

DIN EN 16450

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

ICS 13.040.20

Entwurf

Einsprüche bis 2015-11-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN CEN/TS 16450
(DIN SPEC 33967):2013-08 und
DIN CEN/TS 16450
Berichtigung 1
(DIN SPEC 33967
Berichtigung 1):2013-11

**Außenluft –
Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der
Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5});
Deutsche und Englische Fassung prEN 16450:2015**

Ambient air –

Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM₁₀; PM_{2,5});

German and English version prEN 16450:2015

Air ambient –

Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM₁₀; PM_{2,5});

Version allemande et anglaise prEN 16450:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-09-04 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 online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, 40002 Düsseldorf, Postfach 10 11 39 (Hausanschrift: 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 105 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16450:2015) wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 15 „Schwebstaub PM₁₀/PM_{2,5}“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) des Technischen Komitees CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) unter Mitwirkung deutscher Experten, die von der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL benannt worden sind, erarbeitet.

Die prEN 16450 basiert auf der CEN/TS 16450:2013 „Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5})“, die als DIN SPEC 33967:2013-08 in das deutsche Normenwerk übernommen wurde. Das in der CEN/TS 16450 dargestellte automatische Verfahren zur Messung der Staubmassenkonzentrationen wurde in aufwändigen europäischen Feldtests validiert und dann in der prEN 16450 beschrieben.

Die nationale Arbeitsgruppe „Messen von Partikeln in der Außenluft“ des Fachbereiches IV „Umweltmesstechnik“ der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL fungiert als Spiegelgremium für die CEN-Arbeitsgruppe CEN/TC 264/WG 15. Die nationale Arbeitsgruppe erarbeitete bisher die VDI-Richtlinienreihe 2463, die unterschiedliche Messverfahren zur gravimetrischen Bestimmung der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft beschreibt.

Für die in diesem Dokument zitierten Europäischen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

EN 12341	siehe DIN EN 12341
EN 15267-1	siehe DIN EN 15267-1
EN 15267-2	siehe DIN EN 15267-2

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 16450 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN CEN/TS 16450 (DIN SPEC 33967):2013-08 und DIN CEN/TS 16450 (DIN SPEC 33967):2013-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Das in der CEN/TS 16450 dargestellte automatische Verfahren zur Messung der Staubmassenkonzentrationen wurde in aufwändigen europäischen Feldtests validiert. Die Ergebnisse der Feldtest sind in die Überarbeitung der CEN/TC 16450 eingegangen. Insbesondere wurden die Abschnitte 6, 7 und 8 ergänzt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 12341, *Außenluft — Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM₁₀- oder PM_{2,5}-Massenkonzentration des Schwebstaubes*

DIN EN 14902, *Außenluftbeschaffenheit — Standardisiertes Verfahren zur Bestimmung von Pb/Cd/As/Ni als Bestandteil der PM₁₀-Fraktion des Schwebstaubes*

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

DIN EN 15267-2, *Luftbeschaffenheit — Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen — Teil 2: Erstmalige Beurteilung des Qualitätsmanagementsystems des Herstellers und Überwachung des Herstellungsprozesses nach der Zertifizierung*

DIN EN 15549, *Luftbeschaffenheit — Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo[a]pyren in Luft*

DIN EN 15841, *Luftbeschaffenheit — Messverfahren zur Bestimmung von Arsen, Cadmium, Blei und Nickel in atmosphärischer Deposition*

DIN EN 15852, *Außenluftbeschaffenheit — Standardisiertes Verfahren zur Bestimmung des gesamten gasförmigen Quecksilbers*

DIN EN 15853, *Außenluftbeschaffenheit — Standardisiertes Verfahren zur Bestimmung der Quecksilberdeposition*

VDI 2267 Blatt 1, *Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft — Messen der Elementkonzentration nach Filterprobenahme — Bestimmung von Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ti, V und Zn mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS), der optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES) und der induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS)*

VDI 2463 Blatt 1, *Messen von Partikeln — Gravimetrische Bestimmung der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft — Grundlagen*

VDI 2463 Blatt 7, *Messen von Partikeln — Probenahmegerät zur Erfassung von Schwebstaub und gasförmigen chemischen Verbindungen in der Außenluft und Innenraumluft — Aktive Probeahme mittels Low-Volume-Sampler (LVS)*

VDI 2463 Blatt 8, *Messen von Partikeln — Nicht fraktionierendes Probenahmesystem zur Erfassung von Schwebstaub in der Außenluft und Innenraumluft für Low-Volume-Sampler (LVS)*

VDI 2463 Blatt 11, *Messen von Partikeln — Messen der Massenkonzentration (Immission) — Filterverfahren — Filterwechsler Digital DHA-80*

VDI 3867 Blatt 1, *Messen von Partikeln in der Außenluft — Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen — Grundlagen*

VDI 3867 Blatt 2, *Messen von Partikeln in der Außenluft — Charakterisierung von Prüfaerosolen — Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und Anzahlgrößenverteilung — Kondensationspartikelzähler (CPC)*

VDI 3867 Blatt 3, *Messen von Partikeln in der Außenluft — Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen — Elektrisches Mobilitätsspektrometer*

VDI 3867 Blatt 4, *Messen von Partikeln in der Außenluft — Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen — Optisches Aerosolspektrometer*

VDI 3867 Blatt 5, *Messen von Partikeln in der Außenluft — Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen — Flugzeitspektrometer*

VDI 3867 Blatt 6, *Messen von Partikeln in der Außenluft — Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen — Elektrischer Niederdruckimpaktor (ELPI)*

Außenluft — Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM₁₀; PM_{2,5})

Air ambient — Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM₁₀; PM_{2,5})

Ambient air — Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM₁₀; PM_{2,5})

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Kurzbeschreibung	10
6 Probenahme	12
7 Eignungsanerkennung	13
8 Feldbetrieb und laufende Qualitätslenkung.....	29
9 Datenhandhabung, -validierung und Datenberichte	38
10 Auswertung	39
11 Prüfberichte und Dokumentation - Feldbetrieb	39
Anhang A (informativ) Beispiele für Funktionsprinzipien von AMS zur Staubmessung	41
Anhang B (normativ) Algorithmen der orthogonalen Regression	44
Anhang C (normativ) Durchführung von Kalibrierungen der AMS	46
Anhang D (normativ) Elemente des Berichts über die Eignungsprüfung	48
Anhang E (informativ) Elemente des Berichts über die Bewertung der Tauglichkeit.....	50
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang mit EU-Richtlinien	51
Literaturhinweise	52

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16450:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftqualität“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird CEN/TS 16450:2013 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

1 Anwendungsbereich

Um den Anforderungen der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EU [1] zu entsprechen, werden die dort angeführten Referenzverfahren zur Messung der Staubmassenkonzentrationen beim Betrieb von Messnetzen in der Regel nicht für die Routineüberwachung angewendet. In diesen Messnetzen werden üblicherweise kontinuierlich messende automatische Messeinrichtungen (AMS) eingesetzt, wie z. B. solche, die auf dem Prinzip der oszillierenden Mikrowaage, der β -Absorption oder optischen in-situ-Verfahren beruhen. Derartige AMS sind üblicherweise in der Lage, 24 h Mittelwerte der Messwerte über einen Messbereich von bis zu $1\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ und 1 h Mittelwerte von bis zu $10\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erzeugen. Das zugrunde liegende Luftvolumen bezieht sich auf die Außenluftbedingungen in der Nähe des Lufteinlasses zum Zeitpunkt der Probenahme.

Die 1 h Mittelwerte dürfen für Folgendes verwendet werden:

- a) direkte Unterrichtung der Öffentlichkeit;
- b) Aggregation zur Erzeugung von Tages- oder Jahresmittelwerten der Konzentration für Berichtspflichten im gesetzlich geregelten Bereich.

Die EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ermöglicht die Anwendung derartiger Messeinrichtungen nach dem Nachweis der Gleichwertigkeit mit dem Referenzverfahren, d. h. nach dem Nachweis, dass diese Messeinrichtungen die Datenqualitätsziele für kontinuierliche Messungen einhalten. Die Leitlinien zum Nachweis der Gleichwertigkeit sind in Literaturhinweis [2] angeführt.

Diese Europäische Norm legt die Mindestleistungsanforderungen und Prüfverfahren für die Eignungsanerkennung geeigneter AMS für Staub fest. Dies schließt die Bewertung der Gleichwertigkeit mit dem Referenzverfahren nach der Richtlinie 2008/50/EG ein.

Außerdem werden in dieser Europäischen Norm die Mindestanforderungen an die laufende Qualitätssicherung/Qualitätslenkung (QS/QC) von im Feld eingesetzten AMS beschrieben. Diese Anforderungen sind notwendig, um sicherzustellen, dass die Unsicherheiten der gemessenen Konzentrationen über einen längeren Zeitraum der kontinuierlichen Überwachung im Feld innerhalb der geforderten Grenzen bleiben; sie schließen Verfahren für Wartung, Kalibrierung und Kontrollprüfungen ein.

Es werden zusätzliche Verfahren beschrieben, mit denen bestimmt wird, ob die Gleichwertigkeit eines Geräts mit dem Referenzverfahren trotz möglicher Änderungen der allgemeinen Luftverschmutzung über einen Zeitraum von mehr als fünf Jahren bestehen bleibt.

Schließlich werden in dieser Europäischen Norm harmonisierte Anforderungen an und Verfahren zur Verarbeitung und Validierung von Rohmessdaten beschrieben, die zur Berechnung von Tages- oder Jahresmittelwerten verwendet werden. Erfahrungen mit bestehenden Verfahren zur Verarbeitung und Validierung von Daten — für gleichartige AMS — haben gezeigt, dass verschiedene angewendete Methoden der Datenverarbeitung und -validierung bei gleichartigen Datensätzen zu signifikanten Unterschieden bei den in Berichten angeführten Ergebnissen führen können [3].

Wird diese Europäische Norm zu anderen Zwecken als den nach der Richtlinie 2008/50/EG geforderten Messungen angewendet, treffen die Anforderungen an Messbereich und Unsicherheit möglicherweise nicht zu.

