

DIN EN 14625



ICS 13.040.20

Entwurf

Einsprüche bis 2022-11-30
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 14625:2012-12

**Außenluft –
Messverfahren zur Bestimmung von Ozon in Luft mit dem UV-Verfahren;
Deutsche und Englische Fassung prEN 14625:2022**

Ambient air –
Standard method for the measurement of the concentration of ozone by ultraviolet
photometry;
German and English version prEN 14625:2022

Air ambiant –
Méthode normalisée de mesurage de la concentration en ozone par photométrie U.V.;
Version allemande et anglaise prEN 14625:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-09-30 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 228 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14625:2022) wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 12 „Außenluft – VOCs/SO₂/NO₂/O₃/CO“ (Sekretariat und Obmannschaft: Niederlande) des Technischen Komitees CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: Deutschland) unter Mitwirkung deutscher Experten, die von der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss benannt worden sind, erarbeitet.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 6145-6	siehe	DIN EN ISO 6145-6
ISO 6145-7	siehe	DIN EN ISO 6145-7
ISO 13964	siehe	DIN EN ISO 13964

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14625:2012-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Titel der überarbeiteten EN 14625 wurde präzisiert, um deutlich zu machen, dass Messverfahren zur Bestimmung von Ozon in Luft mit dem UV-Verfahren behandelt werden;
- b) die Verfahrenskenngrößen und Mindestanforderungen wurden an den Stand der Messtechnik angepasst;
- c) Anforderungen an stationäre automatische Messeinrichtungen zur Messung von Quecksilber wurden hinzugefügt;
- d) die Literaturhinweise wurden aktualisiert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 5725-2, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen – Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens (ISO 5725-2:1994 einschließlich Technisches Korrigendum 1:2002)*

DIN EN ISO 6145-6, *Gasanalyse — Herstellung von Kalibrier gasgemischen mit Hilfe von dynamischen Verfahren — Teil 6: Kritische Düsen (ISO 6145-6)*

DIN EN ISO 6145-7, *Gasanalyse — Herstellung von Kalibrier gasgemischen mit Hilfe von dynamische Verfahren — Teil 7: Thermische Massendurchflussregler (ISO 6145-7)*

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

— Leerseite —

<i>Titel de:</i>	Außenluft — Messverfahren zur Bestimmung von Ozon in Luft mit dem UV-Verfahren
<i>Titel en:</i>	Ambient air — Standard method for the measurement of the concentration of ozone by ultraviolet photometry
<i>Titel fr:</i>	Air ambiant — Méthode normalisée de mesurage de la concentration en ozone par photométrie U.V.

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Abkürzungen	14
5 Kurzbeschreibung	14
5.1 Allgemeines	14
5.2 Messprinzip	14
5.3 Eignungsprüfung	15
5.4 Feldbetrieb und Qualitätskontrolle	16
6 Probennahme	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Probennahmeort	17
6.3 Probennahmeeinrichtung	17
6.3.1 Aufbau	17
6.3.2 Partikelfilter	18
6.3.3 Ozon-Verluste	18
6.3.4 Konditionierung	18
6.4 Steuerung und Regelung des Probenvolumenstroms	19
6.5 Pumpe für den Probengasverteiler	19
7 Messgerät	19
7.1 Allgemeines	19
7.2 UV-Absorptionsküvette	19
7.3 UV-Lampe	19
7.4 UV-Detektor	20
7.5 Ozonspezifischer Scrubber	20
7.6 Umschaltventil	20
7.7 Temperaturmessung	20
7.8 Druckmessung	20
7.9 Volumenstromanzeiger	20
7.10 Probengaspumpe des Messgeräts	20
7.11 Interne Spangasquelle	21
7.12 Partikelfilter	21
8 Eignungsprüfung von Ozon-Messgeräten	21
8.1 Allgemeines	21
8.2 Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien	22
8.3 Änderungen am Messgerät	25
8.4 Verfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Laborprüfung	25
8.4.1 Allgemeines	25
8.4.2 Prüfbedingungen	25
8.4.3 Einstellzeit	27
8.4.4 Kurzzeitdrift	29
8.4.5 Wiederholstandardabweichung	30
8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion	30

8.4.7	Empfindlichkeitskoeffizient des Umgebungsgasdrucks	31
8.4.8	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	32
8.4.9	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	32
8.4.10	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	33
8.4.11	Störkomponenten	34
8.4.12	Mittelungsprüfung	35
8.4.13	Differenz Proben-/Kalibriereingang	36
8.4.14	Verweilzeit im Messgerät	36
8.5	Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Feldprüfung	37
8.5.1	Allgemeines	37
8.5.2	Auswahl der Messstation für die Feldprüfung	37
8.5.3	Betriebsanforderungen	37
8.5.4	Langzeitdrift	38
8.5.5	Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	39
8.5.6	Kontrollintervall	40
8.5.7	Verfügbarkeit des Messgeräts	40
8.6	Eignungsprüfung und Berechnung der Unsicherheit	40
9	Feldbetrieb und laufende Qualitätskontrolle	41
9.1	Allgemeines	41
9.2	Eignungsbewertung	41
9.2.1	Allgemeines	41
9.2.2	Messgerät für eine Messstation oder Messaufgabe	42
9.3	Erstinstallation	43
9.4	Laufende Qualitätssicherung/Qualitätskontrolle	45
9.4.1	Allgemeines	45
9.4.2	Häufigkeit der Kalibrierungen, Prüfungen und Wartungsarbeiten	45
9.5	Kalibrierung des Messgeräts	48
9.5.1	Allgemeines	48
9.5.2	Kalibriergase	49
9.5.3	Datenjustierung	49
9.6	Prüfungen	49
9.6.1	Null- und Spanprüfungen	49
9.6.2	Abweichung von der Linearität	51
9.6.3	Prüfung des Probengasverteilers	52
9.6.4	Behandlung von Daten nach Überschreitung von Leistungskriterien	53
9.7	Wartung	54
9.7.1	Wechsel der Partikelfilter	54
9.7.2	Wechsel von Probennahmeleitungen	55
9.7.3	Wechsel von Verbrauchsmaterialien	55
9.7.4	Vorbeugende/routinemäßige Wartung von Komponenten des Messgeräts	55
9.8	Datenhandhabung und Datenbericht	55
9.9	Messunsicherheit	56
10	Angabe der Ergebnisse	56
11	Prüfberichte und Dokumentation	56
11.1	Eignungsprüfung	56
11.2	Feldbetrieb	58
11.2.1	Eignungsbewertung	58
11.2.2	Dokumentation	58
11.2.3	Berichte über Luftqualitätsdaten	58
Anhang A (normativ)	Berechnung der Abweichung von der Linearität	59
A.1	Erstellung der Regressionsgeraden	59
A.2	Berechnung der Abweichungen der Mittelwerte	60
Anhang B (informativ)	Probennahmeeinrichtung	61

Anhang C (informativ) UV-Photometer	63
Anhang D (informativ) Ausrüstung zur Prüfung des Probengasverteilers.....	65
Anhang E (normativ) Eignungsprüfung.....	67
E.1 Eignungsprüfung und Berechnung der Unsicherheit.....	67
E.1.1 Eignungsprüfung.....	67
E.1.2 Berechnung der Unsicherheit.....	67
E.2 Anforderung a) für die Eignungsprüfung	67
E.3 Anforderung b) für die Eignungsprüfung	69
E.3.1 Allgemeines	69
E.3.2 Berechnung der Standardunsicherheiten	72
E.3.3 Berechnungsbeispiel.....	80
E.4 Anforderung c) für die Eignungsprüfung.....	82
E.5 Anforderung d) für die Eignungsprüfung	82
E.5.1 Allgemeines	82
E.5.2 Kombinierte Standardunsicherheit.....	84
E.5.3 Absolute erweiterte Messunsicherheit	84
E.5.4 Relative erweiterte Messunsicherheit.....	85
E.5.5 Berechnung der Standardunsicherheiten	85
E.5.6 Berechnungsbeispiel.....	87
Anhang F (informativ) Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb bei der 1-Stunden- Alarmschwelle	89
F.1 Allgemeines	89
F.2 Kombinierte Standardunsicherheit.....	89
F.3 Standardunsicherheiten	90
F.3.1 Allgemeines	90
F.3.2 Einflussgrößen.....	91
F.3.3 Störkomponenten.....	93
F.3.4 Mittelungseinfluss	95
F.3.5 Vergleichpräzision unter Feldbedingungen	95
F.3.6 Langzeitdrift bei null	95
F.3.7 Langzeitdrift beim Niveau der 1-Stunden-Alarmschwelle	95
F.3.8 Nullgas	96
F.3.9 Kalibriergas	96
F.3.10 Differenz Proben-/Kalibriereingang.....	96
F.4 Berechnungsbeispiel.....	97
Anhang G (informativ) Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb beim 8-Stunden-Zielwert.....	99
G.1 Allgemeines	99
G.2 Kombinierte Standardunsicherheit.....	99
G.3 Standardunsicherheiten	100
G.3.1 Allgemeines	100
G.3.2 Einflussgrößen.....	102
G.3.3 Störkomponenten.....	104
G.3.4 Mittelungseinfluss	107
G.3.5 Nullgas	107
G.3.6 Kalibriergas	107
G.3.7 Differenz Proben-/Kalibriereingang.....	107
G.3.8 Vergleichpräzision unter Feldbedingungen	108
G.3.9 Langzeitdrift bei null	108
G.3.10 Langzeitdrift beim Niveau des 8-Stunden-Zielwerts.....	108
G.4 Berechnungsbeispiel.....	109
Anhang H (informativ) Prüfstand für den Prüfpunkt „Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks“	111

