

DIN EN 12341



Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5.

ICS 13.040.20

Einsprüche bis 2022-07-13
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12341:2014-08

Entwurf

**Außenluft –
Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der
PM₁₀- oder PM_{2,5}-Massenkonzentration des Schwebstaubes;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12341:2022**

Ambient air –

Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM₁₀ or PM_{2,5} mass concentration of suspended particulate matter;
German and English version prEN 12341:2022

Air ambient –

Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP₁₀ ou MP_{2,5} de matière particulaire en suspension;
Version allemande et anglaise prEN 12341:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-05-13 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an krdl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss, 40002 Düsseldorf, Postfach 10 11 39 oder VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf.

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 130 Seiten

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

Nationales Vorwort

Der Europäische Norm-Entwurf (prEN 12341:2022) wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 15 „Außenluft – PM₁₀/PM_{2,5}“ (Sekretariat: DIN, Deutschland; Obmannschaft: BSI, Vereinigtes Königreich) 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 134-04-02-09 UA „Messen von Partikeln in der Außenluft“ der VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 12341 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12341:2014-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 5: Es wurde die Typprüfung ergänzt und in 5.1 wurde ein neues Verfahren zur Speicherung von Metadaten durch das Probenahmegerät sowie neue Verfahren zur Bewertung der Dichtheit des Probenahmesystems hinzugefügt;
- b) Abschnitt 7: Tabelle 5 „Erforderliche Häufigkeit der Kalibrierungen, Prüfungen und Wartungsarbeiten“ wurde aktualisiert;
- c) Abschnitt 9: Tabelle 6 „Einzelne Unsicherheitsquellen“ wurde aktualisiert;
- d) Anhang A: Die Messanforderungen für die Ausführungen der Einlässe wurden konkretisiert;
- e) Anhang B wurde entfernt;
- f) Anhang F: Bild F.2 zum Impaktorwirkungsgrad des PM_{2,5} Probenahmekopfs wurde aktualisiert;
- g) Anhang H: Ein Beispiel für das Unsicherheitsbudget wurde hinzugefügt;
- h) Literaturhinweise wurden aktualisiert.

<i>Titel de:</i>	Außenluft — Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM ₁₀ - oder PM _{2,5} -Massenkonzentration des Schwebstaubes
<i>Titel en:</i>	Ambient air — Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM ₁₀ or PM _{2,5} mass concentration of suspended particulate matter
<i>Titel fr:</i>	Air ambiant — Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP ₁₀ ou MP _{2,5} de matière particulaire en suspension

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole und Abkürzungen	11
4 Kurzbeschreibung	13
4.1 Beschreibung des Prinzips des Standardmessverfahrens	13
4.2 Erste Anwendung und Verfahren für eine laufende QS/QK	14
4.3 Beurteilung der Messunsicherheit	14
5 Geräte, Ausstattung und Prüfung	14
5.1 Komponenten der Probenahmeeinrichtung und Programm zur Typprüfung	14
5.1.1 Allgemeines	14
5.1.2 Bauweise des Probenahmegeräts	18
5.1.3 Bauweise des Standard-Probeneinlasses	18
5.1.4 Verbindungsleitungen	18
5.1.5 Filterhalter und Filter	19
5.1.6 Durchflussregler	20
5.1.7 Temperatursensoren	22
5.1.8 Umgebungsdrucksensor	22
5.1.9 Probenahmedauer	22
5.1.10 Dichtheit des Probenahmesystems	23
5.1.11 Lagerung der Filter	24
5.1.12 Aufzeichnung von Betriebsparametern	25
5.1.13 Auswirkung eines Ausfalls der Stromversorgung	25
5.1.14 Auswirkung einer vorzeitigen Beendigung der Probenahme aufgrund einer Filterverstopfung	26
5.1.15 Firmware, Software und Versionen der Benutzerhandbücher	26
5.2 Komponenten der Probenahmeeinrichtung und Programme zur Typprüfung	26
5.3 Feldprüfungen	28
5.3.1 Allgemeines	28
5.3.2 Leistungsprüfungen	28
5.4 Typprüfungsbericht	29
6 Verfahren zur Filterkonditionierung, Probenahme, Wägeeinrichtungen und Wägung	30
6.1 Allgemeines	30
6.2 Einrichtungen zur Wägung	31
6.2.1 Wägeraum	31
6.2.2 Waage	31
6.3 Konditionierung und Wägung der Filter vor der Probenahme	31
6.4 Probenahmeverfahren	32
6.4.1 Beschicken der Filterkassette	32
6.4.2 Filterprobenahme	33
6.4.3 Verfahren für Lagerung und Transport von Proben	33
6.5 Konditionierung und Wägung der Filter nach der Probenahme	33
6.6 Vorgehensweise im Wägeraum	34
6.7 Blindwertfilter für die laufende Qualitätskontrolle	34

6.7.1	Allgemeines	34
6.7.2	Wägeraum-Blindwertfilter	34
6.7.3	Feld-Blindwertfilter	35
7	Laufende Qualitätskontrolle	35
7.1	Allgemeines	35
7.2	Häufigkeit der Kalibrierungen, Prüfungen und Wartungsarbeiten	35
7.3	Aufzeichnung von Betriebsparametern.....	36
7.4	Wartung des Probenahmesystems	37
7.5	Prüfungen von Sensoren des Probenahmegerätes	37
7.6	Kalibrierung von Sensoren des Probenahmegerätes	37
7.7	Prüfung des Volumenstroms des Probenahmegerätes	38
7.8	Kalibrierung des Volumenstroms des Probenahmegerätes	38
7.9	Prüfung des Probenahmesystems auf Dichtheit.....	38
7.10	Prüfung der Sensoren der Wägeeinrichtungen.....	38
7.11	Kalibrierung der Sensoren der Wägeeinrichtung.....	39
7.12	Waage	39
7.13	Prüfung der Genauigkeit der Uhr des Probenahmegeräts.....	39
8	Auswertung.....	39
9	Leistungskenngrößen des Verfahrens	39
9.1	Allgemeines	39
9.2	GUM-Konzept	40
9.3	Einzelne Unsicherheitsquellen.....	41
9.3.1	Allgemeines	41
9.3.2	Gesammelte Partikelmasse	41
9.3.3	Zeit (t)	45
9.3.4	Unsicherheitsbudget.....	45
9.4	Erweiterte Unsicherheit im Vergleich zu den EU-Datenqualitätszielen	47
Anhang A (normativ) Konstruktionszeichnung eines Standard-Probeneinlasses für PM ₁₀ und PM _{2,5}		48
Anhang B (informativ) Schema einer PM-Standardprobenahmeeinrichtung		50
Anhang C (informativ) Eignungsprüfungen für Filter.....		51
C.1	Prüfung zum Abscheidegrad	51
C.2	Prüfung des Filtermaterials auf Unversehrtheit	51
C.3	Prüfung zur Reproduzierbarkeit der Ausgangsmasse	51
C.4	Prüfung zur elektrostatischen Aufladung	51
C.5	Prüfung zur Wasseraufnahme	52
Anhang D (informativ) Erste Eignungsprüfung von Wägeeinrichtungen.....		53
D.1	Genauigkeit und Stabilität von Temperatur und relativer Feuchte	53
D.2	Genauigkeit und Stabilität der Waage	53
D.3	Genauigkeit und Präzision des Wägeverfahrens.....	53
Anhang E (Informativ) Ergebnisse der experimentellen Arbeiten		54
Anhang F (informativ) Impaktorwirkungsgrad		56
Anhang G (normativ) Elemente des Typprüfungsberichts		58
Anhang H (informativ) Beispiel für die Berechnung einer Unsicherheitsbilanz.....		60
H.1	Berechnung unter Verwendung von Daten aus der vorgeschriebenen Typprüfung	60
H.2	Messunsicherheit aus der laufenden Qualitätskontrolle bei Feldprüfungen	61
Anhang I (informativ) Technische Änderungen der EN 12341 gegenüber der Version 2014		64
Literaturhinweise.....		65

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12341:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12341:2014 ersetzen.

Technische Änderungen, die im Vergleich zur Vorgängerausgabe vorgenommen wurden, sind in Anhang I zusammengefasst.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben. Es unterstützt grundlegende Anforderungen aus EU-Richtlinie(n).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie(n) siehe die Einleitung.

Einleitung

Zur Beurteilung der Luftqualität auf einer einheitlichen Basis innerhalb der Europäischen Union müssen die Mitgliedstaaten standardisierte Messtechniken und -verfahren anwenden. Ziel dieses Dokuments ist die harmonisierte Methodenbeschreibung für die Überwachung der Massenkonzentrationen von Schwebstaub (PM_{10} bzw. $PM_{2,5}$) in der Außenluft entsprechend der Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa [1], welche die spezifischen Parameter zur Beurteilung der Konzentrationswerte von Partikeln in der Luft festlegt.

ANMERKUNG Grundsätzlich ist die in dem vorliegenden Dokument beschriebene Methode auch zur Messung von Massenkonzentrationen anderer Staubfraktionen, wie z. B. PM_1 , anwendbar. Sie beschreibt jedoch keine genormten Probeneinlässe für derartige Fraktionen.

Das in dem vorliegenden Dokument beschriebene europäische Standardmessverfahren befasst sich primär mit der Harmonisierung und Verbesserung der Datenqualität der in den Messnetzen eingesetzten Messverfahren bei Vermeidung unnötiger Inkonsistenzen zu historischen Daten. Es handelt sich um ein praxistaugliches Verfahren für die Routineüberwachung, jedoch nicht zwangsläufig um das Verfahren mit der höchsten metrologischen Qualität.

Derzeit gibt es keine Referenzmaterialien, die die Rückverfolgbarkeit der PM_{10} oder $PM_{2,5}$ -Messungen in der Außenluft ermöglichen. Daher definiert die Standardmethode die Messgröße durch Konvention, insbesondere durch die Bauweise des Probeneinlasses und die zugehörigen Betriebsparameter, die den gesamten Messprozess umfassen. Dieses Dokument umfasst:

- eine Beschreibung eines manuellen gravimetrischen Standardmessverfahren für PM_{10} bzw. $PM_{2,5}$ unter Anwendung von automatischen Filterwechslern oder Einzelfiltergeräten;
- eine Zusammenfassung der Leistungsanforderungen des Verfahrens sowie die damit verbundenen Anforderungen an die Typprüfung des Probenahmeorgans;
- Anforderungen an die Eignungsprüfung von Einrichtungen und Geräten bei der ersten Anwendung des Verfahrens;
- Anforderungen an die laufende Qualitätssicherung/Qualitätskontrolle bei der Anwendung des Verfahrens im Feld;
- die Beurteilung der Messunsicherheit der Ergebnisse dieses europäischen Standardmessverfahrens;
- Kriterien und Prüfverfahren zur Bewertung der Eignung von Filtern für den Einsatz im Rahmen dieses Verfahrens.

Die in diesem Dokument beschriebenen Leistungskenngrößen und Anforderungen wurden zum Teil in verschiedenen Vergleichs- und Validierungsmessungen bestimmt. Diese wurden von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone gefördert.

Die Anforderungen des vorliegenden Dokuments sind in erster Linie darauf ausgerichtet, optimale Ergebnisse bei der Erfassung der Massenkonzentrationen von PM_{10} bzw. $PM_{2,5}$ zu erhalten.

Die zum Zweck der Bestimmung der Massenkonzentrationen von PM_{10} oder $PM_{2,5}$ erfassten Filter können zudem auch für weiterführende Spezifizierungen / Untersuchungen verwendet werden, z. B. für die Bestimmung der Konzentrationen von:

- Schwermetallen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (siehe EN 14902 [6] und EN 15549 [7]) in Übereinstimmung mit der Richtlinie 2004/107/EG [8], ergänzt durch die Richtlinie 2015/1480/EG [26].

- Bestandteilen von PM_{2,5} (siehe EN 16909 [9] und EN 16913 [10]) zur Verwendung für die nach der Richtlinie 2008/50/EG geforderte Quellenzuordnung.

Möglicherweise sind für diese Zwecke zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen (z. B. Blindwerte von chemischen Bestandteilen).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt ein Standardverfahren zur Bestimmung der PM_{10} - oder $PM_{2,5}$ -Massenkonzentration in der Außenluft durch Probenahme auf Filtern und deren Wägung mittels einer Waage.

Die Messungen werden mit Probenahmegeräten durchgeführt, bei denen die Probeneinlässe entsprechend den Festlegungen in Anhang A ausgeführt sind, und die mit einem Nennvolumenstrom von $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$ über eine Nennprobenahmedauer von 24 h betrieben werden. Die Messergebnisse werden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben, wobei das Luftvolumen das Volumen bei Umgebungsbedingungen in der Nähe des Probeneinlasses während der Probenahme darstellt.

Der Anwendungsbereich dieses Dokuments für 24 h-Messungen reicht von etwa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (d. h. der Nachweisgrenze des Standardmessverfahrens, ausgedrückt als deren Unsicherheit) bis zu $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei PM_{10} und $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei $PM_{2,5}$.

