

DIN EN 14212

Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5.
ICS 13.040.20

Ersatz für
DIN EN 14212:2005-06

**Außenluft –
Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid
mit Ultraviolett-Fluoreszenz;
Deutsche Fassung EN 14212:2012**

Ambient air –
Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by
ultraviolet fluorescence;
German version EN 14212:2012

Air ambiant –
Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration de dioxyde de soufre par
fluorescence U.V.;
Version allemande EN 14212:2012

Gesamtumfang 106 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN 14212 wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 12 „Reference method for determination of SO₂/NO₂/O₃/CO in ambient air“ (Sekretariat und Obmannschaft: Niederlande) 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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14212:2005-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 1:
Hinweise, welche Abschnitte der Norm für welche Nutzergruppen relevant sind.
- b) Abschnitt 8.1 und Abschnitt 8.3:
Normative Verweisungen auf die Europäischen Normen EN 15267-1 und EN 15267-2.
- c) Abschnitt 8.4.2.3, Tabelle 4
Die Anforderungen bezüglich der Verunreinigungen im Nullgas wurden gelockert für andere Prüfungen als die mit Störkomponenten.
- d) Abschnitte 9.4 und 9.6:
Die Anforderungen für einige Leistungskenngrößen wurden verschärft. Zusätzliche Leistungskriterien und Prüfungen für die Wiederholpräzision beim Null- und Spanniveaue wurden aufgenommen.
- e) Abschnitt 9.5:
Gleichungen für die Softwarejustierung der Rohdaten des Messgeräts nach der Kalibrierung wurden aufgenommen.
- f) Abschnitt 9.9 (neu):
Allgemeine Hinweise zur Messunsicherheit.
- g) Abschnitt 11:
Festlegung höherer Anforderungen für Prüfberichte und Dokumentation.
- h) Ersatz des Anhangs C durch Verweis auf Richtlinie 2008/50/EG in Abschnitt 6.2.
- i) Anhang E.3 (vorher F.3):
Änderung der Gleichungen für die Berechnung der Einflussgrößen.
- j) Anhang G (neu):
Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb beim Tagesgrenzwert.
- k) Anhang E (vorher F) bis Anhang H:
Geänderte und zusätzliche Beispielrechnungen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 14212: 2005-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

VDI 4202 Blatt 1, *Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung — Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen*

VDI 4203 Blatt 1, *Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen — Grundlagen*

VDI 4203 Blatt 3, *Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen — Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Außenluft — Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz

Ambient air — Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence

Air ambiant — Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde de soufre par fluorescence U.V.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. Mai 2012 angenommen.

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

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

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



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Abkürzungen	11
5 Kurzbeschreibung	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Messprinzip	11
5.3 Eignungsprüfung	12
5.4 Feldbetrieb und Qualitätskontrolle	12
6 Probennahme	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Probennahmeort	13
6.3 Probennahmeeinrichtung	13
6.4 Steuerung und Regelung des Probenvolumenstroms	14
6.5 Pumpe für den Probengasverteiler	14
7 Messgerät	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Selektive Entfernung von Störkomponenten	15
7.3 Optische Einrichtung	15
7.4 Druckmessung	15
7.5 Volumenstromanzeiger	15
7.6 Probengaspumpe des Messgeräts	16
7.7 Interne Spangasquelle	16
7.8 Partikelfilter	16
8 Eignungsanerkennung von Schwefeldioxid-Messgeräten	16
8.1 Allgemeines	16
8.2 Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien	17
8.3 Änderungen am Messgerät	19
8.4 Verfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Laborprüfung	20
8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Feldprüfung	30
8.6 Eignungsanerkennung und Berechnung der Messunsicherheit	33
9 Feldbetrieb und laufende Qualitätskontrolle	34
9.1 Allgemeines	34
9.2 Eignungsbewertung	34
9.3 Erstinstallation	36
9.4 Laufende Qualitätssicherung/Qualitätskontrolle	37
9.5 Kalibrierung des Messgeräts	39
9.6 Prüfungen	40
9.7 Wartung	44
9.8 Datenhandhabung und Datenbericht	44
9.9 Messunsicherheit	45
10 Angabe der Ergebnisse	45
11 Prüfberichte und Dokumentation	45

	Seite
11.1 Eignungsprüfung	45
11.2 Feldbetrieb	46
Anhang A (normativ) Berechnung der Abweichung von der Linearität	48
Anhang B (informativ) Probennahmeeinrichtung	50
Anhang C (informativ) Ultraviolett-Fluoreszenz-Messgerät	52
Anhang D (informativ) Prüfung des Probengasverteilers	53
Anhang E (normativ) Eignungsanerkennung	55
Anhang F (informativ) Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb beim 1-Stunden-Grenzwert	73
Anhang G (informativ) Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb beim Tagesgrenzwert	81
Anhang H (informativ) Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb beim kritischen Jahreswert	91
Anhang I (informativ) Signifikante technische Änderungen	101
Literaturhinweise	102

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14212:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2013, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2013 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 14212:2005.

Die gegenüber EN 14212:2005 durchgeführten technischen Änderungen sind im Anhang I dieser Europäischen Norm aufgelistet.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein kontinuierliches Ultraviolett-Fluoreszenz-Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid in Luft fest. Es nennt die Leistungskenngrößen und legt die Mindestanforderungen für die Eignungsprüfung von Ultraviolett-Fluoreszenz-Messgeräten fest. Es beinhaltet auch die Bewertung der Eignung eines Messgeräts für den Einsatz an einem bestimmten ortsfesten Messstandort bezüglich der Anforderungen an die Datenqualität nach Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG [1] und bezüglich der Anforderungen für Probennahme, Kalibrierung und Qualitätssicherung.

Das Verfahren ist anwendbar zur Bestimmung der Massenkonzentration von Schwefeldioxid in Außenluft bis $1\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dieser Konzentrationsbereich entspricht dem Zertifizierungsbereich für die Eignungsprüfung.

ANMERKUNG 1 Je nach Konzentrationsniveau in der Luft können auch andere Bereiche gewählt werden.

ANMERKUNG 2 Wird diese Norm für andere Zwecke als für Messungen nach Richtlinie 2008/50/EG eingesetzt, dann brauchen die Anforderungen hinsichtlich Anwendungsbereich und Unsicherheit nicht zur Geltung kommen.

Das Verfahren umfasst die Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid an Standorten, die als ländlich, städtischer Hintergrund, verkehrsbezogen und durch industrielle Quellen beeinflusst klassifiziert sind.

Die Ergebnisse werden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bei $20\ ^\circ\text{C}$ und $101,3\ \text{kPa}$) angegeben.

ANMERKUNG 3 $1\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ an SO_2 entsprechen $376\ \text{nmol}/\text{mol}$ an SO_2 .

Diese Norm enthält Informationen für verschiedene Nutzergruppen.

Die Abschnitte 5 bis 7 und die Anhänge C und D enthalten allgemeine Informationen über die Grundlagen der Schwefeldioxid-Messung mit einem Ultraviolett-Fluoreszenz-Messgerät sowie über die Probennahmeeinrichtung.

Abschnitt 8 und Anhang E richten sich speziell an Prüfinstitute und -laboratorien, die Eignungsprüfungen von Schwefeldioxid-Messgeräten durchführen. Diese Abschnitte enthalten Informationen über

- Prüfbedingungen, -verfahren und -anforderungen bei der Eignungsprüfung;
- Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Messgeräts;
- die Bewertung der Ergebnisse der Eignungsprüfung;
- die Bewertung der Unsicherheit der Messergebnisse des Schwefeldioxid-Messgeräts anhand der Eignungsprüfungsergebnisse.

Die Abschnitte 9 bis 11 und die Anhänge F und G richten sich an die Betreiber von Messnetzen, mit denen Schwefeldioxid-Messungen in Luft durchgeführt werden. Diese Abschnitte enthalten Informationen über

- die Erstinstallation des Messgeräts im Messnetz und Eignungsbewertung;
- die laufende Qualitätssicherung und -kontrolle;
- die Berechnung und Übermittlung der Messergebnisse;
- die Bewertung der Unsicherheit der Messergebnisse unter Messbedingungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument 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 15267-1, *Luftbeschaffenheit — Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen — Teil 1: Grundlagen*

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

EN ISO 6142, *Gasanalyse — Herstellung von Prüfgasen — Wägeverfahren (ISO 6142)*

EN ISO 6143, *Gasanalyse — Vergleichsverfahren zur Bestimmung und Überprüfung der Zusammensetzung von Kalibriergasgemischen (ISO 6143)*

EN ISO 6144, *Gasanalyse — Herstellung von Prüfgasen — Volumetrisch-statistisches Verfahren (ISO 6144)*

EN ISO 6145-6, *Gasanalyse — Herstellung von Kalibriergasgemischen mit Hilfe von dynamisch-volumetrischen Verfahren — Teil 6: Kritische Düsen (ISO 6145-6)*

EN ISO 6145-7, *Gasanalyse — Herstellung von Kalibriergasgemischen mit Hilfe von dynamisch-volumetrischen Verfahren — Teil 7: Thermische Massendurchflussregler (ISO 6145-7)*

EN ISO 6145-10, *Gasanalyse — Herstellung von Kalibriergasgemischen mit Hilfe von dynamisch-volumetrischen Verfahren — Teil 10: Permeationsverfahren (ISO 6145-10)*

EN ISO 14956, *Luftbeschaffenheit — Beurteilung der Eignung eines Messverfahrens durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit (ISO 14956)*

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025)*

ENV 13005, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Justierung

Reihe von Tätigkeiten, die an einem Messsystem ausgeführt werden, sodass dieses festgelegte Anzeigen liefert, die Werten einer zu messenden Größe entsprechen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu den Justierungsarten eines Messsystems gehören Nullpunktjustierung eines Messsystems, Offset-Justierung und Kennwertjustierung (manchmal auch Verstärkungsjustierung genannt).