Anhang I (informativ) Signifikante Änderungen.....	112
Literaturhinweise.....	113

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14625:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 14625:2012 ersetzen.

Gegenüber der vorherigen Ausgabe, wurden technische Änderungen in Anhang I dieses Dokuments aufgeführt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument 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 UV-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 µg/m³. Dieser Konzentrationsbereich entspricht dem Zertifizierungsbereich für Ozon für die Eignungsprüfung.

ANMERKUNG 1 Für ländliche Standorte zur Überwachung von Ökosystemen können auch andere Bereiche gewählt werden.

ANMERKUNG 2 Wird dieses Dokument 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 µg/m³ (bei 20 °C und 101,3 kPa) angegeben.

ANMERKUNG 3 00 µg/m³ O₃ entsprechen 250 nmol/mol O₃ bei 20 °C und 101,3 kPa.

Dieses Dokument enthält Informationen für verschiedene Nutzergruppen.

Abschnitt 5 bis Abschnitt 7 und die Anhang B und Anhang 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.

Abschnitt 9 bis Abschnitt 11 und Anhang F und Anhang 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.

Das vorliegende Dokument stellt eine Weiterentwicklung der vorangegangenen Ausgaben (EN 14625:2005 und EN 14625:2012) dar. Es wird empfohlen, dass bei der Beschaffung von Geräten diese vollständig mit dem vorliegenden Dokument übereinstimmen.

ANMERKUNG 4 Eignungsprüfungen, die vor der Veröffentlichung dieses Dokuments zum Zweck des Nachweises der Gleichwertigkeit durchgeführt wurden, sind weiterhin gültig.

ANMERKUNG 5 Eignungsprüfungen von Messgeräten, die vor der Veröffentlichung dieses Dokuments durchgeführt wurden, bleiben weiterhin für die Verwendung für regulierte Beobachtungszwecke gültig.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 dynamische Verfahren — Teil 6: Kritische Düsen (ISO 6145-6)*

EN ISO 6145-7, *Gasanalyse — Herstellung von Kalibriergasgemischen mit Hilfe von dynamische 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)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Justierung

Justierung eines Messsystems

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.

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

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

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: Richtlinie 2008/50/EG [1]]

3.3

Außenluft

Außenluft in der Troposphäre, an denen Bestimmungen für Gesundheitsschutz und Sicherheit am Arbeitsplatz gelten und zu denen die Öffentlichkeit normalerweise keinen Zugang hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies schließt Arbeitsplätze, die nach Directive 89/654/EEC definiert sind aus

[QUELLE: Richtlinie 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 Gesamtzeitspanne, 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.

Anmerkung 4 zum Begriff: Im Zusammenhang mit diesem Dokument 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.

[QUELLE: JCGM 200, 2.39 [2]]

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: JCGM 100: 2.3.4 [3]]

3.10

Erweiterungsfaktor

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

[QUELLE: JCGM 100: 2.3.6 [3]]

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 [4].

3.13

erweiterte Messunsicherheit

Größe, die ein Intervall um das Messergebnis definiert, von dem erwartet wird, dass es einen großen Anteil der Verteilung der Werte, die berechtigterweise auf die Messgröße zurückzuführen sind, enthält

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.

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

[QUELLE: JCGM 100: 2.3.5 [3]]

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: JCGM 100, B.2.10] [3]]

3.18

Störkomponente

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

3.19

Abweichung von der Linearität, en: „lack of fit“

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

3.20

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

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: JCGM 100, 2.3.1] [3]]

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: Richtlinie 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 derselben Bauart, die einer benannten Stelle von einem Hersteller zur Verfügung gestellt wurden, einschließlich der für die Zulassung der Bauart erforderlichen Prüfungen (Feststellung der Gebrauchstauglichkeit eines bestimmten Gerätemodells / eines eindeutig bezeichneten Messgeräts)

3.42

(Mess)unsicherheit

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

[QUELLE: JCGM 100, 2.2.3] [3]]

4 Abkürzungen

AMS	automatisches Messsystem (manchmal auch als kontinuierliches automatisches Messsystem (en: continuous automated measurement system, CAM) bezeichnet) (en: automated measuring system)
FEP	Perfluorethylenpropylen
MFC	Massendurchflussregler (en: mass flow controller)
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 das in Richtlinie 2008/50/EG [1] festgelegte Kriterium 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 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. Die Ozonkonzentrationen werden unter Verwendung des Lambert-Beer'schen Gesetzes aus den Messungen der Probenluft und der ozonfreien Probenluft berechnet:

$$I = I_0 \times e^{-\alpha C l} \quad (1)$$

Dabei ist

- I die in der Probenluft gemessene Lichtintensität;
- I_0 die in der ozonfreien Probenluft gemessene Lichtintensität;
- α die Absorptions-Querschnittsfläche in $\text{m}^2/\mu\text{g}$;
- C die Ozonkonzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- l die Länge der Absorptionsküvette in m.

Durch die Lösung der Konzentrationsgleichung und die Temperaturkorrektur ergibt sich folgende Gleichung:

$$C = \left(\frac{101,25}{P} \right) \times \left(\frac{T + 273,15}{293,15} \right) \times \frac{\ln\left(\frac{l}{l_0}\right)}{\alpha} \times \frac{1}{l} \quad (2)$$

P der gemessene Druck in kPa;

T die gemessene Temperatur in °C.

Der Querschnitt der Ozonabsorption je Molekül bei einem (Luft)wert 253,65 nm von $1,147 \times 10^{-17} \text{ cm}^2$ [5], als Hearn-1961-Wert bezeichnet, wird derzeit in der vom Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) durchgeführten, laufenden Vergleichsstudie BIPM.QM-K1 [6] bei primären Ozon-Referenzphotometern eingesetzt, um die Rückverfolgbarkeit und globale Konsistenz von Oberflächenozon-Messungen zu gewährleisten. Forschungen haben gezeigt, dass dieser Wert auf $1,1329 \times 10^{-17} \text{ cm}^2$, als CCQM.O3.2019-Wert bezeichnet, mit einer Standardmessunsicherheit von $0,0035 \times 10^{-17} \text{ cm}^2$ [7] abgeändert werden muss. Die Anwendung des vorgeschlagenen, neuen Werts führt zu einem Anstieg der Messwerte für den Ozon-Mengenanteil um ungefähr 1,23 %. Im Laufe der Gültigkeitsdauer dieser Norm wird das BIPM einen Plan [6] zur Aktualisierung und Kaskadierung des neuen Werts in die Kalibrierungskette über nationale Messinstitute und benannte Institute, umsetzen. Anwender dieses Dokuments müssen diese Änderung, sobald sie innerhalb von BIPM.QM-K1 umgesetzt wurde, und ihre Auswirkungen auf die gemessenen Konzentrationen, berücksichtigen. Das BIPM wird, nach entsprechender Freigabe, einen Leitfaden für die Umsetzung zur Verfügung stellen.

Die Ozonkonzentration wird in den vom Kalibrierstandard angegebenen Einheiten ausgedrückt. 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 diesem Dokument 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 Eignungsprüfungen im Labor beziehen den Probeneinlass, die Probennahmeeinrichtung und ein externes

Datenerfassungssystem nicht ein, wohl aber die Probennahmeleitung des Messgeräts und das Filter. Die Eignungsprüfung im Feld 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 Typerkennung 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 Eignungsprüfung 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 JCGM 100 [3].