ANMERKUNG 1 Obwohl dieses Dokument nicht für höhere Konzentrationen validiert ist, kann der Anwendungsbereich bei Verwendung von geeigneten Filtermaterialien kann durchaus auf Konzentrationen in der Luft von bis zu etwa $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erweitert werden (siehe 5.1.5.2).

Dieses Dokument beschreibt Verfahren für und legt Anforderungen an die Prüfung und Anwendung sogenannter sequentieller Probenahmeeinrichtungen fest, die mit einem Filterwechsler ausgestattet und für einen längeren autonomen Betrieb geeignet sind. Sequentielle Probenahmeeinrichtungen werden üblicherweise in der gesamten Europäischen Union zur Messung von Konzentrationen von PM_{10} oder $PM_{2,5}$ in Luft eingesetzt. Dieses Dokument schließt den Einsatz von Einzelfiltergeräten jedoch nicht aus.

ANMERKUNG 2 Ältere Versionen von Probenahmegeräten, die früheren Versionen von EN 12341 entsprechen, können weiterhin zur Bewertung der Gleichwertigkeit von Kandidatmethoden verwendet werden, wobei die in EN 16450 und in [11] beschriebenen Verfahren anzuwenden sind. Sobald neuere Versionen der nach diesem Dokument geprüften Probenahmegeräte zur Verfügung stehen, sollten die älteren Referenzprobenahmegeräte für Gleichwertigkeitsnachweise nach EN 16450 und nach [11] nicht mehr verwendet werden. Typprüfungsberichte über gleichwertige Verfahren sind weiterhin gültig, wenn sie in Auftrag gegeben wurden, bevor die nach diesem Dokument geprüften Referenzverfahren verfügbar waren.

Dieses Dokument gibt auch Hilfestellung für die Auswahl und Prüfung von Filtern mit dem Ziel der Verringerung der Messunsicherheit der Ergebnisse aus diesem Verfahren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text derart in Bezug genommen, dass Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisen gilt die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierter Referenz gilt die aktuelle Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

JCGM 100, *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*

EN 15267-1:2009, *Luftbeschaffenheit — Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen — Teil 1: Grundlagen*

EN 15267-2:2009, *Luftbeschaffenheit — Beurteilung von Einrichtungen zur Überwachung der Luftbeschaffenheit — Teil 2: Erstmalige Beurteilung des Qualitätsmanagementsystems des Herstellers und Überwachung des Herstellungsprozesses nach der Zertifizierung*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 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 <https://www.electropedia.org/>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1.1

Außenluft

Luft in der Troposphäre mit Ausnahme von Arbeitsstätten, an denen Bestimmungen für Gesundheitsschutz und Sicherheit am Arbeitsplatz gelten und zu denen die Öffentlichkeit normalerweise keinen Zugang hat

[QUELLE: Richtlinie 2008/50/EG]

3.1.2

Kalibrierung

Tätigkeit, die unter festgelegten Bedingungen in einem ersten Schritt eine Beziehung zwischen den durch Messstandards mit ihren Messunsicherheiten ermittelten Werten und den entsprechenden Anzeigenwerten mit den diesen zugeordneten Messunsicherheiten herstellt und in einem zweiten Schritt diese Information verwendet, um eine Beziehung herzustellen, mit deren Hilfe ein Messergebnis aus einer Anzeige erhalten wird

[QUELLE: JCGM 200 [13]]

3.1.3

kombinierte Standardunsicherheit

Standardunsicherheit eines Messergebnisses, wenn dieses Ergebnis aus den Werten mehrerer anderer Unsicherheitsbeiträge gewonnen wird; sie ist gleich der positiven Quadratwurzel einer Summe von Gliedern, wobei die Glieder Varianzen oder Kovarianzen dieser anderen Größen sind, gewichtet danach, wie das Messergebnis mit Änderungen dieser Größen variiert

[QUELLE: JCGM 100]

3.1.4

zuständige Behörde

Organisation, die zur Umsetzung der Anforderungen der EU-Richtlinien benannt ist und Einrichtungen beaufsichtigt, die den Anforderungen der jeweils anzuwendenden Europäischen Normen entsprechen

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei der Überwachung der Außenluft handelt es sich um eine Behörde, die eine oder mehrere der in Artikel 3 der Richtlinie 2008/50/EG aufgeführten Aufgaben wahrnimmt.

3.1.5

zuständige Stelle

Organisation, die ihre Kompetenz für eine bestimmte Aufgabe gegenüber der zuständigen Behörde des Mitgliedstaates nachweisen kann

3.1.6

Erweiterungsfaktor

Zahlenfaktor, mit dem die kombinierte Standardunsicherheit multipliziert wird, um eine erweiterte Messunsicherheit zu erhalten

[QUELLE: JCGM 100]

3.1.7

erweiterte Messunsicherheit

Kennwert, der einen Bereich um das Messergebnis kennzeichnet, von dem erwartet werden kann, dass er einen großen Anteil der Verteilung der Werte umfasst, die der Messgröße vernünftigerweise zugeordnet werden könnten

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Anteil kann als Überdeckungswahrscheinlichkeit oder Vertrauensniveau des Bereichs angesehen werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Um dem durch die erweiterte Messunsicherheit gekennzeichneten Bereich ein spezielles Vertrauensniveau zuzuordnen, sind explizite oder implizite Annahmen über die Wahrscheinlichkeitsverteilung erforderlich, die durch das Messergebnis und die kombinierte Standardunsicherheit charakterisiert werden. Das Vertrauensniveau, das diesem Bereich zugeordnet werden kann, kann nur in dem Maße bekannt sein, wie solche Annahmen gerechtfertigt sind.

[QUELLE: JCGM 100]

3.1.8

Feld-Blindwertfilter

Filter, das denselben Verfahren der Konditionierung und Wägung unterzogen wird wie das Probenahmefilter, einschließlich Hin- und Rücktransport sowie Lagerung im Feld, das jedoch nicht zur Probenahme von Luft verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Feld-Blindwert wird manchmal auch als Verfahrensblindwert bezeichnet.

3.1.9

Grenzwert

Wert, der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegt wird, mit dem Ziel, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern, und der innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss und danach nicht überschritten werden darf

[QUELLE: Richtlinie 2008/50/EG]

3.1.10

Messstation

Einrichtung im Feld, an der ein Probenahmegerät zur Messung der Partikelbelastung so installiert ist, dass sein Leistungsvermögen und seine Betriebsweise den vorgegebenen Anforderungen entsprechen

3.1.11

Parallelmessung

Messungen mit Messsystemen, die zeitgleich Proben aus derselben Luft entnehmen

3.1.12

Leistungskenngröße

für ein Probenahmegerät vorgegebener Parameter zur Festlegung seines Leistungsvermögens

3.1.13

Leistungskriterium

einer Leistungskenngröße zugeordneter begrenzender quantitativer numerischer Wert, dessen Einhaltung geprüft wird

3.1.14

Kontrollintervall

Zeitraum, über den das Probenahmegerät betrieben werden kann, ohne dass ein Eingreifen des Betreibers erforderlich ist

3.1.15

PM_x

Schwebstaubpartikel in der Luft, die einen größenselektiven Probeneinlass passieren, der bei einem aerodynamischen Durchmesser von $x \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Per Konvention bieten die in diesem Dokument vorgeschriebenen Ausführungen des größenselektiven Probeneinlasses — angewendet mit den vorgeschriebenen Volumenströmen — die geforderten Kenngrößen, um die betreffende Schwebstaubfraktion zu sammeln.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Wirksamkeit der Größenselektivität beim Einsatz alternativer Luftenlässe kann eine signifikante Auswirkung auf die tatsächlich erfassten Partikelgrößen im Bereich des Trenndurchmessers und folglich auf die ermittelte Massenkonzentration von PM_x haben.

3.1.16

Referenzverfahren

RM

Messmethode (-methodik), die per Konvention den anerkannten Referenzwert der Messgröße liefert

3.1.17

Referenzprobenahmegerät

Probenahmesystem, das nachweislich den Anforderungen dieses Dokuments hinsichtlich Konstruktion und Leistungskenngrößen entspricht

3.1.18

Probenluft

Luft, die durch den Probeneinlass und das Probenahmesystem als Probe gesammelt wurde

3.1.19

Probeneinlass

Eingang zum Probenahmesystem, wo Außenluft aus der Atmosphäre entnommen wird

3.1.20

Standardunsicherheit

als Standardabweichung ausgedrückte Unsicherheit des Ergebnisses einer Messung

[QUELLE: JCGM 100]

3.1.21

Schwebstaub

SPM

Bezeichnung für die Gesamtheit der von Luft umgebenen Partikel in einem betrachteten, ungestörten Luftvolumen

3.1.22

zeitliche Überdeckung

prozentualer Anteil des Bezugszeitraums des betreffenden Grenzwertes, für den valide Daten für die Aggregation erfasst wurden

3.1.23

Typprüfung

Prüfung von zwei oder mehr Probenahmegeräten desselben Modells (mit identischer Hardware und Firmware), die von einem Hersteller einer zuständigen Stelle zur Prüfung der Leistungsanforderungen vorgelegt werden

3.1.24

(Mess)Unsicherheit

dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnte

[QUELLE: JCGM 100]

3.1.25

Wägeraum-Blindwertfilter

Filter, das denselben Verfahren der Konditionierung und Wägung unterzogen wird wie ein für die Probenahme verwendeter Filter, jedoch ausschließlich im Wägeraum gelagert wird

3.2 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

—	φ	auf Normbedingungen bezogener Volumenstrom
—	φ_a	auf Umgebungsbedingungen bezogener Volumenstrom (T_a , P_a)
—	ΔP	im Zeitintervall Δt bestimmte Druckdifferenz (Dichtheitsprüfung)
—	Δt	für den Druckanstieg benötigtes Zeitintervall (Dichtheitsprüfung)
—	C	Konzentration von PM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bei Umgebungsbedingungen
—	d	Tag(e)
—	h	Stunde(n)
—	k	Erweiterungsfaktor
—	m	Masse des Filters
—	m_c	Masse des konditionierten Leerfilters
—	m_l	Masse des beaufschlagten Filters
—	m_s	Masse des beaufschlagten und konditionierten Filters
—	m_u	Masse des nicht beaufschlagten Filters
—	min	Minuten
—	P_0	Druck bei $t = 0$ (Dichtheitsprüfung)
—	P_a	Umgebungsdruck
—	t	Probenahmedauer
—	T_a	Umgebungstemperatur
—	u	Standardunsicherheit
—	u_{bs}	Unsicherheit zwischen den Probenahmegeräten

—	u_f	Unsicherheit des Volumenstroms
—	u_{mfb}	Unsicherheit aufgrund der Wirkung der Feuchte auf einen Leerfilter
—	u_{mh}	Unsicherheit aufgrund von Hystereseeffekten auf die Partikelmasse
—	u_m	Unsicherheit der PM-Masse ($m_l - m_u$)
—	u_{mb}	Unsicherheit aufgrund des Auftriebs
—	u_{mba}	Unsicherheit aufgrund der Kalibrierung der Waage
—	u_{mc}	Unsicherheit aufgrund von Kontamination
—	u_{mfe}	Unsicherheit aufgrund eines unzureichenden Abscheidegrades des Filters
—	u_{mg}	Unsicherheit aufgrund der Wechselwirkung mit Gasen
—	u_{mhp}	Unsicherheit aufgrund der Wirkung von Feuchte auf Partikel
—	u_{mip}	Unsicherheit aufgrund der Leistungsfähigkeit des Probeneinlasses
—	u_{ml}	Unsicherheit der Masse eines beaufschlagten Filters
—	u_{ms}	Unsicherheit aufgrund elektrostatischer Aufladung des Filters
—	u_{mtl}	Unsicherheit aufgrund von Partikelverlusten bei Transport und Lagerung
—	u_{mu}	Unsicherheit der Masse eines nicht beaufschlagten Filters
—	u_{mu}	Unsicherheit aufgrund der Nullpunktdrift der Waage
—	φ_L	Leckrate (Leckvolumenstrom) (Dichtheitsprüfung)
—	V_{sys}	geschätztes Gesamtvolumen des Systems (Totvolumen)
—	w	relative Unsicherheit
—	W	relative erweiterte Unsicherheit
—	x_i	einzelnes Messergebnis eines Probenahmegeräts
—	u_{fc}	Unsicherheit aufgrund der Kalibrierung des Volumenstroms
—	u_{fd}	Unsicherheit aufgrund der Drift des Volumenstroms
—	u_t	Unsicherheit der Probenahmedauer

—	EU	Europäische Union
—	GDE	Guide to the Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods (Leitfaden zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Immissionsmessverfahren)
—	GUM	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen)
—	JCGM	Joint Committee for Guides in Metrology (Gemeinsamer Ausschuss für Leitfäden in der Metrologie)
—	PM	Particulate Matter
—	POM	Polyoxymethylen
—	PTFE	Polytetrafluorethylen
—	QS/QK	Qualitätssicherung/Qualitätskontrolle
—	RH	relative Feuchte
—	RM	Referenzmethode (-methodik)
—	SPM	Schwebstaub

4 Kurzbeschreibung

4.1 Beschreibung des Prinzips des Standardmessverfahrens

Die Außenluft wird mit einem bekannten, konstanten Volumenstrom durch einen größenselektiven Probeneinlass geführt. Die betreffende PM-Fraktion wird für nominell 24 h auf einem Filter gesammelt. Die Masse des PM-Materials wird durch Wägung des Filters vor und nach Probenahme unter vordefinierten konstanten Bedingungen bestimmt.