Diese Norm enthält Informationen für verschiedene Nutzergruppen.

Die Abschnitte 5 und 6 sowie Anhang A enthalten allgemeine Angaben zu den Prinzipien von kontinuierlich messenden automatischen Messeinrichtungen für Staub sowie zu der entsprechenden Ausrüstung.

Abschnitt 7 sowie die Anhänge B und C richten sich speziell an Prüfinstitute und -laboratorien, die Eignungsprüfungen von kontinuierlich messenden automatischen Messeinrichtungen für Staub durchführen. Diese Abschnitte enthalten Informationen zu Folgendem:

- c) Prüfbedingungen, -verfahren und -anforderungen bei der Eignungsprüfung;
- d) Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Einrichtung;
- e) Bewertung der Ergebnisse der Eignungsprüfung;

- f) Bewertung der Unsicherheit der Messergebnisse der kontinuierlich messenden automatischen Messeinrichtungen für Staub auf der Grundlage der Ergebnisse der Eignungsprüfung.

Die Abschnitte 8 bis 11 richten sich an die Betreiber von Messnetzen, die praktische Staubbmessungen in der Außenluft durchführen. Diese Abschnitte enthalten Informationen zu Folgendem:

- g) die Erstinstallation der Einrichtung im Messnetz und die Abnahmeprüfung;
- h) die laufende Qualitätssicherung/-lenkung;
- i) die laufende Verifizierung der Eignung;
- j) die Verarbeitung, Validierung und Angabe der Messergebnisse in einem Bericht.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in dieser Europäischen Norm teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 12341, *Außenluft — Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM_{10} - oder $PM_{2,5}$ -Massenkonzentration des Schwebstaubes*

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

EN 15267-2, *Luftbeschaffenheit — Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen — Erstmalige Beurteilung des Qualitätsmanagementsystems des Herstellers und Überwachung des Herstellungsprozesses nach der Zertifizierung*

3 Begriffe

Für die Anwendungen dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Außenluft

Außenluft in der Troposphäre mit Ausnahme von Arbeitsstätten im Sinne der Richtlinie 89/654/EWG, an denen Bestimmungen für Gesundheitsschutz und Sicherheit am Arbeitsplatz gelten und zu denen die Öffentlichkeit normalerweise keinen Zugang hat

[QUELLE: Richtlinie 2008/50/EG [1]]

3.2

automatische Messeinrichtung

AMS

en: automated measurement system

Gesamtheit aller Messgeräte und zusätzlicher Geräte eines Systems zur Erzielung eines Messergebnisses

3.3

Verfügbarkeit der AMS

Anteil der Zeitspanne, für den valide Messdaten der Außenluftkonzentration von einer AMS verfügbar sind

[QUELLE: EN 14211 [5]]

3.4

Kalibrierung

Tätigkeit, die unter festgelegten Bedingungen in einem ersten Schritt eine Beziehung zwischen den durch Normale zur Verfügung gestellten Größenwerten mit ihren Messunsicherheiten und den entsprechenden Anzeigen mit ihren beigeordneten Messunsicherheiten herstellt und in einem zweiten Schritt diese Informationen verwendet, um eine Beziehung herzustellen, mit deren Hilfe ein Messergebnis aus einer Anzeige erhalten wird

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Das Ergebnis einer Kalibrierung kann in Form einer Feststellung, einer Kalibrierfunktion, eines Kalibrierdiagramms, einer Kalibrierkurve oder einer Kalibriertabelle ausgedrückt werden. In einigen Fällen kann sie aus einer additiven oder multiplikativen Korrektur der Anzeige mit der beigeordneten Messunsicherheit bestehen.

ANMERKUNG 2 zum Begriff: Kalibrierung sollte nicht mit Justierung eines Messsystems verwechselt werden, die oft fälschlicherweise "Selbst-Kalibrierung" genannt wird, und auch nicht mit Verifizierung der Kalibrierung.

[QUELLE: JCGM 200:2012 (VIM) [6]]

3.5

kombinierte Standardunsicherheit

Standardunsicherheit eines Messergebnisses, wenn dieses Ergebnis aus den Werten einer Anzahl anderer Größen 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: ENV 13005:1999 [7]]

3.6

zuständige Behörde

Organisation, die die Anforderungen von EU-Richtlinien umsetzt und Anlagen, die die Anforderungen der geltenden Europäischen Normen einhalten müssen, beaufsichtigt

[QUELLE: EN 15267-1]

ANMERKUNG 1 zum Begriff: In Bezug auf die Überwachung der Beschaffenheit der Außenluft handelt es sich um eine Behörde, die eine oder mehrere der in Artikel 3 der Richtlinie 2008/50/EG aufgeführten Aufgaben ausführt.

3.7

Erweiterungsfaktor

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

[QUELLE: ENV 13005:1999 [7]]

3.8

Datenerfassung

prozentualer Anteil der Zeit, in dem die AMS valide Daten erzeugt hat, von der Zeit, für die der aggregierte Wert zu berechnen ist, abzüglich der Zeiträume für regelmäßige Kalibrierung oder normale Wartung

[QUELLE: Richtlinie 2008/50/EG [1]]

3.9

zuständige Stelle

Organisation, die der zuständigen Behörde im Mitgliedstaat gegenüber ihre Kompetenz für eine spezifische Aufgabe (Eignungsprüfungen und/oder QS/QC-Tätigkeiten im Feld) nachweisen kann

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Die zuständige Stelle sollte für die spezifische Aufgabe nach EN ISO/IEC 17025 [8] akkreditiert sein.

3.10

Nachweisgrenze

geringste Konzentration einer Messgröße, die zuverlässig mit einem bestimmten Messverfahren nachgewiesen werden kann

3.11

gleichwertiges Verfahren

anderes Verfahren als das Referenzverfahren zur Messung einer spezifischen Luftverunreinigung, das die in der betreffenden Luftqualitätsrichtlinie [1] festgelegten Datenqualitätsziele für ortsfeste Messungen erreicht

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Die Gleichwertigkeit wird für festgelegte (regionale) Situationen innerhalb eines Mitgliedstaates anerkannt, darf jedoch auch für Situationen anerkannt werden, die mehr als eine Region oder mehr als einen Mitgliedstaat betreffen.

3.12

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 begründet 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 wird. Das Vertrauensniveau, das diesem Bereich zugeordnet werden kann, setzt voraus, dass solche Annahmen gerechtfertigt sind.

[QUELLE: ENV 13005:1999 [7]]

3.13

Störkomponente

Komponente der Luftprobe (außer der Messgröße), die das Ausgangssignal beeinflusst

3.14

Grenzwert

Wert, der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, 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 [1]]

3.15

Messstation

geschützter Raum im Außenbereich an dem eine AMS zur Staubmessung so installiert ist, dass ihr Leistungsvermögen und ihre Betriebsweise den vorgegebenen Anforderungen entsprechen

3.16

Parallelmessung

Messung mit Messeinrichtungen, die über den gleichen Zeitraum aus der gleichen Luft Proben entnehmen

3.17

Leistungskenngröße

ein der AMS zugeordneter Parameter zur Festlegung ihres Leistungsvermögens

3.18

Leistungskriterium

einer Leistungskenngröße zugeordneter quantitativer Zahlenwert, dessen Einhaltung geprüft wird

3.19

Kontrollintervall

Zeitspanne, über die die Drift das Leistungskriterium für die Langzeitdrift erfüllt

3.20

PM_x

Schwebstaub in der Luft, der einen grö ßenselektiven Lufteinlass passiert, der bei einem aerodynamischen Durchmesser von $x \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Per Konvention bietet die genormte grö ßenselektive Ausführung des in EN 12341 vorgeschriebenen Probeneinlasses — betrieben mit den vorgeschriebenen Volumenströmen — die geforderten Kenngrö ßen, um die relevante Schwebstaubfraktion in der Außenluft zu sammeln.

ANMERKUNG 2 zum Begriff: Die Wirksamkeit der Grö ßenselektivität anderer eingesetzter Lufteinlässe hat möglicherweise einen signifikanten Einfluss auf den Anteil von PM im Bereich der Abscheidegrenze und folglich auf die ermittelte Massenkonzentration von PM_x.

3.21

Referenzverfahren

RM

en: reference method

Messverfahren (-methode), das (die) per Konvention den anerkannten Referenzwert der Messgrö ße liefert

3.22

Probenluft

Außenluft, die durch den Probeneinlass und das Probenahmesystem als Probe genommen wurde

3.23

Probeneinlass

Einlass zum Probenahmesystem, an dem Außenluft aus der Atmosphäre entnommen wird

3.24

Standardunsicherheit

als Standardabweichung ausgedrückte Unsicherheit des Ergebnisses einer Messung

[QUELLE: ENV 13005:1999 [7]]

3.25

Umgebungstemperatur

Temperatur der die AMS direkt umgebenden Luft (Temperatur innerhalb der Messstation oder des Labors)

3.26

zeitliche Überdeckung

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

3.27

Eignungsanerkennung

Entscheidung einer zuständigen Stelle, dass das Baumuster einer AMS den in diesem Dokument festgelegten Anforderungen entspricht

3.28

Eignungsprüfung

Untersuchung von zwei oder mehr AMS desselben Baumusters, die einer zuständigen Stelle von einem Hersteller zur Verfügung gestellt wurden, einschließlich der zur Eignungsanerkennung notwendigen Prüfungen des Baumusters

3.29

(Mess-)Unsicherheit

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

[QUELLE: ENV 13005:1999 [7]]

3.30

Nullluft

Luft, die Staub in einer Konzentration von $\leq 1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enthält