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 in Abschnitt 9 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 diesem Dokument 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 und durch die Änderung 2015/1480/EG [8] aktualisiert.

6.3 Probennahmeeinrichtung

6.3.1 Aufbau

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

- eine spezielle Probenahmeleitung zum Messgerät oder 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), Perfluoralkoxy (PFA), Borsilikatglas oder hochwertiger / silikonbeschichteter Edelstahl zu verwenden. Die auf das Material des Probeneinlasses und der Leitung oder des Probengasverteilers zurückgehenden Verluste an Ozon müssen $\leq 2,0 \%$ sein.

ANMERKUNG 1 Bei der Verwendung von polymeren Werkstoffen ist es wichtig, ihre Durchlässigkeit für Gase und insbesondere für Wasserdampf zu berücksichtigen. Diese Auswirkung kann vermieden werden, indem die Dicke der Probenahmeleitung oder des Probengasverteilers erhöht wird.

ANMERKUNG 2 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 Der Filter kann sich im Messgerät befinden (siehe 7.12) oder außerhalb. Falls das Messgerät ein eingebautes Filter enthält, ist kein externes Filter erforderlich.

ANMERKUNG 2 Filter mit einer Porengröße von $5\text{ }\mu\text{m}$ 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 in der Probennahmeeinrichtung und dem Messgerät das Leistungskriterium von Tabelle 1 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 30minütige 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 (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

In Anhang C sind schematische Darstellungen für zwei Arten von ultravioletten photometrischen Ozon-Messgeräten enthalten.

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 Volumenstromanzeiger

Das Messgerät muss mit einem Volumenstromanzeiger 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 Ozon-Spanquelle darf nicht zu Kalibrierzwecken verwendet werden. Die durch diese interne Spanquelle erzeugten Ozon-Konzentrationen dürfen ausschließlich für Funktionsprüfungen verwendet werden.

7.12 Partikelfilter

Das Messgerät enthält üblicherweise einen internen Partikelfilter. Dieser Filter ist bei der Eignungsprüfung als integraler Bestandteil des Messgeräts anzusehen.

8 Eignungsprüfung 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 diesem Dokument angegebenen Leistungskenngrößen erfüllen. Die Werte für diese ausgewählten Leistungskenngrößen werden in Labor- und Feldprüfungen ermittelt. Durch Berechnung der aus der Kombination der Werte dieser Leistungskenngrößen abgeleiteten Messunsicherheiten 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. Prüfverfahren werden 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.

Das Verfahren der Eignungsprüfung muss die Zertifizierungsanforderungen von EN 15267-1 und EN 15267-2 erfüllen. Nur eine akkreditierte benannte Stelle darf die Eignungsprüfungen durchführen.

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, dass die Organisationen, die die laufenden Eignungsprüfungen durchführen, in Übereinstimmung mit einer international zulässigen Norm akkreditiert sind. EN ISO/IEC 17025 [9] ist die geltende, international harmonisierte Norm.

ANMERKUNG 2 Eine formale Akkreditierung durch eine Mitglieds Körperschaft der Europäischen Akkreditierungsstelle nach EN ISO/IEC 17025 [9] stellt einen Nachweis der Konformität dar. 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 [10] zur Kontrolle von Design und Herstellung der AMS ab. Dieses Dokument 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	Ab-schnitt	Labor-prüfung	Feld-prüfung	Leistungskriterium für O ₃
1	Wiederholstandardabweichung bei null	$s_{r,z}$	8.4.5	X		$\leq 1,0 \text{ nmol/mol}$
2	Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration c_t (beim Niveau der 1-Stunden-Alarmschwelle)	$s_{r,ct}$	8.4.5	X		$\leq 3,0 \text{ nmol/mol}$
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		$\leq 4,0 \text{ \% des Messwerts}$
3b	Abweichung bei null	r_z		X		$\leq 5 \text{ nmol/mol}$
4	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	b_{gp}	8.4.7	X		$\leq 2,0 \text{ nmol/mol/kPa}$
5	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	b_{gt}	8.4.8	X		$\leq 1,0 \text{ nmol/mol/K}$
6	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	b_{st}	8.4.9	X		$\leq 1,0 \text{ nmol/mol/K}$
7	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	b_v	8.4.10	X		$\leq 0,3 \text{ nmol/mol/V}$
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		$\leq 10 \text{ nmol/mol}$
8b	Toluol mit der Konzentration 0,5 µmol/mol	$x_{tol,z,ct}$		X		$\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Ab-schnitt	Labor-prüfung	Feld-prüfung	Leistungskriterium für O ₃
8c	m-Xylol, Konzentration 0,5 µmol/mol	$x_{\text{xyz,ct}}$		X		$\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$
9	Mittelungseinfluss	E_{av}	8.4.12	X		$\leq 7,0 \%$ des Messwerts
10	Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	$s_{\text{r,f}}$	8.5.5		X	$\leq 5,0 \%$ des Mittelwerts über 3 Monate
11	Langzeitdrift bei null	$D_{\text{l,z}}$	8.5.4		X	$\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$
12	Langzeitdrift beim Spannniveau	$D_{\text{l,s}}$	8.5.4		X	$\leq 5,0 \%$ des Maximums des Zertifizierungsbereichs
13	Kurzzeitdrift bei null	$D_{\text{s,z}}$	8.4.4	X		$\leq 2,0 \text{ nmol/mol}$ über 12 h
14	Kurzzeitdrift beim Spannniveau	$D_{\text{s,s}}$	8.4.4	X		$\leq 6,0 \text{ nmol/mol}$ über 12 h
15	Einstellzeit (Anstieg)	t_{r}	8.4.3	X		$\leq 180 \text{ s}$
16	Einstellzeit (Abfall)	t_{f}	8.4.3	X		$\leq 180 \text{ s}$
17	Differenz Anstiegs- und Abfallzeit	t_{d}	8.4.3	X		$\leq 10 \text{ s}$
18	Differenz Proben-/Kalibriereingang ^c	ΔX_{sc}	8.4.13	X		$\leq 1,0 \%$
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	$\geq 90 \%$
21	Verweilzeit im Messgerät		8.4.14			$\leq 3,0 \text{ s}$
^a Leistungskriterium gilt sowohl für null als auch die Spangaskonzentration. ^b H ₂ O-Konzentration von 19 mmol/mol entspricht 80 % relativer Luftfeuchte bei 20 °C und 101,3 kPa. ^c Sofern relevant.						
ANMERKUNG nmol/mol = ppb						

8.3 Änderungen am Messgerät

Wenn der Hersteller bauliche Änderungen vornimmt, muss er das Prüfinstitut und die benannte 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 ändert 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.

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 in den beschriebenen Prüfverfahren eingesetzten Materialien und der Ausrüstung muss die Anforderungen dieses Dokuments 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, ist eine Mindestzeit von 4 h erforderlich.

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. Bei den 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 Herstellerangaben (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 diesem Dokument nichts anderes festgelegt ist. Verschiedene Verfahren zur Herstellung von Prüfgasen sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 — Verfahren zur Herstellung von Prüfgasen

Verfahren	Beschreibung	Zu verwendende Rückverfolgbarkeit/Norm
Herstellen eines Ozon-Kalibrier-gases	Herstellung mit einem Ozongenerator	BIPM.QM-K1 [11]
Herstellen eines Ozon-Kalibrier-gases	Dynamische Verdünnung von Ozon-Luft-Gemischen	EN ISO 6145-6 oder EN ISO 6145-7
Kalibrierung	Verwendung eines primären UV-Referenzphotometers ^a	BIPM.QM-K1 [11]
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 2453-2 [12] und ISO 15337 [13] gegeben.

Die maximal zulässige erweiterte Unsicherheit (95-%-Vertrauensniveau) der Konzentration der für die Laborprüfung eingesetzten Prüfgase 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	≤ 1 nmol/mol
Xylol	≤ 1 nmol/mol
Toluol	≤ 1 nmol/mol
Wasserdampf	≤ 150 µmol/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 Zeitspanne, die länger als die Prüfzeitspanne ist, 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.