Entscheidende Faktoren, die das Messergebnis beeinflussen können und die in den in diesem Dokument vorgeschriebenen Verfahren behandelt werden, sind:

- (Unterschiede in) Konstruktion und Ausführung des größenselektiven Probeneinlasses;
- der Probenvolumenstrom;
- Depositionsverluste von Partikeln innerhalb der Rohrleitung zwischen Probeneinlass und Filter;
- unkontrollierte Verluste innerhalb der Rohrleitung zwischen dem Probeneinlass und dem Filter sowie auf dem Filter durch das Verdampfen von Wasser und mittelflüchtigen PM zwischen Probenahme und Wägung;
- Änderung der Masse des Filters oder PM z. B. durch Wechselwirkung von Wasser und mittelflüchtigen Verbindungen mit dem Filter oder PM, unerwünschte Anlagerungen oder Materialverlust, Auftrieb oder elektrostatische Aufladung.

Um Auswirkungen dieser Faktoren auf ein Mindestmaß zu verringern, werden in dem vorliegenden Dokument Anforderungen an eine Reihe von Parametern aufgeführt, die die Größenordnungen dieser Auswirkungen bestimmen.

4.2 Erste Anwendung und Verfahren für eine laufende QS/QK

QS/QK-Verfahren sind für die Probenahme sowie für den Transport, die Handhabung und das Wägen von Filtern beschrieben.

Die Verfahren für Qualitätssicherungs-/Qualitätskontrolle (QS/QK) in diesem Dokument werden in Maßnahmen eingeteilt, die üblicherweise bei jeder Messung anfallen, und solche, die weniger häufig durchgeführt werden.

Die Verfahren zur QS/QK, die bei jeder Messung angewendet werden, einschließlich der Filterhandhabung und -konditionierung, der Wägeraumbedingungen, der ordnungsgemäßen Arbeitsweise der Waage und der Verwendung von Blindwertfiltern, werden im Abschnitt 6 beschrieben.

Es ist von besonderer Bedeutung, dass die zum Wägen der Filter vor und nach der Probenahme verwendeten Einrichtungen die Anforderungen des vorliegenden Dokuments erfüllen. Deshalb wird eine Reihe von Prüfungen beschrieben, mit denen der Anwender den ordnungsgemäßen Betrieb der Einrichtungen sicherstellen kann.

Zusätzliche QS/QK-Verfahren, die weniger häufig angewendet werden, einschließlich Kalibrierung des Volumenstroms, Kalibrierung der Waage, Wartung (Reinigung des Probeneinlasses) und Dichtheitsprüfung des Probenahmesystems, werden in Abschnitt 7 beschrieben.

4.3 Beurteilung der Messunsicherheit

Die Verfahren für den Anwender zur Bewertung der Beiträge zur Messunsicherheit sind in Abschnitt 9 beschrieben.

5 Geräte, Ausstattung und Prüfung

5.1 Komponenten der Probenahmeeinrichtung und Programm zur Typprüfung

5.1.1 Allgemeines

In diesem Dokument wird die Bauweise von Probenahmeeinrichtungen beschrieben, die beim Standardmessverfahren zu verwenden sind.

Dieses Dokument stellt eine Weiterentwicklung früherer Europäischer Normen (EN 12341:1998 und EN 12341:2014, EN 14907:2005) dar. Neu zu beschaffende Geräte müssen dieser Norm uneingeschränkt entsprechen.

Ältere Versionen dieser Probenahmegeräte, einschließlich der in EN 12341:2014 Anhang B beschriebenen, haben einen besonderen Status hinsichtlich ihrer Anwendung. Diese Probenahmegeräte können nach wie vor für Überwachungszwecke und zur laufenden Qualitätskontrolle eingesetzt werden, sofern ihre Unsicherheiten durch eine gut begründete zusätzliche Toleranz ergänzt werden.

Die Bestimmung der PM₁₀- oder PM_{2,5}-Konzentration in der Außenluft muss die, in der Richtlinie 2008/50/EG vorgeschriebenen Kriterien für die maximale Unsicherheit der gemessenen Werte erfüllen. Um eine Unsicherheit zu erreichen, die kleiner (oder gleich) dieser erforderlichen Unsicherheit ist, muss das Probenahmegerät alle Kriterien für eine Reihe von Leistungskenngrößen erfüllen, die in dieser Norm aufgeführt sind. Die Werte der ausgewählten Leistungskenngrößen müssen anhand einer Labor- und Feldprüfung ermittelt werden. Durch die Kombination von Unsicherheiten, die aus den Werten der ausgewählten Leistungskenngrößen in der Berechnung der erweiterten Unsicherheit abgeleitet werden, ist zu beurteilen, ob das Probenahmegerät das Kriterium der maximalen Unsicherheit erfüllt, das in der Richtlinie 2008/50/EG vorgeschrieben ist.

Dieses Beurteilungsverfahren für die Werte der Leistungskenngröße umfasst Labor- und Feldprüfungen sowie die Berechnung der erweiterten Unsicherheit. Zwei Probenahmegeräte desselben Modells müssen durch Labor- und Feldprüfungen geprüft werden. Alle geprüften Probenahmegeräte müssen ihre jeweiligen Prüfungen erfolgreich bestehen.

ANMERKUNG 1 Bei den Prüfungen im Labor und im Feld können zwei Probenahmegeräte desselben Modells nacheinander oder getrennt mit vier Probenahmegeräten desselben Modells verwendet werden.

Die Typprüfung nach Abschnitt 7 und die anschließenden QS/QK- und Verifizierungsverfahren nach Abschnitt 9 erbringen den Nachweis, dass die in den entsprechenden EU-Richtlinien festgelegten Anforderungen an die Datenqualitätsziele erfüllt werden können. Die Typprüfungen müssen von einer zuständigen Stelle durchgeführt werden. Die Typprüfungen müssen von oder im Auftrag der zuständigen Behörde eines Mitgliedstaates erteilt werden.

Die Typprüfung beruht auf der Beurteilung von Leistungskenngrößen, die im Rahmen einer vorgeschriebenen Prüfreihe ermittelt werden. In diesem Dokument werden Prüfverfahren für die Bestimmung der tatsächlichen Werte der Leistungskenngrößen für zwei Probenahmegeräte desselben Modells in einem Labor und im Feld beschrieben. Die Beurteilung für die Typprüfung des Probenahmegeräts umfasst die Berechnung der erweiterten Unsicherheit des Messergebnisses auf der Grundlage der numerischen Werte der geprüften Leistungskenngrößen und den anschließenden Vergleich dieses Ergebnisses mit einer vorgegebenen maximalen Unsicherheit.

Geeignete experimentelle Nachweise sind zu erbringen durch:

a) Typprüfung, die unter den Bedingungen der bestimmungsgemäßen Verwendung des festgelegten Messverfahrens durchgeführt wird,

und

b) Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Messergebnisse.

Um die Leistung der Einzelfilter oder automatischen Filterwechsler zu beurteilen, ist es erforderlich, eine Reihe von Labor- und Feldprüfungen durchzuführen. Die Anforderungen an diese Prüfungen sind in Tabelle 1 aufgeführt und werden in den zugehörigen Abschnitten näher beschrieben. Die Anforderungen sind durch eine Kombination von Labor- und Feldprüfungen, wie in Tabelle 1 beschrieben, zu beurteilen.

Tabelle 1 — Anforderungen an die Probenahmeeinrichtung

	Bauweise/ Leistungskenngröße	Anforderung	Typprüfung (Labor(L)/ Feld(F))	Abschnitt
1	Bauweise des Probenahmegeräts	Das Probenahmegerät muss wie vorgeschrieben konstruiert sein.	L	5.1.2, 5.1.4, 5.1.5
2	Bauweise des Einlasses	Die Konstruktion des Einlasses muss den Vorschriften entsprechen.	L	5.1.3, normativer Anhang A
3	Temperatur der Luft, die während der Probenahme durch den Probenfilter strömt	Innerhalb von 5 °C der Temperatur der Klimakammer bei 20 °C.	L	5.1.5

	Bauweise/ Leistungskenngröße	Anforderung	Typprüfung (Labor(L)/ Feld(F))	Abschnitt
4	Nennvolumenstrom	2,3 m³/h bei Umgebungsbedingungen. ≤ 2,0 % des Nennvolumenstroms — bei –20 °C, 20 °C und 50 °C standardmäßig für Außenbereiche.	L/F	5.1.6
5	Konstanz des Proben- volumenstroms	2,3 m³/h bei Umgebungsbedingungen. ≤ 2,0 % Probenahmedauer (gemittelter Volumenstrom) ≤ 5,0 % des Sollwertes des Volumenstroms (Momentanwert des Volumenstroms) — bei –20 °C, 20 °C und 50 °C standardmäßig für Außenbereiche.	L	5.1.6
6	Dichtheit des Probenahmesystems	$\varphi_L \leq 1,0$ % des Probenvolumenstroms	L/F	5.1.10
7	Zykluszeit des Einzelfilters	24 h	L	5.1.9
8	Genauigkeit der Uhr des Probenahmegeräts	±5 min (in 28 d)	F	5.1.9
9	Genauigkeit des Sensors zur Messung der Außenluft- temperatur oder, falls anwendbar, des Sensors zur Messung der Temperatur im Durchflussmessgerät	≤ 2 K — bei –20 °C, 20 °C und 50 °C standardmäßig für Außenbereiche.	L	5.1.7
10	Genauigkeit des Sensors zur Messung des Umgebungs- drucks oder, falls zutreffend, des Sensors zur Messung des Drucks im Durchflussmessgerät	≤ 1 kPa	L	5.1.8
11	Genauigkeit von geräte- interne Temperatur- sensoren (Filter während der Probenahme; Filter während der Lagerung)	≤ 2 K	L	5.1.7

	Bauweise/ Leistungskenngröße	Anforderung	Typprüfung (Labor(L)/ Feld(F))	Abschnitt
12	Mindestens stündliche Aufzeichnung und Übertragung von Betriebsparametern	Das Probenahmegerät muss in der Lage sein, mindestens die folgenden Parameter stündlich aufzuzeichnen und zu übertragen: — Durchschnittlicher Volumenstrom — Probenahmedauer und Probenvolumen — Lufttemperatur in der Filtereinheit — Umgebungstemperatur — Lagerungstemperatur des Filters — Umgebungsdruck Das Probenahmegerät muss diese Betriebsparameter auch im Standby-Modus aufzeichnen, d. h. wenn das Probenahmegerät keine aktive Probenahme durchführt, aber beaufschlagte Probenahmefilter im Lager verbleiben.	L/F	5.1.12
13	Auswirkung von Stromausfall	Die Geräteparameter sind gegen Verlust zu schützen. Bei Spannungswiederkehr muss das Gerät automatisch den Betrieb wieder aufnehmen.	L	5.1.13
14	Beendigung der Probenahme aufgrund von Filterüberlastung	Geräte mit Filterwechslern müssen in der Lage sein, automatisch mit einem neuen Filter neu zu starten, wenn die vorhergehende Filterprobenahme aufgrund eines zu hohen Druckabfalls beendet wurde.	L	5.1.14
15	Unsicherheit zwischen den Probenahmegeräten	$\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.	F	5.3.1
16	Verfügbarkeit	Mindestens 95 %	F	5.3.1
17	Firmware/Software/ Versionen der Benutzerhandbücher	Muss aufgezeichnet werden	L/F	5.1.15

Wenn der Hersteller Konstruktionsänderungen (Software und/oder Hardware) an einem typgeprüften Probenahmegerät vornimmt, muss er die Anforderungen aus [EN 15267-1 und EN 15267-2] erfüllen.

5.1.2 Bauweise des Probenahmegeräts

Sequentielle Probenahmeeinrichtungen (Filterwechsler) für die Standardmessverfahren für PM₁₀ und PM_{2,5} bestehen üblicherweise aus den folgenden Elementen, von denen ein Beispiel schematisch in Anhang B dargestellt ist:

- grössenselektive Probeneinlässe, deren Bauweise in 5.1.3 vorgeschrieben sind;
- Verbindungsleitung zwischen Probeneinlass und Filterhalter, beschrieben in 5.1.4;
- Filterhalter und Filter, beschrieben in 5.1.5;
- Durchflussregler, festgelegt durch die Spezifikationsanforderungen in 5.1.6;
- Probenwechsler (bei automatischen Filterwechslern);
- Einrichtung für die Lagerung der Filter im Probenahmegerät (bei automatischen Filterwechslern).