3.31

Null-Niveau

durchschnittliches Ergebnis einer Reihe von Wiederholungsmessungen der Nullluft

4 Symbole und Abkürzungen

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

a, c	Achsenabschnitt der orthogonalen Regression der Ergebnisse der AMS im Vergleich zu den Referenzergebnissen
A	Verfügbarkeit der AMS
b, d	Steigung der orthogonalen Regression der Ergebnisse der AMS im Vergleich zu den Referenzergebnissen
k	Erweiterungsfaktor
L	Grenzwert
ΔP	im Zeitintervall Δt ermittelte Druckdifferenz (Dichtigkeitsprüfung)
P_0	Druck bei $t = 0$ (Dichtheitsprüfung)
T_s	Umgebungstemperatur
$T_{s,\text{lab}}$	Umgebungstemperatur im Labor
Δt	für den Druckanstieg benötigtes Zeitintervall (Dichtigkeitsprüfung)
t_{valid}	Zeitraum, in dem valide Daten erfasst wurden (Feldprüfung)
$t_{\text{cal,maint}}$	für planmäßige Kalibrierungen und Wartung aufgewendete Zeit (Feldprüfung)
t_{field}	Gesamtdauer der Feldprüfung
V_L	Volumenleckrate (Dichtigkeitsprüfung)
V_{sys}	geschätztes Gesamtvolumen des Systems (Totvolumen)
u	Standardunsicherheit
u_a	Unsicherheit des Achsenabschnitts der Regressionsgleichung

u_b	Unsicherheit der Steigung der Regressionsgleichung
$u_{bs,AMS}$	Unsicherheit zwischen den AMS
$u_{bs,RM}$	Unsicherheit zwischen den RM
u_{RM}	zufällige Unsicherheit der Ergebnisse von Referenzverfahren
w	relative Unsicherheit
W	erweiterte relative Unsicherheit
x_i	einzelnes Messergebnisse der AMS
y_i	einzelnes Ergebnis der Referenzmessung
AMS	automatische Messeinrichtung
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	Staub
QS/QC	Qualitätssicherung/Qualitätslenkung
RM	Referenzverfahren (-methode)
RSS	Restsumme der Fehlerquadrate

5 Kurzbeschreibung

5.1 Allgemeines

Zur Bestimmung der Massenkonzentration von Staub in der Außenluft darf eine Reihe verschiedener Messverfahren angewendet werden. Die vorliegende Norm ist nicht auf die Anwendung einer einzelnen Einrichtung zur kontinuierlichen automatischen Messung begrenzt. Im Allgemeinen (jedoch nicht notwendigerweise) besteht die Messeinrichtung aus

- einem größenselektiven Einlass für PM_{10} oder $PM_{2,5}$ (bei der Anwendung eines optischen Systems zur Größenklassifizierung von Staub ist ein größenselektiver Einlass nicht erforderlich);
- einem Probennahmerohr mit einer Länge, die notwendig ist, um die in Literaturhinweis [1] angeführten spezifischen Anforderungen an die Probenahmehöhe zu erfüllen;
- einer Messstrecke;

- d) einer Vakuumpumpe;
- e) Durchflussmessgeräten und -reglern;
- f) Temperatur- und Drucksensoren;
- g) Hard- und Software für die Datenerfassung und -speicherung sowie die Berechnung von Messergebnissen.

Hilfseinrichtungen dürfen Folgendes einschließen:

- h) Heizvorrichtungen für Probennahmerohre;
- i) Einrichtungen für die (teilweise) Trocknung der Probenluft;
- j) Feuchtigkeitssensoren;
- k) Hardware/Software zur Durchführung von Kompensationsmessungen, d. h. Messungen zum Ausgleich unerwünschter Effekte von Störkomponenten oder von zufälligen Schwankungen bei der Bestimmung der Staubmasse.

5.2 Messprinzipien

Derzeit wird in der routinemäßigen Überwachungspraxis eine Reihe von Messprinzipien angewendet. Beschreibungen der gebräuchlichsten Prinzipien — die jedoch andere Verfahren nicht ausschließen — sind in Anhang A angeführt.

5.3 Eignungsanerkennung

Die Eignungsanerkennung einer AMS nach Abschnitt 7 und die nachfolgenden QS/QC- und Verifizierungsverfahren nach Abschnitt 8 belegen, dass die in den betreffenden EU-Richtlinien festgelegten Anforderungen zur Datenqualität erfüllt werden können. Der Hersteller der AMS muss die in EN 15267-1 und EN 15267-2 festgelegten Anforderungen erfüllen. Die Eignungsprüfungen sind von einer dafür kompetenten Stelle durchzuführen. Die Eignungsanerkennung ist von oder im Auftrag der zuständigen nationalen Behörde eines Mitgliedstaates zu erteilen.

Die Eignungsprüfung beruht auf der Bewertung der Leistungskenngrößen, die auf der Grundlage einer vorgeschriebenen Prüfreihe bestimmt werden. In dieser Norm werden Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen von mindestens zwei AMS bei Labor- und Felduntersuchungen (jeweils mit den gleichen AMS) beschrieben. Die Bewertung der Ergebnisse bezüglich der Eignungsanerkennung einer AMS schließt die Berechnung der erweiterten Messunsicherheit auf der Grundlage der Zahlenwerte der geprüften Leistungskenngrößen und den Vergleich mit einer vorgegebenen maximal zulässigen Unsicherheit ein.

Der entsprechende experimentelle Nachweis ist durch Folgendes zu erbringen:

- a) Eignungsprüfungen, die unter Bedingungen der bestimmungsgemäßen Anwendung des festgelegten Messverfahrens durchgeführt werden, und
- b) die Berechnung der erweiterten Messunsicherheit der Messergebnisse.

5.4 Tauglichkeitsprüfung

Vor der Inbetriebnahme einer eignungsgeprüften AMS muss die für den Feldbetrieb verantwortliche Stelle deren Eignung für die konkreten Feldbedingungen prüfen. Sofern diese Bedingungen nicht durch die Feldprüfungen zur Eignungsanerkennung abgedeckt waren, sind an mindestens zwei für diese spezifischen Feldbedingungen repräsentativen Orten Tauglichkeitsprüfungen durchzuführen.

5.5 Feldbetrieb und Qualitätslenkung

Nach der Erstinstallation der eignungsgeprüften AMS in der Messstation muss ihr ordnungsgemäßer Betrieb geprüft werden.

Um sicherzustellen, dass die Unsicherheit der nachfolgenden im Feld erhaltenen Messergebnisse den zulässigen Wert einhält, werden entsprechende Anforderungen an die Qualitätssicherung und -lenkung beim Betrieb und bei der Wartung der AMS gestellt.

5.6 Datenhandhabung und -validierung

Die praktische Erfahrung mit bestehenden Verfahren zur Datenhandhabung und -validierung — bei gleichartigen AMS — hat gezeigt, dass unterschiedliche Anwendungen bei gleichartigen Datensätzen zu signifikanten Unterschieden bei den in einem Bericht angeführten Ergebnissen führen können [3].

Deshalb werden Anforderungen und Empfehlungen für die Verarbeitung und Validierung von Rohmessdaten der AMS angeführt.

6 Probenahme

6.1 Allgemeines

Die Betriebsbedingungen und die Bauweise der Probenahmeeinrichtung tragen zur Messunsicherheit bei; die in den folgenden Unterabschnitten genannten Leistungskriterien für die Probenahmeeinrichtung sind dafür

ANMERKUNG In Anhang A sind Beispiele für Einrichtungen schematisch dargestellt.

6.2 Probenahmeort

Der Ort für Probenahme und Analyse der Außenluft ist nicht festgelegt, da er stark von der Kategorie der Messstation abhängt (z. B. Messungen in Verkehrszonen oder Gebieten mit städtischem Hintergrund).

ANMERKUNG Eine Anleitung für die kleinräumige Ortsbestimmung von Probenahmestellen findet sich in Literaturhinweis [1].

6.3 Probeneinlass und Probenahmeleitung

Jede AMS ist mit einem eigenen Probeneinlass und einer eigenen Probenahmeleitung ausgestattet. Die Probeneinlässe dürfen größenselektive Probeneinlässe für PM_{10} oder $PM_{2,5}$ sein, sind jedoch nicht auf diese beschränkt.

ANMERKUNG Beispiele für Ausführungen von größenselektiven Einlässen für PM_{10} oder $PM_{2,5}$ können EN 12341 entnommen werden.

Der Probeneinlass und die Probenahmeleitung müssen aus einem inerten, korrosionsbeständigen, elektrisch leitenden Werkstoff, vorzugsweise nichtrostendem Stahl, anodisiertem Aluminium oder Aluminiumlegierung, hergestellt sein. Der Einlass muss so konstruiert sein, dass kein Regenwasser in die Probenahmeleitung (oder -einrichtung) eindringen kann.

Der Aufbau der Probenahmeleitung muss so sein, dass Depositionsverluste von Staub durch kinetische Prozesse sowie Verluste durch thermische, chemische oder elektrostatische Prozesse auf ein Mindestmaß verringert werden. Der Kontakt der Probenluft mit kalten Oberflächen muss aufgrund der möglichen Bildung von Kondensat vermieden werden. Wird eine Beheizung der Oberflächen angewendet, muss das Gerät im Rahmen der Eignungsanerkennung mit der in Betrieb befindlichen Heizeinrichtung geprüft werden.

Die Durchflussgeschwindigkeit in der Probenahmeleitung muss so sein, dass signifikante Verluste an Staub, bedingt durch Diffusion oder turbulente Trägheitsabscheidung (Impaktion) minimiert werden.

6.4 Regelung des Probenvolumenstroms

Der ordnungsgemäße Betrieb der AMS erfordert die Kalibrierung und Regelung des Probenvolumenstroms sowie die Messung von Außenlufttemperatur und -druck.

Der Probenvolumenstrom in die AMS muss innerhalb der Spezifikationen des Herstellers der AMS gehalten werden.

6.5 Angabe von Konzentrationen

Die Ergebnisse sind in Masseneinheiten je Volumeneinheit bei Außenluftbedingungen anzugeben. Die für die Umrechnung auf Außenluftbedingungen benötigte Lufttemperatur muss in der Nähe des Probeneinlasses gemessen werden. Der für die Umrechnung benötigte Luftdruck ist aus Vor-Ort-Messungen oder aus Messungen einer repräsentativen meteorologischen Messstelle in der Nähe zu bestimmen.

