

DIN EN 14625

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

ICS 13.040.20

Ersatz für
DIN EN 14625:2005-07

**Außenluft –
Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit
Ultraviolett-Photometrie;
Deutsche Fassung EN 14625:2012**

Ambient air –

Standard method for the measurement of the concentration of ozone by ultraviolet
photometry;

German version EN 14625:2012

Air ambiant –

Méthode normalisée de mesurage de la concentration en ozone par photométrie U.V.;

Version allemande EN 14625:2012

Gesamtumfang 95 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 14625:2012) 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: NEN, 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.

Für die im Abschnitt 2 zitierte Internationale Norm wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

ISO 13964 siehe DIN ISO 13964

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14625:2005-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 1:
Hinweise, welche Abschnitte der Norm für welche Nutzergruppen relevant sind;
- b) Abschnitt 6.3 und ehemaliger Anhang A:
Die Verweilzeit wird nicht mehr aus der Reaktionskinetik nach dem ursprünglichen Anhang A berechnet. Dieser Anhang wurde entfernt.
- c) Abschnitt 8.1 und Abschnitt 8.3:
Normative Verweisungen auf die Europäischen Normen EN 15267-1 und EN 15267-2;
- d) Abschnitte 8.4.5 und 9.3:
Eine Gleichung zur Berechnung der Nachweisgrenze des Messgeräts sowie Informationen zu ihrer Anwendung wurden aufgenommen;
- e) Abschnitte 9.4 und 9.6:
Die Anforderungen für einige Leistungskenngrößen im Feldbetrieb wurden verschärft. Zusätzliche Leistungskriterien und Prüfungen für die Wiederholpräzision beim Null- und Spannniveau im Feldbetrieb wurden aufgenommen;
- f) Abschnitt 9.5:
Gleichungen für die Softwarejustierung der Rohdaten des Messgeräts nach der Kalibrierung wurden aufgenommen.
- g) Abschnitt 9.9 (neu):
Allgemeine Hinweise zur Messunsicherheit;
- h) Abschnitt 11:
Festlegung höherer Anforderungen für Prüfberichte und Dokumentation;
- i) Ersatz von Anhang D durch Verweisung auf Richtlinie 2008/50/EG in 6.2.

- j) Anhang E.3 (vorher F.3):
Änderung der Gleichungen für die Berechnung der Einflussgrößen;
- k) Anhang G (neu):
Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb beim 8-Stunden-Zielwert;
- l) Anhang E (vorher F) bis Anhang G:
Geänderte und zusätzliche Beispielrechnungen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 14625: 2005-07

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 13964, *Luftbeschaffenheit — Bestimmung von Ozon in der Außenluft — UV-photometrisches Verfahren*

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*

Deutsche Fassung

Außenluft —
Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit
Ultraviolett-Photometrie

Ambient air —
Standard method for the measurement of the concentration
of ozone by ultraviolet photometry

Air ambient —
Méthode normalisée de mesurage de la concentration en
ozone par photométrie 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	6
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	15
7 Messgerät	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 UV-Absorptionsküvette	15
7.3 UV-Lampe	15
7.4 UV-Detektor	15
7.5 Ozonspezifischer Scrubber	16
7.6 Umschaltventil	16
7.7 Temperaturmessung	16
7.8 Druckmessung	16
7.9 Volumenstrommessung	16
7.10 Probengaspumpe des Messgeräts	16
7.11 Interne Spangasquelle	16
7.12 Partikelfilter	16
8 Eignungsanerkennung von Ozon-Messgeräten	17
8.1 Allgemeines	17
8.2 Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien	17
8.3 Änderungen am Messgerät	19
8.4 Verfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Laborprüfung	19
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	45
9.9 Messunsicherheit	45
10 Angabe der Ergebnisse	46
11 Prüfberichte und Dokumentation	46
11.1 Eignungsprüfung	46
11.2 Feldbetrieb	47

Anhang A (normativ) **Berechnung der Abweichung von der Linearität**.....49

Anhang B (informativ) **Probennahmeeinrichtung**.....51

Anhang C (informativ) **UV-Photometer** 52

Anhang D (informativ) **Prüfung des Probengasverteilers**.....54

Anhang E (normativ) **Eignungsanerkennung** 56

Anhang F (informativ) **Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb bei der
1-Stunden-Alarmschwelle**.....73

Anhang G (informativ) **Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb beim 8-Stunden-Zielwert**.....81

Anhang H (informativ) **Signifikante technische Änderungen** 90

Literaturhinweise 91

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14625:2012) 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 14625:2005.