Anmerkung 2 zum Begriff: Justierung eines Messsystems sollte nicht mit Kalibrierung verwechselt werden, die eine Voraussetzung für Justierung ist.

[QUELLE: JCGM 200:2012 (VIM) [2]]

Anmerkung 3 zum Begriff: Im Zusammenhang mit dieser Norm wird Justierung in der Regel an Messdaten und nicht am Messgerät durchgeführt.

3.2

Luft

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: 2008/50/EG [1]]

3.3

Messgerät

Messeinrichtung, die ein Ausgangssignal als Funktion der Konzentration, des Partialdrucks, des Volumenstroms oder der Temperatur einer oder mehrerer Komponenten einer Gasmischung liefert

3.4

Verfügbarkeit des Messgeräts

Teil der Zeitspanne, für den valide Messdaten eines Messgeräts für Außenluftkonzentrationen verfügbar sind

3.5

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 Angabe, 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, das oft fälschlicherweise „Selbst-Kalibrierung“ genannt wird, und auch nicht mit Verifizierung der Kalibrierung.

Anmerkung 3 zum Begriff: Oft wird nur der erste Schritt in der obigen Definition als Kalibrierung angesehen.

[QUELLE: JCGM 200:2012 (VIM) [2]]

Anmerkung 4 zum Begriff: Im Zusammenhang mit dieser Norm ist Kalibrierung ein Vergleich des Signals des Messgeräts mit einer bekannten Gaskonzentration bekannter Unsicherheit, wenn die aus diesem Vergleich gewonnene Information für eine gegebenenfalls erforderliche nachfolgende Justierung des Messgeräts verwendet wird.

3.6

Zertifizierungsbereich

Konzentrationsbereich, für den das Messgerät eignungsgeprüft ist

3.7

Prüfung

Verifizierung, dass das Messgerät innerhalb festgelegter Leistungsgrenzen arbeitet

3.8

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]

3.9

Erweiterungsfaktor

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

[QUELLE: ENV 13005:1999]

3.10

benannte Stelle

Stelle, die durch die zuständige Behörde in den Mitgliedstaaten für eine spezielle Aufgabe (Eignungsprüfungen und/oder Qualitätssicherungs-/Qualitätskontrollmaßnahmen im Feld) benannt wurde

3.11

Nachweisgrenze

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Nachweisgrenze wird berechnet als $3,3 \times (s_z/B)$, wobei s_z die Standardabweichung des Signals des Messgeräts bei der Konzentration null der Messgröße (siehe 8.4.5) und B die Steigung der Kalibrierfunktion ist [3].

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 vernünftigerweise zugeordnet werden könnten

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Anteil kann als Überdeckungswahrscheinlichkeit oder Vertrauensniveau 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, kann nur in dem Maße bekannt sein, wie solche Annahmen gerechtfertigt sind.

[QUELLE: ENV 13005:1999]

Anmerkung 3 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Norm ist die erweiterte Messunsicherheit die mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ multiplizierte, kombinierte Standardunsicherheit, d. h. ein Intervall mit einem Vertrauensniveau von 95 %.

3.13

Abfallzeit

Differenz zwischen Einstellzeit (Abfall) und Totzeit (Abfall)

3.14

unabhängige Messung

Einzelmessung, die nicht durch eine vorausgehende Einzelmessung beeinflusst ist, da diese durch mindestens vier Einstellzeiten voneinander getrennt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Es gilt der größere der Werte für Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall).

3.15

Einzelmessung

über eine der Einstellzeit des Messgeräts entsprechende Zeitspanne gemittelte Messung

Anmerkung 1 zum Begriff: Es gilt der größere der Werte für Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall).

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Definition unterscheidet sich von dem Konzept der „Einzelmessung“ nach Richtlinie 2008/50/EG [1].

3.16

Einflussgröße

Größe, die nicht Messgröße ist, jedoch das Messergebnis beeinflusst

[QUELLE: ENV 13005:1999]

3.17

Störkomponente

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

3.18

Abweichung von der Linearität

(en.: „lack of fit“)

größte Abweichung des Mittelwerts einer Reihe von bei gleicher Konzentration durchgeführten Messungen von der linearen Regressionsgeraden

3.19

Totzeit

Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt einer sprunghaften Änderung der Probenkonzentration am Einlass des Messgeräts und dem Zeitpunkt, an dem die Messwertanzeige einen Wert erreicht, der einer zuvor festgelegten Änderung der stabilen Messwertanzeige entspricht

3.20

Grenzwert

Wert, der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnis 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 erreicht werden muss und danach nicht überschritten werden darf

[QUELLE: 2008/50/EG]

3.21

Langzeitdrift

Differenz der Messwertanzeigen für Null- bzw. Spangas über eine bestimmte Zeitspanne (z. B. Kontrollintervall)

3.22

Messstation

Räumlichkeit im Feld, in dem ein Messgerät zur Messung eines Luftschadstoffs oder mehrerer Luftschadstoffe installiert ist

3.23

Parallelmessungen

Messungen mit verschiedenen Messgeräten am selben Probengasverteiler, die zur gleichen Zeit beginnen und zur gleichen Zeit enden

3.24

Leistungskenngröße

einer der Parameter, die die Leistungsfähigkeit einer Messeinrichtung kennzeichnen

3.25

Leistungskriterium

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

3.26

Kontrollintervall

Zeitspanne, in der die Drift das Leistungskriterium für die Langzeitdrift erfüllt

3.27

Wiederholpräzision (von Messergebnissen)

Ausmaß der gegenseitigen Annäherung zwischen Ergebnissen aufeinander folgender Einzelmessungen derselben Messgröße, ausgeführt unter denselben Bedingungen

ANMERKUNG Diese Bedingungen werden Wiederholbedingungen genannt und umfassen:

- a) dieselbe Messdurchführung;
- b) denselben Beobachter;
- c) dasselbe Messgerät, benutzt unter denselben Bedingungen;
- d) denselben Ort;
- e) Wiederholung innerhalb einer kurzen Zeitspanne.

3.28

Vergleichpräzision unter Feldbedingungen

Ausmaß der gegenseitigen Annäherung zwischen Ergebnissen gleichzeitiger Messungen von Luft mit zwei Messgeräten, ausgeführt unter denselben Bedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Bedingungen werden Vergleichbedingungen im Feld genannt und umfassen:

- a) dieselbe Messdurchführung;
- b) zwei identische Messgeräte, benutzt unter denselben Bedingungen;
- c) dieselbe Messstation;
- d) das Kontrollintervall.

3.29

Verweilzeit im Messgerät

Zeitspanne, in der die Probenluft vom Einlass des Messgeräts zur Reaktionskammer transportiert wird

3.30

Verweilzeit in der Probennahmeeinrichtung

Zeitspanne, in der die Probenluft zum Einlass des Messgeräts überführt wird

3.31

Einstellzeit

Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt einer sprunghaften Änderung der Probenkonzentration am Einlass des Messgeräts und dem Zeitpunkt, an dem die Messwertanzeige ein Niveau erreicht, das einer zuvor festgelegten Änderung der stabilen Messwertanzeige entspricht

3.32

Probenluft

Teil der Außenluft, der durch den Probeneinlass und die Probennahmeeinrichtung für eine nachfolgende Messung überführt wird

3.33

Probengastemperatur

Temperatur des Probengases am Probeneinlass

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Probengas“ kann sich auf ein bei der Eignungsprüfung verwendetes Prüfgas oder auf zum Messgerät überführte Außenluft beziehen.

3.34

Probennahmeeinrichtung

Anordnung von Bauteilen für die Überführung der Außenluft zum Messgerät

3.35

Kurzzeitdrift

Differenz der Messwertanzeigen für Null- bzw. Spangas zu Beginn und am Ende einer Zeitspanne von 12 h

3.36

Standardunsicherheit

als Standardabweichung ausgedrückte Unsicherheit eines Messergebnisses

[QUELLE: ENV 13005:1999]

3.37

Umgebungstemperatur

Temperatur der das Messgerät direkt umgebenden Luft

3.38

Gesamtverweilzeit

Summe der Verweilzeit in der Probennahmeeinrichtung und der Verweilzeit im Messgerät

3.39

Eignungsanerkennung

Entscheidung einer benannten Stelle, dass das Baumuster eines Messgeräts festgelegten Anforderungen entspricht

3.40

Eignungsprüfung

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

3.41

(Mess)unsicherheit

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

[QUELLE: ENV 13005:1999]

4 Abkürzungen

FEP	Perfluorethylenpropylen
MFC	Massenflussregler
PTFE	Polytetrafluorethylen

5 Kurzbeschreibung

5.1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt das Verfahren zur Messung von Schwefeldioxid in Luft mittels UV-Fluoreszenz (UV = Ultraviolett). Die Anforderungen, die spezifischen Bauteile des UV-Fluoreszenz-Messgeräts und seine Probennahmeeinrichtung werden beschrieben. Die relevanten Leistungskenngrößen und die zugehörigen Mindestanforderungen werden angegeben. Die tatsächlichen Werte dieser Leistungskenngrößen eines bestimmten Gerätetyps müssen mit einer Eignungsprüfung bestimmt werden; die Prüfverfahren hierfür werden beschrieben. Die Eignungsprüfung umfasst Prüfungen im Labor und im Feld. Die Auswahl eines eignungsgeprüften Messgeräts für eine spezifische Messaufgabe im Feld basiert auf der Berechnung der erweiterten Messunsicherheit des Messverfahrens. Zur Berechnung dieser erweiterten Messunsicherheit werden die tatsächlichen Werte der Leistungskenngrößen des eignungsgeprüften Messgeräts und die lokalen Bedingungen an der Messstation herangezogen (siehe 9.6). Die erweiterte Messunsicherheit darf nach Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG [1] 15 % für ortsfeste Messungen oder 25 % für orientierende Messungen nicht überschreiten. Anforderungen und Empfehlungen zur Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle für Messungen im Feld werden angegeben (siehe 9.4).

