer

Siehe C.2.1.4.

C.3 Unsicherheit in Zusammenhang mit dem Probenahmewirkungsgrad

C.3.1 Pumpenbetriebene Probenahmeverfahren für Gase und Dämpfe

Die pumpenbetriebene Probenahme von Gasen und Dämpfen kann durch den Druck, die Feuchte und die Temperatur des Probeluftvolumens, durch die Konzentration der chemischen Arbeitsstoffe im Probeluftvolumen sowie durch den Durchfluss beeinflusst werden. Diese Faktoren können die Kapazität der Probenahme und die Leistungsfähigkeit des Probenahmeverfahrens beeinflussen. Die Unsicherheit in Zusammenhang mit diesen Effekten ist in der Unsicherheitskomponente der Wiederfindungsrate des Verfahrens mit enthalten. Indes wird bei pumpenbetriebenen Sammlern das Probenvolumen unter dem experimentell bestimmten Durchbruchvolumen gehalten (siehe EN 1076), wobei in diesem Fall der Probenahmewirkungsgrad 100 % beträgt und die Unsicherheit in Zusammenhang mit dem Probenahmewirkungsgrad nicht berücksichtigt werden muss.

C.3.2 Passive Probenahmeverfahren für Gase und Dämpfe

Bei der passiven Probenahme bestehen hinsichtlich des Probenahmewirkungsgrades die folgenden Unsicherheitsquellen: Rückdiffusion und Expositionsdauer.

Rückdiffusion kann auftreten, wenn es während der Probenahmedauer zu einer wesentlichen Konzentrationsänderung des chemischen Arbeitsstoffes in der Luft kommt. Dieses wird durch die Eigenschaften des Sorptionsmittels und des chemischen Arbeitsstoffes, durch den Druck, die Feuchte und Temperatur der gesammelten Luft sowie durch die Masse des entnommenen chemischen Arbeitsstoffes beeinflusst (wobei es sich um eine Funktion von dessen Konzentration in der beprobten Luft und der Probenahmedauer handelt). Die nicht zufällige Unsicherheitskomponente auf Grund der Rückdiffusion kann aus der Differenz der Mittelwerte der Ergebnisse aus zwei Sätzen von Wiederholproben abgeschätzt werden, die durch kurzzeitige Exposition der Diffusionsammler gegenüber einer hohen Konzentration des chemischen Arbeitsstoffes erhalten wurden; ein Satz davon wird anschließend, wie in EN 838 beschrieben, für eine lange Zeit sauberer Luft ausgesetzt.

Die nicht zufällige Unsicherheitskomponente in Zusammenhang mit der Expositionsdauer kann wie in EN 838 beschrieben über die Analyse von Wiederholproben abgeschätzt werden, die aus einer Prüfatmosphäre entnommen wurden.

C.3.3 Verfahren zur Aerosolprobenahme

C.3.3.1 Allgemeines

Bei Verfahren zur Aerosolprobenahme bestehen hinsichtlich des Probenahmewirkungsgrades die folgenden Unsicherheitsquellen: Ausmaß der Übereinstimmung mit der (den) geforderte(n) Probenahmekonvention(en) und Wirkungsgrad des Sammelsubstrates.

C.3.3.2 Ausmaß der Übereinstimmung mit der (den) geforderten Probenahmekonvention(en)

Aerosolsammler müssen eine oder mehrere Probenahmekonvention(en) nach EN 481 einhalten. Verfahren zur Aerosolprobenahme weisen zufällige und nicht zufällige Unsicherheitskomponenten auf, die darauf zurückzuführen sind, inwieweit die verwendeten Sammler der (den) geforderten Probenahmekonvention(en) entsprechen.

EN 13205 beschreibt zwei Prüfverfahren, um zu bestimmen, ob eine Probenahmeeinrichtung die geforderte(n) Aerosolfraktion(en) korrekt sammelt. Im ersten Verfahren erfolgt dies durch Bestimmung des Sammelwirkungsgrades der Probenahmeeinrichtung als Funktion der Partikelgröße. Im zweiten Verfahren erfolgt dies durch Vergleich der Konzentrationen, die durch den zu prüfenden Sammler und durch einen validierten (Referenz-)Sammler bei mindestens drei Prüfaerosolen mit deutlich unterschiedlichen Partikelgrößenverteilungen gemessen wurden.