Die gegenüber EN 14625:2005 durchgeführten technischen Änderungen sind im Anhang H 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 ultraviolettphotometrisches Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon in Luft fest. Es nennt die Leistungskenngrößen und legt die Mindestanforderungen für die Eignungsprüfung von photometrischen 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 Ozon in Luft im Bereich bis $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dieser Konzentrationsbereich entspricht dem Zertifizierungsbereich für die Eignungsprüfung.

ANMERKUNG 1 Für ländliche Standorte zur Überwachung von Ökosystemen 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 Ozon an Standorten, die als ländlich, städtisch und städtischer Hintergrund klassifiziert sind.

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

ANMERKUNG 3 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ozon entsprechen $250 \text{ nmol}/\text{mol}$ Ozon bei 20°C und $101,3 \text{ kPa}$.

Dieses Dokument enthält Informationen für verschiedene Nutzergruppen.

Die Abschnitte 5 bis 7 und die Anhänge B und C enthalten allgemeine Informationen über die Grundlagen der Ozon-Messung mit einem Ultraviolett-Photometer sowie über die Probennahmeeinrichtung.

Abschnitt 8 und Anhang E richten sich speziell an Prüfinstitute und -laboratorien, die Eignungsprüfungen von Ozon-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 Ozon-Messgeräts anhand der Eignungsprüfungsergebnisse.

Die Abschnitte 9 bis 11 und die Anhänge F und G richten sich an die Betreiber von Messnetzen, mit denen Ozon-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 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 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 13005:1999, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*

ISO 13964:1998, *Air quality — Determination of ozone in ambient air — Ultraviolet photometric method*

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

Alarmschwelle

Wert, bei dessen Überschreitung bei kurzfristiger Exposition ein Risiko für die Gesundheit der Bevölkerung insgesamt besteht und bei dem die Mitgliedstaaten unverzüglich Maßnahmen ergreifen müssen

[Quelle: 2008/50/EG [1]]

3.3

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]]

3.4

Messgerät

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

3.5

Verfügbarkeit des Messgeräts

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

3.6

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.

3.7

Zertifizierungsbereich

Konzentrationsbereich, für den das Messgerät eignungsgeprüft ist

3.8

Prüfung

Verifizierung, dass das Messgerät innerhalb festgelegter Leistungsgrenzen arbeitet

3.9

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]

3.10

Erweiterungsfaktor

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

[Quelle: ENV 13005:1999]

3.11

benannte Stelle

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

3.12

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].

3.13

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 Europäischen Norm ist die erweiterte Messunsicherheit die mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ multiplizierte, kombinierte Standardunsicherheit, d. h. ein Intervall mit einem Vertrauensniveau von 95 %.

3.14

Abfallzeit

Differenz zwischen Einstellzeit (Abfall) und Totzeit (Abfall)

3.15

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).

3.16

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].

3.17

Einflussgröße

Größe, die nicht Messgröße ist, jedoch das Messergebnis beeinflusst

[Quelle: ENV 13005:1999]

3.18

Störkomponente

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

3.19

Abweichung von der Linearität („lack of fit“)

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

3.20

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

3.21

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 1 zum Begriff: 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 UV-Absorptionsküvette 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 außerhalb der Messstation

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

Zielwert

Wert, der mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern, und der soweit wie möglich in einem bestimmten Zeitraum eingehalten werden muss

[Quelle: 2008/50/EG [1]]

3.39

Gesamtverweilzeit

Summe der Verweilzeit in der Probennahmeeinrichtung und der Verweilzeit im Messgerät

3.40

Eignungsanerkennung

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

3.41

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

3.42

(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

PFA Perfluoralkoxy(polymer)