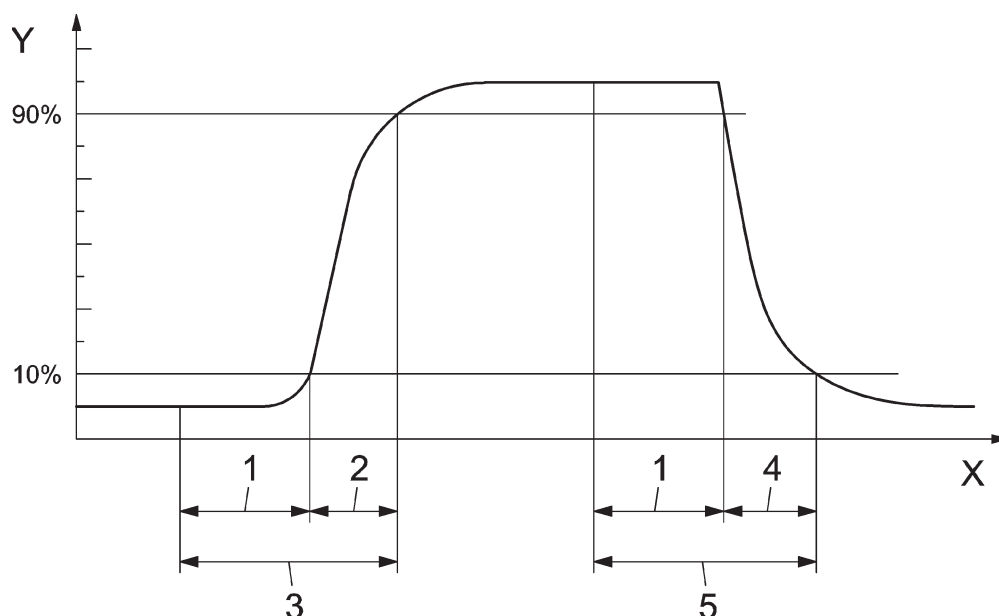
Der Probenvolumenstrom ist entsprechend der Anforderung nach 8.4.2 (± 1 %) während der Prüfung konstant zu halten.

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) 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 Nullgas-Konzentration stabil ist, ist der in Bild 1 gezeigte Zyklus abgeschlossen.



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 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.

Die Differenz zwischen den Einstellzeiten wird nach Gleichung (3) berechnet:

$$t_d = \bar{t}_r - \bar{t}_f \quad (3)$$

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.

Die Zeiten 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. Nach einer Zeitspanne von 12 h werden Null- und Spangas auf das Messgerät aufgegeben. Nach der 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:

$$D_{s,z} = (C_{z,2} - C_{z,1}) \quad (4)$$

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.

Die 12-Stunden-Drift bei null $D_{s,z}$ muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

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

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.

Die 12-Stunden Drift beim Spanniveau $D_{s,s}$ 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 (1-Stunden-Alarmschwellwert) wird nach Gleichung (6) berechnet:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (6)$$

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.

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

Aus der Wiederholstandardabweichung bei null und der nach 8.4.6 bestimmten Steigung der Kalibrierfunktion wird die Nachweisgrenze des Messgeräts nach [4] berechnet:

$$l_{\text{det}} = 3,3 \times \frac{s_{r,z}}{B} \quad (7)$$

Dabei ist

- l_{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.

ANMERKUNG Nachweisgrenzwerte werden für die Datenverarbeitung oder Berichterstattung verwendet, siehe 9.8.

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 sieben Konzentrationen (einschließlich des Nullpunktes) zu prüfen. Das Messgerät ist bei einer Konzentration von etwa 80 % 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 %, 10 %, 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 zu berücksichtigen.

8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Umgebungsgasdrucks

Messungen werden bei einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Ozon bei absoluten Drücken von etwa 90 kPa $\pm$ 0,2 kPa und etwa 110 kPa $\pm$ 0,2 kPa durchgeführt. Druckänderungen müssen durch Änderung des angelegten Kalibriergasdrucks am Probeneinlass erreicht werden. Bei jedem Druck werden nach einer Wartezeit, die einer unabhängigen Messung entspricht, drei Einzelmessungen aufgezeichnet. Aus diesen drei Messungen werden die Mittelwerte bei jedem Druck berechnet.

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

Der Druckempfindlichkeitskoeffizient muss im Hinblick auf die folgenden Hauptanforderungen bewertet werden:

- die Gerätehersteller müssen detailliert beschreiben, wie die Druckkorrektur in ihrem Gerät implementiert ist, und die genauen Positionen der Drucksensoren angeben, die für diese Berechnungen verwendet werden.
- Option 1: Wenn die Druckausgleichshardware vollständig im Probenschlauch und in der Messzelle enthalten ist, werden die Geräte im Labor getestet, indem der Probeneingangsdruk im Bereich von 90 kPa bis 110 kPa variiert wird. Wenn ein Gerät über mehrere Durchflusswege verfügt, muss der Eingangsdruck für diese speziellen Wege identisch und gleichzeitig mit dem Druck im Durchflussweg der Hauptprobe variiert werden;
- Option 2: Wenn eine Manipulation des Eingangsdrucks der Probendurchflusswege oder der zusätzlichen Durchflusswege technisch nicht möglich ist oder wenn der Druckausgleich auf anderen Drucksensoren außerhalb der betroffenen Durchflusswege beruht, müssen die Geräte auf einem geeigneten Druckprüfstand geprüft werden. Ein Beispiel ist in Anhang H beschrieben. Die Geräte werden im Labor geprüft, indem der Probeneingangsdruk im Bereich von 90 kPa bis 110 kPa variiert wird.

ANMERKUNG Es ist zu berücksichtigen, wie die Leistung des Messgeräts beeinträchtigt wird, wenn der normale Betrieb des Geräts bei einem Umgebungsgasdruck außerhalb des getesteten Bereichs von 90 kPa bis 110 kPa erfolgt (z. B. in großer Höhe).

Der Einfluss des Probengasdrucks wird nach Gleichung (8) berechnet:

$$b_{\text{gp}} = \left| \frac{(C_{\text{P2}} - C_{\text{P1}})}{(P_2 - P_1)} \right| \quad (8)$$

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.

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks b_{gp} muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

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 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 wird nach Gleichung (9) berechnet:

$$b_{gt} = \left| \frac{(C_{GT,2} - C_{GT,1})}{(T_{G,2} - T_{G,1})} \right| \quad (9)$$

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 niedrigste Probengastemperatur, in °C;
- $T_{G,2}$ die höchste Probengastemperatur, in °C.

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur b_{gt} muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

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

- 1) bei der niedrigen Temperatur $T_{s,1} = 5\text{ °C}$;
- 2) bei der Temperatur $T_{s,0}$, siehe Tabelle 2;
- 3) bei der hohen Temperatur $T_{s,2} = 40\text{ °C}$.

Für diese Prüfungen ist eine Klimakammer erforderlich.

Wenn der Hersteller andere Temperaturen vorschreibt, müssen diese im Prüfbericht vollständig dokumentiert werden.

Die Prüfgaskonzentration beträgt etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von NO. 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.

Die Reihenfolge der Prüftemperaturen ist: $T_{s,0}$, $T_{s,1}$, $T_{s,0}$ und $T_{s,0}$, $T_{s,2}$, $T_{s,0}$.

Nach der Änderung der Umgebungstemperatur wird eine Zeitspanne von 4 h zur Stabilisierung empfohlen.

Bei der ersten Temperatur $T_{s,0}$ wird das Messgerät bei Null- und Spanniveau (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:

$$b_{st} = \left| \frac{x_T - \frac{x_1 + x_2}{2}}{T_s - \overline{T_{s,0}}} \right| \quad (10)$$

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/°C;
- 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 niedrigste Umgebungstemperatur, in °C;
- $T_{s,2}$ die höchste 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.

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur 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 festgelegten Spannungsbereichs, V_1 und V_2 , bei der Konzentration null und einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Ozon bestimmt. Nach einer Zeitspanne, die einer

unabhängigen Messung entspricht, werden drei Einzelmessungen bei jedem Spannungs- und Konzentrationsniveau durchgeführt.

Die Abhängigkeit von der Spannung wird nach Gleichung (11) berechnet:

$$b_v = \left| \frac{(C_{V2} - C_{V1})}{(V_2 - V_1)} \right| \quad (11)$$

Dabei ist

- b_v der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung, in nmol/mol/V;
- C_{V1} der Mittelwert der Messungen bei der Spannung V_1 , in nmol/mol;
- C_{V2} 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 niedrigere der vom Hersteller angegebenen Spannungen, in V.

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

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung b_v muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

Für ein mit Gleichstrom betriebenes Messgerät ist die Eignungsprüfung der Spannungsänderung über den Bereich von ± 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 Prüfgaskonzentration (c_t) ähnlich dem des 1-Stunden-Grenzwert durchgeführt.