5.2 Messprinzip

Die UV-Fluoreszenz basiert auf der Lichtemission von durch UV-Strahlung angeregten SO₂-Molekülen, wenn diese in ihren Grundzustand zurückkehren.

Der erste Reaktionsschritt ist



Im zweiten Schritt kehrt das angeregte SO₂*-Molekül dann unter Emission der Energie $h\nu'$ nach der Reaktion



in seinen Grundzustand zurück. Die Intensität der Fluoreszenzstrahlung ist proportional zur Anzahl der SO₂-Moleküle im Detektionsvolumen und damit proportional zur SO₂-Konzentration.

Deshalb gilt

$$F = k \cdot c_{\text{SO}_2} \quad (3)$$

Dabei ist

F die Intensität der Fluoreszenzstrahlung;

k der Proportionalitätsfaktor;

c_{SO_2} die SO₂-Konzentration.

Bevor die Luftprobe in das Fluoreszenz-Messgerät gelangt, wird sie durch ein Filter geleitet, um Störungen durch Partikel auszuschließen.

Um Störungen durch gegebenenfalls vorhandene aromatische Kohlenwasserstoffe zu verhindern, wird die Probenluft durch einen Kohlenwasserstoff-Scrubber geleitet.

Die Probenluft wird dann in eine Reaktionskammer geleitet, in der sie mit UV-Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 200 nm und 220 nm bestrahlt wird. Die im Wellenlängenbereich zwischen 240 nm und 420 nm emittierte UV-Fluoreszenzstrahlung wird optisch gefiltert und dann durch einen UV-Detektor, zum Beispiel einen Photomultiplier, in ein elektrisches Signal umgewandelt.

Das Signal des Messgeräts ist proportional zur Anzahl der SO₂-Moleküle in der Reaktionskammer. Deshalb müssen sowohl Temperatur als auch Druck konstant gehalten werden, oder die Messwerte müssen korrigiert werden, falls sich diese Parameter ändern.

Die Konzentration von Schwefeldioxid wird direkt in Volumen/Volumen-Einheiten gemessen, falls das Messgerät mit einem Volumen/Volumen-Standard kalibriert ist. Die Endergebnisse im Messbericht werden in µg/m³ angegeben, wobei Standardumrechnungsfaktoren (siehe Abschnitt 10) verwendet werden.

5.3 Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung beruht auf der Bewertung von Leistungskenngrößen, die mit vorgeschriebenen Prüfverfahren bestimmt werden. In dieser Europäischen Norm werden Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen von mindestens zwei Messgeräten in der Laborprüfung und denselben Messgeräten in der Feldprüfung beschrieben, wobei die Geräte in beiden Fällen parallel betrieben werden. Die Laborprüfungen beziehen den Probeneinlass, die Probennahmeeinrichtung und ein externes Datenerfassungssystem nicht ein, wohl aber die Probennahmeleitung des Messgeräts und das Filter. Die Feldprüfung kann den Probeneinlass und die Probennahmeeinrichtung einbeziehen, der Einfluss dieser Komponenten auf die Prüfergebnisse ist aber durch sachgerechte Wartung zu minimieren.

Diese Prüfungen sind von einer benannten Stelle durchzuführen. Die Bewertung der Ergebnisse bezüglich der Eignungsanerkennung des Messgeräts beruht auf der Berechnung der erweiterten Messunsicherheit, die aus den numerischen Werten der relevanten Leistungskenngrößen abgeleitet und mit einer vorgegebenen maximal zulässigen Unsicherheit verglichen wurde.

Die Eignungsanerkennung eines Messgeräts sowie die nachfolgenden Qualitätssicherungs- und Qualitätskontrollmaßnahmen belegen, dass die in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG [1] bezüglich der Datenqualität definierten Anforderungen erfüllt werden können.

Der experimentelle Nachweis erfolgt durch

- Eignungsprüfungen, die unter den Bedingungen des beabsichtigten Einsatzes des festgelegten Messverfahrens durchgeführt werden, und
- die Berechnung der erweiterten Messunsicherheit unter Bezug auf ENV 13005.

5.4 Feldbetrieb und Qualitätskontrolle

Vor der Installation und dem Betrieb eines eignungsgeprüften Messgeräts in einer Messstation ist die erweiterte Messunsicherheit anhand der bei der Eignungsprüfung ermittelten Werte der Leistungskenngrößen und der lokalen Bedingungen an der Messstation zu berechnen. Mit dieser Berechnung ist nachzuweisen, dass das eignungsgeprüfte Messgerät die Anforderungen für alle zutreffenden Grenzwerte unter den Randbedingungen in dieser bestimmten Messstation erfüllt.

Nach der Installation des eignungsgeprüften Messgeräts in der Messstation ist sein ordnungsgemäßer Betrieb zu prüfen.

Um sicherzustellen, dass die Unsicherheit der nachfolgenden im Feld erhaltenen Messergebnisse den zulässigen Wert einhält, werden entsprechende Anforderungen zur Qualitätssicherung und -kontrolle beim Betrieb und bei der Wartung der Probennahmeeinrichtung und des Messgeräts gestellt.

6 Probennahme

6.1 Allgemeines

Je nach Anordnung des UV-Fluoreszenz-Messgeräts in der Messstation kann eine eigene Probennahmeleitung verwendet werden. Alternativ kann die Probennahme über einen gemeinsamen Probeneinlass mit einem Probengasverteiler, an den weitere Geräte angeschlossen werden können, erfolgen. Die Betriebsbedingungen und die Bauweise der Probennahmeeinrichtung tragen zur Messunsicherheit bei. Mit den in den folgenden Abschnitten genannten Anforderungen an die Probennahmeeinrichtung kann dieser Beitrag zur erweiterten Messunsicherheit minimiert werden.

ANMERKUNG Im Anhang B sind unterschiedliche Anordnungen schematisch dargestellt.

Die folgenden Faktoren können infolge der Ab- oder Zunahme der Schwefeldioxid-Konzentration zur Messunsicherheit beitragen, wenn die Probennahme als integraler Bestandteil der Messung betrachtet wird:

- Verlust von Schwefeldioxid in der Probennahmeeinrichtung;
- Verlust von Schwefeldioxid im Partikelfilter;

Diese Faktoren sind als relevant erkannt, können wegen des Fehlens geeigneter Bewertungsverfahren zurzeit aber nicht quantifiziert werden. Demzufolge werden ihre Beiträge bei der nach dieser Norm durchgeführten Unsicherheitsbewertung nicht berücksichtigt. Ihr Einfluss wird durch Mindestanforderungen (siehe 6.3), geeignete Qualitätssicherungs- und -kontrollmaßnahmen (siehe 9.4 bis 9.6) sowie Wartungsarbeiten (siehe 9.7) minimiert.

6.2 Probennahmeort

Der Ort für Probennahme und Analyse wird nicht vorgegeben, da dieser durch die Kategorie der Messstation bedingt wird (z. B. ländliches Gebiet oder Gebiet mit städtischem Hintergrund). Eine Anleitung sowie Kriterien für die Festlegung von Probennahmestellen sind in Anhang III der Richtlinie 2008/50/EG [1] angegeben.

6.3 Probennahmeeinrichtung

6.3.1 Aufbau

Die Probennahmeeinrichtung muss über einen Probeneinlass verfügen und kann zusätzlich die folgenden Bauteile enthalten:

- eine Probennahmeleitung oder einen Probengasverteiler;
- ein Partikelfilter zwischen Probennahmeleitung oder Probengasverteiler und Messgerät;
- eine Probengaspumpe, wenn ein Probengasverteiler verwendet wird.

Der Probeneinlass muss so konstruiert sein, dass kein Regenwasser in die Probennahmeeinrichtung eindringen kann. Die Probennahmeleitung oder der Probenverteiler müssen so kurz wie praktisch möglich sein, um die Verweilzeit zu minimieren.

Falls ein Probengasverteiler eingesetzt wird, ist eine zusätzliche Pumpe erforderlich, deren Leistung ausreicht, um die in den vorangegangenen Abschnitten für die Probennahme genannten Anforderungen zu erfüllen (siehe auch 6.5 und Anhang C).