PTFE Polytetrafluorethylen

5 Kurzbeschreibung

5.1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt das Verfahren zur Messung von Ozon in Luft mit UV-Photometrie (UV = Ultraviolett). Die Anforderungen, die spezifischen Bauteile des UV-Photometers und seine Probennahmeeinrichtung werden beschrieben. Die relevanten Leistungskenngrößen und die zugehörigen Mindestanforderungen werden angegeben. Die tatsächlichen Werte dieser Leistungskenngrößen für einen bestimmten Messgerätetyp 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 30 % 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 Probenluft wird kontinuierlich durch eine optische Absorptionsküvette gesaugt, in der sie mit monochromatischer Strahlung mit der zentralen Wellenlänge 253,7 nm aus einer stabilisierten Quecksilber-Niederdruck-Entladungslampe durchstrahlt wird. Die UV-Strahlung, die durch die Absorptionsküvette tritt, wird von einer empfindlichen Photodiode oder einem Photomultiplier gemessen und in ein messbares elektrisches Signal umgewandelt. Die Absorption dieser Strahlung durch die Probenluft in der Absorptionsküvette ist ein Maß für die Ozon-Konzentration in der Luft.

Zur Messung der UV-Absorption finden zwei verschiedene Gerätetypen Anwendung.

Bei dem einen Gerätetyp wird die UV-Absorption durch Ozon über die Differenz der UV-Absorption zwischen einer Probenküvette und einer Bezugsküvette bestimmt (Zwei-Küvetten-Typ).

Bei dem anderen Gerätetyp wird nur eine Küvette verwendet. Die UV-Absorption von Ozon wird bestimmt, indem abwechselnd Ozon enthaltende Probenluft und ozonfreie Probenluft durch die Absorptionsküvette geleitet wird. Ozonfreie Probenluft wird erzeugt, indem die Probenluft durch einen Konverter geleitet wird, in dem das Ozon zerstört wird.

Bei den meisten modernen kommerziellen Ozon-Messgeräten werden Temperatur und Druck der Probenluft in der Absorptionsküvette gemessen. Mit diesen Daten berechnet ein interner Mikroprozessor die gemessene Ozon-Konzentration für die gewählten Bezugsbedingungen. Bei Messgeräten ohne diese automatische Druck- und Temperaturkompensation müssen die Konzentrationen manuell hinsichtlich der gewählten Bezugsbedingungen korrigiert werden.

Die Ozon-Konzentration wird in Volumen/Volumen-Einheiten gemessen (falls das Messgerät mit einem Volumen/Volumen-Standards kalibriert wurde). Die Endergebnisse werden im Messbericht in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 Probennahmeführung 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 13005:1999.

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-Photometers in der Messstation kann eine individuelle 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 In Anhang B sind unterschiedliche Probennahmeeinrichtungen schematisch dargestellt.

Die folgenden Faktoren können infolge der Abnahme der Ozonkonzentration zur Messunsicherheit beitragen, wenn die Probennahme als integraler Bestandteil der Messung betrachtet wird:

- Verlust von Ozon in der Probennahmeeinrichtung;
- Verlust von Ozon im Partikelfilter;
- Verlust von Ozon durch Reaktion mit Stickstoffmonoxid in der Probennahmeeinrichtung und im Messgerät.

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 werden in Anhang III der Richtlinie 2008/50/EG [1] gegeben.

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 (siehe auch 6.3.3).

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 B).

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 nichtrostender Stahl zu verwenden. Die auf das Material des Probeneinlasses und der Leitung oder des Probengasverteilers zurückgehenden Verluste an Ozon 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 Partikelfilter verursachten Druckabfalls auf die gemessenen Konzentrationen muss $\leq 1,0 \%$ sein.

6.3.2 Partikelfilter

Zwischen Probennahmeleitung oder Probengasverteiler und Messgerät 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 Ozon inert sein.

ANMERKUNG 1 Das Filter kann sich im Messgerät befinden (siehe 7.9) 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 Probennahmestelle abhängt (siehe 9.7). Das Filtergehäuse ist mindestens alle sechs Monate zu reinigen. Eine Überladung des Partikelfilters kann Ozonverluste durch Reaktion mit den Partikeln verursachen und den Druckabfall in der Probennahmeleitung vergrößern.