Wenn Daten von meteorologischen Messstellen verwendet werden, ist darauf zu achten, dass diese gegebenenfalls auf die korrekte Höhe der Probenahmestelle umgerechnet werden.

Es ist unbedingt notwendig, dass alle Umrechnungen auf Außenluftbedingungen vom Hersteller klar und eindeutig angegeben werden. Der Hersteller muss dem Prüflabor oder Prüfinstitut mitteilen, ob Korrekturen im Einbauzustand durchgeführt werden. Wenn keine internen Korrekturen angewendet werden, muss der Hersteller dem Prüflabor oder Prüfinstitut alle Algorithmen, die für die Umrechnung der Messwerte der AMS in die verschiedenen Temperaturen und Drücke benötigt werden, zur Verfügung stellen.

7 Eignungsanerkennung

7.1 Leistungsanforderungen

Dieses Prüfprogramm beschreibt ein Verfahren, mit dem als Teil der Eignungsanerkennung bestimmt wird, ob eine AMS als gleichwertig mit den EU-Referenzverfahren zur Messung von Staub in der Außenluft angesehen werden kann. Die Referenzverfahren wurden entwickelt, um die Datenqualitätsziele nach Literaturhinweis [1] zu erreichen. Die geprüfte AMS muss diese Anforderungen erfüllen. Das vorliegende Prüfprogramm ist dafür geeignet, die AMS hinsichtlich der Messung verschiedener Fraktionen — PM_{10} oder $PM_{2,5}$ — von Schwebstaub in der Außenluft zu bewerten.

Dieser Prozess zur Bewertung der Werte der Leistungskenngrößen umfasst (eingeschränkte) Labor- und Feldprüfungen sowie die Berechnung der erweiterten Messunsicherheit. Zwei AMS eines Typs müssen in das vollständige Prüfprogramm aufgenommen werden. Beide zur Eignungsanerkennung eingereichte AMS müssen alle im Abschnitt 7 aufgeführten Prüfungen bestehen.

Der Hersteller, der die Eignungsanerkennung beantragt, muss die in EN 15267-1 und EN 15267-2 festgelegten Anforderungen erfüllen. Die Eignungsprüfungen müssen von einer zuständigen Stelle durchgeführt werden. Die Eignungsanerkennung muss von oder im Auftrag der zuständigen Behörde zuerkannt werden. Die zuständige Stelle, die die geforderten Prüfungen vornimmt, muss in der Lage sein, nachzuweisen, dass ihre Arbeit die Anforderungen international anerkannter Normen für Prüflaboratorien erfüllt.

ANMERKUNG 1 EN ISO/IEC 17025 [9] ist die geltende harmonisierte international anerkannte Norm.

ANMERKUNG 2 Eine formale Akkreditierung durch eine Mitglieds Körperschaft der Europäischen Akkreditierungsstelle nach EN ISO/IEC 17025 stellt einen Nachweis der Konformität dar.

7.2 Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien

Die Leistungskenngrößen, die während einer Labor- und Feldprüfung bestimmt werden müssen, und deren zugehörige Leistungskriterien sind in Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1 — Relevante Leistungskenngrößen und -kriterien

	Leistungskenngröße	Anforderung	Ort (Labor/Feld)	Abschnitt
1	Messbereiche	0 µg/m ³ bis 1 000 µg/m ³ als 24 h Mittelwert 0 µg/m ³ bis 10 000 µg/m ³ als 1 h Mittelwert, falls anwendbar	L	
2	Negative Signale	dürfen nicht unterdrückt werden	L	
3	Nullkonzentration und Nachweisgrenze	Nullkonzentration: ≤ 2,0 µg/m ³ Nachweisgrenze: ≤ 2,0 µg/m ³	L	7.4.3
4	Genauigkeit des Volumenstroms ^a	≤ 2,0 % — in der Regel erfolgt die Prüfung bei 5 °C und 40 °C in einer temperaturgeregelten Umgebung — sofern davon abgewichen wird, sind die vom Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperaturen anzuwenden	L	7.4.4
5	Konstanz des Probenvolumenstroms	≤ 2,0 % des Probendurchflusses (gemittelter Durchfluss) ≤ 5 % des Sollwertes des Durchflusses (Momentanwert des Durchflusses)	F	7.4.5
6	Dichtigkeit des Probenahmesystems	≤ 2,0 % des Probenvolumenstroms	L	7.4.6
7	Abhängigkeit des Nullpunkts von der Umgebungstemperatur ^a	≤ 2,0 µg/m ³ — in der Regel erfolgt die Prüfung bei 5 °C und 40 °C in einer temperaturgeregelten Umgebung — sofern davon abgewichen wird, sind die vom Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperaturen anzuwenden	L	7.4.7
8	Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur ^a	≤ 5 % vom Wert bei der Nennprüf-temperatur — in der Regel erfolgt die Prüfung bei 5 °C und 40 °C in einer temperaturgeregelten Umgebung — sofern davon abgewichen wird, sind die vom Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperaturen anzuwenden	L	7.4.7

	Leistungskenngröße	Anforderung	Ort (Labor/Feld)	Abschnitt
9	Einfluss der Netzspannung auf das Messsignal	$\leq 5 \%$ vom Wert bei der Nennprüfspannung	L	7.4.8
10	Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung	Geräteparameter müssen gegen Verlust gesichert sein. Bei Rückkehr der Netzspannung muss das Gerät automatisch die Funktion wieder aufnehmen	L	
11	Auswirkung von Feuchte auf den Messwert	$\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Nullluft, bei einer stufenweisen Änderung der relativen Feuchte zwischen 40 % bis 90 % in beide Richtungen	L	7.4.9
12	Nullpunktprüfungen	absoluter Wert $\leq 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	F	7.5.3
13	Aufzeichnung der Betriebsparameter	Messeinrichtungen müssen in der Lage sein, Daten von Betriebszuständen zur telemetrischen Übermittlung – zumindest – der folgenden Parameter bereitzustellen: — Volumenstrom — Druckabfall über dem Probenahmefilter (falls zutreffend) — Probenahmedauer — Probenvolumen (falls zutreffend) — Massenkonzentration der betreffenden Staubfraktion(en) — Außenlufttemperatur — Außenluftdruck — Lufttemperatur am Ort der Messung — Temperatur des Probeneinlasses (falls zutreffend)	F	7.5.4
14	Tages(-mittel-)werte	Verfügbar mit Probenänderung von $\leq 1 \%$ pro Tag	F	7.5.5
15	Verfügbarkeit	mindestens 90 %	F	7.5.6
16	Unsicherheit zwischen den AMS	$\leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	F	7.5.8.4
17	Erweiterte Messunsicherheit	$\leq 25 \%$ bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert (sofern nach der Kalibrierung erforderlich, siehe 7.5.8.5)	F	7.5.8.8
18	Wartungsintervall/ Kontrollintervall	mindestens 14 d	F	
19	Automatische Überprüfung	muss bei der AMS möglich sein		
^a Einschränkungen, z. B. Betrieb unter- oder oberhalb einer bestimmten Temperatur, müssen im Bericht über die Eignungsprüfung festgelegt werden.				

7.3 Bauliche Änderungen

Wenn der Hersteller bauliche Änderungen (Software und/oder Hardware) an einer eignungsgeprüften AMS vornimmt, muss er das Prüflabor und/oder die zuständige nationale Behörde informieren. Der Hersteller muss alle Änderungen an einer zertifizierten AMS bewerten. Die folgenden drei Klassen von Änderungen an zertifizierten AMS sind festgelegt:

- a) Typ 0: Änderungen, die keinen messbaren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der AMS haben;
- b) Typ 1: Änderungen, die einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der AMS haben können, bei denen daraufhin durchgeführte Prüfungen zeigen, dass der Einfluss solcher Änderungen nicht signifikant ist;
- c) Typ 2: Änderungen, die einen signifikanten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der AMS haben.

Als signifikanter Einfluss gilt ein Einfluss, der die Leistung der AMS im Vergleich zu den im Zertifikat festgeschriebenen Leistungskenngrößen beeinflusst.

Falls Änderungen vom Typ 1 und Typ 2 festgestellt werden, muss der Hersteller die zuständige Stelle und das Prüflabor konsultieren. Im Falle von Änderungen des Typs 2 müssen die zuständige Stelle und das Prüflabor bestätigen, ob zusätzliche Prüfungen zur Ermittlung des Einflusses der baulichen Änderungen notwendig sind. Der Hersteller muss alle Änderungen und Bewertungen in Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Norm und in einer Weise dokumentieren, dass sie auditiert werden können.

7.4 Laborprüfverfahren

7.4.1 Allgemeines

Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor als Teil der Eignungsprüfung muss von einer zuständigen Stelle durchgeführt werden. Die Qualität der Materialien und der Ausrüstung, die bei den beschriebenen Prüfverfahren eingesetzt werden, muss die in dieser Norm angegebenen Anforderungen erfüllen. Hersteller müssen Folgendes zur Verfügung stellen:

- a) zwei vollständige identische AMS;
- b) Kalibriervorrichtungen;
- c) alle für den Betrieb unter Feldbedingungen notwendigen Komponenten, z. B. Probeneinlass, Probenahmeleitung;
- d) Einrichtungen zur Erfassung von digitalen (z. B. RS232) oder analogen (z. B. 4-20 mA) Signalen;
- e) Einrichtungen zur Ermittlung von Tagesmittelwerten.

7.4.2 Prüfbedingungen

7.4.2.1 Allgemeines

Vor Inbetriebnahme der AMS ist die Betriebsanleitung des Herstellers zu beachten, insbesondere hinsichtlich der Aufstellung des Geräts sowie der Qualität und Quantität der erforderlichen Verbrauchsmaterialien.

Vor Durchführung jeglicher Prüfungen ist die vom Hersteller festgelegte Einlaufzeit für die AMS zu beachten. Falls die Einlaufzeit nicht festgelegt ist, wird eine Mindestzeit von 4 h empfohlen.