ANMERKUNG Es sind verschiedene Konfigurationen der Filterlagerung möglich. Siehe Anhang B für ein Beispiel.

Das Probenahmegerät muss so ausgeführt sein, dass die Prüfung und Kalibrierung aller Sensoren möglich ist, um die korrekte Arbeitsweise des Probenahmegeräts sicherzustellen. Das Handbuch des Probenahmegeräts muss Anweisungen für den Zugang zu den Sensoren und deren Prüfung sowie die dafür erforderlichen spezifischen Werkzeuge enthalten.

5.1.3 Bauweise des Standard-Probeneinlasses

Eine Standardzeichnung der Bauweise des Probeneinlasses zur Probenahme von PM₁₀ und PM_{2,5} ist in Anhang A angeführt.

Der Probeneinlass muss aus einem inerten, korrosionsbeständigen, elektrisch leitenden Werkstoff, wie z. B. nichtrostendem Stahl, Aluminiumlegierung oder anodisiertem Aluminium, hergestellt sein.

Für eine ordnungsgemäße grössenselektive Probenahme von PM₁₀ und PM_{2,5} muss der Probenvolumenstrom bei einem Nennvolumenstrom von 2,3 m³/h gehalten werden (siehe 5.1.5).

Die Konstruktion des Einlasses muss entsprechend den Normen für dimensionale Vermessung überprüft werden, die rückführbar sind auf international zulässige Normen mit Unsicherheiten nach: ISO 2768m H7 (für kritische Bauteile) und EN ISO 286-2 (für alle anderen Messungen). Der Hersteller muss außerdem eine nicht verbaute Düse eines jeden Typs für die Typprüfung zur Verfügung stellen, damit die inneren Abmessungen auf Konformität geprüft werden können.

5.1.4 Verbindungsleitungen

Die Anforderungen an die Verbindungsleitung zwischen Probeneinlass und Filterhalter dienen der Minimierung von Depositionsverlusten an PM durch kinetische Prozesse sowie der Verluste durch thermische, chemische oder elektrostatische Prozesse.

- Die Rohrleitung muss aus einem inerten, korrosionsbeständigen, elektrisch leitenden Werkstoff, wie z. B. nichtrostendem Stahl, Aluminiumlegierung oder anodisiertem Aluminium, hergestellt sein.
- Die Rohrleitung darf keine Krümmer aufweisen und muss vertikal ausgerichtet sein.
- Die Länge der Verbindungsleitung zwischen dem Probeneinlass und dem Filterhalter darf nicht länger als 3 m sein.

- Die Rohrleitung muss so ausgelegt sein, dass die Auswirkung einer Erhitzung durch die Sonneneinstrahlung minimiert wird, damit die Temperatur der Probenluft so weit wie möglich der Umgebungstemperatur entspricht.
- Die Temperatur der Verbindungsleitung muss so nah wie möglich an die der Umgebungstemperatur angeglichen sein, um einen Kontakt der Probenluft mit kalten Oberflächen wegen der möglichen Bildung von Kondensat zu vermeiden, zum Beispiel durch Belüftung mit Außenluft um die Rohrleitung (siehe Anhang B, Bild B.1).

5.1.5 Filterhalter und Filter

5.1.5.1 Filterhalter

Der Filterhalter muss aus einem inerten, korrosionsbeständigen Werkstoff, wie z. B. nichtrostendem Stahl, Aluminiumlegierung oder anodisiertem Aluminium, bestehen. Kunststoffmaterial, wie z. B. Polycarbonat, POM (Polyoxymethylen) oder PTFE (Polytetrafluorethylen), kann ebenfalls verwendet werden.

Der zur Aufnahme eines runden Filters geeignete Filterhalter muss so ausgelegt sein, dass der Durchmesser der exponierten Fläche, durch die die Probenluft strömt, zwischen 34 mm und 44 mm liegt.

Die Filterauflage muss aus Gittern entweder aus nichtrostendem Stahl, anodisiertem Aluminium, Aluminiumlegierung, Polycarbonat, POM oder PTFE bestehen.

Der Filterhalter muss den Filter zuverlässig fixieren und eine einwandfreie Abdichtung gewährleisten, ohne den Filter zu beschädigen. Die Filterhalter sind durch Probenahme von zwei Filtern (einer aus Membranmaterial und einer aus faserbasiertem Material) über einen Zeitraum von 24 Stunden zu bewerten. Nach der Exposition sind die Filter zu überprüfen, um sicherzustellen, dass eine klar definierte Linie zwischen den beprobten und den nicht beprobten Bereichen verläuft und die Filter nicht beschädigt sind. Ein fotografischer Nachweis ist vorzulegen.

Die Anordnung des Filterhalters muss so ausgelegt sein, dass die Temperatur des Filterhalters und des Filters so weit wie möglich der Umgebungstemperatur entspricht. Der Einfluss von Wärmequellen, wie z. B. elektrische Geräte (z. B. Probenahmepumpe) und kühlenden Elementen, wie z. B. Klimaanlage, müssen minimiert werden. Die Prüfungen in der Klimakammer müssen bei 20 °C durchgeführt werden, und die Temperatur der durch den Probenahmefilter strömenden Luft darf nicht um mehr als 5 °C von der Temperatur der Luft abweichen, von der die Proben genommen werden. Dies ist zu überprüfen, indem Temperaturmessungen der Probenluft unmittelbar nach dem Filter durchgeführt werden, die mit den Temperaturmessungen der Außenluft zu vergleichen sind.

Der Messwert der Temperatursensoren des Probenahmegeräts muss mindestens einmal je Stunde aufgezeichnet werden. Diese stündlichen Messungen sind zu verwenden, um die Einhaltung dieser Prüfanforderung zu bewerten.

ANMERKUNG Das Probenahmegerät ist, falls erforderlich, so zu konstruieren, dass die Auswirkung hoher Temperaturen infolge von Sonneneinstrahlung minimiert wird. Diese Bauausführungen sind im Benutzerhandbuch vollständig zu dokumentieren und gegenzuprüfen.

5.1.5.2 Filter

Die Filter müssen aus Glasfasern, Quarzfasern, PTFE oder PTFE-beschichteten Glasfasern bestehen. Die Eignung der konkreten Typen und Marken von Filtern kann von Folgendem abhängen:

- (Schwankungen in der) Filterzusammensetzung, z. B. (Schwankungen im) Anteil des verwendeten Bindemittels;
- Unversehrtheit des Filters bei der Filterhandhabung;

- die Leistung der Pumpe des Probenahmegeräts;
- maximaler Druckabfall über dem Filter, bei dem der Volumenstrom auf seinem Nennwert gehalten werden kann;
- der/die bei der Konditionierung des Filters vor der Probenahme angewendete(n) Zeitraum (Zeiträume) und relative(n) Feuchte(n). Siehe Anhang C.5 für Einzelheiten über die Auswirkung von Feuchte auf verschiedene Filtertypen.

Das (die) für die Typprüfung verwendete(n) Filtermaterial(e) ist (sind) anzugeben. Der Endnutzer muss sich vergewissern, dass der von ihm gewählte Filter für seinen Zweck geeignet ist.

Aufgrund des Fehlens geeigneter Kriterien und Vorschriften zur Prüfung von Filtern auf deren Gebrauchstauglichkeit, liegen jedoch möglicherweise beträchtliche Unterschiede zwischen Ergebnissen vor, die mit verschiedenen Filtertypen und sogar Filtern des gleichen Typs erhalten werden. Zum Beispiel wurden bei der Verwendung unterschiedlicher Marken von Quarzfaserfiltern bei parallelen Messungen von PM₁₀ bei Konzentrationen von etwa 50 % des Tagesgrenzwertes Unterschiede von bis zu 15 % festgestellt [4]. Das hat möglicherweise Auswirkungen auf die Ergebnisse, die mit automatischen Messeinrichtungen erhalten werden, da diese durch den Vergleich der Ergebnisse mit den unter Anwendung von Referenzgeräten erhaltenen Ergebnissen kalibriert werden (EN 16450 [5]).

Die Filter müssen einen Abscheidegrad von mindestens 99,5 % für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 0,3 µm aufweisen.

In Anhang C ist eine Reihe von Prüfungen und Kriterien zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit konkreter Filtertypen und -marken angeführt. Das reicht von einfachen Prüfungen, die durch die Messnetze selbst erfolgen können, bis zu anspruchsvolleren Prüfungen, die spezielle Prüfeinrichtungen erfordern.

ANMERKUNG 1 Filtermaterialien auf der Grundlage von PTFE sind dafür bekannt, dass sie unter bestimmten Bedingungen (z. B. hohe Konzentrationen von Wasserdampf), ein geringeres Aufnahmevermögen für PM aufweisen. Bei diesen Bedingungen können diese Filter verstopfen, was die Probenahmedauer auf weniger als 24 h verringert.

ANMERKUNG 2 Filter, die in Probenahmegeräten exponiert und gelagert werden, die über ein Kühlungssystem verfügen und damit gekühlt werden, können andere Ergebnisse liefern als Probenahmegeräte, die diese Möglichkeit zur Kühlung nicht haben, insbesondere wenn die Umgebungstemperaturen über 20 °C liegen. Dies muss berücksichtigt werden, wenn die Ergebnisse von gekühlten und ungekühlten Probenahmegeräten im Rahmen von Studien über die gleichen Standorte verglichen werden.

ANMERKUNG 3 Das Probenahmegerät ist, falls erforderlich, so auszulegen, dass die Auswirkung hoher Temperaturen infolge von Sonneneinstrahlung minimiert wird. Diese Ausführungen sind im Benutzerhandbuch vollständig zu dokumentieren und gegenzuprüfen.

5.1.6 Durchflussregler

Das Durchflusssystem für die Probenahme muss sowohl den Volumenstrom regeln, der für die korrekte Größenselektion am Probeneinlass notwendig ist, als auch ein bekanntes Probenahmevermögen zur Berechnung der PM-Konzentration zur Verfügung stellen.

Da das Probenvolumen bezogen auf die Außenluftbedingungen in der Nähe des PM-Probeneinlasses anzugeben ist, muss der Durchfluss so geregelt sein, dass das bei Umgebungsbedingungen gesammelte Probenvolumen je Zeiteinheit konstant ist; hierzu werden Temperatur- und Druckmessungen an einer für die Außenluft repräsentativen Stelle verwendet. Der von dem Durchflussregler, der hinter dem beaufschlagten Filter angeordnet ist, gemessene Volumenstrom muss nach dem Gesetz der idealen Gase auf Umgebungsbedingungen umgerechnet werden.

Diese Umrechnung erfordert die Messung von Umgebungstemperatur und -druck. Im Falle einer internen Volumenstromregelung wird die Messung der Temperatur und des Drucks im Durchflussregler benötigt. Die zu diesem Zweck eingesetzten Sensoren müssen eine Qualität aufweisen, die die Anforderungen in Tabelle 1 erfüllt.

Der Volumenstrom durch den Probeneinlass muss auf einen Nennwert von 2,3 m³/h unter Umgebungsbedingungen einstellbar sein. Der Momentanwert des Volumenstroms muss innerhalb von 5 % des Nennwertes bei Umgebungsbedingungen gehalten werden.

Die Leistung des Probenahmeegerätes ist nach den nachstehenden Verfahren zu bewerten:

Die Messungen des Momentanwertes des Volumenstroms sind mindestens alle 10 s über einen Zeitraum von mindestens 30 min durchzuführen.

Messungen des mittleren Volumenstroms sind mindestens alle 6 min über einen Zeitraum von mindestens 24 h durchzuführen.

Der über die Probenahmedauer gemittelte Volumenstrom muss innerhalb von 2 % des Nennwertes liegen.

Der Probenvolumenstrom wird zu Beginn der Prüfreihe im Labor (bei +20 °C) und zu Beginn der Feldprüfungen mit einem Durchflussmessgerät mit Datenlogger kalibriert, das auf international anerkannte Normen mit einer Unsicherheit $\leq 1,0$ % rückführbar ist. Die Kalibrierung des Volumenstroms wird dann am Ende der Prüfreihe im Feld ausgewertet.

Der Nennvolumenstrom ist bei +20 °C zu kalibrieren und dann bei zwei Temperaturen zu messen:

- –20 °C und 50 °C standardmäßig vorgegeben oder
- bei den vom Hersteller angegebenen Mindest- und Höchsttemperaturen, wenn diese von den vorgegebenen Standardtemperaturen abweichen; diese Temperaturen sind dann im Typprüfungsbericht anzugeben.

Die Messungen sind mit einem Referenz-Durchflussmessgerät durchzuführen, das eine relative erweiterte Unsicherheit (95 % Vertrauensniveau) von $\leq 1,0$ % des kontrollierten Volumenstroms aufweist.

Es wird empfohlen, ein Durchflussmessgerät mit geringem Druckabfall zu verwenden.