6.3.3 Ozon-Verluste

Durch die Reaktion von in der Probenluft im Allgemeinen vorhandenem NO mit Ozon im Probeneinlass, in der Probennahmeleitung oder im Probengasverteiler sowie im Messgerät erfolgt eine Änderung der Ozon-Konzentration. In der Praxis kann eine signifikante Änderung der O_3 -Konzentrationen vermieden werden, wenn die Verweilzeit in der Probennahmeeinrichtung $\leq 3 \text{ s}$ ist. Die Anforderung für die Verweilzeit im Messgerät ist $\leq 3 \text{ s}$ (siehe Tabelle 1). Folglich muss die Gesamtverweilzeit $\leq 6 \text{ s}$ sein, um das Leistungskriterium von Tabelle 1 zu erfüllen.

Je nach Anordnung des Partikelfilters kann die Probennahmeeinrichtung durch Staubablagerungen verunreinigt werden, was zu Ozon-Verlusten führen kann. Die Probennahmeeinrichtung muss mit einer von den lokalen Bedingungen abhängenden Regelmäßigkeit gereinigt werden (siehe 9.4.1).

6.3.4 Konditionierung

Die Probennahmeeinrichtung und das Partikelfilter müssen bei der Erstinstallation und nach jeder Reinigung durch eine mindestens 30-minütige Probennahme von Außenluft oder ozonierter Luft beim Nennvolumenstrom konditioniert werden, um eine vorübergehende Abnahme der gemessenen Ozon-Konzentration zu vermeiden.

Die Konditionierungsphasen dürfen nicht in die Berechnung der Verfügbarkeit des Messgeräts bei der Eignungsprüfung (siehe 8.5.7) eingehen. Die Konditionierung kann auch bereits im Labor vor der Installation erfolgen.

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 8-Stunden-Mittelwerte 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-Photometer 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 Außenluft und zum Durchsaugen der Außenluft 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 die in 6.3.3 genannten Anforderungen erfüllt. 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 sind zwei Typen von UV-Photometern schematisch dargestellt.

Das UV-Photometer besteht aus den in 7.2 bis 7.11 beschriebenen Hauptkomponenten.

7.2 UV-Absorptionsküvette

Die UV-Absorptionsküvette muss aus einem gegenüber Ozon inertem Material hergestellt sein, zum Beispiel Fluorkohlenstoff-Polymer, Borosilikatglas, Quarz oder fluorkohlenstoffbeschichtetem Metall. Die Küvettenanordnung muss mechanisch stabil sein, so dass optische Justierungen nicht durch Schwingungen oder Änderungen der Umgebungstemperatur beeinflusst werden. Vorrichtungen zur Messung der Temperatur und des Drucks des Gases in der UV-Absorptionsküvette müssen vorhanden sein.

7.3 UV-Lampe

Die UV-Lampe (z. B. Niederdruck-Quecksilberdampf-Entladungslampe) muss monochromatische UV-Strahlung mit der zentralen Wellenlänge 253,7 nm aussenden. Die UV-Lampe muss elektronisch stabilisiert sein, um die Konstanz der UV-Strahlung sicherzustellen. Schwankungen der Lampenstrahlung während der Messzyklen führen zu Abweichungen oder Rauschen.

Bei Verwendung einer Quecksilberdampf-Entladungslampe muss die Sauerstoff unter Ozonbildung photolysierende Strahlung bei 185 nm durch eine Quarzglasummantelung oder -abschirmung eliminiert werden.

ANMERKUNG Die Absorptionsspektren zeigen, dass in der Luft enthaltener Wasserdampf in dem hier relevanten UV-Wellenlängenbereich (etwa 200 nm bis 300 nm) nicht stört. Bei einigen Messgeräten eines Herstellers wurde jedoch festgestellt, dass das Quarzfenster der UV-Lampe eine beträchtliche Anzahl mikroskopischer Kratzer aufwies. Dies führte bei sich ändernder Feuchtigkeit in der Probenluft zu einer messbaren Schwankung der Lichtstreuung an der inneren Fensteroberfläche. Der Austausch der fehlerhaften Fenster eliminierte diese Störung).