Das Material des Probeneinlasses, der Probennahmeleitung oder des Probengasverteilers kann die Zusammensetzung der Probe beeinflussen. Deshalb sind Materialien wie Polytetrafluorethylen (PTFE), Perfluorethylenpropylen (FEP), Borsilikatglas oder nicht rostender Stahl zu verwenden. Die auf das Material des Probeneinlasses und der Leitung oder des Probengasverteilers zurückgehenden Verluste an Schwefeldioxid müssen < 2,0 % sein.

ANMERKUNG Dieser Wert kann bei Befolgung der Empfehlungen zur Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle (siehe Abschnitt 9) eingehalten werden.

Zur Vermeidung von Kondensationen können Probennahmeleitung oder Probengasverteiler mäßig beheizt werden. Kondensationen können bei hoher Außentemperatur und/oder Feuchte auftreten.

Der Einfluss des durch den Probeneinlass, die Probennahmeleitung oder den Probengasverteiler sowie das Filter verursachten Druckabfalls auf die gemessenen Konzentrationen muss $\leq 1,0 \%$ sein.

6.3.2 Partikelfilter

Zwischen Probennahmeleitung oder Probengasverteiler und dem Einlass des Messgeräts ist ein Partikelfilter zu installieren. Es muss alle Partikel zurückhalten, die das Leistungsvermögen des Messgeräts beeinträchtigen könnten. Es muss aus PTFE gefertigt sein. Das Material des Filtergehäuses muss gegenüber Schwefeldioxid inert sein.

ANMERKUNG 1 Das Filter kann sich im Messgerät befinden (siehe 7.8) oder außerhalb. Falls das Messgerät ein eingebautes Filter enthält, ist kein externes Filter erforderlich.

ANMERKUNG 2 Filter mit einer Porengröße von $5 \mu\text{m}$ erfüllen üblicherweise diese Anforderung.

ANMERKUNG 3 Geeignete Materialien für das Filtergehäuse sind z. B. PTFE, nichtrostender Stahl und Borsilikatglas.

Das Partikelfilter ist vor der Verwendung für Messungen zu konditionieren. Es muss regelmäßig ausgewechselt werden, wobei die Häufigkeit des Wechsels von der Staubbelastung an der Probennahme-stelle abhängt (siehe 9.7). Das Filtergehäuse ist mindestens alle sechs Monate zu reinigen. Eine Überladung des Partikelfilters kann Schwefeldioxidverluste durch Adsorption an den Partikeln verursachen und den Druckabfall in der Probennahmeleitung vergrößern.

6.3.3 Verlust von Schwefeldioxid

Je nach Anordnung des Partikelfilters kann die Probennahmeeinrichtung durch Staubablagerungen verunreinigt werden, was zu Schwefeldioxid-Verlusten führen kann. Die Probennahmeeinrichtung muss mit einer von den lokalen Bedingungen abhängenden Regelmäßigkeit gereinigt werden (siehe 9.4.2).

6.3.4 Konditionierung

Die Probennahmeeinrichtung und das Partikelfilter müssen bei der Erstinstallation und nach jeder Reinigung durch eine mindestens 30-minütige Probennahme von Luft beim Nennvolumenstrom konditioniert werden, um eine vorübergehende Abnahme der gemessenen Schwefeldioxid-Konzentration zu vermeiden. Die Konditionierung kann auch bereits im Labor vor der Installation erfolgen.

Die Konditionierungsphasen dürfen nicht in die Berechnung der Verfügbarkeit des Messgeräts bei der Eignungsprüfung (siehe 8.5.7) eingehen.

ANMERKUNG Die Konditionierung während des Feldbetriebs ist als Teil der Wartungsarbeiten zu sehen. Folglich sind die während der Konditionierung gemessenen Konzentrationen nicht in die Berechnung der Datenerfassung, der Stunden- und Jahresmittelwerte einzubeziehen

6.4 Steuerung und Regelung des Probenvolumenstroms

Der Probenvolumenstrom in das Messgerät muss im Rahmen der Angaben des Geräteherstellers liegen.

ANMERKUNG Der Volumenstrom in das UV-Fluoreszenz-Messgerät wird üblicherweise durch Drosseln gesteuert.

6.5 Pumpe für den Probengasverteiler

Bei Verwendung eines Probengasverteilers ist eine Pumpe (oder eine ähnliche Vorrichtung, z. B. ein Ventilator) zur Probennahme der Luft und zum Durchsaugen der Probenluft durch den Probengasverteiler erforderlich. Der Einlass der Pumpe muss am Ende des Probengasverteilers angeordnet sein (siehe Anhang B). Die Pumpe muss eine ausreichende Leistung aufweisen, um sicherzustellen, dass alle an den Probengasverteiler angeschlossenen Messgeräte mit der erforderlichen Luftmenge versorgt werden und dass die Verweilzeit $\leq 5 \text{ s}$ ist. Zur Überwachung der Funktion dieser Pumpe wird die Installation eines Volumenstromalarmgebers empfohlen. Ein Beispiel für den Probengasverteiler wird im Anhang B vorgestellt.

Der Einfluss des durch diese Pumpe verursachten Druckabfalls auf die gemessene Konzentration muss $\leq 1,0 \%$ sein.

7 Messgerät

7.1 Allgemeines

Im Anhang C ist ein UV-Fluoreszenz-Messgerät schematisch dargestellt.

Das UV-Fluoreszenz-Messgerät besteht aus den in 7.2 bis 7.6 beschriebenen Hauptkomponenten.

7.2 Selektive Entfernung von Störkomponenten

Ein oder mehrere selektive Filter werden vor der Fluoreszenzzelle angeordnet, um störende Gase, z. B. aromatische Kohlenwasserstoffe, zu entfernen.

Diese selektiven Filter dürfen SO_2 nicht zurückhalten und müssen regelmäßig entsprechend den Angaben des Herstellers ausgewechselt werden.

Falls hohe H_2S -Konzentrationen in der Luft erwartet werden, sollte ein selektiver Scrubber verwendet werden.

7.3 Optische Einrichtung

Die optische Einrichtung besteht aus einer UV-Lampe, einer Fluoreszenzküvette, einem Referenzsensor und einem UV-Detektor.

Die Emission der UV-Lampe kann elektronisch oder mechanisch gepulst werden, um eine synchrone Detektion und Verstärkung des Signals zu ermöglichen. Die Lampe muss über eine stabilisierte Stromversorgung verfügen, um eine stabile Strahlungsemission sicherzustellen. Mit einem optischen Filter werden die Wellenlängen auf einen Bereich beschränkt, der die Anregung der Schwefeldioxid-Moleküle zulässt und die Störungen durch Wasserdampf, aromatische Kohlenwasserstoffe und Stickstoffmonoxid minimiert. Dieses Filter muss die Strahlung von Wellenlängen über 600 nm entfernen und dadurch die bei diesen Wellenlängen hervorgerufene UV-Fluoreszenz von ungesättigten Kohlenwasserstoffen minimieren.

Der Referenzsensor in der Verlängerung des Strahlengangs hinter der Reaktionskammer prüft die Konstanz der UV-Lampe und dient dazu, das Fluoreszenzsignal zu korrigieren oder die UV-Lampe zu regeln.

Die Fluoreszenzküvette muss aus einem gegenüber SO_2 und UV-Strahlung inerten Material hergestellt sein. Sie muss auf eine konstante Temperatur oberhalb des Wasserdampftaupunkts beheizt werden, um die Kondensation von Wasserdampf zu vermeiden und Temperaturschwankungen zu minimieren. Mit einer „optischen Falle“ in der Fluoreszenzküvette wird die Reflexion der UV-Strahlung verhindert.

Der UV-Detektor, zum Beispiel ein Photomultiplier, detektiert die von den SO_2 -Molekülen in der Fluoreszenzküvette emittierte Fluoreszenzstrahlung. Ein selektives optisches Filter vor dem Photomultiplier verringert den Einfluss der Streuung der einfallenden Strahlung.

Die optische Einrichtung muss in einem beheizten, temperaturgeregelten Gehäuse untergebracht sein.

7.4 Druckmessung

Das Ausgangssignal des Messgeräts ist proportional zur Dichte des SO_2 (Anzahl der SO_2 -Moleküle) in der Reaktionskammer und hängt vom Druck in der Kammer ab. Änderungen des inneren Drucks müssen gemessen und das Signal entsprechend korrigiert werden.

Das Signal ist auch in Bezug auf externe Druck- und Temperaturänderungen zu korrigieren. Signifikante Druckänderungen sind auf synoptische meteorologische Änderungen (bis $\pm 3\%$) oder die Höhe des Messorts (z. B. etwa 10 % Druckabnahme bei 800 m Höhenzunahme) zurückzuführen.

ANMERKUNG Eine der Hauptursachen für einen verringerten Druck in der Reaktionskammer ist ein Druckabfall in der Probennahmeleitung.

7.5 Volumenstromanzeiger

Das Messgerät muss mit einem Volumenstromanzeiger ausgestattet sein.

Es wird empfohlen, den Volumenstrom mittels eines Volumenstromreglers konstant zu halten.

7.6 Probengaspumpe des Messgeräts

Die Probengaspumpe ist am Auslass des Messgeräts angeordnet und saugt die Probenluft durch das Messgerät. Sie kann ein eigenständiges Gerät oder ein Bauteil des Messgeräts sein. Auf jeden Fall muss sie den vom Gerätehersteller angegebenen Volumenstromanforderungen genügen und bei den für die Reaktionskammer erforderlichen Druckbedingungen betrieben werden können.

