

	Luftqualität Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nichtdispersiver Infrarot-Photometrie Deutsche Fassung prEN 14626:2003	DIN EN 14626
--	---	-------------------------------

Diese Norm wurde in das VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5 aufgenommen

ICS 13.040.20

Entwurf

Einsprüche bis 2003-07-31

Ambient air quality – Measurement method for the determination of carbon monoxide in ambient air by means of the non-dispersive infrared method;
German version prEN 14626:2003

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an krdl@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an die Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Postfach 10 11 39, 40002 Düsseldorf.

Nationales Vorwort

Der europäische Norm-Entwurf prEN 14626 wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe „Reference method for determination of SO₂/NO₂/O₃/CO in ambient air“ (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, ausgearbeitet.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 6143 siehe DIN ISO 6143
ISO 14956 siehe DIN ISO 14956

Fortsetzung Seite 2
und 83 Seiten prEN

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 6143, *Gasanalyse – Vergleichsverfahren zur Bestimmung und Überprüfung der Zusammensetzung von Kalibrierungsgasgemischen (ISO 6143:2001)*.

DIN EN ISO 14956, *Luftbeschaffenheit - Beurteilung der Eignung eines Messverfahrens durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit (ISO 14956:2002); Deutsche Fassung EN ISO 14956:2002*.

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

VDI 4203 Blatt 1, *Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Grundlagen*.

VDI 4203 Blatt 3 (Entwurf), *Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen*.

Luftqualität — Messverfahren zur Bestimmung von Kohlenmonoxid mit dem nicht-dispersiven Infrarotverfahren

Ambient air quality — Measurement method for the determination of carbon monoxide in ambient air by means of the non-dispersive infrared method

ICS:

Deskriptoren

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

Inhalt

Seite

Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe.....	5
4 Symbole und Abkürzungen.....	9
5 Grundlagen	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Messprinzip.....	12
5.3 Eignungsprüfung	13
5.4 Feldbetrieb und Qualitätskontrolle.....	13
6 Probenahmeeinrichtung.....	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Probenahmeort.....	13
6.3 Probeneinlass und Probenahmeleitung	13
6.4 Partikelfilter.....	14
6.5 Steuerung und Regelung des Probendurchflusses	14
6.6 Pumpe für den Probengasverteiler	14
7 Messgerät.....	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Störungen durch Infrarotstrahlung absorbierende Gase	15
7.2.1 Allgemeines	15
7.2.2 Wasserdampf.....	15
7.2.3 Kohlendioxid.....	15
7.2.4 Kohlenwasserstoffe	15
7.3 Details zum Messgerät	15
7.4 Druckmessung	16
7.5 Durchflussanzeiger.....	16
7.6 Probengaspumpe des Messgeräts.....	16
8 Eignungsbekanntgabe von NDIR-Messgeräten	16
8.1 Allgemeines	16
8.2 Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien	17
8.3 Änderungen am Messgerät.....	18
8.4 Verfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen beim Labortest.....	18
8.4.1 Allgemeines	18
8.4.2 Testbedingungen	19
8.4.3 Einstellzeit.....	20
8.4.4 Kurzzeitdrift	22
8.4.5 Wiederholpräzision	22
8.4.6 Linearität ("Lack of fit")	23
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks.....	23
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	24
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur	24
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung	25
8.4.11 Störungen	26
8.4.12 Mittelungsprüfung.....	27
8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang.....	28
8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen beim Feldtest.....	29
8.5.1 Allgemeines	29

8.5.2	Auswahl der Messstation.....	29
8.5.3	Betriebsanforderungen	29
8.5.4	Langzeitdrift	30
8.5.5	Vergleichpräzision unter Feldbedingungen	31
8.5.6	Wartungsintervall.....	32
8.5.7	Verfügbarkeit des Messgeräts.....	32
8.6	Berechnung der kombinierten erweiterten Messunsicherheit.....	33
9	Feldbetrieb und laufende Qualitätskontrolle	33
9.1	Allgemeines	33
9.2	Eignungsbewertung	34
9.2.1	Allgemeines	34
9.2.2	Messgerät für eine Messstation oder Messaufgabe	34
9.3	Erstinstallation	35
9.4	Prüfgase.....	35
9.5	Datenhandhabung und Datenbericht.....	36
9.6	Laufende Qualitätskontrolle	36
9.6.1	Allgemeines	36
9.6.2	Häufigkeit der Prüfungen und Kalibrierungen.....	36
9.7	Null- und Spanprüfungen.....	37
9.8	Wechsel der Partikelfilter	38
9.9	Wechsel von Verbrauchsmaterialien	38
9.10	Regelmäßige Wartung von Komponenten des Messgeräts	38
9.11	Linearität.....	38
9.12	Kalibrierung des Messgeräts.....	39
9.13	Messung der Konzentrationen der lokalen Standards	39
9.14	Prüfung des Probengasverteilers	40
9.14.1	Verfahren zur Messung des durch die Pumpe des Verteilers verursachten Druckabfalls	40
9.14.2	Verfahren zur Prüfung des Wirkungsgrades (Sammelleistung) des Probenahmesystems	40
10	Angabe der Ergebnisse.....	41
11	Prüfberichte und Dokumentation.....	41
11.1	Eignungsprüfung	41
11.2	Feldbetrieb.....	42
11.2.1	Eignungsbewertung	42
11.2.2	Dokumentation.....	42
11.2.3	Berichte über Luftqualitätsdaten	42
Anhang A (normativ)	Linearitätsprüfung.....	43
Anhang B (informativ)	Probenahmeeinrichtung	45
Anhang C (informativ)	Lokale Probenahme [2]	47
Anhang D (informativ)	Schematische Darstellung eines NDIR-Spektrometers	48
Anhang E (normativ)	Vorrichtung zur Prüfung des Probengasverteilers	50
Anhang F (normativ)	Eignungsbekanntgabe	51
Anhang G (normativ)	Berechnung der Unsicherheit im Feldbetrieb beim 1-Stunden-Grenzwert.....	71
Literaturhinweise		83

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14626) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 "Luftbeschaffenheit" erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein kontinuierliches Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid in Luft nach dem nicht-dispersiven Infrarot-Messprinzip (NDIR) fest. Diese Norm gibt die Leistungskenngrößen an und legt die relevanten Mindestanforderungen für die Eignungsprüfung von NDIR-Photometern zur Kohlenmonoxid-Messung fest. Sie enthält außerdem Anforderungen für die Probenahme, Kalibrierung und Qualitätssicherung bei der Anwendung.