7.4 UV-Detektor

Die optische Einrichtung muss so gestaltet sein, dass nahezu alle von dem Detektor registrierte Strahlung bei 253,7 nm zentriert ist. Das Signal dieses Sensors und seine zugehörige Elektronik müssen ausreichend stabil sein, sodass das Messgerät die erforderlichen Leistungskriterien erfüllen kann.

ANMERKUNG Vakuum-Photodioden mit Cäsiumtellurid-Sensibilisierung erfüllen diese Anforderung bei 253,7 nm und weisen eine vernachlässigbare Empfindlichkeit bei anderen Quecksilber-Emissionswellenlängen auf. Andere Detektoren, zum Beispiel Photomultiplier, erfüllen ebenfalls diesen Zweck.

7.5 Ozonspezifischer Scrubber

Der ozon-spezifische Scrubber muss ein Material enthalten, das selektiv die Zersetzung von Ozon im Probenluftstrom katalysiert.

ANMERKUNG 1 Mangandioxid auf einem Metallsubstrat hat sich als geeignet erwiesen. Obwohl diese Verbindung keine der anderen gängigen Luftverunreinigungen beseitigt, entfernt sie teilweise einige organische Verbindungen, die in einigen seltenen Außenluftsituationen auftreten können. In ISO 13964:1998, Anhang A, sind solche störenden chemischen Verbindungen aufgelistet.

ANMERKUNG 2 Eine signifikante Abnahme des Signals gegenüber Ozon in der Luft kann ein Hinweis auf das Versagen des Scrubbers sein. Üblicherweise geben Hersteller eine mittlere Standzeit für solche Scrubber an; die tatsächliche Standzeit hängt jedoch vom Probennahmeort ab. Zum Beispiel können hohe Schadstoffkonzentrationen an einer Station mit städtischem Hintergrund den Scrubber vorzeitig unbrauchbar machen.

7.6 Umschaltventil

Mit einem Umschaltventil wird die Probenluft abwechselnd durch oder um den ozonspezifischen Scrubber herum geleitet. Es muss aus einem gegenüber Ozon inertem Material, z. B. Fluorkohlenstoff-Polymer, hergestellt sein.

7.7 Temperaturmessung

Zur Messung der Temperatur der Probenluft in der UV-Absorptionsküvette ist eine Temperaturmessvorrichtung mit einer Wiederholpräzision von 2 K (als erweiterte Unsicherheit) erforderlich.

7.8 Druckmessung

Zur Messung des Druckes der Probenluft in der UV-Absorptionsküvette ist eine Druckmessvorrichtung mit einer Wiederholpräzision von 2 kPa (als erweiterte Unsicherheit) erforderlich.

7.9 Volumenstrommessung

Das Messgerät muss mit einer Volumenstrommessvorrichtung ausgestattet sein. Der Volumenstrom muss nach Passage der Probenluft durch die UV-Absorptionsküvette gemessen werden.

7.10 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 UV-Absorptionszelle erforderlichen Druckbedingungen betrieben werden können.

7.11 Interne Spangasquelle

Einige Messgeräte sind mit einer internen Ozon-Spangasquelle ausgestattet. Diese Spangasquelle darf nicht für Kalibrierzwecke sondern nur für Funktionsprüfungen verwendet werden.

7.12 Partikelfilter

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

8 Eignungsanerkennung von Ozon-Messgeräten

8.1 Allgemeines

Bei der Bestimmung der Konzentration von Ozon in Luft muss die von Richtlinie 2008/50/EG vorgegebene maximal zulässige Messunsicherheit eingehalten werden. Um zu erreichen, dass die Unsicherheit kleiner (oder gleich) diesem zulässigen Wert ist, muss das Messgerät die Kriterien für die in dieser Norm 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 UV-Photometer das Kriterium der maximal zulässigen Unsicherheit der Richtlinie 2008/50/EG 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 eines 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 [6] zur Kontrolle von Design und Herstellung des 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, sind in absoluten Einheiten wie nmol/mol/K angegebene Leistungskriterien anzupassen, um die Unsicherheitskriterien des Anhangs I der Richtlinie 2008/50/EG zu erfüllen. Alle in relativen Einheiten (z. B. %) angegebenen Kriterien bleiben dieselben.