Autoskalierungsfunktionen und Selbstkorrektur der Drift müssen bei den Laborprüfungen ausgeschaltet werden.

Bei optischen Geräten sind diese Funktionen möglicherweise Teil der Kompensation von Verunreinigungen der optischen Oberflächen.

Vor der Prüfung und der Aufgabe von Nullluft auf die AMS muss die Einrichtung zur Erzeugung von Nullluft ausreichend lange betrieben worden sein, um die Zufuhr von Nullluft in die AMS sicherzustellen.

Die meisten AMS können das Ausgangssignal als gleitenden Mittelwert über eine einstellbare Zeitspanne ausgeben; einige Geräte passen diese Integrationszeit automatisch als Funktion der Frequenz der Schwankungen der Staubkonzentrationen an. Diese Optionen werden typischerweise zur Glättung der Ausgabedaten verwendet. Für die Labor- und Feldprüfungen zur Eignungsanerkennung müssen die Einstellungen des Messgerätes den Festlegungen des Herstellers entsprechen; ausgenommen sind automatischer Nullabgleich und Autoskalierungsfunktionen, die bei den Laborprüfungen ausgeschaltet sein müssen. Alle Einstellungen müssen im Prüfbericht festgehalten werden.

7.4.2.2 Parameter

Bei den Laborprüfungen für die einzelnen Leistungskenngrößen müssen die Werte der folgenden Parameter innerhalb des in Tabelle 2 festgelegten Bereichs stabil sein.

Tabelle 2 — Sollwerte und Stabilität der Prüfparameter

Parameter	Sollwerte	Stabilität
Umgebungstemperatur	20 °C bis 23 °C (ausgenommen die Prüfung der Temperaturabhängigkeit des Volumenstroms (siehe 7.4.4) und von Null und Span (siehe 7.4.7))	± 2 °C
elektrische Spannung ^a	bei Nennspannung und entsprechend den Spezifikationen des Herstellers (ausgenommen die Prüfung der Spannungsabhängigkeit, siehe 7.4.8)	± 1 %
Probendurchfluss zur AMS	Herstellerspezifikation	± 1 %
^a Für eine mit Gleichstrom betriebene AMS muss die Prüfung der Spannungsänderung im Rahmen der Eignungsprüfung über den Bereich von -50 % bis +10 % der Nennspannung durchgeführt werden.		

7.4.2.3 Nullluft

Zur Bestimmung einiger Leistungskenngrößen wird Nullluft verwendet. Die Nullluft darf Staub in einer Konzentration von höchstens 1,0 µg/m³ enthalten.

ANMERKUNG Nullluft kann erzeugt werden, indem Außen- oder Innenraumluft durch ein vom Hersteller der AMS bereitgestelltes HEPA-Filter geleitet wird, oder mithilfe von Nullluft-Erzeugungssystemen.

7.4.3 Nullkonzentration und Nachweisgrenze

Die Nullkonzentration und die Nachweisgrenze der AMS sind aus 15 unabhängigen 24 h Mittelwerten zu bestimmen, die bei der Probenahme von Nullluft erhalten werden. Der Mittelwert dieser 15 24 h Mittelwerten wird als die Nullkonzentration verwendet. Die Nachweisgrenze wird als das 3,3-Fache der Standardabweichung der 15 24 h Mittelwerten berechnet [9]. Beide müssen die Anforderungen nach Tabelle 1 erfüllen.

7.4.4 Genauigkeit des Volumenstroms

Der mittlere Volumenstrom ist bei zwei Temperaturen der umgebenden Luft zu messen:

- in der Regel: 5 °C und 40 °C;
- sofern davon abgewichen wird, sind die vom Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperaturen anzuwenden; diese Temperaturen sind dann im Bericht der Eignungsprüfung anzugeben.

Die Messungen sind mit einem Referenz-Durchflussmessgerät vorzunehmen, dessen relative erweiterte Unsicherheit (95 % Vertrauensbereich) bei ≤ 1,0 % des geregelten Volumenstroms liegt.

Es wird empfohlen, ein Durchflussmessgerät mit möglichst geringen Druckabfall einzusetzen.

Bei jeder Temperatur sind mindestens 10 unabhängige Messungen über eine Mindestdauer von einer Stunde bei dem vom Hersteller festgelegten Betriebsvolumenstrom durchzuführen. Die Messungen sind innerhalb des Messzeitraums in gleichmäßigen Abständen durchzuführen. Für jede Temperatur muss der Mittelwert der Messergebnisse mit dem Betriebsvolumenstrom verglichen werden.

Die relative Differenz zwischen den beiden Werten muss die Leistungsanforderung nach Tabelle 1 erfüllen.

7.4.5 Konstanz des Probenvolumenstroms

Diese Prüfung erfordert den Einsatz eines kontinuierlich anzeigenden Durchflussmessgeräts, z. B. eines Massendurchflussmessgeräts.

Es wird empfohlen, ein Durchflussmessgerät mit möglichst geringen Druckabfall einzusetzen.

Die Prüfung beruht auf der Probenahme von Außenluft über den Prüfzeitraum. Im Verlauf eines Zeitraums von mindestens 24 h werden der Volumenstrom, die Temperatur und der Druck kontinuierlich gemessen.

Der Momentanwert des Volumenstroms und der über den Probenahmezeitraum gemittelte Volumenstrom müssen die Leistungsanforderungen nach Tabelle 1 erfüllen.

7.4.6 Dichtigkeit des Probenahmesystems

Die Dichtigkeit (Leckrate) des gesamten Volumenstromweges der AMS (Probeneinlass, Probenahmeleitung, Messeinrichtung) ist nach der Spezifikation des Herstellers zu prüfen. Eine in die AMS integrierte Dichtigkeitsprüfung kann verwendet werden, vorausgesetzt eine derartige Prüfung ist für eine angemessene Beurteilung der Dichtigkeit des Geräts geeignet.

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 Einlass aus der Prüfung ausgeschlossen werden.

Diese Prüfung erfordert möglicherweise den Einsatz entweder eines Druckmessgeräts oder eines Volumenstrommessgeräts.

Die Dichtigkeit muss die Leistungsanforderung nach Tabelle 1 erfüllen.

7.4.7 Abhängigkeit des Nullpunktes und der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur

Diese Prüfungen erfordern den Einsatz von Kalibriereinrichtungen für den Nullpunkt und den Span.

Sofern eine AMS nicht über eine Kalibriereinrichtung für den Span verfügt oder die verfügbare Einrichtung nicht geeignet ist, muss dies explizit im Bericht der Eignungsprüfung und im Text der Zertifizierung angegeben werden. In diesem Fall sind geeignete zusätzliche QS-Tätigkeiten in Betracht zu ziehen.

Die Abhängigkeit der Nullpunktablesung und des durch Anwendung eines Kalibrierartefakts gemessenen Wertes von der Umgebungstemperatur ist bei folgenden Temperaturen zu bestimmen:

- bei der Nenntemperatur $T_{S,n} = 20\text{ °C}$;
- bei einer Mindesttemperatur $T_{S,1} = 5\text{ °C}$;
- bei einer Höchsttemperatur $T_{S,2} = 40\text{ °C}$.
- bei der durch den Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperatur, sofern diese von den in der Regel anzuwendenden Temperaturen abweichen.

Bei jeder Temperatureinstellung sind drei einzelne Messergebnisse am Nullpunkt und für den Spanpunkt aufzuzeichnen.

Bei jeder Temperatureinstellung müssen die Kriterien für die Einlauf- oder Stabilisierungszeit nach 7.4.2.1 erfüllt werden.

Die Prüfungen werden mit der Reihenfolge $T_{S,n} - T_{S,1} - T_{S,n} - T_{S,2} - T_{S,n}$ durchgeführt.

Um eine mögliche Drift durch andere Faktoren als die Temperatur auszuschließen, werden die Messwerte bei $T_{S,n}$ gemittelt.

Die Differenzen zwischen den Ergebniswerten bei den beiden Extremwerten der Temperatur und $T_{S,n}$ sind zu bestimmen.

Die ermittelten Differenzen müssen die in Tabelle 1 angeführten Leistungskriterien erfüllen.

7.4.8 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung

Die Abhängigkeit des durch Anwendung eines Kalibrierartefakts gemessenen Wertes von der Versorgungsspannung ist unter Einhaltung der Spezifikationen des Herstellers bei den folgenden Spannungen zu bestimmen (siehe EN 50160 [10]):

- bei der Nennspannung von 230 V;
- bei der Mindestspannung von 195 V;
- bei der Höchstspannung von 253 V.

Diese Prüfung erfordert die Anwendung von Kalibriereinrichtungen für den Span.

Bei jeder Spannungseinstellung müssen drei einzelne Messergebnisse für den Span aufgezeichnet werden.

Bei jeder Spannungseinstellung müssen die Kriterien für die Einlauf- oder Stabilisierungszeit nach 7.4.2.1 erfüllt werden.

Die Differenzen zwischen den Messwerten der Konzentration bei beiden Extremwerten der Spannung sind zu bestimmen.

Die ermittelten Differenzen müssen die in Tabelle 1 angeführten Leistungskriterien erfüllen.

Für die Angabe der Abhängigkeit von der Spannung im Prüfbericht ist der höchste Wert des Ergebnisses bei der Konzentration des Span anzusetzen.

Für eine mit Gleichstrom betriebene AMS muss die Eignungsprüfung der Spannungsänderung über den Bereich von ± 10 % der Nennspannung durchgeführt werden.

7.4.9 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration

Die Abhängigkeit der Messwerte der AMS von der Wasserdampfkonzentration in der Probenluft ist durch Zufuhr von befeuchteter Nullluft zu bestimmen. Die Prüfungen sind durchzuführen, indem die relative Feuchte der Probenluft im Bereich von 40 % bis 90 % geändert wird.