Das Verfahren ist anwendbar zur Bestimmung der Massenkonzentration von Kohlenmonoxid in Luft im Bereich von 0 mg/m³ bis 100 mg/m³. Dieser Konzentrationsbereich entspricht dem Zertifizierungsbereich für die Eignungsprüfung.

Das Verfahren umfasst die Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid in Gebieten, die als ländliche Gebiete, Gebiete mit städtischem Hintergrund und verkehrsbezogene Standorte klassifiziert sind.

Die Ergebnisse werden in µg/m³ (bei 293 K und 101,3 kPa) angegeben.

ANMERKUNG Wenn diese Norm für andere als in der EU-Richtlinie festgelegte Zwecke eingesetzt wird, gelten der Bereich und die Unsicherheitsanforderungen nicht.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

ENV 13005:1999, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*.

EN ISO/IEC 17025:1999, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*.

ISO 6143:2001, *Gas analysis — Comparison methods for determining and checking the composition of calibration gas mixtures*.

ISO 6144:1998, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures — Static volumetric method*.

ISO 6145, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures — Dynamic volumetric methods — Part 1 - Part 10*.

EN ISO 14956:2002, *Luftbeschaffenheit — Beurteilung der Eignung eines Messverfahrens durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Luft

Luft der Troposphäre mit Ausnahme der Luft an Arbeitsplätzen¹⁾

¹⁾ Laut Festlegung in der relevanten EU-Gesetzgebung

3.2**Umgebungstemperatur**

Temperatur am Probeneinlass außerhalb der Messstation (Probentemperatur, Außentemperatur)

3.3**Verfügbarkeit des Messgeräts**

Anteil der gesamten Zeitspanne, für den valide Konzentrationsmessdaten eines Messgeräts verfügbar sind

3.4**Kalibrierung**

Vergleich des Signals des Messgeräts mit einer bekannten Gaskonzentration, deren Unsicherheit bekannt ist

3.5**Zertifizierungsbereich**

Konzentrationsbereich, für den das Messgerät eignungsgeprüft ist

3.6**kombinierte erweiterte Messunsicherheit**

Ergebnis der rechnerischen Kombination der Unsicherheiten aller in dieser Norm festgelegten Leistungskenngrößen entsprechend dem in dieser Norm vorgeschriebenem Verfahren; dieses berechnete Ergebnis wird als die um den Erweiterungsfaktor 2 erweiterte Messunsicherheit angesehen und als das 95 %-Vertrauensintervall angegeben

3.7**benanntes Laboratorium**

Laboratorium, das durch die zuständige Behörde in den Mitgliedsstaaten für eine spezifische Aufgabe (Eignungsprüfungen und/oder Qualitätssicherungs-/Qualitätskontrollmaßnahmen im Feld) benannt wurde

ANMERKUNG Das benannte Laboratorium sollte für die spezifische Aufgabe nach EN ISO/IEC 17025 akkreditiert sein.

3.8**Abfallzeit**

Differenz zwischen Einstellzeit (Abfall) und Totzeit (Abfall)

3.9**unabhängige Messung**

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

3.10**Einzelmessung**

über eine Zeitspanne, die der Einstellzeit des Messgeräts entspricht, gemittelte Messung

3.11**Störung**

Signal des Messgeräts gegenüber Störkomponenten

3.12**Störkomponente**

gasförmige, von CO verschiedene Komponente in der Luftprobe, die das Ausgangssignal des Messgeräts beeinflusst

3.13**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 10 % der stabilen Messwertanzeige entspricht

3.13.1

Totzeit (Abfall)

Totzeit für eine negative sprunghafte Änderung

3.13.2

Totzeit (Anstieg)

Totzeit für eine positive sprunghafte Änderung

3.14

Grenzwert

in der EU-Gesetzgebung festgelegter Grenzwert (z.B. bezogen auf eine Stunde oder ein Jahr)

3.15

Linearität

größte Abweichung eines Mittelwerts mehrerer Messungen, die bei gleicher Konzentration durchgeführt wurden, von der Regressionsgeraden

3.16

Langzeitdrift

Differenz der Messwertanzeigen für Null- bzw. Spangas über die Zeitspanne des Wartungsintervalls

3.17

Messstation

Räumlichkeit im Feld, in dem ein CO-Messgerät so installiert ist, dass sein Leistungsvermögen und seine Betriebsweise den vorgegebenen Anforderungen entsprechen

3.18

Parallelmessung

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

3.19.1

Leistungskenngröße

einer der der Messeinrichtung zugeordneten Parameter, die ihre Leistungsfähigkeit definieren, z. B. Linearität

3.19.2

Leistungskriterium

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

3.20

Wartungsintervall

Zeitspanne, über die die Drift innerhalb des Leistungskriteriums für die Langzeitdrift liegt

3.21

Wiederholpräzision (von Messergebnissen)

Ausmaß der gegenseitigen Annäherung zwischen Ergebnissen aufeinander folgender Einzelmessungen derselben Messgröße, ausgeführt unter denselben Bedingungen [1]

ANMERKUNG 1 Diese Bedingungen werden Wiederholbedingungen genannt und umfassen:

- dieselbe Messdurchführung;
- dasselbe Messgerät, benutzt unter denselben Bedingungen;
- denselben Ort;
- Wiederholung innerhalb einer kurzen Zeitspanne.

ANMERKUNG 2 In dieser Europäischen Norm wird die Wiederholpräzision als ein Wert mit einem Vertrauensniveau von 95 % angegeben.

3.22

Vergleichpräzision unter Feldbedingungen

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

ANMERKUNG 1 Diese Bedingungen werden Wiederholbedingungen genannt und umfassen:

- dieselbe Messdurchführung;
- zwei identische Messgeräte, benutzt unter denselben Bedingungen;
- dieselbe Messstation;
- das Wartungsintervall.

ANMERKUNG 2 In dieser Europäischen Norm wird die Vergleichpräzision im Feld als ein Wert mit einem Vertrauensniveau von 95 % angegeben.