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

Tabelle 1 — Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Abschnitt	Labor- prüfung	Feld- prüfung	Leistungskriterium für O ₃
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 der 1-Stunden-Alarmschwelle)	$s_{r,ct}$	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 (beim Niveau der 1-Stunden-Alarmschwelle) ^a		8.4.11			
8a	H ₂ O, Konzentration 19 mmol/mol ^b	$X_{H_2O,z,ct}$		x		$\leq 10,0$ nmol/mol
8b	Toluol, Konzentration 0,5 µmol/mol	$X_{tol,z,ct}$		x		$\leq 5,0$ nmol/mol
8c	m-Xylol, Konzentration 0,5 µmol/mol	$X_{xyl,z,ct}$		x		$\leq 5,0$ 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	$\leq 5,0$ nmol/mol
12	Langzeitdrift beim Spannniveau	$D_{l,s}$	8.5.4		x	$\leq 5,0$ % des Maximums des Zertifizierungsbereichs
13	Kurzzeitdrift bei null	$D_{s,z}$	8.4.4	x		$\leq 2,0$ nmol/mol über 12 h
14	Kurzzeitdrift beim Spannniveau	$D_{s,s}$	8.4.4	x		$\leq 6,0$ 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

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Abschnitt	Labor- prüfung	Feld- prüfung	Leistungskriterium für O ₃
17	Differenz zwischen Anstiegs- und Abfallzeit	t_d	8.4.3	x		≤ 10 s
18	Differenz Proben-/ Kalibriereingang ^c	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
20	Verfügbarkeit des Messgeräts	A_a	8.5.7		x	> 90 %
21	Verweilzeit im Messgerät		8.4.14			≤ 3,0 s
^a Leistungskriterium gilt sowohl für null als auch die Spangaskonzentration. ^b Eine H ₂ O-Konzentration von 19 mmol/mol entspricht 80 % relativer Luftfeuchte bei 20 °C und 101,3 kPa. ^c 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 auditert 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 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
Herstellen eines Ozon-Kalibriergases	Herstellung mit einem Ozongenerator	ISO 13964:1998, 5.2, Punkt b
Herstellen eines Ozon-Kalibriergases	Dynamische Verdünnung von Ozon-Luft-Gemischen	EN ISO 6145-6 oder EN ISO 6145-7
Kalibrierung	Verwendung eines primären UV-Referenzphotometers ^a	ISO 13964:1998, 6.2.1, 6.2.2 und 7.1
Kalibrierung	Gasphasentitration mit NO	ISO 15337
^a Die Unsicherheit der Messwerte des Referenzphotometers beinhaltet die Unsicherheit des Absorptionsquerschnitts.		

ANMERKUNG Eine Anleitung zur korrekten Durchführung der Gasphasentitration wird in VDI 2453 Blatt 2 [4] und ISO 15337 [7] gegeben.

Die maximal zulässige erweiterte Unsicherheit (95%-Vertrauensbereich) der Konzentration der für die Laborprüfung eingesetzten Null- und Spangase ist 3 %. Die mögliche Verunreinigung der Null- und Spangase darf die Ergebnisse der Laborprüfungen nicht signifikant beeinflussen.

Die erforderliche Reinheit von Nullgas und der Luft für den Ozongenerator ist in Tabelle 4 in absoluten Werten angegeben.