Das Durchflussmessgerät muss sich während der Prüfung innerhalb der Prüfkammer befinden.

Bei jeder Temperatur sind mindestens 10 Messungen über einen Zeitraum von mindestens 1 Stunde beim angegebenen Volumenstrom vorzunehmen. Die Messungen sind in gleichen Abständen über den Messzeitraum durchzuführen. Für jede Temperatur ist der Mittelwert der Messergebnisse mit dem angegebenen Volumenstrom zu vergleichen.

Die relative Differenz zwischen den beiden Werten muss die Leistungsanforderungen aus Tabelle 1 erfüllen.

Die Prüfung des Volumenstroms über einen längeren Zeitraum erfordert die Verwendung eines kontinuierlich messenden Durchflussmessgeräts, z. B. eines Massendurchflussmessgeräts.

Es wird empfohlen, ein Durchflussmessgerät mit geringem Druckabfall zu verwenden.

Die Prüfung beruht auf der Probenahme von Außenluft während des Prüfzeitraums. Der Nennvolumenstrom ist bei +20 °C zu kalibrieren und die Beständigkeit des Volumenstroms bei drei Temperaturen zu messen:

- +20 °C, –20 °C und 50 °C standardmäßig vorgegeben oder
- bei den vom Hersteller angegebenen Mindest- und Höchsttemperaturen, wenn diese von den vorgegebenen Standardtemperaturen abweichen; diese Temperaturen sind dann im Typprüfungsbericht anzugeben.

Während eines Zeitraums von mindestens 24 Stunden müssen der Probendurchfluss, die Temperatur und der Druck fortlaufend überwacht und alle sechs Minuten aufgezeichnet werden.

Bei der eigentlichen Probenahme müssen der Momentanwert des Volumenstroms und der über die Probenahmedauer gemittelte Volumenstrom die Leistungsanforderungen aus Tabelle 1 erfüllen.

5.1.7 Temperatursensoren

Der Umgebungstemperatursensor ist durch Vergleich mit einem Temperaturmessgerät zu prüfen, dessen Messwerte auf international anerkannte Normen rückführbar sind und eine Unsicherheit von $\leq 0,5$ K aufweisen. Die Prüfungen sind während der Bewertung der Durchflussmessung bei –20 °C, +20 °C und 50 °C durchzuführen. Jede Stunde ist eine protokollierte Punktmessung des Probenahmegeräts mit einer identischen Messung des Referenzmessgeräts zu vergleichen.

Die Temperatursensoren am Filter während der Probenahme sowie die Temperatursensoren bei der Filterlagerung sind durch Vergleich mit einem Temperaturmessgerät zu prüfen, dessen Messwerte auf international anerkannte Normen rückführbar sind und eine Unsicherheit von $\leq 0,5$ K aufweisen. Wenn möglich, sind während der Bewertung der Durchflussmessung Prüfungen bei –20 °C, +20 °C und 50 °C durchzuführen. Ist dies nicht möglich, so müssen die Prüfungen unter kontrollierten Laborbedingungen durchgeführt werden. Jede Stunde ist eine protokollierte Punktmessung des Probenahmegeräts mit einer identischen Messung des Referenzmessgeräts zu vergleichen.

Die Ergebnisse dieser Prüfungen müssen den Anforderungen in Tabelle 1 entsprechen.

5.1.8 Umgebungsdrucksensor

Der Umgebungsdrucksensor ist durch Vergleich mit einem Druckmessgerät zu prüfen, dessen Messwerte auf international anerkannte Normen rückführbar sind und eine Unsicherheit von $\leq 0,5$ kPa aufweisen. Der Vergleich ist über den bei den Laborprüfungen beobachteten Druckbereich anzustellen. Jede Stunde ist eine protokollierte Punktmessung des Probenahmegeräts mit einer identischen Messung des Referenzmessgeräts zu vergleichen.

Die Ergebnisse dieser Prüfung müssen den Anforderungen in Tabelle 1

5.1.9 Probenahmedauer

Die Probenahmedauer ist über einen Zeitraum von 24 Stunden im Labor durch Vergleich mit einem Zeitmessgerät zu prüfen, dessen Messwerte auf international anerkannte Normen rückführbar sind und eine Unsicherheit von ≤ 1 min aufweisen. Die Genauigkeit der im Probenahmer programmierten Start- und Endzeiten der Probenahme ist zu bewerten. Die Genauigkeit dieser Probenahmezeit muss eine Auflösung von 1 min aufweisen.

Bei Einfiltergeräten wird die Probenahmezeit verkürzt, um den Wechsel eines neuen Filters zu ermöglichen. Bei automatischen Filterwechseln wird die automatische Umschaltzeit erheblich verkürzt. Die Probenahmezeit beträgt für alle Probenahmer-Typen 24 h. Die Umschaltzeiten sind im Bericht zu dokumentieren. Das Probenahmegerät muss einen Alarm auslösen, wenn die Probenahmezeit für einen Filter kürzer ist als die erforderliche Probenahmezeit.

Die langfristige Genauigkeit der Uhr des Probenahmeegeräts muss weniger als 5 min über einen Zeitraum von 28 Tagen betragen.

Das Probenahmeegerät muss in der Lage sein, Informationen über die Start- und Stoppzeiten und die Dauer der Probenahme für jeden einzelnen Filter zu liefern.

5.1.10 Dichtheit des Probenahmesystems

5.1.10.1 Allgemeines

Die Dichtheit (Leckrate) des Volumenstromweges des Probenahmesystems muss geprüft werden. Die Prüfstelle muss sicherstellen, dass die bei der Dichtheitsprüfung verwendeten Probenahmeleitungen im Berechnungsverfahren berücksichtigt werden und dicht sind. Wenn aus technischen Gründen nicht das gesamte System geprüft werden kann, kann die Leckrate für jedes Element des Volumenstromweges getrennt bestimmt werden. Wenn ein ordnungsgemäßes Abdichten des Probeneinlasses nicht möglich ist, darf der Probeneinlass aus der Prüfung ausgenommen werden.

ANMERKUNG 1 Sobald das Probenahmeegerät für den normalen Betrieb eingerichtet ist, ist darauf zu achten, dass die Verbindung zwischen der Probenahmeleitung und dem Probeneinlass dicht ist.

Diese Prüfung erfordert den Einsatz entweder eines Druckmessgerätes oder eines Volumenstrommessgerätes.

Die Leckrate muss die Leistungsanforderung in Tabelle 1 erfüllen.

ANMERKUNG 2 Eine vom Hersteller in ein Probenahmeegerät integrierte Dichtheitsprüfung kann angewendet werden, sofern die Stringenz einer solchen Prüfung der in 5.1.10.2 und 5.1.10.3 beschriebenen Dichtheitsprüfung gleichwertig ist.

5.1.10.2 Verfahren mit Unterdruck

Im Fall einer Bestimmung der Leckrate unter Anwendung eines Verfahrens mit Unterdruck muss das Volumen des gesamten Systems vom Hersteller angegeben werden. Eine Schwellenwertzeit, Δt , wird berechnet, dann wird die Druckänderung während dieser Zeit gemessen, die unter 100 mbar liegen muss.

Die Zeit Δt für eine Druckänderung von 100 mbar wird nach der Gleichung (1) unter der Annahme berechnet, dass die maximal zulässige Leckrate aus Tabelle 1 vorhanden ist:

$$\Delta t = \frac{\Delta P \cdot V_{sys}}{P_o \cdot \phi_l} \quad (1)$$

Dabei ist

Δt die Zeit, die für die Druckänderung ΔP bei einer Leckrate von 1 % benötigt wird;

ΔP die für die Dichtheitsprüfung verwendete Druckdifferenz, 100 mbar;

V_{sys} das Gesamtvolumen des Systems (Totvolumen);

ϕ_l die maximal zulässige Leckrate aus Tabelle 1, 1 % des Probenvolumenstroms;

P_o der Druck im System zu Beginn der Prüfung (gemessener Umgebungsluftdruck, abzüglich 150 mbar).

Die Schwellenwertzeit für die Prüfung beträgt 2 min oder Δt , je nachdem, welcher Wert der kürzere ist.

ANMERKUNG Beispiel für die Berechnung von Δt für ein theoretisches System:

ΔP 100 mbar;

V_{sys} 1,5 l;

ϕ_l 0,383 l/min (1 % von 38,3 Liter je Minute, entspricht 2,3 m³ / Stunde);

P_o 800 mbar.

Die Schwellenwertzeit Δt , die mit Gleichung (1) berechnet wird, beträgt in diesem Fall 30 Sekunden.

Die Prüfung muss nach folgendem Verfahren durchgeführt werden: Das System ist am Einlass zu schließen, und der Druck ist mit einer eingebauten oder externen Pumpe bis auf einen Druck von 150 mbar unter den Umgebungsluftdruck zu senken. Nach Abschalten der Pumpe ist die durch den Druckanstieg entstehende Druckdifferenz zum zuvor eingestellten Unterdruck über die Schwellenwertzeit zu ermitteln. Beträgt die Druckänderung innerhalb der Schwellenwertzeit weniger als 100 mbar, so ist die Leckrate ϕ_l kleiner als der in Tabelle 1 angegebene Wert.

Die Prüfung ist dreimal zu wiederholen und die maximale Leckrate ist anzugeben.

5.1.10.3 Volumetrisches Verfahren

Im Vergleich zum Verfahren mit Unterdruck führt dieses Verfahren zu größeren Unsicherheiten. Folglich ist dessen Anwendung auf Ausnahmefälle beschränkt. Nur wenn es technisch nicht möglich ist, den Unterdruck zu messen, wird die prozentuale Leckrate durch Messung der Volumenströme am Eingang und Ausgang des Volumenstromweges nach Gleichung (2) bestimmt:

$$Q_l = \frac{V_o - V_i}{V_o} \cdot 100 \quad (2)$$

Dabei ist

Q_l die prozentuale Leckrate;

V_o der nach dem Filtergehäuse gemessene Volumenstrom;

V_i der am Probeneinlass gemessene Volumenstrom.

Die prozentuale Leckrate ist mit dem in Tabelle 1 angegebenen Wert zu vergleichen.

5.1.11 Lagerung der Filter

Anwender dieses Dokuments müssen geeignete Temperaturbedingungen für die Lagerung von Filtern sorgfältig abwägen und umsetzen, damit der Verlust an flüchtigen und mittelflüchtigen Materialien während der Lagerdauer auf ein Mindestmaß verringert wird. Diese Lagerungsbedingungen müssen außerdem sicherstellen, dass auf den Filtern keine Kondensation auftritt (siehe 6.4.3).

Die Temperatur der Lagerkammer muss aufgezeichnet werden. Enthält das Probenahmegerät ein System zur Kühlung der Filter, so ist dieses zu prüfen.

ANMERKUNG 1 Eine Möglichkeit ist die Lagerung der Filter bei einer Temperatur von 23 °C oder weniger. Die Temperatur von 23 °C wurde unter Berücksichtigung praktischer Erwägungen als Wägersraumtemperatur (20 °C) mit einer zulässigen Abweichung von 3 °C gewählt. Ein Filterkühlsystem kann sich auf die von einem Filter aufgenommene Menge an PM und Wasser auswirken, je nachdem, welche Filter für die Probenahme verwendet werden. Dieser Effekt wird wahrscheinlich nur dann beobachtet, wenn die Kühlung in Betrieb ist und zu einer erhöhten relativen Feuchte führt; dies ist bei der Auswertung der Ergebnisse sorgfältig zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 2 Soweit erforderlich, ist das Probenahmegerät so zu konstruieren, dass die Auswirkungen hoher Temperaturen infolge von Sonneneinstrahlung möglichst gering sind. Diese Bauausführungen sind in der Betriebsanleitung umfassend zu dokumentieren und zu überprüfen.

5.1.12 Aufzeichnung von Betriebsparametern

Das Probenahmegerät muss in der Lage sein, mindestens die folgenden Parameter stündlich aufzuzeichnen und zu übertragen:

- durchschnittlicher Volumenstrom;
- Probenahmedauer und Probenvolumen;
- durchschnittliche Lufttemperatur in der Filtereinheit;
- durchschnittliche Umgebungstemperatur;
- durchschnittliche Lagerungstemperatur des Filters;
- durchschnittlicher Umgebungsdruck.

Das Probenahmegerät muss diese Betriebsparameter auch im Standby-Modus aufzeichnen, d. h. wenn das Probenahmegerät zwar keine aktive Probenahme durchführt, aber beprobte Probenahmefilter im Lager verbleiben.

ANMERKUNG Wahlweise können auch andere Betriebsparameter aufgezeichnet werden, wie z. B.:

- Druckabfall über dem Probenahmefilter
- Umgebungsfeuchte

Darüber hinaus muss ein Betriebsstatus aufgezeichnet werden, um die Fehleranalyse zu unterstützen.

Das Probenahmegerät muss in der Lage sein, diese Daten entweder durch direkte Kommunikation mit einem Computer/externer Datenerfassung/Speichergerät oder durch Fernkommunikation über Ethernet/Telefonie zu übertragen.