C.3.3.3 Unsicherheitskomponenten für Aerosolsammler — Abschätzungen für den allgemeinen Gebrauch

Für verschiedene Typen von Sammlern für die einatembare, thorakale und alveolengängige Fraktion wurden Daten zum Probenahmewirkungsgrad experimentell bestimmt und veröffentlicht. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt wurden diese Daten jedoch nicht, wie von diesem Dokument gefordert, in Unsicherheitskomponenten umgerechnet. Solange diese Angaben nicht vorliegen, können bis auf Weiteres die in EN 13890 enthaltenen informativen Schätzwerte für die Unsicherheitskomponenten verwendet werden.

CEN/TR 15230 enthält eine Liste von Beispielen von bis zum Jahr 2004 auf dem Markt befindlichen Sammlern für die einatembare, thorakale und alveolengängige Fraktion, welche das Potential haben die Anforderungen nach EN 481 und EN 13205 zu erfüllen.

ANMERKUNG Derzeit können keine informativen Schätzwerte für Sammler für die thorakale Fraktion angegeben werden.

C.3.3.4 Wirkungsgrad des Sammelsubstrates

C.3.3.4.1 Filtermaterialien

Filtermaterialien sollten so ausgewählt werden, dass diese in dem interessierenden Partikelgrößenbereich einen hohen Sammelwirkungsgrad aufweisen, so dass in diesem Fall die Unsicherheit in Zusammenhang mit dem Sammelwirkungsgrad vernachlässigt werden kann. Siehe ISO 15767.

C.3.3.4.2 Schäume

Sofern ein Schaum als Sammelsubstrat verwendet wird, stehen der Probenahmewirkungsgrad und der Sammelwirkungsgrad in Wechselbeziehung und es müssen keine Unsicherheitskomponenten hinzugefügt werden.

C.4 Unsicherheit in Zusammenhang mit der Lagerung und dem Transport der Probe

C.4.1 Lagerung der Probe

Die nicht zufällige Unsicherheitskomponente in Zusammenhang mit der Lagerung der Probe kann abgeschätzt werden, indem Proben analysiert werden, die entweder aus einer Prüfatmosphäre gesammelt wurden oder durch Dotierung der Probenahmemedien mit dem interessierenden chemischen Arbeitsstoff hergestellt wurden. Diese kann aus der Differenz zwischen den Mittelwerten von Wiederholungsproben berechnet werden, die unmittelbar nach der Probenahme/der Dotierung sowie nach der im Prüfverfahren festgelegten maximalen Lagerungsdauer analysiert wurden. Prüfverfahren für die Lagerung der Probe sind in EN 838, EN 1076 sowie in EN 13890 beschrieben.

C.4.2 Transport

C.4.2.1 Gasproben und Dampfproben

Bei Gasproben und Dampfproben ist es nicht erforderlich, weitere Unsicherheitskomponenten außer den in Zusammenhang mit der Lagerung der Probe stehenden zu berücksichtigen, wenn die Proben entsprechend den Festlegungen im Messverfahren auf geeignete Weise transportiert werden.

C.4.2.2 Aerosolproben

Der Transport von Aerosolproben weist üblicherweise eine Unsicherheitskomponente in Zusammenhang mit Materialverlusten vom Probenträger oder mit einer Verunreinigung des Substrats auf. Die Obergrenze für die Beladung des Sammelsubstrats kann wie in EN 13205 oder ISO 15767 beschrieben bestimmt werden. Die

nicht zufällige Unsicherheitskomponente wird aus den Annahmekriterien für die Obergrenze der Probenbelastung bestimmt.

C.5 Unsicherheit in Zusammenhang mit der Wiederfindungsrate des Verfahrens für Gase und Dämpfe

Die Wiederfindungsrate des Verfahrens wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Die Untersuchung der Einflüsse durch diese Faktoren wird mit Prüfatmosphären nach den in EN 838 und EN 1076 beschriebenen Prüfungen durchgeführt. Die experimentellen Daten, die während der Durchführung dieser Prüfungen gesammelt werden, erlauben eine repräsentative Aussage über die Faktoren, die eine Streuung und systematische Abweichung (bezogen auf einen Referenzwert) bedingen, welche bei Routineanwendungen des festgelegten Messverfahren auftreten, z. B. Konzentration, Temperatur und Feuchte. Diese Daten können verwendet werden, um die Unsicherheitskomponenten des Verfahrens abzuschätzen. Messverfahren für Gase und Dämpfe schreiben üblicherweise die Korrektur der Ergebnisse für die Wiederfindungsrate des Analyseverfahrens vor. In diesem Fall wird die Wiederfindungsrate des Verfahrens aus den Ergebnissen der Proben abgeschätzt, die aus der für die Wiederfindungsrate des Analyseverfahrens korrigierten Prüfatmosphäre entnommen wurden.