3.23

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 90 % der stabilen Messwertanzeige entspricht

3.23.1

Einstellzeit (Abfall)

Einstellzeit bei einer negativen sprunghaften Änderung. Sie ist die Summe aus Totzeit (Abfall) und Abfallzeit

3.23.2

Einstellzeit (Anstieg)

Einstellzeit bei einer positiven sprunghaften Änderung. Sie ist die Summe aus Totzeit (Anstieg) und Anstiegszeit

3.24

Anstiegszeit

Differenz zwischen Einstellzeit (Anstieg) und Totzeit (Anstieg)

3.25

Probenluft

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

3.26

Probeneinlass

Eingang einer Vorrichtung am Anfang eines Probenahmesystems, an dem die Probenluft eintritt

3.27

Kurzzeitdrift

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

3.28

Standardunsicherheit

als Standardabweichung ausgedrückte Unsicherheit eines Messergebnisses [ENV 13005:1999]

3.29

Umgebungslufttemperatur

Temperatur der das Messgerät direkt umgebenden Luft (Temperatur innerhalb der Messstation oder des Labors)

3.30

Eignungsbekanntgabe

Entscheidung einer benannten Stelle, dass das Baumuster eines Messgeräts den in dieser Europäischen Norm festgelegten Anforderungen entspricht

3.31**Eignungsprüfung**

Untersuchung eines oder mehrerer Messgeräte des selben Baumusters, die einer benannten Stelle von einem Hersteller zur Verfügung gestellt wurden; diese Untersuchung beinhaltet die zur Bekanntgabe notwendige Prüfung des Baumusters

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

A_a	Verfügbarkeit des Messgeräts;
av	mittlere Konzentration der Messgröße während des Feldtests;
b_{gp}	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks;
b_{gt}	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur;
b_{st}	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur;
b_v	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung;
C	CO-Konzentration des Messgases;
C_{P1}	mittlere Konzentration der Messungen beim Probengasdruck P_1 ;
C_{P2}	mittlere Konzentration der Messungen beim Probengasdruck P_2 ;
C_R	Konzentration des Bezugsstandards;
C_s	Konzentration des lokalen Standards;
$C_{s,1}$	Mittelwert einer unabhängigen Messung und den vier folgenden Spangas-Einzelmessungen zu Beginn der Driftzeitspanne (direkt nach der Erstkalibrierung);
$C_{s,2}$	Mittelwert einer unabhängigen Messung und den vier folgenden Spangas-Einzelmessungen am Ende der Driftzeitspanne (ohne mathematische Korrektur der Daten);
c_t	Prüfgaskonzentration;
C_{T1}	mittlere Konzentration der Messungen bei der Probengastemperatur T_1 ;
C_{T2}	mittlere Konzentration der Messungen bei der Probengastemperatur T_2 ;
C_{V1}	mittlere Konzentration der Messungen bei der Spannung V_1 ;
C_{V2}	mittlere Konzentration der Messungen bei der Spannung V_2 ;
$C_{z,1}$	Mittelwert einer unabhängigen und den vier folgenden Nullgas-Einzelmessungen zu Beginn der Driftzeitspanne (direkt nach der Erstkalibrierung);
$C_{z,2}$	Mittelwert einer unabhängigen und den vier folgenden Nullgas-Einzelmessungen am Ende der Driftzeitspanne (ohne mathematische Korrektur der Daten);
C_{const}^{av}	Mittelwert von mindestens vier unabhängigen Messungen während der Zeitspanne konstanter Konzentration (t_c);

$C_{\text{var}}^{\text{rav}}$	Mittelwert von mindestens vier unabhängigen Messungen während der Zeitspanne variabler Konzentration (t_v);
$\overline{d}_f$	mittlere Differenz von Parallelmessungen;
$d_{f,i}$	i -te Differenz einer Parallelmessung;
$D_{l,s}$	Langzeitdrift bei der Span-Konzentration c_t ;
$D_{l,z}$	Langzeitdrift bei Null;
$D_{s,s}$	Kurzzeitdrift beim Spanniveau;
$D_{s,z}$	Kurzzeitdrift bei Null;
D_{sc}	Differenz Proben-/Kalibriereingang;
E_{ss}	Wirkungsgrad (Sammelleistung) des Probenahmesystems;
F_r	Responsefaktor in Konzentrationseinheiten je Spannungsausgabesignal des Messgeräts;
P_1	Probengasdruck P_1 ;
P_2	Probengasdruck P_2 ;
R_c	mittleres Signal des Messgeräts gegenüber dem Prüfgas bei direkter Probenahme durch das Messgerät;
r_f	Vergleichpräzision unter Feldbedingungen;
$r_{f,\text{abs}}$	absolute Vergleichpräzision im Feld;
$r_{l,\text{ct}}$	Wiederholpräzision bei der Konzentration c_t ;
$r_{l,z}$	Wiederholpräzision bei Null;
R_m	mittleres Signal des Messgeräts gegenüber dem Testgas bei Probenahme über den Probengasverteiler;
S_1	Geräteanzeige bei der ersten Spanprüfung;
S_2	Geräteanzeige bei der zweiten Spanprüfung;
s_l	Wiederholstandardabweichung;
T	Umgebungslufttemperatur;
T_1	Probengastemperatur T_1 ;
T_2	Probengastemperatur T_2 ;
T_d	relative Differenz zwischen Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall);
T_f	Einstellzeit (Abfall);
T_l	Umgebungslufttemperatur im Labor ($^{\circ}\text{C}$);

$t_{n-1, 0,05}$	zweiseitiger Studentfaktor bei einem Vertrauensniveau von 0,05, mit $n - 1$ Freiheitsgraden;
T_r	Einstellzeit (Anstieg);
t_t	Zeitspanne für den Feldtest, abzüglich der Zeit für Kalibrierung, Konditionierung und Wartung;
t_u	gesamte Zeitspanne mit validierten Messdaten;
t_v	Gesamtzahl von $t_{SO_2^-}$ und t_{zero} -Paaren;
V_1	vom Hersteller angegebene Mindestspannung V_{min} (V);
V_2	vom Hersteller angegebene Höchstspannung V_{max} (V);
V_r	beim Aufgeben des Bezugsstandards erhaltene Spannung;
V_s	beim Aufgeben des lokalen Standards erhaltene Spannung;
V_z	beim Aufgeben von Nullgas erhaltene Spannung;
$\bar{x}$	Mittelwert der Messungen;
x_1	erster Mittelwert der Messungen bei T_1 direkt nach der Kalibrierung;
x_z	Mittelwert der Messungen bei Null;
x_2	zweiter Mittelwert der Messungen bei T_1 direkt vor der Kalibrierung;
x_{ct}	Mittelwert der Messungen bei der Konzentration c_t ($\mu\text{mol/mol}$);
X_{av}	Mittelungseinfluss;
x_c	Mittelwert der Messungen bei Verwendung des Kalibriereingangs;
$X_{H_2O,z,ct}$	Störeinfluss von H_2O der Konzentration 16 mmol/mol;
$X_{H_2S,z,ct}$	Störeinfluss von H_2S der Konzentration 10 nmol/mol;
x_i	i -te Messung;
$X_{int,ct}$	Störeinfluss der Störkomponente bei der Konzentration c_t ($\mu\text{mol/mol}$);
$X_{int,z}$	Störeinfluss der Störkomponente bei Null ($\mu\text{mol/mol}$);
X_l	"lack of fit" (größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion);
$X_{NH_3,z,ct}$	Störeinfluss von NH_3 der Konzentration 10 nmol/mol;
$X_{NO,z,ct}$	Störeinfluss von NO der Konzentration 500 nmol/mol;
$X_{NO_2,z,ct}$	Störeinfluss von NO_2 der Konzentration 200 nmol/mol;
X_{Psg}	Störeinfluss des Probegasdrucks;
x_s	Mittelwert der Messungen bei Verwendung des Probeneingangs ($\mu\text{mol/mol}$);
X_s	Differenz zwischen den Geräteanzeigen von zwei aufeinander folgenden Span-Prüfungen;