Die Prüfung kann unter Anwendung zweier allgemeiner Verfahren durchgeführt werden:

a) Beprobung der befeuchteten Luft (bevorzugtes Verfahren)

Diese Prüfungen erfordern die Bereitstellung von Nullluft und eines Luftbefeuchtungssystems. Der Zuluft-Volumenstrom der befeuchteten Luft muss ≥ 10 % oberhalb des AMS-Probenvolumenstroms liegen, wobei der überschüssige Volumenstrom durch Entlüftung abgelassen wird.

b) Befeuchtung der gesamten umgebenden Atmosphäre

Für diese Prüfungen ist eine Klimakammer erforderlich, um eine Atmosphäre mit variierenden relativen Feuchten zu bereitzustellen. Die AMS ist vollständig in die Kammer einzubauen und beprobt die Nullluft.

Für beide Verfahren gilt:

Nach der Stabilisierung der relativen Feuchte und der Konzentrations-Messwerte der AMS wird ein Messwert über den kleinsten Mittelungszeitraum der AMS bei 40 % relativer Feuchte aufgezeichnet. Die relative Feuchte wird dann mit einer Geschwindigkeit von 25 % je Stunde auf 90 % erhöht. Die Zeit bis zur Einstellung des Gleichgewichts und der mittlere Konzentrations-Messwert werden aufgezeichnet. Anschließend wird die Feuchte mit einer Geschwindigkeit von 25 % je Stunde zurück auf 40 % verringert. Die Zeit bis zur Einstellung des Gleichgewichts und der mittlere Konzentrations-Messwert werden erneut aufgezeichnet.

Wenn ein Gerät nur alle 24 h Messwerte liefert, muss die Änderung der Feuchte entsprechend angepasst werden.

Die größte Differenz zwischen den Messwerten im Bereich von 40 % bis 90 % relativer Feuchte muss das Leistungskriterium nach Tabelle 1 erfüllen.

7.5 Feldprüfverfahren

7.5.1 Allgemeines

Die AMS ist auf eine Weise zu prüfen, die für ihre praktische Anwendung repräsentativ ist. In den verschiedenen Versuchen sind die in der Praxis angewendeten Häufigkeiten von Kalibrierungen und Überprüfungen anzuwenden.

Bei der Feldprüfung werden zwei identische AMS (Modell, Konfiguration und Version von Hardware, Firmware und Software) auf Folgendes geprüft:

- a) auf die Möglichkeit, eine Mindestanzahl von Betriebsparametern aufzuzeichnen (siehe Tabelle 1);
- b) auf die Möglichkeit, Tagesmittelwerte der Staubkonzentration zu bilden;
- c) auf die Verfügbarkeit und das Kontrollintervall¹⁾;
- d) auf Unsicherheit¹⁾ zwischen zwei AMS;
- e) auf die Gleichwertigkeit mit dem Referenzverfahren im Hinblick auf die Anforderung an die erweiterte Messunsicherheit¹⁾.

Beide AMS müssen die Feldprüfungen bestehen.

Zur Bestimmung der beiden letztgenannten Kenngrößen muss die AMS parallel mit einer zugelassenen Ausführung des Referenzverfahrens betrieben werden. Zur Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Funktionierens des Referenzverfahrens sind zwei Referenzgeräte einzusetzen.

Das zuständige Prüfinstitut bzw. -labor muss sicherstellen, dass die Anforderungen des Herstellers hinsichtlich der Installation der AMS erfüllt werden. Die AMS muss so installiert werden, dass unerlaubte Manipulationen oder Einstellungen verhindert werden. Vor dem erneuten Einbau im Feld müssen die kritischen Parameter, die die Messergebnisse der AMS beeinflussen, überprüft werden.

Das zuständige Prüfinstitut bzw. -labor muss verifizieren, dass das Referenzverfahren nach EN 12341 betrieben wird und dass die geforderten Datenqualitätsziele erfüllt werden. Die Unsicherheit der bei Anwendung des Referenzverfahrens erhaltenen Ergebnisse muss vollständig bekannt sein.

Die Hersteller müssen geeignete Verfahrensweisen für die Überprüfung der Geräte bereitstellen, insbesondere für Kalibrierungen und Überprüfungen der Parameter, die die Messung der Staubmasse beeinflussen (z. B. Volumenstrom, Außenluftdruck und -temperatur).

¹⁾ In Tabelle 1 sind quantitative Kriterien für diese Kenngrößen enthalten.

7.5.2 Versuchsbedingungen

Die Probenahmeorte müssen repräsentativ für die typischen Bedingungen sein, für die die Gleichwertigkeit beansprucht wird, einschließlich möglicher Phasen hoher Konzentrationen. Es müssen insgesamt mindestens 4 Vergleiche durchgeführt werden. Diese müssen mindestens 2 Standorte und verschiedene klimatische Bedingungen einschließen, gegebenenfalls mit besonderem Schwerpunkt auf den folgenden Variablen:

- a) Zusammensetzung der Staubfraktion, insbesondere hohe und geringe Anteile an semi-volatilen Partikeln, um die maximale Auswirkung von Verlusten solcher Partikel zu erfassen;
- b) Luftfeuchte und -temperatur (hoch und niedrig), um alle durch die Konditionierung bedingten Verluste an semi-volatilen Partikeln während des Probenahmeprozesses zu erfassen;
- c) Windgeschwindigkeit (hoch und gering), um jede Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit des Probeneinlasses bedingt durch Abweichungen vom idealen Verhalten zu erfassen. Diese können sich ergeben durch Abweichungen der mechanischen Ausführung oder Abweichungen vom vorgesehenen Probenvolumenstrom.

Die Vergleiche dürfen in Form von kurzzeitigen Kampagnen durchgeführt werden, wobei diese Kampagnen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen durchgeführt werden müssen. Alternativ dürfen Vergleiche auf eine Weise organisiert werden, dass die Messungen über einen längeren Zeitraum, z. B. ein Jahr, erfolgen. In diesem Fall dürfen die Ergebnisse in Sommer- und Winterhalbjahr geteilt werden, vorausgesetzt,

- d) die Messungen werden ununterbrochen in regelmäßigen Zeitabständen, z. B. jeden zweiten Tag, durchgeführt,
- e) für jede Jahreszeit werden hinreichend valide Ergebnisse erhalten,
- f) aus den Datensätzen werden keine Daten selektiv entfernt, es sei denn, es kann nachgewiesen werden, dass es einen fachlichen oder plausiblen Grund dafür gibt.

Die nationale zuständige Behörde darf verlangen, dass der Hersteller Prüfungen an mehr Orten durchführt, um die eigenen Anforderungen an eine Eignungsanerkennung zu erfüllen.

Es wird dringend empfohlen, dass der Hersteller die Verantwortung für die Durchführung von Prüfungen übernimmt, die — soweit möglich — ein breites Spektrum von in Europa auftretenden Aerosolzusammensetzungen abdecken, um so die Eignungsanerkennung zu erleichtern. Derartige Zusammensetzungen können die speziell in Literaturhinweis [1] aufgeführten Standorttypen umfassen:

- g) ein verkehrsbeeinflusster Standort;
- h) ein Standort mit städtischem Hintergrund;
- i) ein ländlicher Standort;
- j) ein industrieller Standort.

An jedem Standort müssen Einrichtungen zur Daten(-fern-)erfassung und zur (Fern-)Überwachung des Gerätes zur Verfügung stehen. In den Bericht über die Eignungsprüfung muss eine vollständige Beschreibung der Standortmerkmale aufgenommen werden.

Bei jedem Vergleich müssen mindestens 40 valide Messergebnisse, jeweils über 24 h gemittelt, erfasst werden.

Die Probenahmeverrichtungen und Geräte müssen so angeordnet werden, dass die Auswirkungen von räumlichen Inhomogenitäten der Konzentration in der Probenluft im Vergleich zu anderen Unsicherheitsbeiträgen vernachlässigbar sind.

Beide Verfahren müssen unter Bedingungen durchgeführt werden, die die praktische Anwendung im Feld widerspiegeln, z. B. Kalibrierintervalle, Prüfungen der Volumenströme, Analyse von Blindwertproben.

Im Verlauf der Prüfungen müssen folgende Angaben erfasst und aufgezeichnet werden:

- k) Verfahren, Vorrichtungen und Zeitintervalle der Kalibrierung;
- l) (Ergebnisse von) Qualitätsüberprüfungen;
- m) besondere Ereignisse/Situationen, die die Messergebnisse beeinflussen können;
- n) während der Prüfungen vorliegende standortspezifische Bedingungen (Staubzusammensetzung, Luftfeuchte und -temperatur, Windgeschwindigkeit).

7.5.3 Nullpunktprüfungen

Während des normalen Betriebs sind über einen hinreichenden Zeitraum regelmäßige Prüfungen des Messwertes der AMS am Nullpunkt unter Anwendung eines geeigneten Verfahrens zur Bereitstellung von Nullluft für die AMS durchzuführen. Anweisungen des Herstellers sind zu berücksichtigen. Ein angemessenes Verfahren zur Erzeugung von Nullluft besteht in der Probenahme aus der Außenluft durch ein Leerfilter (HEPA), das anstelle des üblichen Probenahmeeinlasses am Einlass der AMS angebracht ist. Die Nullpunktprüfung muss mindestens 24 h dauern.

Die Prüfungen sind mindestens zu Beginn und am Ende jedes der 4 Vergleiche vorzunehmen.

Während der Prüfungen darf der absolute Messwert der AMS am Nullpunkt das in Tabelle 1 angeführte Kriterium nicht überschreiten.

7.5.4 Aufzeichnung der Betriebsparameter

Während der Prüfungen muss die AMS in der Lage sein, Betriebszustände durch Statussignale — mindestens — der folgenden Parameter telemetrisch zu übermitteln:

- a) Volumenstrom;
- b) Druckabfall über das Probenahmefilter (falls zutreffend);
- c) Probenahmedauer;
- d) Probenvolumen (falls zutreffend);
- e) Massenkonzentration der betreffenden Staubfraktion(en);
- f) Außenlufttemperatur;
- g) Außenluftdruck;
- h) Lufttemperatur in der Messstrecke;
- i) Temperatur des Probeneinlasses, wenn ein beheizter Probeneinlass angewendet wird;

Falls verfügbar, sind die Ergebnisse von automatischen Funktionskontrollen aufzuzeichnen.