C.6 Unsicherheit in Zusammenhang mit der Wiederfindungsrate des Analyseverfahrens für luftgetragene Partikel und Mischungen aus luftgetragenen Partikeln und Dampf

Die systematische Abweichung wird üblicherweise während der Entwicklung eines Analyseverfahrens eliminiert; dies ist jedoch nicht immer möglich. Nach ENV 13005 sollten Messergebnisse in Bezug auf die systematische Abweichung korrigiert werden, falls diese signifikant ist. Dies ist jedoch oftmals nicht praktikabel, wie zum Beispiel bei Verfahren zur Messung von Metallen und Metalloiden in Luftproben am Arbeitsplatz, da sich die systematische Abweichung der Analyse mit der Probenmatrix ändern kann. Die systematische Abweichung der Analyse ist folglich abzuschätzen und als eine Unsicherheitskomponente zu behandeln.

Die nicht zufällige Unsicherheitskomponente in Zusammenhang mit der systematischen Abweichung der Analyse kann anhand von

- Ergebnissen aus der Analyse zertifizierter Referenzmaterialien (CRMs) und/oder Reinverbindungen,
- Ergebnissen aus Ringversuchen,
- Ergebnissen von Wiederfindungsprüfungen, die an dotierten Labor-Blindproben durchgeführt wurden,
- einem annehmbaren Bereich für die systematische Abweichung

abgeschätzt werden oder sie kann für Verfahren, die eine Design basierte Probenherstellung einschließen, mit Null angenommen werden.

C.7 Unsicherheit in Zusammenhang mit der Variabilität des Verfahrens für Gase und Dämpfe

Die Unsicherheit in Zusammenhang mit der Variabilität des Verfahrens kann anhand von Präzisionsdaten des Verfahrens abgeschätzt werden. Diese werden aus den Ergebnissen von Wiederholproben ermittelt, die aus den verwendeten Prüfatmosphären entnommen wurden, wie in EN 838 und EN 1076 beschrieben. Für jede mögliche Quelle systematischer Fehler sind gegebenenfalls gesonderte Abschätzungen der damit in Zusammenhang stehenden Unsicherheiten vorzunehmen, so zum Beispiel für die nicht zufällige Unsicherheit in Zusammenhang mit der Konzentration der Kalibrierlösungen, der Kalibrierfunktion, der Verdünnung der Probenlösungen und der Messgerätedrift der Anzeige.

Die Unsicherheit in Zusammenhang mit der analytischen Variabilität ist in der Variabilität des Verfahrens enthalten.

Unabhängige Abschätzungen der Unsicherheit in Zusammenhang mit der analytischen Variabilität können anhand von Präzisionsdaten der Analyse vorgenommen werden, die unter Wiederholbedingungen oder unter Vergleichbedingungen ermittelt wurden. In beiden Fällen sind für jede mögliche Quelle systematischer Fehler gegebenenfalls gesonderte Abschätzungen der damit in Zusammenhang stehenden Unsicherheiten vorzunehmen, so zum Beispiel für die nicht zufällige Unsicherheit in Zusammenhang mit der Konzentration der Kalibrierlösungen, der Kalibrierfunktion, der Verdünnung der Probenlösungen und der Messgerätedrift der Anzeige. Falls die Präzision der Analyse aus laboreigenen Daten der Vergleichpräzision bestimmt wird, z. B. anhand von Daten der Qualitätskontrolle, werden die meisten zufälligen und stichprobenartig ausgewählten Unsicherheitskomponenten in Zusammenhang mit der analytischen Variabilität mit erfasst. Für weitere Anleitungen siehe ISO/TS 21748. Falls laboreigene Daten der Vergleichpräzision verwendet werden, können die für die Präzision der Analyse ermittelten Werte höher ausfallen, als wenn unter Wiederholbedingungen ermittelte Daten verwendet werden, da in diesem Fall die tagesübergreifende Präzision enthalten ist.