x_T	Mittelwert der Messungen bei $T_{\min}$ oder $T_{\max}$;
$X_{xl,z,ct}$	Störeinfluss von m-Xylol der Konzentration 1 $\mu\text{mol/mol}$;
X_z	Differenz zwischen den Geräteanzeigen bei zwei aufeinander folgenden Null-Prüfungen;
$(x_{1,f})_i$	i -tes Messergebnis von Messgerät 1, mathematisch um Null- und Spandrift korrigiert;
$(x_{2,f})_i$	i -tes Messergebnis von Messgerät 2 zum selben Zeitpunkt wie die Messung von Messgerät 1, mathematisch um Null- und Spandrift korrigiert;
Z_1	Geräteanzeige der ersten Null-Prüfung;
Z_2	Geräteanzeige der zweiten Null-Prüfung;
ΔP_m	durch die Pumpe des Probengasverteilers hervorgerufener, gemessener Druckabfall;
ΔR_a	Änderung des Messgerätsignals durch den Einfluss des Druckabfalls, der durch die Pumpe des Probengasverteilers hervorgerufen wird, angegeben in Prozent.

5 Grundlagen

5.1 Allgemeines

Diese Norm legt ein Verfahren zur Messung von Kohlenmonoxid in Luft mit dem nicht-dispersiven Infrarot-Verfahren fest. Die Bauteile sowie die spezifischen Anforderungen an das Probenahmesystem und das UV-Fluoreszenz-Messgerät werden beschrieben. Die relevanten Leistungskenngrößen des Messgeräts und die zugehörigen Mindestanforderungen werden angegeben. Die tatsächlichen 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 kombinierten erweiterten Messunsicherheit des Messverfahrens. Zur Berechnung dieser kombinierten erweiterten Messunsicherheit werden die tatsächlichen Werte der verschiedenen Leistungskenngrößen des eignungsgeprüften Messgeräts und die lokalen Bedingungen an der Messstation herangezogen. Die kombinierte erweiterte Messunsicherheit muss die Anforderungen der EU-Gesetzgebung erfüllen. Anforderungen und Empfehlungen zur Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle für Messungen im Feld werden angegeben (siehe 9.6).

5.2 Messprinzip

Die CO-Konzentration in der Luft wird mit dem nicht-dispersiven Infrarot-Verfahren gemessen. Die Abschwächung von infrarotem Licht bei der Passage durch eine Probenküvette ist nach dem Lambert-Beerschen Gesetz ein Maß für die CO-Konzentration in der Küvette. Nicht nur CO, sondern auch die meisten heteroatomogenen Moleküle absorbieren infrarotes Licht. Insbesondere Wasser und CO₂ weisen breite Banden auf, die die Messung von CO stören können. Verschiedene technische Lösungen wurden entwickelt, um Querempfindlichkeiten, Instabilität und Drift zu unterdrücken, so dass kontinuierliche Messsysteme mit ausreichenden Eigenschaften zur Verfügung stehen. Zum Beispiel:

- Messung der IR-Absorption einer spezifischen Wellenlänge (4,7 μm für CO);
- Zwei-Küvetten-Messgeräte mit einer mit reiner Luft gefüllten Referenzküvette (Kompensation der Drift);
- Gasfilterkorrelation, "Messung" über einen Bereich von Wellenlängen.

Es ist besonders auf Infrarotstrahlung absorbierende Gase wie z. B. Wasserdampf, Kohlendioxid, Stickstoffdioxid und Kohlenwasserstoffe zu achten.

Die Konzentration von Kohlenmonoxid wird in Volumen/Volumen-Einheiten gemessen (falls das Messgerät mit einem Volumen/Volumen-Standard kalibriert wurde). Zur Berichterstattung werden die Ergebnisse in mg/m^3 angegeben, wobei Standardumrechnungsfaktoren (siehe Abschnitt 10) verwendet werden.

5.3 Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung beruht auf der Bewertung von Leistungskenngrößen, die mit vorgeschriebenen Prüfverfahren bestimmt werden. In dieser Europäischen Norm werden Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen von mindestens einem Messgerät im Labortest und mindestens zwei Messgeräten im Feldtest beschrieben. Diese Prüfungen müssen von einem benannten Laboratorium durchgeführt werden. Die Auswertung für die Eignungsbekanntgabe eines Messgeräts beruht auf der Berechnung der kombinierten erweiterten Messunsicherheit, die aus den numerischen Werten der geprüften Leistungskenngrößen abgeleitet und mit einer vorgegebenen maximal zulässigen Unsicherheit verglichen wurde.

Die Eignungsbekanntgabe eines Messgeräts erfordert den Nachweis, dass die hinsichtlich der Datenqualität definierten Anforderungen, wie sie zum Beispiel in Richtlinie 99/30/EU angegeben sind, erfüllt werden.

5.4 Feldbetrieb und Qualitätskontrolle

Vor der Installation und dem Betrieb eines eignungsgeprüften Messgeräts in einer Messstation muss die kombinierte erweiterte Messunsicherheit mit den bei der Eignungsprüfung ermittelten Leistungskenngrößen und den lokalen Bedingungen an der Messstation berechnet werden. Mit dieser Berechnung ist die Eignung eines eignungsgeprüften Messgeräts für seinen Einsatz unter den in dieser spezifischen Messstation geltenden Randbedingungen nachzuweisen.