Die Konzentrationen der Prüfgasgemische mit der jeweiligen Störkomponente müssen eine Unsicherheit von ≤ 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 Spanniveau 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 von Ozon 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:

$$X_{\text{int},z} = x_z \quad (12)$$

$$X_{\text{int},c_t} = x_{c_t} - c_t \quad (13)$$

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 Prüfgaskonzentration mit einem Niveau der 1-Stunden-Alarmschwelle, 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 O_3 -Konzentration zwischen null und der Konzentration c_t .

Die Zeitspanne t_c der konstanten O_3 -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 O_3 -Konzentration muss ebenfalls mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten erforderlichen Zeitspanne sein. Die Zeitspanne t_{O_3} für die O_3 -Konzentration muss 45 s betragen, gefolgt von einer Zeitspanne t_{zero} von 45 s für die Konzentration null.

Weiterhin gilt:

- c_t ist die Prüfgaskonzentration, in nmol/mol;
- t_v ist die gesamte Zeitspanne für die t_{O_3} - und t_{zero} -Paare und beinhaltet mindestens drei solcher Paare, in s.

Der Wechsel von t_{O_3} auf t_{zero} muss innerhalb von 0,5 s erfolgen. Der Wechsel von t_c zu t_v muss innerhalb einer Einstellzeit des geprüften Messgeräts erfolgen.

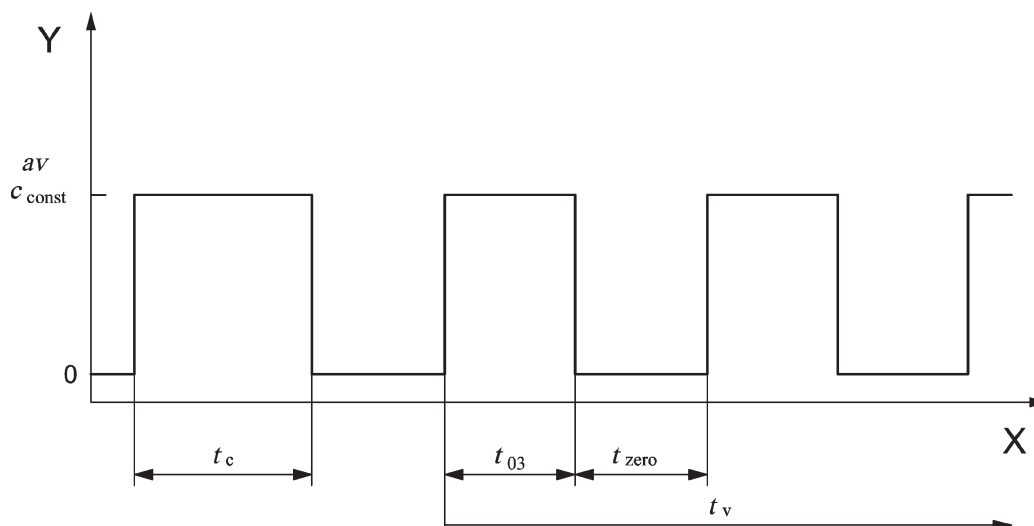
Der Mittelungseinfluss E_{av} wird nach Gleichung (14) berechnet:

$$E_{\text{av}} = \frac{C_{\text{av},c} - 2C_{\text{av},v}}{C_{\text{av},c}} \times 100 \% \quad (14)$$

Dabei ist

- E_{av} der Mittelungseinfluss, in %;
- $C_{\text{av},c}$ der Mittelwert von mindestens vier unabhängigen Messungen während der Zeitspanne der konstanten Konzentration t_c , in nmol/mol;
- $C_{\text{av},v}$ der Mittelwert von mindestens vier unabhängigen Messungen während der Zeitspanne der variablen Konzentration t_v , in nmol/mol.

Der Prüfablauf ist mindestens 3-mal zu wiederholen. Der Mittelwert von E_{av} ist zu dokumentieren.



Legende

Y Konzentration (nmol/mol)
X Zeit

Bild 1 — Konzentrationsänderungen für die Prüfung des Mittelungsfehlers

8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang

Falls das Messgerät über verschiedene Eingänge für Proben- und Kalibriergas verfügt, ist die Differenz des Messsignals bei Aufgabe der Proben über den Proben- oder Kalibriereingang zu prüfen. Hierzu wird Prüfgas mit der Konzentration von 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von Ozon über den Probeneingang auf das Messgerät aufgegeben. Die Prüfung besteht aus einer unabhängigen Messung, gefolgt von zwei Einzelmessungen. Nach einer Zeitspanne von mindestens vier Einstellzeiten wird die Prüfung unter Verwendung des Kalibriereingangs wiederholt. Die Differenz muss nach Gleichung (15) berechnet werden:

$$\Delta x_{sc} = \frac{x_{sam} - x_{cal}}{c_t} \times 100 \% \quad (15)$$

Dabei ist

Δx_{sc} die Differenz Proben-/Kalibriereingang, in %;

x_{sam} der Mittelwert der Messungen bei Verwendung des Probeneingangs, in nmol/mol;

x_{cal} der Mittelwert der Messungen bei Verwendung des Kalibriereingangs, in nmol/mol;

c_t die Konzentration des Prüfgases, in nmol/mol.

Δx_{sc} muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

8.4.14 Verweilzeit im Messgerät

Die Verweilzeit im Messgerät ist anhand des Volumenstroms und des Volumens der Leitungen und anderer relevanter Komponenten des Messgeräts und des Partikelfiltergehäuses zu berechnen.

Die berechnete Verweilzeit muss die in Tabelle 1 angegebene Anforderung erfüllen.

8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Feldprüfung

8.5.1 Allgemeines

Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Feld als Teil der Eignungsprüfung ist von einer benannten Stelle durchzuführen. Die Qualität der in den beschriebenen Prüfverfahren eingesetzten Materialien und der Ausrüstung muss die Anforderungen dieses Dokuments erfüllen.

Bei der Prüfung im Feld werden zwei Messgeräte über eine Zeitspanne von 3 Monaten hinsichtlich Verfügbarkeit (Kontrollintervall), Vergleichpräzision im Feld und Langzeitdrift geprüft. Die Messgeräte werden parallel an ein und derselben Probennahmestelle an einer ausgewählten Messstation unter spezifischen Außenluftbedingungen (siehe 8.5.2) betrieben. Betriebsanforderungen hinsichtlich der korrekten Bestimmung der Langzeitdrift und der Vergleichpräzision unter Feldbedingungen werden in 8.5.3 angegeben.

8.5.2 Auswahl der Messstation für die Feldprüfung

Die Auswahl der Messstation beruht auf folgenden Kriterien:

a) Ort:

- 1) Die Ozon-Konzentration am Standort sollte zweckmäßig hoch und im Mittel $> 30 \%$ der 1-Stunden-Alarmschwelle sein, sofern die Eignungsprüfung nicht auf niedrigere Bereiche abzielt.

b) Einrichtung der Messstationen:

- 1) ausreichende Kapazität des Probengasverteilers;
- 2) genügend Platz, um zwei Messgeräte mit Prüfgasen und/oder Kalibriereinrichtungen unterzubringen;
- 3) Kontrolle der Umgebungstemperatur der Messgeräte bei $(20 \pm 4) ^\circ\text{C}$ mit Temperaturoaufzeichnung;
- 4) stabile elektrische Spannung.

c) Weitere mögliche Kriterien:

- 1) Telemetrie/Telefoneinrichtungen zur Fernüberwachung der Einrichtung;
- 2) Zugänglichkeit.

8.5.3 Betriebsanforderungen

Nach Einbau der Messgeräte in der Messstation ist deren ordnungsgemäßer Betrieb zu prüfen. Dies umfasst unter anderem den Anschluss am Probengasverteiler, Probengasvolumenströme, richtige Temperaturen z. B. der Reaktionskammern, Signal bei Null- und Spangasaufgabe, Datenübertragung und andere Punkte, die von der benannten Stelle als notwendig erachtet werden.

Nach Feststellung des ordnungsgemäßen Betriebs werden die Messgeräte auf null abgeglichen und bei einem Wert von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs justiert.

Während der 3-Monats-Zeitspanne müssen die Wartungsvorgaben des Geräteherstellers erfüllt werden.

Messungen mit Null- und Spangas sind alle zwei Wochen durchzuführen. Die Konzentration c_t des Spangases muss etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs betragen. Bei null und dem

Konzentrationsniveau c_t werden eine unabhängige Messung und danach vier Einzelmessungen durchgeführt und die Messergebnisse aufgezeichnet.