7.5.5 Tagesmittelwerte

Die AMS muss die Bildung von Tagesmittelwerten ermöglichen. Wenn ein 24 h Mittelwert auf aggregierten Ergebnissen mit einer kürzeren Mittelungszeit beruht, muss der prozentuale Anteil dieser Werte, der zur Berechnung des 24 h Mittelwertes zur Verfügung steht, mindestens 75 % betragen.

7.5.6 Verfügbarkeit

Der ordnungsgemäße Betrieb der Messgeräte muss mindestens einmal an jedem Arbeitstag geprüft werden. Diese tägliche Prüfung umfasst Plausibilitätsprüfungen der Messwerte, der Statussignale und anderer relevanter Parameter (siehe 7.5.4). Zeitpunkt, Dauer und Art von Betriebsstörungen sind aufzuzeichnen.

Zur Berechnung der Verfügbarkeit wird die gesamte Zeitspanne in der Feldprüfung verwendet, während der valide Messdaten für die Außenluftkonzentrationen gewonnen werden. Dabei darf die für planmäßige Kalibrierungen, Nullpunktprüfungen und Wartungsarbeiten (Reinigung, Austausch von Verbrauchsmaterialien) aufgewendete Zeit nicht einbezogen werden.

Die Verfügbarkeit wird wie folgt berechnet:

$$A = \frac{t_{\text{valid}} + t_{\text{cal,maint}}}{t_{\text{field}}} \quad (1)$$

Dabei ist

- t_{valid} die Zeitspanne, während der valide Daten erfasst werden;
- $t_{\text{cal,maint}}$ die für planmäßige Kalibrierungen und Wartungsarbeiten aufgewendete Zeit;
- t_{field} die Gesamtdauer der Feldprüfung.

Die Verfügbarkeit muss das in Tabelle 1 angegebene relevante Leistungskriterium erfüllen.

7.5.7 Wartungsintervall

Das Wartungsintervall ist der längste Zeitraum ohne Eingriff nach der Empfehlung des Herstellers. Während dieses Zeitraums bedarf die AMS keiner Wartung oder Einstellung. Das Prüflabor muss sicherstellen, dass die AMS über diese Periode keinerlei Wartung oder Einstellung benötigt. Sofern sich herausstellt, dass die Wartungsperiode kürzer ist als empfohlen, müssen die Empfehlungen des Herstellers überarbeitet werden.

7.5.8 Datenauswertung

7.5.8.1 Allgemeines

Ein Flussdiagramm für das Bewertungsverfahren ist in Bild 1 angeführt, in dem die nachfolgenden Schritte erläutert werden.

7.5.8.2 Eignung der Daten

Die Daten dürfen nur dann aus den Referenz- oder AMS-Datensätzen entfernt werden, wenn fachliche oder plausible Gründe dafür vorliegen. Die entfernten Daten und die Gründe für deren Entfernung sind zu dokumentieren.

Es ist bekannt, dass bei Anwendung des Referenzverfahrens zeitweise Fehler aufgrund der manuellen Handhabung der Filter auftreten. Daher ist es zulässig, bis zu 2,5 % der als Ausreißer gegenüber den Referenzergebnissen anzusehenden Datenpaare zu entfernen, solange die Anzahl der validen Datenpaare je Vergleich ≥ 40 ist. Die entfernten Daten und die Gründe für deren Entfernung sind zu dokumentieren.

Aus dem gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % der mit dem Referenzverfahren erhaltenen Ergebnisse größer sein als:

- $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} ;
- $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$.

ANMERKUNG Sofern aufgrund niedriger Konzentrationen das Kriterium von 20 % der Ergebnisse von mehr als $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} bzw. mehr als $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$ nicht erfüllt werden kann, wird ein Minimum von 32 Datenpunkten oberhalb dieser Schwellenwerte als ausreichend angesehen.

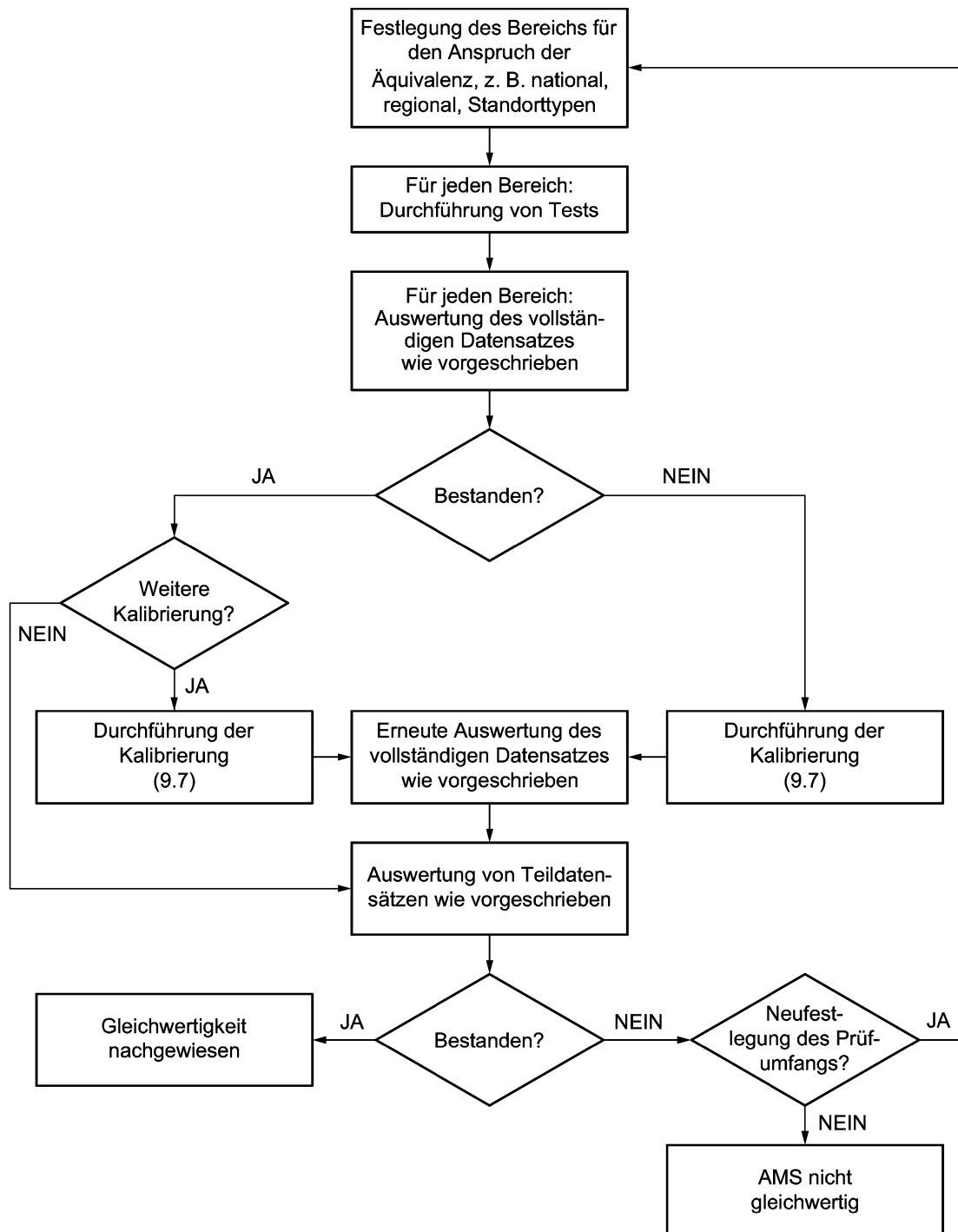


Bild 1 — Flussdiagramm zum Bewertungsverfahren von Daten aus der Feldprüfung

7.5.8.3 Unsicherheit zwischen den RM

Die Unsicherheit zwischen den RM, $u_{bs,RM}$, wird wie folgt aus den Differenzen aller 24 h Ergebnisse der parallel betriebenen Referenzgeräte berechnet:

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

Dabei ist/sind

$x_{i,1}$ und $x_{i,2}$ die Ergebnisse von parallelen Referenzmessungen für einen einzelnen 24 h Zeitraum i ;

n die Anzahl von 24 h Messergebnissen.

Eine Unsicherheit zwischen den RM von $> 1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist ein Hinweis auf eine unzureichende Leistung eines Gerätes oder beider Geräte. Es darf keine Eignungsanerkennung der AMS erfolgen, wenn das Kriterium von $\leq 1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht erfüllt ist.

7.5.8.4 Unsicherheit zwischen den AMS

Die Unsicherheit zwischen den AMS, $u_{bs,AMS}$, wird wie folgt aus den Differenzen aller 24 h Ergebnisse der parallel betriebenen AMS berechnet:

$$u_{bs,AMS}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i,1} - y_{i,2})^2}{2n} \quad (3)$$

Dabei ist/sind

$y_{i,1}$ und $y_{i,2}$ die Ergebnisse von parallelen AMS-Messungen für einen einzelnen 24 h Zeitraum i ;

n die Anzahl von 24 h Messergebnissen.

Die Unsicherheit zwischen den AMS ist zu bestimmen

- für alle Ergebnisse zusammen,
- für zwei Datensätze, erhalten durch Aufteilen des vollständigen Datensatzes nach Staubkonzentrationen: größer als oder gleich $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} bzw. Konzentrationen größer als oder gleich $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$.

Eine Unsicherheit zwischen den AMS von $> 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist ein Hinweis auf eine unzureichende Leistung eines Gerätes oder beider Geräte. Es darf keine Eignungsanerkennung der AMS erfolgen, wenn das Kriterium von $\leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht erfüllt ist.