5.1.13 Auswirkung eines Ausfalls der Stromversorgung

Der Speicher des Probenahmegeräts muss gegen die Auswirkungen eines Stromausfalls geschützt sein. Alle historischen Betriebsdaten, die vor einem Stromausfall gesammelt wurden, bis hin zu und einschließlich des aktuell geladenen Filters, müssen in einem nichtflüchtigen Speicher aufbewahrt werden.

Das Probenahmegerät muss über eine Systemuhr verfügen, die in der Lage ist, während eines längeren Stromausfalls mindestens 28 Tage lang weiterzuarbeiten. Diese Systemzeit muss verwendet werden, wenn die Stromversorgung des Probenahmegeräts wiederhergestellt ist.

Das Probenahmegerät muss bei Wiederherstellung der Stromversorgung die nachfolgenden Prozeduren durchführen:

- Wird die Stromversorgung innerhalb des laufenden 24-Stunden-Zeitraums wiederhergestellt, so nimmt das Probenahmegerät die Probenahme mit dem vorhandenen Filter wieder auf.
- Wird die Stromversorgung nach Ablauf einer 24-stündigen Probenahmezeit wiederhergestellt, muss das Probenahmegerät zu einem neuen Filter wechseln (entweder zum nächsten in der Kassette oder zum entsprechenden für diesen Tag programmierten Filter) und mit der Probenahme beginnen.

In beiden Fällen sind die gemessenen Parameter, einschließlich der tatsächlichen Probenahmezeit der betroffenen Filter und der Zeiten der Unterbrechung und Wiederherstellung der Stromversorgung, für alle betroffenen Filter aufzuzeichnen.

5.1.14 Auswirkung einer vorzeitigen Beendigung der Probenahme aufgrund einer Filterverstopfung

Für den Fall, dass der korrekte Volumenstrom durch den Filter aufgrund von Verstopfung infolge hoher Konzentrationen/hoher Feuchte nicht aufrechterhalten werden kann, muss das Probenahmegerät in der Lage sein, die Probenahme vorzeitig zu beenden. Der Benutzende muss die Möglichkeit haben, nach der Beendigung der Probenahme zu entscheiden, wie vorzugehen ist:

- die Probenahme bis zum Beginn des nächsten 24-Stunden-Zeitraums auszusetzen oder
- die Probenahme sofort mit dem nächsten Filter zu beginnen.

Das Gerät ist zu prüfen, indem entweder:

- ein Filter mit ausreichend hohem Druckabfall eingesetzt wird, um den Volumenstrom des Probenahmegeräts unter den Sollwert zu senken, und die Reaktion des Probenahmegeräts im Vergleich zu den Leistungskenngrößen aus Tabelle 1 zu bewerten.
- das Probenahmegerät über einen unbestimmten Zeitraum in einer Umgebung mit erhöhter PM-Konzentration kontinuierlich betrieben wird, bis der Filter zusetzt, um zu prüfen, ob das Probenahmegerät das tut, was vom Bedienenden programmiert wurde (Anhalten, Filterwechsel usw.)

Die gemessenen Parameter und die Unterbrechungs- und Wiederherstellungszeiten müssen für alle betroffenen Filter aufgezeichnet werden.

5.1.15 Firmware, Software und Versionen der Benutzerhandbücher

Um Änderungen in der Firmware und der Software zu erkennen, müssen diese Versionsnummern für den Benutzer in den Menüs des Probenahmegeräts verfügbar sein.

Die Versionsnummer des Benutzerhandbuchs des Probenahmegeräts, das bei der Typprüfung mitgeliefert wurde, ist im Prüfbericht zu vermerken.

Wenn der Hersteller Konstruktionsänderungen (Software und/oder Hardware) an typgeprüften Probenahmegeräten vornimmt, muss er die Anforderungen aus EN 15267-1 und EN 15267-2 erfüllen.

5.2 Komponenten der Probenahmeeinrichtung und Programme zur Typprüfung

Eine zuständige Stelle muss die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor als Teil der Typprüfung durchführen.

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, dass die zuständige Stelle, die die erforderlichen Prüfungen durchführt, nachweisen kann, dass ihre Arbeit die Anforderungen international anerkannter Normen für Prüflaboratorien erfüllt.

ANMERKUNG 2 EN ISO/IEC 17025 ist die geltende, international anerkannte harmonisierte Norm.

ANMERKUNG 3 Eine formale Akkreditierung durch eine Mitgliedskörperschaft der Europäischen Akkreditierungsstelle nach EN ISO/IEC 17025 stellt einen Nachweis der Konformität dar.

Die Qualität der in den beschriebenen Prüfverfahren verwendeten Materialien und Ausrüstung müssen den Anforderungen dieses Dokuments entsprechen. Die folgenden Spezifikationen sind einzuhalten:

- Die Hersteller müssen zwei Probenahmegeräte desselben Modells bereitstellen.
- Eine Überprüfung der Abmessungen des Probeneinlasses ist zu einem beliebigen Zeitpunkt vor den Prüfungen durchzuführen, bei denen der Einlasskopf verwendet wird. Der Hersteller muss Angaben zu den Abmessungen und Toleranzen des Einlasses zur Verfügung stellen, die anhand der Anforderungen aus Anhang A zu überprüfen sind. Der Hersteller muss außerdem eine nicht verbaute Düse eines jeden Typs für die Typprüfung zur Verfügung stellen, damit die inneren Abmessungen auf Konformität geprüft werden können.
- Die Probenahmegeräte müssen während der gesamten Prüfung mit demselben Filtertyp ausgestattet sein. Die Filter müssen mit den im Anwendungsbereich (Abschnitt 1) definierten Parametern übereinstimmen, die in 5.1.5.2 und unter Bezugnahme auf Anhang C dieser Norm beschrieben sind. Der für die Prüfungen verwendete Filtertyp und dessen Hersteller sind im Bericht anzugeben.

Die Geräte müssen sich in einer klimakontrollierten Kammer befinden. Die Prüfungen werden bei drei Temperaturen durchgeführt: 20 °C, +50 °C und –20 °C (sofern vom Hersteller nicht anders angegeben und dann in der Prüfbescheinigung vollständig dokumentiert). Die zulässigen Toleranzen liegen bei ± 2 °C für alle drei Temperaturen. Bei jeder der drei Temperatureinstellungen ist eine Reihe von Prüfungen durchzuführen. Die folgende Prüfreihefolge muss befolgt werden:

Tabelle 2 — Prüfplan

	Durchzuführende Prüfungen	Abschnitt
1	Bauweise des Probenahmege­räts, Bauweise des Einlasses	5.1.2, 5.1.3, 5.1.4
2	Einstellung der Klimakammer auf 20 °C, Dichtheitsprüfungen, Kalibrierung des Probenvolumenstroms sowie der Temperatur- und Drucksensoren (es müssen nicht alle Sensoren für die Kalibrierung zugänglich sein, jedoch sind zumindest die Sensoren für die Umgebungsparameter zu kalibrieren).	5.1.6 bis 5.1.7
3	Messung aller in Tabelle 1 aufgeführten Parameter mit Instrumenten mit den angegebenen Spezifikationen (über einen Zeitraum von mindestens 24 Stunden).	5.1.4 bis 5.1.9
4	Änderung der Temperatur auf +50 °C, nach Erreichen des Sollwerts soll zur Stabilisierung mindestens 4 Stunden gewartet werden.	
5	Messung aller in Tabelle 1 aufgeführten Parameter mit Instrumenten mit den angegebenen Spezifikationen (über einen Zeitraum von mindestens 24 Stunden).	5.1.4 bis 5.1.9
6	Änderung der Temperatur –20 °C, nach Erreichen des Sollwerts soll zur Stabilisierung mindestens 4 Stunden gewartet werden.	
7	Messung aller in Tabelle 1 aufgeführten Parameter mit Instrumenten mit den angegebenen Spezifikationen (über einen Zeitraum von mindestens 24 Stunden).	5.1.4 bis 5.1.9
8	Änderung der Temperatur auf 20 °C und zur Stabilisierung mindestens 4 Stunden warten.	
9	Dichtheitsprüfung.	5.1.7
10	Messung der in Tabelle 1 aufgeführten Parameter (über einen Zeitraum von mindestens 24 Stunden).	5.1.4 bis 5.1.9

	Durchzuführende Prüfungen	Abschnitt
11	Betriebsprüfung des Probenahmegeräts entsprechend den Konfigurationsoptionen des Bedieners, einschließlich der Verwendung eines zweiten Filters, wenn bestimmte Bedingungen nicht erfüllt sind (z. B. Überlastung des Filters usw.)	5.1.14

5.3 Feldprüfungen

5.3.1 Allgemeines

Eine zuständige Stelle muss die Feldprüfungen der Leistungskenngrößen als Teil der Typprüfung durchführen.

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, dass die zuständige Stelle, die die erforderlichen Prüfungen durchführt, nachweisen kann, dass ihre Arbeit die Anforderungen international anerkannter Normen für Prüflaboratorien erfüllt.

ANMERKUNG 2 EN ISO/IEC 17025 ist die geltende, international anerkannte harmonisierte Norm.

ANMERKUNG 3 Eine formale Akkreditierung durch eine Mitgliedskörperschaft der Europäischen Akkreditierungsstelle nach EN ISO/IEC 17025 stellt einen Nachweis der Konformität dar.

Die Qualität der in den beschriebenen Prüfverfahren verwendeten Materialien und Ausrüstung müssen den Anforderungen dieses Dokuments entsprechen. Die folgenden Spezifikationen sind einzuhalten:

- Der Hersteller muss zwei Probenahmegeräte desselben Typs bereitstellen. Es wird empfohlen, die gleichen Geräte wie bei den Laborprüfungen zu verwenden. Unabhängig davon müssen die Probenahmegeräte erneut in Betrieb genommen und für den Volumenstrom und andere Parameter neu kalibriert werden, um für die Feldprüfung bereit zu sein.
- Die Probenahmegeräte müssen während der gesamten Prüfung mit identischen Filtern ausgestattet sein. Es wird empfohlen, dass diese vom gleichen Hersteller und aus dem gleichen Material wie die bei den Laborprüfungen verwendeten Geräte stammen. Unabhängig davon müssen die Filter mit den im Anwendungsbereich (Abschnitt 1) definierten Parametern übereinstimmen, die in 5.1.5.2 und unter Bezugnahme auf Anhang C dieser Norm beschrieben sind.

5.3.2 Leistungsprüfungen

Die Leistung der Probenahmegeräte ist zu Beginn und am Ende der Feldprüfung zu bewerten. Die folgenden in Tabelle 1 beschriebenen Prüfungen müssen durchgeführt werden:

Nennvolumenstrom, 5.1.6

Konstanz des Volumenstroms des Probenahmegeräts, 5.1.6

Dichtigkeit, 5.1.10

Aufzeichnung von Betriebsparametern, 5.1.12

Unsicherheit zwischen den Probenahmegeräten

Zwei Probenahmegeräte sind über einen Zeitraum von mindestens 20 Tagen mit demselben Filtermaterial gleichzeitig zu betreiben. Diese Prüfung muss für jede PM-Fraktion durchgeführt werden; sie kann entweder parallel oder nacheinander erfolgen. Für PM₁₀ muss die aufgezeichnete Konzentration an mindestens drei dieser Tage höher als 28 µg/m³ sein. Für PM_{2,5} muss die Konzentration an 3 Tagen über 17 µg/m³ liegen. Das

Wägen der Filter ist von einem nach der entsprechenden harmonisierten Norm akkreditierten Labor nach den Verfahren in Abschnitt 6 durchzuführen.

Der ordnungsgemäße Betrieb der Geräte ist mindestens einmal je Arbeitstag zu überprüfen. Diese tägliche Überprüfung besteht aus Plausibilitätsprüfungen von erfolgreichen Filterwechseln, Statussignalen und anderen relevanten Parametern. Zeitpunkt, Dauer und Art eines Funktionsfehlers sind aufzuzeichnen. Um die Beobachtung des Filterwechsels zu erleichtern, ist es nicht erforderlich, die Geräte so zu programmieren, dass die Filter um Mitternacht gewechselt werden.

Die gesamte Dauer der Feldprüfung, in der gültige Messdaten gewonnen werden, wird zur Berechnung der Verfügbarkeit herangezogen.

Die Verfügbarkeit wird nach Gleichung (3) wie folgt berechnet

$$A = \frac{t_{\text{valid}} + t_{\text{cal,maint}}}{t_{\text{field}}} \quad (3)$$

Dabei ist

- t_{valid} die Zeit, in der gültige Daten gesammelt wurden;
- $t_{\text{cal,maint}}$ die Zeit, die für geplante Kalibrierungen und Wartungsarbeiten benötigt wurde;
- t_{field} die Gesamtdauer der Feldprüfung.

Die Verfügbarkeit muss das entsprechende Leistungskriterium von 95 % wie in Tabelle 1 angegeben erfüllen.