Nach der Installation des eignungsgeprüften Messgeräts in der Messstation wird sein ordnungsgemäßer Betrieb geprüft.

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

6 Probenahmeeinrichtung

6.1 Allgemeines

Für das NDIR-Messgerät in der Messstation kann ein individueller Probeneinlass verwendet werden. Alternativ kann die Probenahme aus einem gemeinsamen Probeneinlass mit einem Probengasverteiler, an den auch andere Geräte angeschlossen werden können, erfolgen. Die Betriebsbedingungen und die Bauweise der Probenahmeeinrichtung tragen zur kombinierten erweiterten Messunsicherheit bei; um diesen Beitrag zu minimieren, werden in den folgenden Abschnitten Leistungskriterien für die Probenahmeeinrichtung sowie die erforderlichen Probenahmebedingungen angegeben.

ANMERKUNG In Anhang B sind unterschiedliche Probenahmeeinrichtungen schematisch dargestellt.

6.2 Probenahmeort

Der Ort der Probenahme und Analyse wird nicht vorgegeben, da dieser von den Messanforderungen abhängt (z. B. Messungen in ländlichen Gebieten oder in einem Gebiet mit städtischem Hintergrund).

ANMERKUNG Leitlinien für die Auswahl von lokalen Probenahmestellen sind im Anhang C angegeben.

6.3 Probeneinlass und Probenahmeleitung

Das Probenahmeverfahren oder die Probenahmeeinrichtung werden hier nicht im Detail beschrieben; stattdessen werden Mindestanforderungen für die Probenahmeeinrichtung angegeben.

Der Probeneinlass muss so konstruiert sein, dass nicht Regenwasser in das Probenahmesystem eindringen kann. Die Probenahmeleitung muss so kurz wie praktisch möglich sein, um die Verweilzeit zu minimieren.

Das Material des Probeneinlasses und der Probenahmeleitung (oder des -systems) kann die Zusammensetzung der Probe beeinflussen. Deshalb müssen Materialien wie Polytetrafluorethen (PTFE), Perfluorethylenpropylen (FEP), Borsilikatglas oder nicht rostender Stahl verwendet werden.

ANMERKUNG Die Probenahmeleitung kann mäßig beheizt werden, um Kondensationen zu vermeiden. Kondensationen können bei hoher Außentemperatur und/oder Feuchte auftreten.

Der Einfluss des durch die Probenahmeleitung einschließlich des Filters verursachte Druckabfall muss kleiner als 1 % des Ausgangssignals des Messgeräts sein.

Falls ein Probengasverteiler eingesetzt wird, ist eine zusätzliche Pumpe mit ausreichender Leistung erforderlich, um die in den vorhergehenden Abschnitten festgelegten Anforderungen an die Probenahme zu erfüllen (siehe auch Anhang B).

Je nach Anordnung des Partikelfilters im Probenahmesystem (siehe 6.4) kann die Probenahmeleitung durch Staubablagerungen verunreinigt werden, was zu CO-Verlusten in der Probenahmeleitung führen kann. Die Häufigkeit der Reinigung des Probenahmesystems (siehe 9.6.2) hängt von den lokalen Bedingungen ab.

Die Probenahmeleitung, der Probengasverteiler und das Filter müssen (bei der Erstinstallation und nach jeder Reinigung) konditioniert werden, um eine vorübergehende Abnahme der gemessenen CO-Konzentration zu vermeiden. Probenahmeleitung und Filter müssen mit Außenluft über eine Zeitspanne von mindestens zwei Stunden beim Nenndurchfluss des Probengases konditioniert werden. Die während dieser Zeitspannen gemessenen Konzentrationen dürfen nicht in die Berechnung der Stunden- oder Jahresmittel eingehen.

Die Zeit für die Konditionierung darf nicht in die Berechnung der Verfügbarkeit des Messgeräts während der Eignungsprüfung (8.5.6) und während des Betriebs im Feld (11.2.3) eingehen. Die Konditionierung der Bauteile kann auch bereits im Labor vor der Installation im Probenahmesystem erfolgen.

6.4 Partikelfilter

Das Partikelfilter muss in der Probenahmeleitung vor dem Probeneinlass des Messgeräts angeordnet werden. Es muss alle Partikel zurückhalten, die die Leistung des Messgeräts beeinträchtigen könnten. Es muss aus PTFE sein. Das Material des Filtergehäuses muss gegenüber CO chemisch inert sein.

ANMERKUNG 1 Filter mit einer Porengröße von 5 µm erfüllen üblicherweise diese Anforderung.

ANMERKUNG 2 Geeignete Materialien für das Filtergehäuse sind z. B. PTFE, PFA, FEP und Borsilikatglas.

Das Partikelfilter muss regelmäßig ausgewechselt werden, wobei die Häufigkeit des Wechsels von der Staubbelastung an der Probenahmestelle abhängt (siehe 9.6.2). Beim Filterwechsel muss auch das Filtergehäuse gereinigt werden. Eine Überladung des Partikelfilters kann Kohlenmonoxidverluste durch Adsorption auf den Partikeln verursachen und den Druckabfall in der Probenahmeleitung vergrößern.

Der Anwender muss sicherstellen, dass das Filter und die Leitung das Probengas nicht verändern.

6.5 Steuerung und Regelung des Probendurchflusses

Der Probendurchfluss muss innerhalb der Angaben des Geräteherstellers liegen.

6.6 Pumpe für den Probengasverteiler

Bei Verwendung eines Probengasverters ist eine Pumpe (oder Ventilator) zur Probenahme der Luft und zum Durchsaugen der Probenluft durch den Probengasverteiler erforderlich. Der Einlass der Pumpe (oder des Ventilators) muss am Ende des Probengasverters angeordnet sein (siehe Anhang B). Die Pumpe oder der Ventilator muss eine ausreichende Leistung aufweisen, um sicherzustellen, dass alle an den

Probengasverteiler angeschlossenen Messgeräte mit der erforderlichen Luftmenge versorgt werden und dass die Verweilzeit der Probe vom Einlass bis zum Eintritt in das Messgerät weniger als 5 Sekunden beträgt. Um die Funktion dieser Pumpe zu überwachen, wird die Installation eines Durchflussalarmsystems empfohlen. Ein Beispiel für einen Probengasverteiler ist im Anhang B gegeben.

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

7 Messgerät

7.1 Allgemeines

Im Anhang D sind 2 Typen von NDIR-Messgeräten schematisch dargestellt.