Falls durch den Betrieb der UV-Lampe Ozon produziert wird, sollte dieses aus der Messstation, vom Probeneinlass entfernt, ins Freie geleitet werden. Mit einem Aktivkohlefilter kann das Ozon zerstört werden.

7.7 Interne Spangasquelle

Einige Messgeräte sind mit einer internen Spangasquelle ausgestattet. Diese Spangasquelle darf nicht zur Kalibrierung, sondern nur für Funktionsprüfungen eingesetzt werden.

7.8 Partikelfilter

Das Messgerät enthält üblicherweise ein internes Partikelfilter (siehe 6.3.2). Dieses Filter ist bei der Eignungsprüfung als integraler Bestandteil des Messgeräts anzusehen.

8 Eignungsanerkennung von Schwefeldioxid-Messgeräten

8.1 Allgemeines

Bei der Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid in Luft muss die in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG vorgegebene maximal zulässige Messunsicherheit (15 % für ortsfeste Messungen und 25 % für orientierende Messungen) eingehalten werden. Um zu erreichen, dass die Unsicherheit kleiner (oder gleich) diesem zulässigen Wert ist, muss das Messgerät die Kriterien für die in diesem Dokument angegebenen Leistungskenngrößen erfüllen. Die Werte für diese ausgewählten Leistungskenngrößen werden in Labor- und Feldprüfungen ermittelt. Durch Berechnung der erweiterten Messunsicherheit aus der Kombination der Werte dieser Leistungskenngrößen ist zu beurteilen, ob das Ultraviolett-Fluoreszenz-Messgerät das Kriterium der maximal zulässigen Unsicherheit nach Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG (15 % für ortsfeste Messungen und 25 % für orientierende Messungen) einhält.

Das Verfahren zur Beurteilung der Werte der Leistungskenngrößen (Eignungsprüfung) umfasst Labor- und Feldprüfungen sowie die Berechnung der erweiterten Messunsicherheit. Mindestens zwei Messgeräte desselben Typs sind im Labor und zwei dieser Geräte sind im Feld zu prüfen. Alle eingesetzten Messgeräte müssen die Prüfung bestehen.

Das Verfahren der Eignungsprüfung muss die Zertifizierungsanforderungen von EN 15267-1 und EN 15267-2 erfüllen. Nur eine benannte Stelle darf die Eignungsprüfungen durchführen. Sie muss nach EN ISO/IEC 17025 entsprechend akkreditiert sein. Die Eignungsanerkennung wird von oder im Auftrag der zuständigen Behörde ausgesprochen.

EN 15267-1 legt die allgemeinen Grundsätze für die Produktzertifizierung von automatischen Messeinrichtungen (AMS) zur Überwachung von Emissionen aus stationären Quellen und zur Überwachung der Luftqualität fest. Diese Produktzertifizierung besteht aus den folgenden aufeinander folgenden Schritten:

- a) Leistungsprüfung einer AMS;
- b) Erstbeurteilung des Qualitätsmanagementsystems des Geräteherstellers;
- c) Zertifizierung;
- d) Produktüberwachung nach der Zertifizierung.

EN 15267-2 deckt die zusätzlichen Anforderungen für das Managementsystem des Herstellers der EN ISO 9001 [5] zur Kontrolle von Design und Herstellung der AMS ab. Diese Europäische Norm dient auch als Referenzdokument für die Auditierung des Managementsystems des Geräteherstellers.

8.2 Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien

Die bei den Labor- und Feldprüfungen zu bestimmenden Leistungskenngrößen sowie die zugehörigen Leistungskriterien sind in Tabelle 1 angegeben. Tabelle 1 gilt für diejenigen Bereiche, die im Anwendungsbereich dieser Norm als normativ festgelegt sind. Wenn Eignungsprüfungen für andere Zertifizierungsbereiche durchgeführt werden, müssen in absoluten Einheiten wie nmol/mol/K angegebene Leistungskriterien gegebenenfalls geändert werden, um die Unsicherheitskriterien des Anhangs I der Richtlinie 2008/50/EG zu erfüllen.

Die Leistungskenngrößen sind von einer benannten Stelle bei den Labor- und Feldprüfungen nach den in 8.4, 8.5 und Anhang A beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

Tabelle 1 — Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Abschnitt	Labor- prüfung	Feld- prüfung	Leistungskriterium für SO ₂
1	Wiederholstandardabweichung bei null	$s_{r,z}$	8.4.5	x		$\leq 1,0$ nmol/mol
2	Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration c_t (beim Niveau des 1-Stunden-Grenzwerts)	$s_{r,ct}$	8.4.5	x		$\leq 3,0$ nmol/mol
3	Abweichung von der Linearität (Abweichung von der linearen Regressionsfunktion)		8.4.6			
3a	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentrationen größer als null	$r_{\max}$		x		$\leq 4,0$ % des Messwerts
3b	Abweichung bei null	r_z		x		$\leq 5,0$ nmol/mol
4	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	b_{gp}	8.4.7	x		$\leq 2,0$ nmol/mol/kPa
5	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	b_{gt}	8.4.8	x		$\leq 1,0$ nmol/mol/K
6	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	b_{st}	8.4.9	x		$\leq 1,0$ nmol/mol/K
7	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	b_v	8.4.10	x		$\leq 0,3$ nmol/mol/V
8	Störkomponenten bei null und der Konzentration c_t^b (beim Niveau des 1-Stunden-Grenzwerts)		8.4.11			
8a	H ₂ O, Konzentration 19 mmol/mol ^c	$X_{H_2O,z,ct}$		x		$\leq 10,0$ nmol/mol
8b	H ₂ S, Konzentration 200 nmol/mol	$X_{H_2S,z,ct}$		x		$\leq 5,0$ nmol/mol
8c	NH ₃ , Konzentration 200 nmol/mol	$X_{NH_3,z,ct}$		x		$\leq 5,0$ nmol/mol
8d	NO, Konzentration 500 nmol/mol	$X_{NO,z,ct}$		x		$\leq 5,0$ nmol/mol
8e	NO ₂ , Konzentration 200 nmol/mol	$X_{NO_2,z,ct}$		x		$\leq 5,0$ nmol/mol
8f	m-Xylol, Konzentration 1 µmol/mol	$X_{xyl,z,ct}$		x		$\leq 10,0$ nmol/mol
9	Mittelungseinfluss	E_{av}	8.4.12	x		$\leq 7,0$ % des Messwerts
10	Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	$s_{r,f}$	8.5.5		x	$\leq 5,0$ % des 3-Monats-Mittels
11	Langzeitdrift bei null	$D_{l,z}$	8.5.4		x	$\leq 4,0$ nmol/mol
12	Langzeitdrift beim Spannniveau ^a	$D_{l,s}$	8.5.4		x	$\leq 5,0$ % des Maximums des Zertifizierungsbereichs

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Abschnitt	Labor- prüfung	Feld- prüfung	Leistungskriterium für SO ₂
13	Kurzzeitdrift bei null	$D_{s,z}$	8.4.4	x		≤ 2,0 nmol/mol über 12 h
14	Kurzzeitdrift beim Spannniveau ^a	$D_{s,s}$	8.4.4	x		≤ 6,0 nmol/mol über 12 h
15	Einstellzeit (Anstieg)	t_r	8.4.3	x		≤ 180 s
16	Einstellzeit (Abfall)	t_f	8.4.3	x		≤ 180 s
17	Differenz zwischen Anstiegs- und Abfallzeit	t_d	8.4.3	x		≤ 10 s
18	Differenz Proben-/Kalibriereingang ^d	Δx_{sc}	8.4.13	x		≤ 1,0 %
19	Kontrollintervall		8.5.6		x	3 Monate oder weniger, falls der Hersteller eine kürzere Zeitspanne angibt, aber nicht weniger als 2 Wochen
20	Verfügbarkeit des Messgeräts	A_a	8.5.7		x	> 90 %
^a Spannniveau ist 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereichs. ^b Leistungskriterium gilt sowohl für null als auch die Prüfgaskonzentration. ^c Eine H ₂ O-Konzentration von 19 mmol/mol entspricht 80 % relativer Luftfeuchte bei 20 °C und 101,3 kPa. ^d Sofern relevant.						
ANMERKUNG μmol/mol = ppm; nmol/mol = ppb						

8.3 Änderungen am Messgerät

Wenn der Hersteller bauliche Änderungen vornimmt, muss er das Prüfinstitut und die zuständige Stelle informieren, außer er hat Belege dafür, dass das Messgerät die im ursprünglichen Zertifikat aufgeführten Anforderungen erfüllt. Die folgenden drei Typen von Änderungen an eignungsgeprüften Messgeräten werden festgelegt:

- Typ 0: Änderungen, die keinen messbaren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Messgeräts haben;
- Typ 1: Änderungen, die einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Messgeräts haben können, bei denen aber nachfolgende Prüfungen zeigen, dass der Einfluss solcher Änderungen nicht signifikant ist;
- Typ 2: Änderungen, die einen signifikanten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Messgeräts haben.