Die Filter müssen entsprechend Abschnitt 6 der vorliegenden Norm konditioniert und gewogen werden. Die Unsicherheit zwischen den RM, $u_{\text{bs,RM}}$, wird mit Gleichung (4) aus den Differenzen aller 24-Stunden-Ergebnisse der parallel betriebenen Referenzgeräte wie folgt berechnet:

$$u_{\text{bs,RM}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i,1} - x_{i,2})^2}{2n} \quad (4)$$

Dabei sind

- $x_{i,1}, x_{i,2}$ die Ergebnisse paralleler Referenzmessungen für einen einzigen 24-Stunden-Zeitraum i ;
- n die Anzahl der 24-Stunden-Messergebnisse.

Wurden sowohl PM₁₀- als auch PM_{2,5}-Messköpfe geprüft, so ist die Unsicherheit zwischen den RM getrennt für PM₁₀ und PM_{2,5} zu berechnen. Es muss eine Unsicherheit zwischen den Referenzverfahren von < 2,0 µg/m³ erreicht werden, um die Eignung beider Geräte sicherzustellen.

5.4 Typprüfungsbericht

Die Anforderungen an die Typprüfung sind in Anhang G aufgeführt.

Die Ergebnisse der Feldprüfung müssen als Tabellenkalkulations- oder Textdatei mit für den Import in Tabellenkalkulationen geeigneten Abgrenzungen zur Verfügung stehen.

6 Verfahren zur Filterkonditionierung, Probenahme, Wägeeinrichtungen und Wägung

6.1 Allgemeines

In dem vorliegenden Dokument werden die Anforderungen an die Einrichtungen zum Wägen beschrieben, die innerhalb des Standardmessverfahrens anzuwenden sind. Diese Anforderungen sind in Tabelle 3 festgelegt.

Tabelle 3 — Anforderungen an die Einrichtungen zum Wägen

	Leistungskenngröße	Anforderung	Abschnitt
1	Wägeraumtemperatur	19 °C bis 21 °C, gemessen als Stunden-Mittelwert ^a	6.2.1
2	Wägeraum, relative Feuchte	45 % RH bis 50 % RH, gemessen als Stunden-Mittelwert ^a	6.2.1
3	Unsicherheit (Vertrauensniveau von 95 %) der Sensoren für die Temperaturmessung	≤ 0,5 K	6.2.1
4	Unsicherheit (Vertrauensniveau von 95 %) der Sensoren für die Messung der relativen Feuchte	≤ 2 % RH	6.2.1
5	Auflösung der Waage	≤ 10 µg	6.2.2
6	Unsicherheit (Vertrauensniveau von 95 %) der Kalibrierung der Waage	≤ 25 µg für einen Bereich von 0 mg bis 200 mg	6.2.2
7	Aufzeichnung von Betriebsparametern	Die folgenden Parameter müssen aufgezeichnet werden, um die Erfüllung der vorstehend angeführten Anforderungen nachzuweisen: — Ergebnisse der Messungen der Wägeraumtemperatur; — Ergebnisse der Messungen der relativen Feuchte im Wägeraum.	6.2.1
^a Die für die Temperatur und relative Feuchte im Wägeraum vorgegebenen Bereiche brauchen nicht bezüglich der Kalibrierunsicherheiten der für deren Kontrolle eingesetzten Sensoren verringert zu werden.			

Bei der Handhabung der Filter muss immer eine Pinzette (Edelstahl oder PTFE-beschichtet) verwendet werden.

Die Lagerdauer ist möglichst kurz zu halten. In Tabelle 4 ist eine Orientierungshilfe für die maximalen Lagerdauern angeführt.

Tabelle 4 — Lagerdauer des Filters

Filter	Maximale Lagerdauer
nicht beaufschlagte Filter nach dem Wägen	2 Monate (gesamte Lagerdauer im Wägeraum und im Probenahmegerät) oder länger, falls die Messung der Feld-Blindwerte innerhalb vorgegebener Grenzen liegt (siehe 6.7.2)
beaufschlagte Filter und Feld-Blindwertfilter im Probenahmegerät	1 Monat
beaufschlagte Filter und Feld-Blindwertfilter im Wägeraum vor dem Wägen	1 Monat

Weitere Einzelheiten zu den zulässigen Filtermaterialien sind in 5.1.5.2 zu finden.

6.2 Einrichtungen zur Wägung

6.2.1 Wägeraum

Eine klimageregelte Einrichtung muss zur Konditionierung und Wägung der Filter verwendet werden. Diese Einrichtung wird in diesem Dokument nachfolgend als „Wägeraum“ bezeichnet, auch wenn es sich hierbei entweder um einen geeigneten Raum oder um ein Gehäuse handeln darf. Die Temperatur und die relative Luftfeuchte müssen nach den Anforderungen in Tabelle 3 kontinuierlich gemessen und eingestellt werden.

Die zur Messung der Temperatur und relativen Feuchte im Wägeraum eingesetzten Sensoren müssen die in Tabelle 3 angeführten Anforderungen erfüllen.

Die in Tabelle 3 unter Punkt 7 angeführten Parameter sind aufzuzeichnen und für den Nachweis eines ordnungsgemäßen Betriebs zur Verfügung zu stellen. Für beide Parameter müssen mindestens Stunden-Mittelwerte zur Verfügung stehen.

Bevor der Wägeraum für die Routinearbeit genutzt wird, muss dessen ordnungsgemäßer Betrieb durch Anwendung der in Anhang D beschriebenen Verfahren überprüft werden.

6.2.2 Waage

Die verwendete Waage muss in dem Wägeraum installiert und betrieben werden und eine Auflösung von $\leq 10 \mu\text{g}$ aufweisen.

Die verwendete Waage muss von derartiger Qualität sein, dass für einen Bereich von 0 mg bis 200 mg eine Unsicherheit (Vertrauensniveau von 95 %) bei der Kalibrierung von $\leq 25 \mu\text{g}$ erreicht werden kann.

6.3 Konditionierung und Wägung der Filter vor der Probenahme

Alle Filter müssen entweder durch direkte Kennzeichnung des Filters oder des Filterhalters eindeutig identifizierbar sein. In den Fällen, in denen der Filter direkt gekennzeichnet wird, ist die Wirkung der Kennzeichnungsmethode über einen Zeitraum von einem Monat durch wiederholtes Wägen zu prüfen, um festzustellen, ob eine signifikante Auswirkung auf die Masse gegeben ist.

Vor der Probenahme muss der Filter im Wägeraum bei 19 °C bis 21 °C und 45 % RH bis 50 % RH für $\geq 48 \text{ h}$ konditioniert werden, gefolgt von einer ersten Wägung: Ergebnis $m_{c,1}$, und nach einer weiteren Konditionierung für $\geq 12 \text{ h}$: Ergebnis $m_{c,2}$.

Die Differenz zwischen den beiden Ergebnissen muss die in Gleichung (5) dargestellte Anforderung erfüllen:

$$|m_{c,1} - m_{c,2}| \leq 40 \mu\text{g} \quad (5)$$

ANMERKUNG Die vorstehend als Masse angeführte Differenz entspricht einer Differenz in der gemessenen Konzentration von $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (bei Nennvolumenstrom und einer Probenahmedauer von 24 h).

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, muss das Filter

- entweder verworfen werden,
- oder für einen Zeitraum von ≥ 24 h weiter konditioniert und erneut gewogen werden: Ergebnis $m_{c,3}$.

Die Differenz zwischen den letzten beiden Ergebnissen muss die in Gleichung (6) dargestellte Anforderung erfüllen

$$|m_{c,2} - m_{c,3}| \leq 40 \mu\text{g} \quad (6)$$

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, muss das Filter verworfen werden.

Als Masse des nicht beaufschlagten Filters ist der Mittelwert der letzten beiden aufeinanderfolgenden Wägungen einzusetzen.

In einer umfassenden Feldstudie [14] wurde gezeigt, dass sich in den meisten Fällen die Ergebnisse der ersten Wägung nur geringfügig vom Mittelwert aus der ersten und zweiten Wägung unterscheiden. Folglich kann auf die zweite Wägung verzichtet werden, wenn die sich daraus ergebende zusätzliche Unsicherheit berechnet und im Unsicherheitsbudget des Verfahrens berücksichtigt wurde. Dieses nachzuweisen, ist die Aufgabe jedes einzelnen Laboratoriums.

ANMERKUNG Wenn die in Anhang C beschriebene Prüfung zur Vorkonditionierung zeigt, dass die Massendifferenz bei einem Filter nach der Vorkonditionierung und anschließender regulärer Konditionierung $> 40 \mu\text{g}$ beträgt, darf dem vorstehend beschriebenen Verfahren eine Vorkonditionierung bei hoher relativer Feuchte (bei 19°C bis 21°C mit Wasserdampf gesättigte Luft) vorausgehen.

Es sind mindestens zwei Wägeraum-Blindwertfilter der gleichen Größe und aus dem gleichen Material wie die für die Probenahme verwendeten Filter im Wägeraum zu belassen.

Es wird empfohlen, dass die Wägeraum-Blindwertfilter aus der gleichen Charge stammen wie die, die für die Probenahme verwendet wurden.

6.4 Probenahmeverfahren

6.4.1 Beschicken der Filterkassette

Die Filterkassette enthält die Charge von Filtern in einem automatischen Filterwechsler. Je nach Konfiguration des Probenahmegeräts können separate Kassetten für frische und beaufschlagte Filter vorhanden sein. Die Filterhalter müssen in einer sauberen Umgebung, z. B. im Wägeraum, mit konditionierten Leerfiltern bestückt werden. Das Filter und seine Position in der Filterkassette des automatischen Filterwechslers müssen aufgezeichnet werden.

6.4.2 Filterprobenahme

Jedes Filter in einer Kassette muss anschließend für die geforderte Probenahmedauer beaufschlagt werden, nach der es erneut in der Filterkassette gelagert wird.

Mindestens ein Filter darf nicht beaufschlagt werden, sondern muss in der Kassette verbleiben, um als Feld-Blindwertfilter zu dienen.

6.4.3 Verfahren für Lagerung und Transport von Proben

Sämtliche beaufschlagten Filter und Feld-Blindwertfilter müssen während der Lagerung und des Transports vor Verunreinigung von außen geschützt aufbewahrt werden, zum Beispiel im Filterhalter, in sauberen Petrischalen aus Glas oder in gleichartigen Behältern.

Der Transport der beaufschlagten Filter muss in geschlossenen und wärmeisolierten Behältern erfolgen, um eine Kontamination von außen und übermäßiges Erwärmen zu vermeiden. Die Filter sind sorgfältig zu handhaben.

Anwender dieses Dokuments müssen geeignete Temperaturbedingungen für die Lagerung der Filter sorgfältig abwägen und umsetzen, damit der Verlust an flüchtigen und mittelflüchtigen Materialien während der Lagerdauer auf ein Mindestmaß verringert wird. Diese Lagerungsbedingungen müssen außerdem sicherstellen, dass auf den Filtern keine Kondensation auftritt.

ANMERKUNG Das kann durch den Transport in Kühlboxen erreicht werden. Auswirkungen der Kondensation in der Kühlbox auf die Filter können vermieden werden, indem die Kassetten in Kunststoffbeutel verpackt oder abgedichtet werden.

Die Filter müssen innerhalb von einem Monat nach der Beaufschlagung des ersten Filters in der Kassette in den Wägeraum gebracht werden.

6.5 Konditionierung und Wägung der Filter nach der Probenahme

Die beaufschlagten Filter müssen im Wägeraum für mindestens 48 h konditioniert werden, bevor sie das erste Mal gewogen werden (Ergebnis $m_{s,1}$). Nach einer weiteren Konditionierung für 24 h bis 72 h müssen sie erneut gewogen werden (Ergebnis $m_{s,2}$).

Es wird empfohlen, darauf zu achten, dass beide Seiten der Filter der konditionierten Atmosphäre ausgesetzt sind.

Die Differenz zwischen den beiden Ergebnissen muss die in Gleichung (7) dargestellte Anforderung erfüllen

$$|m_{s,1} - m_{s,2}| \leq 60 \mu\text{g} \quad (7)$$

ANMERKUNG Die vorstehend als Masse angeführte Differenz entspricht einer Differenz in der gemessenen Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (bei Nennvolumenstrom und einer Probenahmedauer von 24 h).

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, muss das Ergebnis für ungültig erklärt oder das Filter für einen Zeitraum von ≥ 24 h weiter konditioniert und erneut gewogen werden: Ergebnis $m_{s,3}$.

Die Differenz zwischen den letzten beiden Ergebnissen muss die in Gleichung (8) dargestellte Anforderung erfüllen

$$|m_{s,2} - m_{s,3}| \leq 60 \mu\text{g} \quad (8)$$

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, muss das Ergebnis für ungültig erklärt werden.

Als Masse des beaufschlagten Filters ist der Mittelwert der letzten beiden aufeinanderfolgenden Wägungen einzusetzen.