Das NDIR-Messgerät besteht aus den in 7.3 bis 7.6 beschriebenen Hauptkomponenten.

7.2 Störungen durch Infrarotstrahlung absorbierende Gase

7.2.1 Allgemeines

Da verschiedene Gase Infrarotstrahlung absorbieren, können Störungen durch diese Gase auftreten, wenn ihre IR-Absorptionsbanden mit denen von CO übereinstimmen oder überlappen. Der Grad der Störung unterscheidet sich bei den verschiedenen NDIR-Messgeräten. Im Allgemeinen sind Gaskorrelations-Spektrophotometer weniger empfindlich gegenüber dem Einfluss von Störungen (siehe 5.2).

7.2.2 Wasserdampf

Die Haupt-Störkomponente ist Wasserdampf.

ANMERKUNG Die Störung durch Wasserdampf kann durch Anwendung einer oder mehrerer der folgenden Maßnahmen minimiert werden:

- Trocknen der Probenluft mit einer semipermeablen Membran oder einem ähnlichen Trockenmittel;
- Aufrechterhalten einer konstanten Feuchte in der Probe und den Prüfgasen durch Kühlen oder Sättigen und Durchführen einer Volumenkorrektur für konstante Feuchte;
- Verwendung von engbandigen optischen Filtern.

7.2.3 Kohlendioxid

Kohlendioxid (CO₂) kann Störungen verursachen.

ANMERKUNG Der Einfluss von CO₂ ist bei den normalerweise in Luft vorhandenen Konzentrationen minimal; 340 µmol/mol Volumenanteil können ein Signal des Messgeräts hervorrufen, das 0,2 µmol/mol Volumenanteilen CO₂ entspricht [4]. Sofern erforderlich, kann das CO₂ mit Natronkalk entfernt werden.

7.2.4 Kohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoffe stören bei den normalerweise in Luft vorhandenen Konzentrationen üblicherweise nicht.

ANMERKUNG 500 µmol/mol Volumenanteil Methan können ein Signal des Messgeräts hervorrufen, das 0,5 µmol/mol Volumenanteilen CO₂ entspricht [4].

7.3 Details zum Messgerät

Die Hauptkomponenten des Messgeräts sind eine Infrarotquelle, eine oder zwei Absorptionsküvetten, ein Infrarotdetektor sowie ein Chopperrad zur Modulation der auf den IR-Detektor gerichteten Strahlung.

Im Allgemeinen besteht die Infrarotquelle aus einer Glühwendel mit einer Optik zur Aufteilung des IR-Strahls in zwei Strahlen gleicher Intensität im Falle von Zwei-Küvetten-Messgeräten.

Der IR-Detektor kann beispielsweise ein pneumatischer Detektor sein, der die von der Probenküvette und der Referenzküvette (im Falle eines Zwei-Küvetten-Messgeräts) kommende Strahlung selektiv registriert. Dieser Detektor besteht aus einer mit CO in hoher Konzentration gefüllten Küvette, die mit einer Kompensationsküvette (siehe 5.2) verbunden ist.

Die IR-Quelle, die Absorptionsküvetten und der Detektor müssen schwingungsfrei montiert sein.

Die in dem Messgerät verwendeten Materialien müssen gegenüber Korrosion inert sein.

7.4 Druckmessung

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

Das Signal muss auch hinsichtlich externer Druck- und Temperaturschwankungen korrigiert werden. Signifikante Druckänderungen sind auf synoptische meteorologische Änderungen (bis +3 %) oder die Höhenlage der Messstelle (etwa 10 % Druckabnahme bei Zunahme der Höhe um 800 m) zurückzuführen.

7.5 Durchflussanzeiger

Das Messgerät muss mit einem Durchflussanzeiger ausgestattet sein.

7.6 Probengaspumpe des Messgeräts

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

8 Eignungsbekanntgabe von NDIR-Messgeräten

8.1 Allgemeines

Bei der Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid in Luft muss die von der EU-Gesetzgebung vorgegebene maximal zulässige Messunsicherheit eingehalten werden. Um zu erreichen, dass die Unsicherheit kleiner (oder gleich) diesem zulässigen Wert ist, muss das NDIR-Messgerät alle Kriterien für die in dieser Norm angegebenen Leistungskenngrößen erfüllen. Diese ausgewählten Leistungskenngrößen werden mit Labor- und Feldtests ermittelt. Durch Berechnung der kombinierten erweiterten Messunsicherheit aus der Kombination dieser Leistungskenngrößen kann beurteilt werden, ob ein NDIR-Messgerät das Kriterium der maximal zulässigen Unsicherheit einhält.

Das Verfahren der Beurteilung der Leistungskenngrößen (Eignungsprüfung) umfasst Labor- und Feldtests sowie die Berechnung der kombinierten erweiterten Messunsicherheit. Mindestens ein Messgerät ist im Labor und zwei Messgeräte des selben Typs sind im Feld zu prüfen. Falls zwei Messgeräte im Labor geprüft werden, müssen beide die Prüfung bestehen.

Ein benanntes Laboratorium führt die Eignungsprüfungen durch. Die Eignungsbekanntgabe wird von oder im Auftrag der zuständigen Behörde ausgesprochen.

ANMERKUNG Das benannte Laboratorium sollte für diese Aktivitäten nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert sein.

8.2 Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien

Die bei den Labor- und Feldprüfungen zu bestimmenden Leistungskenngrößen sowie die Leistungskriterien sind in Tabelle 1 angegeben. Die Leistungskenngrößen müssen von einem benannten Laboratorium nach den in 8.4 und 8.5 beschriebenen Verfahren bestimmt werden.