C.8 Unsicherheit in Zusammenhang mit der analytischen Variabilität für luftgetragene Partikel und Mischungen aus luftgetragenen Partikeln und Dampf

Die Unsicherheit in Zusammenhang mit der analytischen Variabilität kann anhand von Daten der Präzision der Analyse abgeschätzt werden, die entweder unter Wiederholbedingungen oder unter Vergleichbedingungen ermittelt wurden, wie in EN 13890 beschrieben. In beiden Fällen sind für jede mögliche Quelle systematischer Fehler gegebenenfalls gesonderte Abschätzungen der damit in Zusammenhang stehenden Unsicherheiten vorzunehmen, so zum Beispiel für die nicht zufällige Unsicherheit in Zusammenhang mit der Konzentration der Kalibrierlösungen, der Kalibrierfunktion, der Verdünnung der Probenlösungen und der Messgerätedrift der Anzeige. Falls die Präzision der Analyse aus laboreigenen Daten der Vergleichpräzision bestimmt wird, z. B. anhand von Daten der Qualitätskontrolle, werden die meisten zufälligen und stichprobenartig ausgewählten Unsicherheitskomponenten mit erfasst. Für weitere Anleitungen siehe ISO/TS 21748.

C.9 Allgemeine Gleichung zur Kombination der Unsicherheitskomponenten

Zur Berechnung der zufälligen und nicht zufälligen Komponenten der Unsicherheit bei der Probenahme und der Unsicherheit bei der Analyse werden die relevanten einzelnen Unsicherheitskomponenten nach den Gleichungen (C.1) bis (C.4) kombiniert:

$$u_{s_r} = \sqrt{\sum_{i=1}^{j_{s_r}} u_{s_{r_i}}^2} \quad (C.1)$$

$$u_{s_{nr}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{j_{s_{nr}}} u_{s_{nr_i}}^2} \quad (C.2)$$

$$u_{a_r} = \sqrt{\sum_{i=1}^{j_{a_r}} u_{a_{r_i}}^2} \quad (C.3)$$

$$u_{a_{nr}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{j_{a_{nr}}} u_{a_{nr_i}}^2} \quad (C.4)$$

Dabei sind

- | | |
|---|--|
| u_{s_r} , $u_{s_{nr}}$, u_{a_r} und $u_{a_{nr}}$ | die zufällige Unsicherheit bei der Probenahme, die nicht zufällige Unsicherheit bei der Probenahme, die analytische Variabilität und die nicht zufällige Unsicherheit bei der Analyse; |
| $u_{s_{r_i}}$, $u_{s_{nr_i}}$, $u_{a_{r_i}}$ und $u_{a_{nr_i}}$ | die jeweiligen maßgeblichen einzelnen Unsicherheitskomponenten; |
| j_{s_r} , $j_{s_{nr}}$, j_{a_r} und $j_{a_{nr}}$ | die jeweilige Anzahl der maßgeblichen einzelnen Unsicherheitskomponenten. |

Literaturhinweise

- [1] Richtlinie 98/24/EG des Rates vom 7. April 1998 zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit (vierzehnte Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)
- [2] Database: GESTIS - International limit values for chemical agents
http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit_values/index.jsp
- [3] Nordtest, *Handbook for calculation of uncertainty budgets for accredited environmental laboratories, Version 1.3, (October 2003)*, Nordtest Technical Report N° 537, February 2004,
<http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/tec537.pdf>
- [4] European Co-operation for Accreditation, *Expression of Uncertainty of Measurement in calibration*, EA-4/02, www.european-accreditation.org
- [5] EuraChem, *Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*, www.measurementuncertainty.org
- [6] EN 481, *Arbeitsplatzatmosphäre — Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel*
- [7] EN 689, *Arbeitsplatzatmosphäre — Anleitung zur Ermittlung der inhalativen Exposition gegenüber chemischen Stoffen zum Vergleich mit Grenzwerten und Messstrategie*
- [8] CEN/TR 15230, *Workplace atmospheres — Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions*
- [9] ENV 13005:1999²⁾, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*
- [10] ISO 15767, *Workplace atmospheres — Controlling and characterizing uncertainty in weighing collected aerosols*
- [11] ISO/TS 21748, *Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation*

2) Wiederveröffentlicht als ISO/IEC Guide 98-3:2008.