Tabelle 4 — Erforderliche Reinheit der Nullluft und der Luft für den Ozongenerator

Verunreinigung	Konzentration
Ozon	$\leq 1 \text{ nmol/mol}$
Xylol	$\leq 1 \text{ nmol/mol}$
Toluol	$\leq 1 \text{ nmol/mol}$
Wasserdampf	$\leq 150 \text{ } \mu\text{mol/mol}$

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

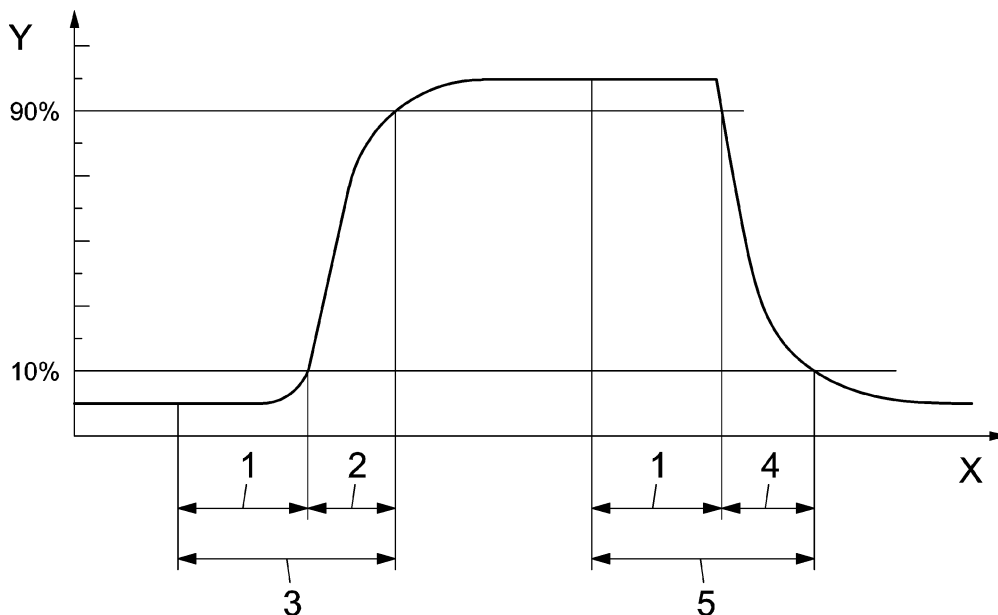
8.4.3.2 Durchführung der Prüfung

Zur Bestimmung der Einstellzeit wird die auf das Messgerät aufgegebene Konzentration sprunghaft von weniger als 20 % auf ungefähr 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Ozon 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) konstant 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 relative Differenz zwischen den Einstellzeiten wird wie folgt berechnet:

$$t_d = \bar{t}_r - \bar{t}_f \quad (1)$$

Dabei ist

t_d die Differenz zwischen Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall), in s;

$\bar{t}_r$ die Einstellzeit (Anstieg) (Mittelwert von vier Messungen), in s;

$\bar{t}_f$ die Einstellzeit (Abfall) (Mittelwert von 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 Ozon) 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 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:

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

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.

$$D_{s,s} = (C_{s,2} - C_{s,1}) - D_{s,z} \quad (3)$$

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 der 1-Stunden-Alarmschwelle ist, durchgeführt.

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

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

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 (= 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 erfüllen.

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

$$I_{\text{det}} = 3,3 \times \frac{s_{r,z}}{B} \quad (5)$$

Dabei ist

- I_{det} die Nachweisgrenze des Messgeräts, in nmol/mol;
- $s_{r,z}$ 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 Ozon 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 Eignungsprüfungsanforderung 1 zu berücksichtigen. Der Wert der relativen Abweichung beim Niveau der 1-Stunden-Alarmschwelle ist bei der Berechnung der Eignungsprüfungsanforderungen zu verwenden.

8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Messungen werden bei einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Ozon 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:

$$b_{gp} = \left| \frac{C_{P2} - C_{P1}}{P_2 - P_1} \right| \quad (6)$$

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 $T_{G,1} = 0^\circ\text{C}$ und $T_{G,2} = 30^\circ\text{C}$ durchgeführt. Die Prüfgaskonzentration beträgt etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Ozon. 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:

$$b_{gt} = \left| \frac{(C_{GT,2} - C_{GT,1})}{(T_{G,2} - T_{G,1})} \right| \quad (7)$$

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 $^\circ\text{C}$;
- $T_{G,2}$ die höhere Probengastemperatur, in $^\circ\text{C}$.

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