7.5.8.5 Kalibrierfunktion (Abweichung von der Linearität)

Wenn die AMS und das Referenzverfahren vollständig gleichwertig sind, kann der Zusammenhang zwischen den Ergebnissen beider Verfahren theoretisch durch eine lineare Beziehung $y_i = x_i$ beschrieben werden. Da sich die Messgrößen beider Verfahren jedoch üblicherweise unterscheiden, wird angenommen, dass der Zusammenhang zwischen den Messergebnissen der AMS und des Referenzverfahrens durch eine lineare Beziehung der folgenden Form beschrieben werden kann:

$$y_i = a + bx_i \quad (4)$$

Dabei ist

- y_i das Ergebnis einer AMS für einen einzelnen 24 h Zeitraum i (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bei Außenluftbedingungen);
- x_i das (mittlere) Ergebnis des Referenzverfahrens für einen einzelnen 24 h Zeitraum i (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bei Außenluftbedingungen);
- a der Achsenabschnitt der Kalibrierfunktion;
- b die Steigung der Kalibrierfunktion.

In der Praxis ist die tatsächliche Beziehung zwischen den Messergebnissen der AMS und des Referenzverfahrens möglicherweise nicht immer linear.

Die Beziehung zwischen den Ergebnissen der AMS und den (mittleren) Ergebnissen des Referenzverfahrens wird für jede AMS unter Anwendung eines Regressionsverfahrens, das zu einer symmetrischen Behandlung beider Variablen führt, einzeln ermittelt. Eine gängige Technik ist die orthogonale Regression. Algorithmen zur Berechnung der Regressionskoeffizienten und deren Varianzen sind in Anhang B angeführt.

Die Beziehung wird getrennt ermittelt

- a) für alle Ergebnisse zusammen,
- b) für zwei Datensätze, erhalten durch Aufteilen des vollständigen Datensatzes nach Staubkonzentrationen: größer als oder gleich $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM₁₀ bzw. Konzentrationen größer als oder gleich $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{2,5}, vorausgesetzt, der Teilsatz enthält mindestens 40 valide Datenpaare;
- c) für Datensätze für jeden einzelnen Standort.

Bei PM_{2,5} muss eine Konzentration von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Ersatzwert für den Tagesgrenzwert verwendet werden.

ANMERKUNG Die nationale zuständige Behörde darf die Verwendung eines niedrigeren Wertes anstelle dieses „Ersatzwertes“ für den Tagesgrenzwert fordern.

Vorbedingungen für die Akzeptanz des vollständigen AMS-Datensatzes sind wie folgt:

- d) die Steigung b ist nicht signifikant von 1 verschieden, Prüfkriterium: $|b - 1| \leq 2u_b$;
- e) der Achsenabschnitt a ist nicht signifikant von 0 verschieden, Prüfkriterium: $|a| \leq 2u_a$.

Dabei ist

- u_b die Standardunsicherheit der Steigung b , berechnet als die Quadratwurzel aus der zugehörigen Varianz;
- u_a die Standardunsicherheit des Achsenabschnitts a , berechnet als die Quadratwurzel aus der zugehörigen Varianz.

Sofern die Prüfergebnisse zeigen, dass die Steigung signifikant von 1 und/oder der Achsenabschnitt signifikant von 0 abweicht, ist das Kandidatverfahren unter Anwendung der Werte zu kalibrieren, die für Steigung und/oder Achsenabschnitt aller Datenpaare gemeinsam erhalten wurden. Die Kalibrierung ist auf den vollständigen AMS-Datensatz und jeden der vorstehend festgelegten Teilsätze anzuwenden. In Anhang C wird die Durchführung der Kalibrierung erläutert.

Kalibrierungen brauchen nicht durchgeführt zu werden, wenn:

- f) der Wert der Steigung $0,980 \leq b \leq 1,020$ beträgt und/oder
- g) der Wert des Achsenabschnitts $-1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq a \leq 1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beträgt oder
- h) die Einführung von zusätzlichen Unsicherheitstermen zu einer nicht signifikanten Änderung der kombinierten Unsicherheit der AMS führt (siehe 7.5.8.6.2 bis 7.5.8.6.4) oder
- i) zwischen den Unsicherheitsbereichen von RM und CM Überlappung auftritt.

7.5.8.6 Unsicherheit der Ergebnisse der AMS

7.5.8.6.1 Keine Korrektur um Steigung und Achsenabschnitt

Zur Bewertung der Unsicherheit der Ergebnisse der AMS wird die folgende Beziehung angewendet:

$$u_{yi}^2 = \frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2 + [a + (b-1)L]^2 \quad (5)$$

Dabei ist

- u_{yi} die Unsicherheit des AMS-Messergebnisses y_i ;
- RSS die sich aus der orthogonalen Regression ergebende Restsumme der Fehlerquadrate;
- n die für die Regression verwendete Anzahl von Datenpaaren;
- u_{RM} die zufällige Unsicherheit des Referenzverfahrens; u_{RM} wird berechnet als $u_{bs,RM}/\sqrt{2}$, wobei $u_{bs,RM}$ die Unsicherheit zwischen Probenahmevorrichtung/Messgerät beim Referenzverfahren ist, berechnet nach Gleichung (3) unter Verwendung der bei der Doppelbestimmung im Referenzverfahren erhaltenen Ergebnisse als Eingangswerte;
- L der Tagesgrenzwert für PM_{10} ($50 \mu g/m^3$) bzw. der Ersatz-Tagesgrenzwert für $PM_{2,5}$ ($30 \mu g/m^3$).

ANMERKUNG Die nationale zuständige Behörde darf die Verwendung eines niedrigeren Wertes für $PM_{2,5}$ anstelle dieses „Ersatzwertes“ für den Tagesgrenzwert fordern.

Die Restsumme der Fehlerquadrate RSS wird wie folgt berechnet:

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \quad (6)$$

Der Term $\frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2$ stellt die zufällige Unsicherheit der Ergebnisse der AMS dar. Der Term $[a + (b-1)L]$ stellt die systematische Messabweichung beim Grenzwert der Ergebnisse der AMS dar.

7.5.8.6.2 Korrektur um Achsenabschnitt erforderlich

Wenn die Kalibrierfunktion um einen Achsenabschnitt zu korrigieren ist, der signifikant von 0 verschieden ist, wird zur Bewertung der Unsicherheit der Ergebnisse der AMS die folgende Beziehung angewendet:

$$u_{yi,corr}^2 = \frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2 + [c + (d-1)L]^2 + u_a^2 \quad (7)$$

Dabei ist/sind

- $u_{yi,corr}$ die Unsicherheit des nach der Korrektur erhaltenen AMS-Messergebnisses y_i (siehe Anhang C);
- c, d die neuen, nach der Korrektur erhaltenen Regressionskoeffizienten (siehe Anhang C).

Die RSS wird nun wie folgt berechnet:

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - c - dx_i)^2 \quad (8)$$

7.5.8.6.3 Korrektur um die Steigung erforderlich

Wenn die Kalibrierfunktion um eine Steigung zu korrigieren ist, die signifikant von 1 verschieden ist, wird zur Bewertung der Unsicherheit der Ergebnisse der AMS die folgende Beziehung angewendet:

$$u_{y_i, \text{corr}}^2 = \frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2 + [c + (d-1)L]^2 + L^2 u_b^2 \quad (9)$$

wobei die RSS nach Gleichung (9) berechnet wird.

7.5.8.6.4 Korrektur um Steigung und Achsenabschnitt erforderlich

Wenn die Kalibrierfunktion um eine Steigung zu korrigieren ist, die signifikant von 1 verschieden ist, und um einen Achsenabschnitt, der signifikant von 0 verschieden ist, wird zur Bewertung der Unsicherheit der Ergebnisse der AMS die folgende Beziehung angewendet:

$$u_{y_i, \text{corr}}^2 = \frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2 + [c + (d-1)L]^2 + u_a^2 + L^2 u_b^2 \quad (10)$$

wobei die RSS nach Gleichung (8) berechnet wird.

Gleichung (10) ist eine Vereinfachung, weil die Kovarianz zwischen Steigung und Achsenabschnitt nicht enthalten ist. Die sich ergebende Unsicherheit ist möglicherweise höher, als wenn ein Kovarianzterm eingefügt wird.

7.5.8.7 Relative Standardunsicherheit

Für die in 7.5.8.5 festgelegten Datensätze wird die kombinierte relative Unsicherheit der AMS bei dem betreffenden Grenzwert wie folgt berechnet:

$$w_{AMS}^2 = \frac{u_{y_i=L}^2}{L^2} \quad (11)$$

Dabei ist

$u_{y_i=L}$ die Unsicherheit bei dem betreffenden PM-Grenzwert (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$);

L der betreffende PM-Grenzwert (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Für PM_{10} ist in Formel (11) der Tagesgrenzwert anzusetzen. Für $\text{PM}_{2,5}$ ist ein Ersatzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu verwenden.

ANMERKUNG Die nationale zuständige Behörde darf die Verwendung eines niedrigeren Wertes für $\text{PM}_{2,5}$ anstelle dieses „Ersatzwertes“ für den Tagesgrenzwert fordern.

Der geeignete Wert von $u_{x_i=L}$ hängt von der Voraussetzung für die Anwendung von Korrekturen der Werte für Steigung und/oder Achsenabschnitt, die/der signifikant verschieden von 1 bzw. 0 ist, ab. In 7.5.8.6.1 bis 7.5.8.6.4 sind geeignete Gleichungen für jede Situation angeführt.

7.5.8.8 Erweiterte Unsicherheit

Für jeden der AMS-Datensätze wird die erweiterte relative Unsicherheit der Ergebnisse der AMS durch Multiplikation von w_{AMS} mit einem Erweiterungsfaktor k berechnet, der die entsprechende Anzahl von Freiheitsgraden widerspiegelt, die sich aus der Bestimmung von w_{AMS} ergibt:

$$W_{AMS} = k \cdot w_{AMS} \quad (12)$$

In Anbetracht der großen Anzahl von verfügbaren experimentellen Ergebnissen ist ein Erweiterungsfaktor $k = 2$ zu verwenden.