Ein signifikanter Einfluss verringert die Leistungsfähigkeit des Messgeräts in Bezug auf die betreffenden Leistungskenngrößen gegenüber der im Zertifikat angegebenen. Der Hersteller muss alle Änderungen an einem eignungsgeprüften Messgerät beurteilen. Falls Änderungen vom Typ 2 festgestellt werden, ist eine weitere Prüfung durch das Prüflaboratorium in Abstimmung mit der zuständigen Stelle durchzuführen. Der Hersteller muss alle Änderungen und Beurteilungen entsprechend den Anforderungen der EN ISO 9001 und EN 15267-2 in einer Weise dokumentieren, dass sie auditiert werden können.

Falls der Hersteller am Messgerät Änderungen des Typs 2 vornimmt, muss das Prüflaboratorium in Abstimmung mit der zuständigen Stelle entscheiden, ob eine zusätzliche Prüfung oder eine vollständige Wiederholungsprüfung erforderlich ist, um die Eignungsbekanntgabe aufrecht zu erhalten.

8.4 Verfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Laborprüfung

8.4.1 Allgemeines

Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor als Teil der Eignungsprüfung ist von einer benannten Stelle durchzuführen. Die Qualität der Materialien und der Ausrüstung, die bei den beschriebenen Prüfverfahren eingesetzt werden, muss die in dieser Norm angegebenen Anforderungen erfüllen. Die Laborprüfung ist mit mindestens zwei Messgeräten desselben Typs durchzuführen.

8.4.2 Prüfbedingungen

8.4.2.1 Allgemeines

Vor Inbetriebnahme des Messgeräts ist die Betriebsanleitung des Herstellers insbesondere hinsichtlich der Aufstellung des Geräts und der Qualität und Menge des erforderlichen Verbrauchsmaterials zu befolgen.

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

Falls Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktion am Gerät wahlfrei sind, dann sind diese Funktionen bei der Laborprüfung auszuschalten.

Falls Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktion nicht wahlfrei sind und als „übliche Betriebsbedingung“ angesehen werden, dann müssen Zeiten und Größen der Selbstkorrekturen für das Prüflabor verfügbar sein. Die Größen der Autozero- und der Auto-Drift-Korrekturen unterliegen den gleichen Einschränkungen, wie sie in den Leistungskenngrößen festgelegt sind.

Vor der Aufgabe von Prüfgasen auf das Messgerät muss die Prüfgaseinrichtung ausreichend lange betrieben worden sein, um stabile Konzentrationen liefern zu können. Das Messgerät muss mit eingebautem Partikelfilter geprüft werden.

Die meisten Messeinrichtungen können das Ausgangssignal als fließenden Mittelwert einer einstellbaren Zeitspanne ausgeben. Einige Messeinrichtungen passen diese Integrationszeit automatisch als Funktion der Frequenz der Konzentrationsschwankungen der gemessenen Komponente an. Diese Optionen werden typischerweise zur Glättung der Ausgabedaten verwendet. Es muss nicht belegt werden, dass der eingestellte Wert für die Mittelungszeit oder die Verwendung eines aktiven Filters das Ergebnis der Prüfung der Mittelungszeit und der Einstellzeit beeinflussen. Für die Labor- und Feldprüfungen müssen die Einstellungen den Herstellerangaben entsprechen. Automatischer Nullabgleich und Selbstkorrekturfunktion sind bei der Laborprüfung auszuschalten; bei der Feldprüfung muss das Messgerät die betriebsübliche Konfiguration aufweisen. Alle Einstellungen sind im Prüfbericht festzuhalten.

8.4.2.2 Parameter

Bei der Prüfung für die einzelnen Leistungskenngrößen müssen folgende Parameter innerhalb des in Tabelle 2 angegebenen Bereichs stabil sein.

Tabelle 2 — Festgelegte Werte und Stabilität der Prüfparameter

Parameter	Festgelegte Werte	Stabilität
Probengasdruck	Herstellerangaben (mit Ausnahme der Probengasdruckprüfung, siehe 8.4.7)	$\pm 0,2$ kPa
Probengastemperatur	20 °C bis 23 °C (mit Ausnahme der Probengastemperaturprüfung, siehe 8.4.8)	± 2 °C
Umgebungstemperatur	20 °C bis 23 °C (mit Ausnahme der Umgebungstemperaturprüfung, siehe 8.4.9)	± 2 °C
Elektrische Spannung ^a	bei Nennspannung und entsprechend den Angaben des Herstellers (mit Ausnahme der Prüfung der Spannungsabhängigkeit, siehe 8.4.10)	± 1 %
Probengasvolumenstrom zum Messgerät	Herstellerangaben	± 1 %

^a Für ein mit Gleichstrom betriebenes Messgerät ist die Prüfung der Spannungsänderung über den Bereich von ± 10 % der Nennspannung durchzuführen.

8.4.2.3 Prüfgase

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind auf nationale oder internationale Normale rückführbare Prüfgase zu verwenden, sofern in dieser Europäischen Norm nichts anderes festgelegt ist. Verschiedene Verfahren zur Herstellung von Prüfgasen sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 — Verfahren zur Herstellung von Prüfgasen

Verfahren	Beschreibung	Norm
Gasflasche	Druckgasflasche mit SO ₂ -Gasgemisch in (synthetischer) Luft	EN ISO 6142 EN ISO 6143
Dynamische Verdünnung	dynamische Verdünnung von Schwefeldioxid-Luft-Gemischen	EN ISO 6145-6 oder EN ISO 6145-7
Permeation	Bestimmung des Massenverlusts eines SO ₂ -Permeationsröhrchens	EN ISO 6145-10
Statische Verdünnung	Herstellung durch Injektion bekannter Mengen von SO ₂ in ein bekanntes Volumen von Luft	EN ISO 6144

Die maximal zulässige erweiterte Unsicherheit (95%-Vertrauensniveau) der Konzentration der für die Laborprüfung eingesetzten Prüfgase ist 3 %.

Die mögliche Verunreinigung von Null- und Spangas darf die Ergebnisse der Laborprüfungen nicht signifikant beeinflussen. Diese Gase müssen deshalb die in den Tabellen 4a bis 4d angegebenen Anforderungen erfüllen.

Tabelle 4a — Reinheit des Spangases

Verunreinigung	Konzentration
H ₂ S	≤ 0,1 µmol/mol
NH ₃	≤ 2,0 nmol/mol
NO	≤ 1,0 nmol/mol
NO ₂	≤ 1,0 nmol/mol
m-Xylol	≤ 1,0 nmol/mol
Wasserdampf	≤ 150 µmol/mol

Tabelle 4b — Reinheit des Nullgases für die Prüfung auf Störkomponenten

Verunreinigung	Konzentration
H ₂ S	≤ 0,1 µmol/mol
NH ₃	≤ 2,0 nmol/mol
NO	≤ 1,0 nmol/mol
NO ₂	≤ 1,0 nmol/mol
m-Xylol	≤ 1,0 nmol/mol
Wasserdampf	≤ 150 µmol/mol
SO ₂	≤ 1,0 nmol/mol

Tabelle 4c — Reinheit des Nullgases für andere Prüfungen

Verunreinigung	Konzentration
H ₂ S	≤ 0,1 µmol/mol
NH ₃	≤ 10 nmol/mol
NO	≤ 1,0 nmol/mol
NO ₂	≤ 1,0 nmol/mol
m-Xylol	≤ 1,0 nmol/mol
Wasserdampf	≤ 150 µmol/mol
SO ₂	≤ 1,0 nmol/mol

Es ist ratsam, die Feldprüfung mit dem gleichen, ausschließlich für diese Prüfungen reservierten Satz von Druckgasflaschen und Nullgasgeneratoren durchzuführen. Die Stabilität von Null- und Spangas sollte über eine längere als die Prüfzeitspanne garantiert sein.

8.4.3 Einstellzeit

8.4.3.1 Allgemeine Anforderungen

Die Einstellzeit des Messgeräts muss bei dem vom Hersteller angegebenen Nennvolumenstrom bestimmt werden.

Der Probenvolumenstrom ist entsprechend der Anforderung nach 8.4.2 ($\pm 1\%$) während der Prüfung konstant zu halten.

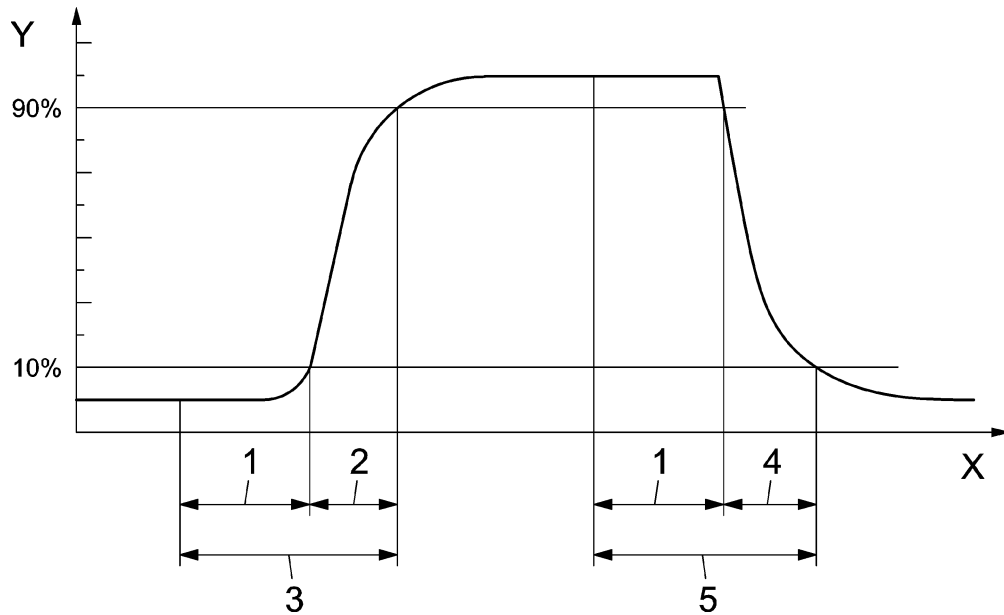
8.4.3.2 Durchführung der Prüfung

Zur Bestimmung der Einstellzeit wird die auf das Messgerät aufgegebene Konzentration sprunghaft von weniger als 20 % auf ungefähr 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Schwefeldioxid geändert, und umgekehrt (siehe Bild 1).