Tabelle 1 — Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Abschnitt	Labor	Feld	Leistungskriterium für CO
1	Wiederholpräzision bei Null	$r_{l,z}$	8.4.5	x		$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$
2	Wiederholpräzision bei der Konzentration c_t (beim Niveau des 1-Stunden-Grenzwerts)	$r_{l,ct}$	8.4.5	x		$\leq 3,0 \mu\text{mol/mol}$
3	"Lack of fit" (größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion)	X_l	8.4.6	x		$\leq 5,0 \%$ des Messwerts ^b
4	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	b_{gp}	8.4.7	x		$\leq 1,0 \%$ des Messwerts/kPa
5	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	b_{gt}	8.4.8	x		$\leq 0,30 \mu\text{mol/mol/K}$
6	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	b_{st}	8.4.9	x		$\leq 0,30 \mu\text{mol/mol/K}$
7	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	b_v	8.4.10	x		$\leq 0,30 \mu\text{mol/mol/V}$
8	Störkomponenten bei Null und der Konzentration c_t (beim Niveau des 1-Stunden-Grenzwerts) ^c		8.4.11			
8a	H ₂ O, Konzentration 16 mmol/mol ^d	$X_{H_2O,z,ct}$		x		$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$
8b	CO ₂ , Konzentration 800 $\mu\text{mol/mol}$	$X_{CO_2,z,ct}$		x		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$
8c	NO, Konzentration 1 $\mu\text{mol/mol}$	$X_{NO,z,ct}$		x		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$
8d	N ₂ O, Konzentration 50 nmol/mol	$X_{N_2O,z,ct}$		x		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$
9	Mittelungseinfluss	X_{av}	8.4.12	x		$\leq 7,0 \%$ des Messwerts
10	Vergleichpräzision unter Feldbedingungen	r_f	8.5.5		x	$\leq 5,0 \%$ des Mittels über eine Zeitspanne von drei Monaten
11	Langzeitdrift bei Null	$D_{l,z}$	8.5.4		x	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$
12	Langzeitdrift beim Spannniveau ^a	$D_{l,s}$	8.5.4		x	$\leq 5,0 \%$ des Maximums des Zertifizierungsbereichs
13	Kurzzeitdrift bei Null	$D_{s,z}$	8.4.4	x		$\leq 0,10 \mu\text{mol/mol}$ über 12 h
14	Kurzzeitdrift beim Spannniveau ^a	$D_{s,s}$	8.4.4	x		$\leq 0,60 \mu\text{mol/mol}$ über 12 h
15	Einstellzeit (Anstieg)	T_r	8.4.3	x		$\leq 180 \text{ s}$

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Abschnitt	Labor	Feld	Leistungskriterium für CO
16	Einstellzeit (Abfall)	T_f	8.4.3	x		≤ 180 s
17	Differenz zwischen Anstiegs- und Abfallzeit	T_d	8.4.3	x		≤ 10 % relative Differenz
18	Differenz Proben-/Kalibriereingang ^e	D_{sc}	8.4.13	x		$\leq 1,0$ %
19	Wartungsintervall		8.5.6		x	3 Monate oder weniger, falls der Hersteller eine kürzere Zeitspanne angibt, aber nicht weniger als 2 Wochen
20	Verfügbarkeit des Messgeräts	A_a	8.5.7		x	> 90 %
^a das Spanniveau ist 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereichs ^b und 0,2 µmol/mol bei Null ^c das Leistungskriterium gilt bei Null und beim Spanniveau ^d eine H ₂ O-Konzentration von 16 mmol/mol entspricht 80 % relativer Luftfeuchte bei 293 K und 101,3 kPa ^e sofern relevant						
ANMERKUNG µmol/mol = ppm; nmol/mol = ppb						

Die meisten Messsysteme können das Ausgangssignal als fließenden Mittelwert einer einstellbaren Zeitspanne ausgeben. Einige Systeme passen diese Integrationszeit automatisch als Funktion der Frequenz der Konzentrationsschwankungen der gemessenen Komponente an (z. B. Kalman-Filter). Diese Optionen werden typischerweise zur Glättung der Ausgabedaten verwendet. Es muss nicht bewiesen werden, dass der eingestellte Wert für die Mittelungszeit oder ein aktives Filter das Ergebnis der Prüfung der Mittelungszeit und der Einstellzeit beeinflusst. Während der Labor- und Feldtests muss die Mittelungszeit auf den kleinsten Wert eingestellt werden und alle elektronischen Filter müssen ausgeschaltet werden. Diese Einstellungen müssen im Prüfbericht festgehalten werden.

8.3 Änderungen am Messgerät

Der Hersteller muss die zuständigen Behörde über jede Änderung des eignungsgeprüften Messgeräts informieren. Dabei sind der Grund für die Änderung sowie die erwarteten Konsequenzen hinsichtlich der in Tabelle 1 genannten Leistungskenngrößen mitzuteilen. Die zuständige Behörde entscheidet, ob neue Prüfungen erforderlich sind. Ausgeschlossen sind Änderungen

- am Material des Rahmens (Gehäuses);
- bei elektronischen Verbindungselementen und Steckplätzen;
- bei Schrauben, Muttern, Kabelverbindungen und andere Befestigungsmaterialien.

8.4 Verfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen beim Labortest

8.4.1 Allgemeines

Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor als Teil der Eignungsprüfung ist von einem benannten Laboratorium durchzuführen. Die Qualität der bei den beschriebenen Prüfverfahren benutzten Materialien und der Ausrüstung muss die in dieser Norm angegebenen Anforderungen erfüllen. Die Laborprüfung ist mit mindestens einem Messgerät durchzuführen.

8.4.2 Testbedingungen

8.4.2.1 Allgemeines

Vor Inbetriebnahme des Messgeräts ist die Betriebsanleitung des Herstellers insbesondere hinsichtlich der Aufstellung des Gerätes 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 zwei Stunden einzuhalten.

Die Autoskalierungsfunktion und die Selbstkorrektur der Drift ist während des Labortests außer Funktion zu setzen.

Bei der Aufgabe von Prüfgasen auf das Messgerät muss das Prüfgassystem mindestens eine halbe Stunde vor Beginn der Prüfungen betrieben werden, um stabile Konzentrationen liefern zu können.

8.4.2.2 Parameter

Während der Prüfung für jede einzelne Leistungskenngröße 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
Umgebungslufttemperatur	20 °C bis 23 °C (mit Ausnahme der Umgebungstemperaturprüfung, siehe 8.4.9)	± 2 °C
Elektrische Spannung ^a	bei Nennspannung und innerhalb der Angaben des Herstellers (mit Ausnahme der Prüfung der Spannungsabhängigkeit, siehe 8.4.10)	± 1 %
Probengasdurchfluss zum Messgerät	Herstellerangaben	± 1 %

^a Für ein mit Gleichstrom betriebenes Messgerät muss der Eignungsprüfungstest der Spannungsänderung über den Bereich von ± 10 % der Nennspannung durchgeführt werden.