In einer umfassenden Feldstudie [14] wurde gezeigt, dass sich in den meisten Fällen die Ergebnisse der ersten Wägung nur geringfügig vom Mittelwert aus der ersten und zweiten Wägung unterscheiden. Folglich kann auf die zweite Wägung verzichtet werden, wenn die sich daraus ergebende zusätzliche Unsicherheit berechnet und im Unsicherheitsbudget des Verfahrens berücksichtigt wurde. Es ist jedoch die Aufgabe jedes einzelnen Laboratoriums dieses nachzuweisen.

6.6 Vorgehensweise im Wägeraum

Die folgenden Verfahren müssen bei jedem Wägedurchgang angewendet werden.

- Die Wägeraumbedingungen müssen überwacht und dokumentiert werden.
- Alle Filter müssen vor der Verwendung einer Sichtprüfung auf Beschädigungen wie Löcher oder loses Material unterzogen werden; bei Beschädigungen sind sie zu verwerfen.
- Zu Beginn jedes Wägedurchgangs muss die ordnungsgemäße Arbeitsweise der Waage mit Referenzmassen, die eine ähnliche Masse wie die Filter aufweisen, auf Genauigkeit und Drift der Waage geprüft werden. Falls der Anzeigewert der Waage um mehr als 25 µg von der Referenzmasse abweicht, muss der Grund untersucht und behoben werden, bevor fortgefahren wird.
- Bei Filtern muss eine elektrostatische Entladung vor der Wägung durchgeführt werden, es sei denn, es kann nachgewiesen werden, dass diesbezüglich keine Notwendigkeit besteht (siehe Anhang C).

ANMERKUNG 1 Bei einigen Filtermaterialien ist eine elektrostatische Entladung normalerweise nicht notwendig. Es wurde jedoch festgestellt, dass eine elektrostatische Entladung die Wägeergebnisse in einigen Fällen verbessern kann.

ANMERKUNG 2 Die Notwendigkeit einer elektrostatischen Entladung kann bewertet werden, indem 40 aufeinanderfolgende Wägungen mit und ohne elektrostatische Entladung durchgeführt werden (siehe Anhang C).

6.7 Blindwertfilter für die laufende Qualitätskontrolle

6.7.1 Allgemeines

Die Verwendung von Blindwertfiltern ist ein wichtiger Teil der laufenden Qualitätskontrolle. Zur Überwachung des Wägeprozesses, einschließlich des Einflusses der Filterkonditionierung, werden Wägeraum-Leerfilter verwendet. Zusätzliche Auswirkungen auf die Filtermasse, wie z. B. die Handhabung der Filter, das Beschicken der Probenahmegeräte und die Entnahme der Filter daraus, Transport, Verlust an Material oder De-/Absorption von Wasser auf dem Filtermaterial werden durch Untersuchung der Masse von Feld-Blindwertfilter berücksichtigt.

6.7.2 Wägeraum-Blindwertfilter

Die Massen der einzelnen Wägeraum-Leerfilter (siehe 6.3) sind bei jedem Wägedurchgang aufzuzeichnen, um konstante Bedingungen im Wägeraum zu prüfen und sicherzustellen und um alle Einflüsse abzuschätzen, die sich auf die Masse der Filter auswirken. Wenn sich die Massen der Leerfilter seit dem letzten Wägedurchgang um maximal 40 µg geändert haben, kann das Wägen der Filter fortgesetzt werden. Andernfalls ist der Grund für die Abweichung zu untersuchen und zu beheben, bevor das Wägen fortgesetzt wird.

ANMERKUNG Die vorstehend angeführte Änderung der Masse bei Leerfiltern von 40 µg entspricht einer Änderung in der gemessenen Konzentration von etwa 0,7 µg/m³ (bei Nennvolumenstrom und einer Probenahmedauer von 24 h).

6.7.3 Feld-Blindwertfilter

Für eine effektive Kontrolle müssen für alle Messstellen Feld-Blindwerte erhalten werden (siehe 6.4.2). Die Feld-Blindwertfilter werden zusammen mit den Filtern für die Probenahme konditioniert und müssen, wie die nicht beaufschlagten Filter vor dem Transport und der Lagerung während der Beaufschlagung der Filter an der Messstelle gewogen werden. Nach der Probenahme sind die Feld-Blindwertfilter wie die beaufschlagten Filter erneut im Wägeraum zu konditionieren (siehe 6.5). Die Massendifferenz der Feld-Blindwertfilter vor und nach der Probenahmedauer ist die Masse der Feld-Blindwertfilter.

Der Betrag der Masse der Feld-Blindwertfilter muss kleiner oder gleich 60 µg sein.

ANMERKUNG 1 Die genauen Verfahrensweisen zum Umgang mit Überschreitungen dieses Kriteriums obliegen dem örtlichen Betreiber.

ANMERKUNG 2 Die vorstehend als Masse angeführte Differenz entspricht einer Differenz in der gemessenen Konzentration von 1 µg/m³ (bei Nennvolumenstrom und einer Probenahmedauer von 24 h).

ANMERKUNG 3 Eine systematische Überschreitung des Kriteriums für die Feld-Blindwertfilter ist möglicherweise ein Hinweis auf eine unzureichende Eignung des Filtermaterials.

Einzelne Feld-Blindwerte dürfen nicht zur Korrektur von gemessenen PM-Massen auf Filtern verwendet werden, da es unwahrscheinlich ist, dass die Prozesse, die die Feld-Blindwertfilter und die Probenahmefilter beeinflussen, aufgrund des Luftstroms durch die beaufschlagten Filter während der Probenahme gleich sind.

7 Laufende Qualitätskontrolle

7.1 Allgemeines

Die Qualitätskontrolle ist unbedingt erforderlich, um sicherzustellen, dass die Unsicherheiten der Messwerte für PM in Luft bei länger andauernden Messungen im Feld innerhalb der festgesetzten Grenzen bleiben. Das erfordert, dass die zum Erzielen genauer und rückführbarer Luftqualitätsdaten unbedingt notwendigen Wartungs-, Prüf- und Kalibrierverfahren eingehalten werden. In diesem Unterabschnitt werden die Wartungs-, Prüf- und Kalibrierverfahren aufgeführt. Diese Verfahren werden als Mindestanforderungen zur Wahrung des erforderlichen Qualitätsniveaus angesehen.

Die Anforderungen an die Qualitätsprüfungen und Kalibrierungen wurden auf der Grundlage der Identifizierung von Quellen bestimmt, die zur Unsicherheit bei der Messung von PM im Allgemeinen beitragen.

Es wird empfohlen, dass die Organisationen, die die laufenden Qualitätskontrollen durchführen, nach einer international anerkannten Norm akkreditiert sind. EN ISO/IEC 17025 [15] ist die übliche geltende, international harmonisierte Norm.

ANMERKUNG Eine formale Akkreditierung durch eine Mitgliedskörperschaft der Europäischen Akkreditierungsstelle nach EN ISO/IEC 17025 [15] stellt einen Nachweis der Konformität dar.

7.2 Häufigkeit der Kalibrierungen, Prüfungen und Wartungsarbeiten

Die Prüfungen und Kalibrierungen sowie deren Häufigkeit sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Weiterhin sind die Kriterien für die Einstellung, Kalibrierung oder Wartung der eingesetzten Ausrüstung angegeben. Die Transfernormale für die Überprüfungen müssen hinreichend genau sein, um festzustellen, ob die Eingreifkriterien aus Tabelle 5 erfüllt sind.

Tabelle 5 — Erforderliche Häufigkeit der Kalibrierungen, Prüfungen und Wartungsarbeiten

Kalibrierungen, Prüfungen und Wartungsarbeiten	Unterabschnitt	Häufigkeit ^b	Labor (L)/Feld (F)	Eingreißkriterien ^a	Unsicherheitsanforderungen für Transfernormale
regelmäßige Wartung von Komponenten des Probenahmege­r­ätes	7.4	nach Angaben des Herstellers	L/F		
Prüfungen von Sensoren für Temperatur und Druck im Probenahmege­r­ät	7.5	alle 3 Monate	F	±3 K ±1 kPa	
Kalibrierung von Sensoren für Temperatur und Druck im Probenahmege­r­ät	7.6	jährlich	L/F	±3 K ±1 kPa	≤ ±1,0 K ≤ ±0,5 kPa
Prüfung der Genauigkeit der Uhr des Probenahmege­r­äts	7.13	alle 3 Monate	F	±15 min	
Prüfung des Volumenstroms des Probenahmege­r­ätes	7.7	alle 3 Monate	F	5 %	
Kalibrierung des Volumenstroms des Probenahmege­r­ätes	7.8	jährlich	L/F	3 %	≤ 1 %
Prüfung des Probenahme­systems auf Dichtheit	7.9	jährlich	F	1 %	
Prüfung der Sensoren für Temperatur und relative Feuchte in den Wägeeinrichtungen	7.10	alle 6 Monate	L	±1 K ±3 % RH	
Kalibrierung der Sensoren für Temperatur und relative Feuchte in der Wägeeinrichtung	7.11	jährlich	L	±1 K ±3 % RH	≤ 0,5 K ≤ 2% RH
Kalibrierung der Waage	7.12	jährlich	L		
^a Unter Bezugnahme auf die Nennwerte. Bei Überschreitung der Eingreißkriterien sind Kalibrierungen durchzuführen und Anpassungen vorzunehmen. ^b Die Häufigkeit der Prüfungen darf verringert werden, wenn hinreichend Daten aus der Vergangenheit vorhanden sind, die nachweisen, dass die Drift von Anzeigewerten der Sensoren und von Volumenströmen innerhalb der festgelegten Anforderungen bleibt. Wenn die Prüfung fehlschlägt, muss eine rückführbare Kalibrierung durchgeführt werden.					

7.3 Aufzeichnung von Betriebsparametern

Der Benutzer muss mit dem Probenahmege­r­ät – mindestens – die folgenden Parameter erfassen

- Volumenstrom (maximaler und minimaler Volumenstrom während der Probenahme und Durchschnittswert über den Probenahmezeitraum)
- Probenahmedauer und Probenvolumen

- Lufttemperatur in der Filtereinheit
- Umgebungstemperatur
- Lagerungstemperatur des Filters;
- Umgebungsdruck

ANMERKUNG Wahlweise können auch andere Betriebsparameter aufgezeichnet werden, wie z. B.:

- Druckabfall über dem Probenahmefilter;
- Umgebungsfeuchte

Darüber hinaus muss ein Betriebsstatus aufgezeichnet werden, um die Fehlerdiagnose zu unterstützen.

Der Anwender muss in der Lage sein, diese Daten entweder durch direkte Kommunikation mit einem Computer/externen Datenerfassungs-/Speichergerät oder durch Fernkommunikation über Ethernet/Telefonie abzurufen.

7.4 Wartung des Probenahmesystems

Dichtheitsprüfungen müssen wie in 5.1.7. beschrieben durchgeführt werden.

Die Probeneinlässe sind zu reinigen und die Prallplatten nach den Angaben des Herstellers zu reinigen und zu fetten, wobei die örtlichen PM-Konzentrationen zu berücksichtigen sind. Wenn vom Hersteller keine Anweisungen zu den Zeitabständen der Reinigung/Fettung vorgegeben sind, sind die Prallplatten zu fetten und die Düsen zu überprüfen und gegebenenfalls zu reinigen, und zwar mindestens alle:

- 30. Probe für PM₁₀;
- 15. Probe für PM_{2,5};

in Abhängigkeit von der PM-Konzentration

ANMERKUNG 1 Die optimale Häufigkeit für Reinigung und erneute Fettung der Prallplatte ist stark standortabhängig.

ANMERKUNG 2 Eine andere Möglichkeit ist, die Prallplatte zu drehen, so dass die Impaktor-Düsen auf saubere Punkte/Flächen der Impaktorplatte treffen.

7.5 Prüfungen von Sensoren des Probenahmegerätes

Wenn Sensoren für Temperatur und Druck(-differenz) zur Kontrolle der ordnungsgemäßen Arbeitsweise des Gerätes unbedingt erforderlich sind, z. B. für die Durchflussregelung, und/oder anderweitig vom Hersteller definiert, müssen diese unter Anwendung geeigneter Transfernormale mit auf (inter)national anerkannte Normale rückführbaren Anzeigewerten überprüft werden. Diese Prüfungen müssen vor der Prüfung des Volumenstroms erfolgen.

Wenn die unter Verwendung der Transfernormale bestimmten Sensorwerte stärker abweichen als die in Tabelle 5 angeführten Kriterien, müssen die Sensoren nach den Anweisungen des Herstellers erneut kalibriert und eingestellt werden.

7.6 Kalibrierung von Sensoren des Probenahmegerätes

Wenn Sensoren für Temperatur und Druck(-differenz) zur Kontrolle der ordnungsgemäßen Arbeitsweise des Gerätes unbedingt erforderlich sind, z. B. für die Durchflussregelung, und/oder anderweitig vom Hersteller definiert, müssen diese mindestens einmal im Jahr unter Berücksichtigung der in Tabelle 5 aufgeführten