ANMERKUNG Für diese Prüfung werden üblicherweise Nullgas und Spangas verwendet.

Der Wechsel von Null- auf Spangas und umgekehrt ist sehr schnell unter Verwendung eines geeigneten Ventils, dessen Auslass direkt am Einlass des Messgeräts montiert sein muss, durchzuführen. Null- und Spangas müssen in gleichem Überschuss angeboten werden, der dann mit Hilfe eines T-Stücks abgeleitet wird. Die Null- und Spangasvolumenströme sind so zu wählen, dass die Totzeit im Ventil und im T-Stück gegenüber der Totzeit des Messgeräts vernachlässigbar ist. Der sprunghafte Wechsel wird durch Umschalten des Ventils von Null- auf Spangas herbeigeführt. Dieser Vorgang wird gemessen und ist der Startpunkt ($t = 0$) für die Totzeit (Anstieg) nach Bild 1. Wenn die Anzeige über 5 min innerhalb $\pm 2\%$ der angegebenen Prüfgaskonzentration (Span) stabil ist, kann wieder auf Nullgas umgestellt werden, und dieser Vorgang ist der Startpunkt ($t = 0$) für die Totzeit (Abfall). Wenn die Anzeige über 5 min innerhalb 3 nmol/mol der Nullgaskonzentration stabil ist, ist der in Bild 1 gezeigte Zyklus abgeschlossen.

Die zwischen dem Beginn der sprunghaften Änderung und dem Erreichen von 90 % der endgültigen stabilen Anzeige des Messgeräts vergangene Zeit (Einstellzeit) wird gemessen. Der gesamte Zyklus ist viermal zu wiederholen. Die Mittelwerte der vier Einstellzeiten (Anstieg) und der vier Einstellzeiten (Abfall) werden berechnet.



Legende

- Y Signal des Messgeräts
- X Zeit
- 1 Totzeit
- 2 Anstiegszeit
- 3 Einstellzeit (Anstieg)
- 4 Abfallzeit
- 5 Einstellzeit (Abfall)

Bild 1 — Veranschaulichung der Einstellzeit

Die Differenz zwischen den Einstellzeiten wird wie folgt berechnet:

$$t_d = \bar{t}_r - \bar{t}_f \quad (4)$$

Dabei ist

- t_d die Differenz zwischen Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall), in s;
- $\bar{t}_r$ die Einstellzeit (Anstieg), Mittelwert der vier Messungen, in s;
- $\bar{t}_f$ die Einstellzeit (Abfall), Mittelwert der vier Messungen, in s.

t_d , $\bar{t}_r$ und $\bar{t}_f$ müssen die in Tabelle 1 angegebenen Leistungskriterien erfüllen.

8.4.4 Kurzzeitdrift

Nach der zur Stabilisierung erforderlichen Zeit (8.4.2.1) wird das Messgerät beim Null- und Spanniveau (etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Schwefeldioxid) justiert. Nach der Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden 20 Einzelmessungen zuerst bei null und dann bei der Span-Konzentration durchgeführt. Aus diesen 20 Einzelmessungen wird jeweils der Mittelwert für das Null- und Spanniveau berechnet.

Das Messgerät ist unter den Laborbedingungen (8.4.2.2) in Betrieb zu halten. Dabei wird Außenluft gemessen. Nach einer Zeitspanne von 12 h werden Null- und dann Spangas auf das Messgerät aufgegeben. Nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden 20 Einzelmessungen zuerst bei null und dann bei der Span-Konzentration durchgeführt. Die Mittelwerte für Null- und Spanniveau werden berechnet.

ANMERKUNG Die Erfüllung dieses Kriteriums bedeutet, dass Drift kein dominierender Faktor bei den anderen Prüfungen ist.

Die Kurzzeitdrift beim Null- und Spanniveau ist:

$$D_{s,z} = (C_{z,2} - C_{z,1}) \quad (5)$$

Dabei ist

$D_{s,z}$ die 12-Stunden-Drift beim Nullniveau, in nmol/mol;

$C_{z,1}$ der Mittelwert der Nullgasmessungen zu Beginn der Driftzeitspanne, in nmol/mol;

$C_{z,2}$ der Mittelwert der Nullgasmessungen am Ende der Driftzeitspanne, in nmol/mol.

$D_{s,z}$ muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

$$D_{s,s} = (C_{s,2} - C_{s,1}) - D_{s,z} \quad (6)$$

Dabei ist

$D_{s,s}$ die 12-Stunden-Drift beim Spanniveau, in nmol/mol;

$C_{s,1}$ der Mittelwert der Spangasmessungen zu Beginn der Driftzeitspanne, in nmol/mol;

$C_{s,2}$ der Mittelwert der Spangasmessungen am Ende der Driftzeitspanne, in nmol/mol.

$D_{s,s}$ muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

8.4.5 Wiederholstandardabweichung

Nach der Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden 20 Einzelmessungen bei der Konzentration Null und einer Prüfgaskonzentration (c_t), die ähnlich dem 1-Stunden-Grenzwert ist, durchgeführt.

Die Wiederholstandardabweichung (s_r) dieser Messungen bei der Konzentration null und bei der Konzentration c_t wird wie folgt berechnet:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (7)$$

Dabei ist

s_r die Wiederholstandardabweichung, in nmol/mol;

x_i die i -te Messung, in nmol/mol;

$\bar{x}$ der Mittelwert der 20 Messungen, in nmol/mol;

n die Anzahl der Messungen ($n = 20$).

Die Wiederholstandardabweichung muss getrennt für beide Messreihen (Nullgas und Konzentration c_t) berechnet werden.

s_r muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium sowohl bei der Konzentration null als auch der Prüfgaskonzentration c_t (1-Stunden-Grenzwert) erfüllen.

Aus der Wiederholstandardabweichung bei null und der nach 8.4.6 bestimmten Steigung der Kalibrierfunktion wird die Nachweisgrenze des Messgeräts nach [3] berechnet:

$$l_{\text{det}} = 3,3 \cdot \frac{s_{r,z}}{B} \quad (8)$$

Dabei ist

- l_{det} die Nachweisgrenze des Messgeräts, in nmol/mol;
- s_r die Wiederholstandardabweichung bei null, in nmol/mol;
- B die nach Anhang A mit den Daten aus 8.4.6 ermittelte Steigung der Kalibrierfunktion.

8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion

Die Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion des Messgeräts ist über den Bereich von 0 % bis 95 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Schwefeldioxid mit mindestens sechs Konzentrationen (einschließlich des Nullpunktes) zu prüfen. Das Messgerät ist bei einer Konzentration von etwa 90 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs zu justieren. Bei jeder Konzentration (einschließlich des Nullpunktes) werden mindestens fünf Einzelmessungen durchgeführt.

Die Konzentrationen werden in folgender Reihenfolge aufgegeben: 80 %, 40 %, 0 %, 60 %, 20 % und 95 %. Nach jedem Wechsel der Konzentration sind mindestens vier Einstellzeiten abzuwarten, bevor die nächste Messung durchgeführt wird.

Die Unsicherheit der Verdünnungsverhältnisse für die aufgegebenen Konzentrationen muss untereinander kleiner als 1,5 % sein.

ANMERKUNG Das Konzept der Prüfung (Anzahl der Konzentrationen und Anzahl der Wiederholungen) ist so angelegt, dass die Abweichung von der linearen Funktion mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden kann. Die Prüfung ist außerdem ausreichend robust, um Nicht-Linearität zwischen null und einer Konzentration am unteren Ende des Bereichs sowie Linearität von diesem unteren Ende bis zum oberen Ende des Bereichs erkennen zu können.

Die Berechnung der linearen Regressionsfunktion und der Abweichungen wird nach Anhang A durchgeführt. Alle (relativen) Abweichungen von der linearen Regression müssen die in Tabelle 1 angegebenen Kriterien erfüllen.

Der größte Wert der relativen Abweichungen wird als r_{max} angegeben und ist beim Nachweis der Erfüllung der Eignungsprüfungsanforderungen zu berücksichtigen.

8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Messungen werden bei einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Schwefeldioxid bei absoluten Drücken von etwa $(80 \pm 0,2)$ kPa und etwa $(110 \pm 0,2)$ kPa durchgeführt. Bei jedem Druck sind nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, drei Einzelmessungen durchzuführen, deren Mittelwerte berechnet werden.

Die Messungen bei den verschiedenen Drücken müssen durch mindestens vier Einstellzeiten voneinander getrennt sein.