Um die Verunreinigung des Filters bei der Bestimmung der Drift des Messgeräts auszuschließen, sind Null- und Spangas ohne Passage durch das Filter auf das Messgerät aufzugeben.

Um zu vermeiden, dass die Filterbelegung die Ergebnisse des Vergleichs der beiden Messgeräte beeinflusst, und um sicherzustellen, dass die Filterbelegung nicht die Qualität der Messdaten beeinträchtigt, ist das Filter direkt vor jeder zweiwöchentlichen Kalibrierung auszuwechseln. Die Filter müssen zuvor im Labor mit ozonisierter Luft konditioniert worden sein.

Während der Prüfzeitspanne von 3 Monaten dürfen an dem Messgerät keine Null- und Spanjustierungen durchgeführt werden, da dies die Bestimmung der Langzeitdrift beeinflussen würde. Die Messdaten des Messgeräts dürfen unter Annahme einer linearen Drift seit der letzten Null- und Spanprüfung nur rechnerisch korrigiert werden.

Falls das Gerät über eine Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktion verfügt und dies als „übliche Betriebsbedingung“ angesehen wird, ist sie bei der Feldprüfung in Funktion zu setzen. Die Größe der Selbstkorrektur muss für das Prüflabor verfügbar sein. Die Größen der Autozero- und der Auto-Drift-Korrekturen über das Kontrollintervall (Langzeitdrift) unterliegen den gleichen Einschränkungen, wie sie in den Leistungskenngrößen festgelegt sind.

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind Prüfgase (Luft mit einer bestimmten Ozon-Konzentration), die auf (inter)nationale Normale rückführbar sind, zu verwenden, sofern in diesem Dokument nichts anderes festgelegt ist. Verschiedene Verfahren zur Erzeugung von Prüfgasen sind in Tabelle 3 (siehe 8.4.2.3) angegeben.

Die Unsicherheiten der für die Feldprüfungen verwendeten Null- und Spangase dürfen nicht signifikant sein. Mögliche Verunreinigungen von Null- und Spangas dürfen die Ergebnisse der Laborprüfung nicht signifikant beeinflussen. Deshalb müssen die Null- und Spangase den folgenden Anforderungen genügen:

- Maximal zulässige erweiterte Unsicherheit der Konzentration der bei der Feldprüfung eingesetzten Gase: 5 %.
- Erforderliche Reinheit der Prüfgase und des Nullgases, angegeben als absoluter Wert, nach Tabelle 4.

Es ist ratsam, die Feldprüfung mit den gleichen, ausschließlich für diese Prüfungen reservierten Ozon- und Nullgasgeneratoren durchzuführen. Die Stabilität von Null- und Spangas sollte über eine Zeitspanne, die länger als die Prüfzeitspanne ist, gewährleistet sein.

8.5.4 Langzeitdrift

Nach jeder zweiwöchentlichen Null- und Spangasprüfung ist die Drift der geprüften Messgeräte bei null und beim Spanniveau entsprechend den unten angegebenen Verfahren zu berechnen. Falls die Drift im Vergleich zur anfänglichen Kalibrierung eines der Leistungskriterien für die Drift bei null oder beim Spanniveau übersteigt, ist das Kontrollintervall gleich der Anzahl der Wochen bis zur Feststellung der Überschreitung minus 2 Wochen. Für weitere (Unsicherheits-)Berechnungen sind für die Langzeitdrift die Werte für die Nullpunkts- und Spandrift über die Zeitspanne des Kontrollintervalls zu verwenden.

Die Langzeitdrift wird wie folgt berechnet:

$$D_{l,z} = (C_{z,1} - C_{z,0}) \quad (16)$$

Dabei ist

$D_{l,z}$ die Drift bei null, in nmol/mol;

$C_{z,0}$ die mittlere Konzentration der Messungen bei null zu Beginn der Driftzeitspanne (direkt nach der Erstkalibrierung), in nmol/mol;

$C_{z,1}$ die mittlere Konzentration der Messungen bei null am Ende der Driftzeitspanne, in nmol/mol.

Die Drift bei null $D_{l,z}$ muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

$$D_{l,s} = \frac{(C_{s,1} - C_{s,0}) - D_{l,z}}{(C_{s,1} - C_{z,1})} \times 100 \% \quad (17)$$

Dabei ist

$D_{l,s}$ die Drift bei der Span-Konzentration c_t , in %;

$D_{l,z}$ die Drift bei null, in nmol/mol.

$C_{s,0}$ die mittlere Konzentration der Messungen beim Spanniveau zu Beginn der Driftzeitspanne, direkt nach der Erstkalibrierung, in nmol/mol;

$C_{s,1}$ die mittlere Konzentration der Messungen beim Spanniveau am Ende der Driftzeitspanne, in nmol/mol;

Die Drift bei null $D_{l,s}$ muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

ANMERKUNG Zur Bestimmung einer systematischen oder zufälligen Drift kann die graphische Aufzeichnung der Null- und Spangasanzeigen hilfreich sein.

8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen

Die Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen wird aus den während der dreimonatigen Zeitspanne stündlich gemittelten Messwerten berechnet.

Die Differenz $\Delta x_{f,i}$ für jede (i -te) Parallelmessung wird nach Gleichung (18) berechnet:

$$\Delta x_{f,i} = x_{f,1,i} - x_{f,2,i} \quad (18)$$

Dabei ist

$\Delta x_{f,i}$ die i -te Differenz einer Parallelmessung, in nmol/mol;

$x_{f,1,i}$ das 1-te Messergebnis von Messgerät 1, in nmol/mol;

$x_{f,2,i}$ das i -te Messergebnis von Messgerät 2, in nmol/mol.

Die Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen ($s_{r,f}$) wird nach Gleichung (19) berechnet:

$$s_{r,f} = \frac{\left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_{f,i}^2}{2n}} \right)}{c_f} \times 100 \% \quad (19)$$

Dabei ist

$s_{r,f}$ die Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen, in %;

n die Anzahl der Parallelmessungen;

c_f die bei der Feldprüfung gemessene mittlere Ozon-Konzentration, in nmol/mol.

Die Vergleichsstandardabweichung für Schwefeldioxid unter Feldbedingungen, $s_{r,f}$, muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

8.5.6 Kontrollintervall

Das Kontrollintervall ist die Zeitspanne, in der die Drift innerhalb des Leistungskriteriums für die Langzeitdrift liegt. Falls der Gerätehersteller eine kürzere Zeitspanne für die Wartung festlegt, ist diese als das Kontrollintervall zu wählen. Falls eines der Messgeräte bei der Feldprüfung Fehlfunktionen aufweist, ist die Feldprüfung neu zu beginnen, um festzustellen, ob die Fehlfunktion zufällig war oder auf einen Gerätefehler zurückzuführen ist.

ANMERKUNG Das Kontrollintervall beträgt üblicherweise mindestens zwei Wochen.

8.5.7 Verfügbarkeit des Messgeräts

Der ordnungsgemäße Betrieb des Messgeräts ist mindestens alle 14 Tage zu prüfen. Es wird empfohlen, diese Prüfung während der ersten 14 Tage täglich durchzuführen. Diese Prüfungen beinhalten die Plausibilitätsprüfung der Messwerte sowie, sofern verfügbar, Statussignale und andere relevante Parameter. Zeitpunkt, Dauer und Art von Fehlfunktionen sind zu registrieren.

Die Zeitspanne mit verwertbaren Messdaten ist diejenige Zeitspanne in der Feldprüfung, während der valide Messdaten für die Außenluftkonzentrationen gewonnen werden. Dabei darf die für Kalibrierungen, für die Konditionierung der Probennahmeeinrichtung und der Filter (6.3) und für Wartungsarbeiten aufgewendete Zeit nicht einbezogen werden.

Die Verfügbarkeit des Messgeräts ist:

$$A_a = \frac{t_u}{t_t} \times 100 \% \quad (20)$$

Dabei ist

A_a die Verfügbarkeit des Messgeräts;

t_u die gesamte Zeitspanne mit validen Messwerten;

t_t die gesamte Zeitspanne der Feldprüfung, abzüglich der Zeit für Kalibrierung, Konditionierung und Wartung.

Die Zeitspannen t_u und t_t müssen in den gleichen Einheiten (z. B. Stunden) angegeben werden.

Die Verfügbarkeit muss das in Tabelle 1 angegebene Leistungskriterium erfüllen.

8.6 Eignungsprüfung und Berechnung der Unsicherheit

Die Eignungsprüfung des Messgeräts besteht aus den folgenden Schritten.

- Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2).
- Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, muss das in Anhang I der

Richtlinie 2008/50/EG angegebene Kriterium erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen bei der 1-Stunden-Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind in Anhang E angegeben.

- c) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2).
- d) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in den Labor- und Feldprüfungen ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, muss das in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG angegebene Kriterium erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen bei der 1-Stunden-Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind in Anhang E angegeben.

Das Messgerät muss alle vier Anforderungen erfüllen.

9 Feldbetrieb und laufende Qualitätskontrolle

9.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung ist keine Garantie für die Erfüllung der Datenqualitätsziele. Der Endnutzer ist dafür verantwortlich, dass das Gerät die Anforderungen an die Technik und die Datenqualität für die Umgebung, in der es verwendet wird, erfüllt. Die Anforderungen an die Datenqualität sind in der Richtlinie 2008/50/EG [1] festgelegt, die technischen Anforderungen sind in Abschnitt 9 aufgeführt.

Wenn ein eignungsgeprüftes Messgerät für eine bestimmte Messaufgabe ausgewählt wurde, ist seine Eignung an dem spezifischen Messort zu bewerten. Dies erfolgt anhand der Eignungsbewertung nach 9.2.

Das Messgerät wird so in einer Messstation installiert, dass sein ordnungsgemäßer Betrieb nicht beeinträchtigt wird, d. h., dass das Messgerät geschützt aufgestellt und von Staub, Regen und Schnee, direkter Sonneneinstrahlung, starken Temperaturänderungen usw. abgeschirmt wird. Ein umschlossener Raum (Container oder Gebäude) mit Temperaturregelung oder Klimaanlage erfüllt üblicherweise diese Anforderungen. An manchen Örtlichkeiten können Spannungsstabilisatoren für die Energieversorgung in Betracht gezogen werden, wenn Spannungsschwankungen erwartet werden.

Nach Einbau des Messgeräts in der Messstation ist das Messgerät auf ordnungsgemäßen Betrieb zu prüfen. Dies wird in 9.3 beschrieben (Erstinstallation).

Wenn bestätigt wurde, dass das Messgerät die Datenqualitätsziele der Richtlinie 2008/50/EG am spezifischen Standort erfüllt, sind Qualitätssicherungs- und Qualitätskontrollmaßnahmen zur kontinuierlichen Überwachung der Ozon-Konzentration (wie in 9.4 bis 9.6 beschrieben) zu beachten, um sicherzustellen, dass die Messdaten die Unsicherheitsanforderungen von Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG erfüllen.

9.2 Eignungsbewertung

9.2.1 Allgemeines

Wurde ein eignungsgeprüftes Messgerät ausgewählt, so ist dessen Eignung hinsichtlich der lokalen Bedingungen am Messort zu bewerten. Beispielsweise könnten Temperaturschwankungen so groß sein, dass das eignungsgeprüfte Messgerät die Unsicherheitsanforderungen unter diesen Bedingungen nicht erfüllt. Es kann dann erforderlich sein, die Temperatur der das Messgerät direkt umgebenden Luft zu regeln. Die zur Kalibrierung des Messgeräts eingesetzten Ozon-Prüfgase müssen auf nationale oder internationale Normale rückführbar sind.

9.2.2 Messgerät für eine Messstation oder Messaufgabe

Die Bewertung der erweiterten Messunsicherheit für das eignungsgeprüfte Messgerät erfolgt nach 9.9. Sofern Daten verfügbar sind, sind die folgenden standortspezifischen Bedingungen zu bewerten, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Zu bewertende lokale Bedingungen

Parameter	Bemerkungen
Probengasdruckbereich	Der während der Zeitspanne eines Jahres erwartete Probengasdruckbereich ist abzuschätzen.
Probengastemperaturbereich	Der während der Zeitspanne eines Jahres erwartete Probengastemperaturbereich ist abzuschätzen. Die Probengastemperatur kann durch Heizen oder Thermostatisieren geregelt werden.
Umgebungstemperaturbereich	Der erwartete Umgebungstemperaturbereich muss innerhalb des für die Eignungsprüfung festgelegten Bereichs liegen. Die Temperatur kann mit einem Thermostaten geregelt werden.
Spannungsbereich ^a	Der erwartete Spannungsbereich muss innerhalb des für die Eignungsprüfung festgelegten Bereichs liegen. Spannungsschwankungen können durch Spannungsstabilisatoren geregelt werden.
H ₂ O-Konzentrationsbereich	Der Bereich der in Stundenwerten gemittelten H ₂ O-Konzentration während der Zeitspanne eines Jahres ist abzuschätzen.
Toluol-Konzentrationsbereich	Der Bereich der in Stundenwerten gemittelten Toluol-Konzentration während der Zeitspanne eines Jahres ist abzuschätzen.
Xylol-Konzentrationsbereich (Summe von o-, m- und p-Xylol)	Der Bereich der in Stundenwerten gemittelten Xylol-Konzentration während der Zeitspanne eines Jahres ist abzuschätzen.
Erweiterte Unsicherheit des Kalibriergases	Die erweiterte Unsicherheit des Kalibriergases ist zu berücksichtigen. Diese beinhaltet die Unsicherheit des Kalibriergases selbst sowie die Unsicherheit einer gegebenenfalls eingesetzten Verdünnungseinrichtung.
Kalibrierhäufigkeit	Die vorgesehene Kalibrierhäufigkeit ist bei der Berechnung des Einflusses der Drift zu verwenden.
^a Für ein mit Gleichstrom betriebenes Messgerät ist die Prüfung der Spannungsänderung über den Bereich von ± 10 % der Nennspannung durchzuführen.	

ANMERKUNG 1 Die Bedeutung des Beitrags der störenden Stoffe ist im Kontext des gesamten Unsicherheitsbudgets zu bewerten.

Als Vorgabewert können die extremen Bedingungen aus der Eignungsprüfung verwendet werden.

Falls die lokalen Bedingungen außerhalb der Bedingungen liegen, für die das Messgerät eignungsgeprüft ist, sind 3 Alternativen möglich:

- a) Das Messgerät ist unter diesen lokalen Bedingungen zusätzlichen Prüfungen durch eine benannte Stelle zu unterziehen, oder
- b) das Messgerät wird vom Messnetzbetreiber unter diesen lokalen Bedingungen geprüft, wenn die Anzahl der betroffenen Standorte begrenzt ist, oder
- c) die Unsicherheitsbewertung wird durch Extrapolation auf die betrachteten Bedingungen durchgeführt.

In jedem Fall ist die Unsicherheit erneut zu berechnen und ein entsprechender Bericht zu erstellen. Wenn das Messgerät die Anforderungen von Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG erfüllt, kann es in die Messstation eingebaut und betrieben werden. Die Entscheidung über die Zulässigkeit seiner Verwendung liegt in Händen der nationalen zuständigen Behörde.

Falls die lokalen Bedingungen im Rahmen der Bedingungen liegen, für die das Messgerät eignungsgeprüft ist, kann die Unsicherheit mit diesen lokalen Bedingungen berechnet werden. Die Berechnungen sind zu dokumentieren.

Das Messgerät darf nur in der geprüften Konfiguration eingesetzt werden.

ANMERKUNG 2 EN ISO 14956 gibt Hinweise auf typische Niveaus der Luftverunreinigung. Diese sollten bezüglich ihrer Repräsentativität für die betrachteten Situationen aber nur mit Vorsicht verwendet werden.

ANMERKUNG 3 Elementares Quecksilber kann bei dem Messgerät ein Signal hervorrufen. Im Allgemeinen haben die geringen Hg-Konzentrationen in Luft (2 ng/m^3 bis 4 ng/m^3) keinen signifikanten Einfluss auf die Ozon-Messung. Bei erhöhten Hg-Konzentrationen ist aber Vorsicht angebracht. Es wurde gezeigt, dass eine Hg-Konzentration von 10 ng/m^3 ein Signal hervorrufen kann, das 1 nmol/mol Ozon entspricht.

9.3 Erstinstallation

Nach Installation des Messgeräts und der Probennahmeeinrichtung in der Messstation ist deren ordnungsgemäßer Betrieb zu prüfen. Die Ergebnisse dieser Prüfungen müssen die Anforderungen und Einschränkungen des Geräteherstellers und die Anforderungen dieser Norm (wie zum Beispiel verwendete Materialien, Einstellzeiten) erfüllen. Die Konformität mit den Anforderungen des Herstellers und den Anforderungen in diesem Dokument müssen dokumentiert werden.