Der Einfluss des Probengasdrucks ist:

$$b_{\text{gp}} = \left| \frac{(C_{\text{p2}} - C_{\text{p1}})}{(P_2 - P_1)} \right| \quad (9)$$

Dabei ist

- b_{gp} der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks, in nmol/mol/kPa;
 C_{P1} der Mittelwert der Messungen beim Probengasdruck P_1 , in nmol/mol;
 C_{P2} der Mittelwert der Messungen beim Probengasdruck P_2 , in nmol/mol;
 P_1 der niedrigere Probengasdruck, in kPa;
 P_2 der höhere Probengasdruck, in kPa.

b_{gp} muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Zur Bestimmung der Abhängigkeit von der Probengastemperatur werden Messungen bei einer Probengastemperatur von $T_{G,1} = 0\text{ °C}$ und $T_{G,2} = 30\text{ °C}$ durchgeführt. Die Prüfgaskonzentration beträgt etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Schwefeldioxid. Nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, sind drei Einzelmessungen bei jeder Temperatur durchzuführen. Die Probengastemperatur am Einlass des Messgeräts muss mindestens 30 min konstant sein.

Der Einfluss der Probengastemperatur ist:

$$b_{gt} = \left| \frac{(C_{GT,2} - C_{GT,1})}{(T_{G,2} - T_{G,1})} \right| \quad (10)$$

Dabei ist

- b_{gt} der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur, in nmol/mol/K;
 $C_{GT,1}$ die mittlere Konzentration der Messungen bei der Probengastemperatur $T_{G,1}$, in nmol/mol;
 $C_{GT,2}$ die mittlere Konzentration der Messungen bei der Probengastemperatur $T_{G,2}$, in nmol/mol;
 $T_{G,1}$ die niedrigere Probengastemperatur, in °C;
 $T_{G,2}$ die höhere Probengastemperatur, in °C.

b_{gt} muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

Der Einfluss der Umgebungstemperatur ist bei folgenden Temperaturen (innerhalb der Angaben des Herstellers) zu bestimmen:

- a) bei der niedrigen Temperatur $T_{S,1} = 0\text{ °C}$;
- b) bei der Temperatur $T_{S,0}$, siehe Tabelle 2;
- c) bei der hohen Temperatur $T_{S,2} = 30\text{ °C}$.

Für diese Prüfungen ist eine Klimakammer erforderlich.

Die Prüfgaskonzentration beträgt etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von SO_2 . Bei jeder Temperatur sind nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, drei Einzelmessungen bei null und der Span-Konzentration durchzuführen.

Für jede Temperatur müssen die Kriterien für Einlauf- oder Stabilisierungszeit nach 8.4.2.1 erfüllt sein.

Bei der ersten Temperatur ($T_{S,0}$) wird das Messgerät bei Null- und Spannniveau (70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs) justiert. Nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden drei Einzelmessungen bei $T_{S,0}$, $T_{S,1}$ und wieder $T_{S,0}$ durchgeführt. Diese Messungen werden mit der Temperaturfolge $T_{S,0}$, $T_{S,2}$ und $T_{S,0}$ wiederholt.

Um eine auf andere Faktoren als die Temperatur zurückgehende Drift auszuschließen, werden die Messungen bei $T_{S,0}$ gemittelt. Diese Mittelung wird in der folgenden Gleichung zur Berechnung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur berücksichtigt:

$$b_{st} = \left| \frac{x_T - \frac{x_1 + x_2}{2}}{T_S - T_{S,0}} \right| \quad (11)$$

Dabei ist

- b_{st} der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur bei null oder der Span-Konzentration und bei $T_{S,1}$ oder $T_{S,2}$, in nmol/mol/K;
- x_T der Mittelwert der Messungen bei $T_{S,1}$ oder $T_{S,2}$, in nmol/mol;
- x_1 der erste Mittelwert der Messungen bei $T_{S,0}$, in nmol/mol;
- x_2 der zweite Mittelwert der Messungen bei $T_{S,0}$, in nmol/mol;
- T_S die extreme Umgebungstemperatur, bei der die Prüfung durchgeführt wird, in °C;
- $\overline{T_{S,0}}$ die mittlere Umgebungstemperatur am festgelegten Punkt (siehe Tabelle 2), in °C;
- $T_{S,1}$ die niedrige Umgebungstemperatur, in °C;
- $T_{S,2}$ die hohe Umgebungstemperatur in, °C.

Für die Angabe der Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur wird der höhere der beiden bei $T_{S,1}$ und $T_{S,2}$ berechneten Werte gewählt.

b_{st} muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung wird an den beiden Grenzen des vom Hersteller angegebenen Spannungsbereichs, V_1 und V_2 , bei der Konzentration null und einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Schwefeldioxid bestimmt. Nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden drei Einzelmessungen bei jedem Spannungs- und Konzentrationsniveau durchgeführt.

Die Abhängigkeit von der Spannung ist:

$$b_v = \left| \frac{(C_{V_2} - C_{V_1})}{(V_2 - V_1)} \right| \quad (12)$$

Dabei ist

- b_v der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung, in nmol/mol/V;
- C_{V_1} der Mittelwert der Messungen bei der Spannung V_1 , in nmol/mol;
- C_{V_2} der Mittelwert der Messungen bei der Spannung V_2 , in nmol/mol;
- V_1 die niedrigere der vom Hersteller angegebenen Spannungen, in V;
- V_2 die höhere der vom Hersteller angegebenen Spannungen, in V.

Für die Angabe der Abhängigkeit von der Spannung ist der höhere Wert der Messungen beim Null- und Spannniveau zu wählen.

b_V muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

Für ein mit Gleichstrom betriebenes Messgerät ist die Prüfung der Spannungsänderung über den Bereich von $\pm 10\%$ der Nennspannung durchzuführen.

8.4.11 Störkomponenten

Das Signal des Messgeräts gegenüber verschiedenen in der Luft erwarteten Störkomponenten ist zu prüfen. Diese Störkomponenten können ein positives oder negatives Signal hervorrufen. Die Prüfung wird bei der Konzentration null und einer SO_2 -Prüfgaskonzentration (c_t) ähnlich dem 1-Stunden-Grenzwert durchgeführt.

Die Konzentrationen der Prüfgasgemische mit der jeweiligen Störkomponente müssen eine Unsicherheit von $\leq 5\%$ aufweisen und auf nationale oder internationale Normale rückführbar sein. Die zu prüfenden Störkomponenten und ihre Konzentrationen sind in Tabelle 1 angegeben. Der Einfluss jeder Störkomponente ist getrennt zu bestimmen. Die Konzentration der Messgröße um die auf die Zugabe der Störkomponente (z. B. Wasserdampf) verursachte Verdünnung zu korrigieren.

Nach der Justierung des Messgeräts bei null und beim Spannniveau wird ein Gemisch von Nullgas und der zu untersuchenden Störkomponente mit der in Tabelle 1 angegebenen Konzentration aufgegeben. Mit diesem Gemisch werden eine unabhängige, gefolgt von zwei Einzelmessungen durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird mit einem Gemisch der Messgröße bei der Konzentration c_t und der zu untersuchenden Störkomponente wiederholt. Die Einflussgröße bei null und der Konzentration c_t ist:

$$X_{\text{int},z} = x_z \quad (13)$$

$$X_{\text{int},c_t} = x_{c_t} - c_t \quad (14)$$

Dabei ist

- $X_{\text{int},z}$ die Einflussgröße der Störkomponente bei null, in nmol/mol;
- x_z der Mittelwert der Messungen bei null, in nmol/mol;
- X_{int,c_t} die Einflussgröße der Störkomponente bei der Konzentration c_t , in nmol/mol;
- x_{c_t} der Mittelwert der Messungen bei der Konzentration c_t , in nmol/mol;
- c_t die SO_2 -Prüfgaskonzentration beim Niveau des 1-Stunden-Grenzwerts, in nmol/mol.

Die Einflussgröße der Störkomponenten muss die in Tabelle 1 angegebenen Leistungsanforderungen sowohl bei null als auch der Konzentration c_t erfüllen.

8.4.12 Mittelungsprüfung

Die Mittelungsprüfung liefert ein Maß für die Unsicherheit der gemittelten Werte, die durch Konzentrationsänderungen im Probengas, die kürzer als die Messwerterfassung im Messgerät sind, verursacht wird. Im Allgemeinen ist die Ausgabe eines Messgeräts das Ergebnis der Bestimmung einer Bezugskonzentration (üblicherweise null) und der tatsächlichen Konzentration, die eine gewisse Zeit benötigt.

Zur Bestimmung der auf die Mittelung zurückgehenden Unsicherheit werden folgende Konzentrationen auf das Messgerät aufgegeben und die entsprechenden Messwerte registriert (siehe Bild 2): eine sprunghaft geänderte SO_2 -Konzentration zwischen null und der Konzentration c_t .

Die Zeitspanne (t_c) der konstanten SO_2 -Konzentration muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten notwendigen Zeitspanne sein (entsprechend mindestens 16 Einstellzeiten). Die Zeitspanne (t_v) der sich ändernden SO_2 -Konzentration muss ebenfalls mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten erforderlichen Zeitspanne sein. Die Zeitspanne (t_{SO_2}) für die SO_2 -Konzentration muss 45 s betragen, gefolgt von einer Zeitspanne (t_{zero}) von 45 s für die Konzentration null.