Die Verweilzeit der Probenluft im Probengasverteiler (sofern eingesetzt) und der Probennahmeleitung muss kleiner als 6 s sein, um signifikante Ozon-Verluste zu vermeiden.

Während der Erstinstallation ist eine Linearitätsprüfung nach 8.4.6 durchzuführen.

Zusätzlich ist die Wiederholstandardabweichung $s_{r,z}$ bei der Konzentration null zu bestimmen. Nach Abwarten der einer unabhängigen Messung äquivalenten Zeitspanne werden jeweils 10 Einzelmessungen mit Nullgas zur Kalibrierung des Messgeräts durchgeführt. Aus diesen Messungen wird nach Gleichung (6) die Wiederholstandardabweichung s_r bei der Konzentration null berechnet.

Die Ergebnisse müssen die Kriterien in Tabelle 6 erfüllen.

Durch Kombination der Wiederholstandardabweichung mit der Steigung der Kalibrierfunktion ist die Nachweisgrenze des Messgeräts nach Gleichung (7) zu berechnen. Die Nachweisgrenze wird verwendet:

- a) zur Festlegung der maximalen Ozon-Konzentrationen im zur Kalibrierung verwendeten Nullgas (siehe 9.5.2);
- b) bei der Datenverarbeitung nach 9.8.

Diese Prüfungen dürfen im Labor direkt vor der Installation oder nach der Installation am Standort durchgeführt werden.

Die kürzeste erwartete Standzeit eines Partikelfilters (6.3.2) an einem bestimmten Messort ist durch Messung des Ozon-Verlustes bei Prüfgasaufgabe mit und ohne Filter festzustellen. Die Ozon-Konzentration muss etwa so groß sein wie die 1-Stunden-Alarmschwelle. Das Kriterium für den Austausch ist ein Ozon-Verlust $> 3 \%$.

Die Prüfung kann an für andere Standorte des Messnetzes repräsentativen Standorten durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden dann auf die anderen Standorte desselben Typs übertragen.

Die Prüfung kann vollständig durchgeführt werden, bevor das Messgerät in den Routinebetrieb übernommen wird. Alternativ kann die erste Prüfung bei der Erstinstallation durchgeführt werden, die übrigen Prüfungen dann bei der Qualitätssicherung und -kontrolle im Routinebetrieb. Dabei sollte beachtet werden, dass die zweite Vorgehensweise zu Datenverlust führen und damit die Datenerfassung beeinflussen kann.

ANMERKUNG Ein vergleichsweise einfaches Prüfverfahren ist das folgende:

- a) Aufgabe eines Überschusses an Prüfgas über das Filter auf das Messgerät, unter Verwendung eines T-Stücks;
- b) Messung der Ozon-Konzentration bei der Erstinstallation;
- c) Erneute Messung der Ozon-Konzentration nach 1 Woche;
- d) Ersatz des Filters durch ein neues und Messung der Ozon-Konzentration;
- e) Berechnung des Ozon-Verlusts aus den relativen Differenzen der 2 Konzentrationen;
- f) Wiederholung des Verfahrens nach 2 Wochen, 4 Wochen, 8 Wochen, 16 Wochen, usw., bis der Ozon-Verlust das Kriterium von 3 % übersteigt;
- g) Ermittlung der maximalen Standzeit des Filters aus den berechneten Verlusten.

Werden die gemessenen Konzentrationen mit einem Datalogger/Computersystem erfasst, dann ist die ordnungsgemäße Funktion der Datenerfassung zu prüfen. Werden die Messdaten an ein zentrales Computersystem übermittelt, dann ist auch der Übertragungsprozess zu prüfen. Die Prüfungen müssen sicherstellen, dass die von dem Messgerät tatsächlich gemessenen Konzentrationen ordnungsgemäß von dem Datenerfassungssystem aufgezeichnet werden.

Bei jedem Tausch von Teilen des Datenerfassungs-/übertragungsprozesses ist der ordnungsgemäße Ablauf des gesamten Prozesses erneut zu überprüfen.

Alle Prüfungen der ordnungsgemäßen Arbeitsweise des Datenerfassungs-/übertragungssystems sind zu dokumentieren.

9.4 Laufende Qualitätssicherung/Qualitätskontrolle

9.4.1 Allgemeines

Mit der Qualitätskontrolle wird sichergestellt, dass die Unsicherheit der Messwerte für Ozon bei den kontinuierlichen Messungen im Feld innerhalb der festgesetzten Grenzen bleibt. Das bedeutet, dass die zum Erzielen genauer und rückführbarer Luftqualitätsdaten erforderlichen Wartungs-, Prüf- und Kalibrierverfahren eingehalten werden. In diesem Abschnitt werden Verfahren zur Wartung, Prüfung und Kalibrierung beschrieben. Es handelt sich dabei um Mindestanforderungen zur Wahrung des erforderlichen Qualitätsniveaus.

Die Qualität der Materialien und der Ausrüstung, die in den Prüfverfahren eingesetzt werden, muss die in diesem Dokument angegebenen Anforderungen erfüllen und darf die Ergebnisse nicht signifikant beeinflussen.

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, dass die Organisationen, die die laufenden Qualitätskontrollmaßnahmen durchführen, in Übereinstimmung mit einer international zulässigen Norm akkreditiert sind. EN ISO/IEC 17025 [9] ist die geltende, international harmonisierte Norm.

ANMERKUNG 2 Eine formale Akkreditierung durch eine Mitgliedskörperschaft der Europäischen Akkreditierungsstelle nach EN ISO/IEC 17025 [9] stellt einen Nachweis der Konformität dar.

9.4.2 Häufigkeit der Kalibrierungen, Prüfungen und Wartungsarbeiten

Die Prüfungen und Kalibrierungen sowie deren Häufigkeit sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Weiterhin sind die Kriterien für die Prüfungen und Kalibrierungen des Messgeräts sowie für die Wartungsarbeiten angegeben.

Bei Anwendung dieser Kriterien muss sich der Anwender bewusst sein, dass die Kombination von Leistungskenngrößen, die nahe an ihren Eingreifkriterien liegen, zu einer Verletzung des in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG festgelegten Datenqualitätsziels bezüglich der Messunsicherheit führen kann. Mit dem in Anhang F beschriebenen Ansatz zur Bewertung der Messunsicherheit kann geprüft werden, ob solch eine Verletzung eintritt.

Tabelle 2 — Erforderliche Häufigkeit der Kalibrierungen, Prüfungen und Wartungsarbeiten

Kalibrierungen, Prüfungen und Wartungsarbeiten	Ab-schnitt	Häufigkeit	Eingreifkriterien ^{d,e}
Kalibrierung des Messgeräts	9.5.1	mindestens alle 3 Monate und nach Reparaturen	Null- oder Spandrift außerhalb der vom Anwender gesetzten Toleranzen
Wiederholpräzision beim Null- und Spanpunkt des Messgeräts	9.5.1	in Kombination mit der Kalibrierung unter Verwendung der Kalibrierdaten	Wiederholstandardabweichung beim Nullpunkt: $\geq 1,5 \text{ nmol/mol}$ Wiederholstandardabweichung beim Spanpunkt: $\geq 2,0 \%$ der Spankonzentration
Verifizierung von Nullluft und Spangasgenerator (zusammen mit der Kalibrierung des Messgeräts)	9.6.1	mindestens alle 3 Monate	Nullpunkt: $\geq$ Nachweisgrenze Spanpunkt: $\geq 5,0 \%$ des letzten zertifizierten Werts
Null- und Spanprüfunga	9.6.1	mindestens alle 2 Wochen ^a	Nullpunkt: $\leq -4,0$ oder $\geq 4,0 \text{ nmol/mol}$ Spanpunkt: $\geq 5,0 \%$ des anfänglichen Spanwerts
Prüfung der Abweichung von der Linearität (im Labor und im Feld)	9.6.2, Anhang A	Innerhalb eines Jahres nach Erstinstallation und nach Reparaturen. Die weitere Häufigkeit ergibt sich aus den Ergebnissen der vorangegangenen Prüfung	Abweichung von der Linearität $> 4,0 \%$ des Messwerts Abweichung von der Linearität $> 0,5 \text{ nmol/mol}$ bei null
Prüfung des Probengasverteilers — Einfluss des durch die Pumpe des Verteilers hervorgerufenen Druckabfalls — Probennahme-wirkungsgrad	9.6.3.1 9.6.3.2	mindestens alle 3 Jahre	— Einfluss $\geq 1,0 \%$ des Messwerts — Einfluss $\geq 2,0 \%$ des Messwerts