8.4.2.3 Prüfgase

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind auf nationale Standards rückführbare Prüfgase ((synthetische) Luft mit einer bestimmten CO-Konzentration) zu verwenden, sofern in dieser Europäischen Norm nichts anderes festgelegt ist. Verschiedene Verfahren zur Herstellung von Prüfgasen sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 – Verfahren zur Herstellung von Prüfgasen

Verfahren	Beschreibung	Norm
Gasflasche	Druckgasflasche (CO-Gasgemisch in (synthetischer) Luft)	ISO 6143:1981
Statische Verdünnung	Herstellung durch Injektion bekannter Mengen von CO in ein bekanntes Volumen von Luft	ISO 6144:1981
Dynamische Verdünnung	Dynamische Vermischung von Gas aus Druckgasflaschen mit (synthetischer) Luft	ISO 6145:1986

Die Unsicherheiten der für die Labor- und Feldtests verwendeten Null- und Spangase dürfen nicht signifikant sein. Die mögliche Verunreinigung von Null- und Spangas darf die Ergebnisse des Labortests nicht signifikant beeinflussen. Deshalb müssen die Null- und Spangase den folgenden Anforderungen genügen:

Maximal zulässige Unsicherheit der Konzentration der für den Labortest eingesetzten Gase: ± 1 %.

Die erforderliche Reinheit der Prüfgase und des Nullgases sind in Tabelle 4 als absolute Werte angegeben.

Tabelle 4 — Erforderliche Reinheit der Prüfgase für die Laborprüfungen

Prüfgase für die Laborprüfungen	Erforderliche Reinheit
SO ₂	< 0,1 nmol/mol
NO	< 0,1 nmol/mol
NO ₂	< 0,1 nmol/mol
O ₃	< 0,1 nmol/mol
Benzol	< 0,05 nmol/mol
Wasser	< 10 µmol/mol

ANMERKUNG Es ist ratsam, den Feldtest mit dem gleichen, ausschließlich für diese Prüfungen reservierten Satz von Druckgasflaschen und Nullgasgeneratoren durchzuführen. Die Stabilität von Null- und Spangas sollte über eine Zeitspanne, die länger als die Prüfzeitspanne ist, sichergestellt sein.

8.4.3 Einstellzeit

8.4.3.1 Allgemeine Anforderungen

Die Einstellzeit des Messgeräts muss bei dem vom Hersteller angegebenen Nennvolumendurchfluss bestimmt werden. Der Volumendurchfluss ist während der Prüfung innerhalb der in 8.4.2.2 angegebenen Anforderungen (± 1 %) konstant zu halten.

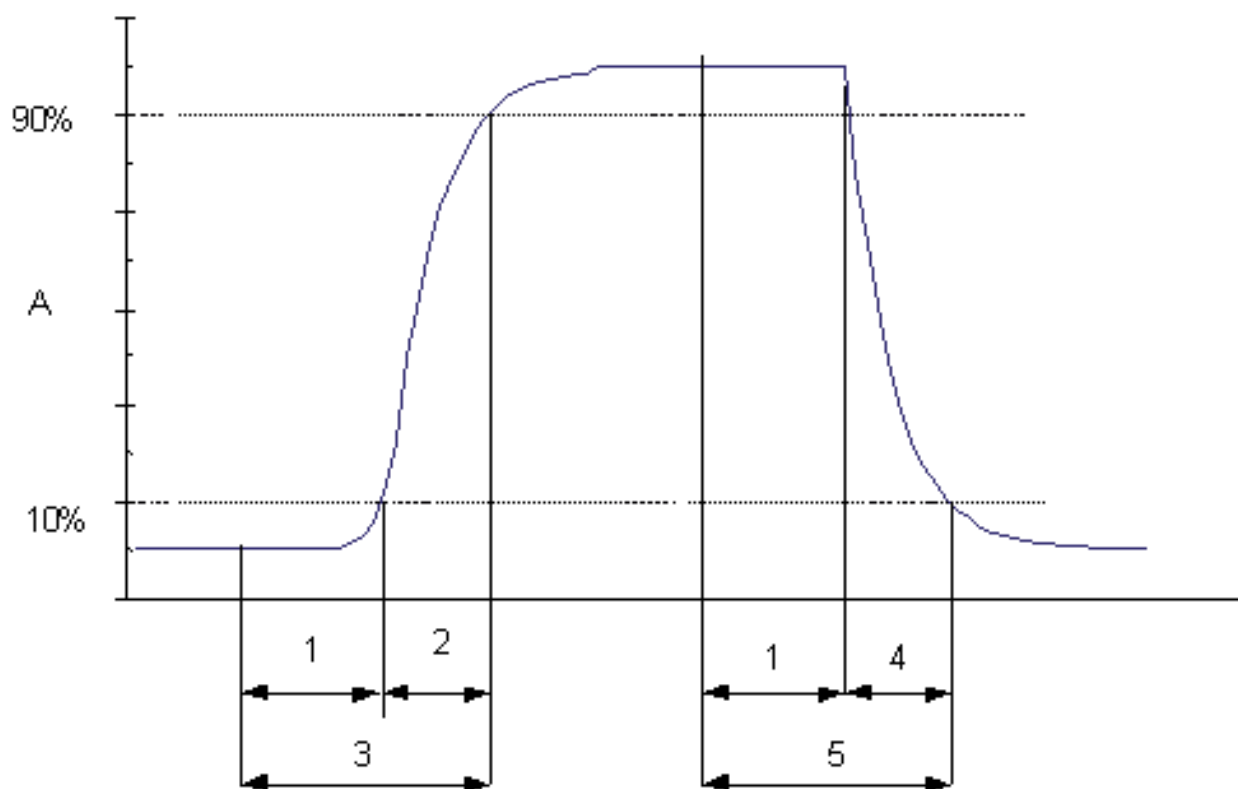
8.4.3.2 Prüfverfahren

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

Der Wechsel von Null- auf Spangas muss unmittelbar unter Verwendung eines geeigneten Ventils durchgeführt werden. Der Ventilauslass muss direkt auf dem Einlass des Messgeräts montiert sein und sowohl Null- als auch Spangas müssen mit dem gleichen Überschuss angeboten werden, der mit Hilfe eine T-Stücks abgeleitet wird. Die Gasdurchflüsse von Null- und Spangas müssen so gewählt werden, dass die Totzeit im Ventil und im T-Stück im Vergleich zur Totzeit des Messgeräts vernachlässigbar ist. Der sprunghafte Wechsel wird durch Umschalten des Ventils von Null- auf Spangas herbeigeführt. Dieser Vorgang muss zeitlich abgestimmt sein und ist der Startpunkt ($t = 0$) für die Totzeit (Anstieg) nach Bild 1. Wenn das Gerät 100 % der aufgegebenen Konzentration anzeigt, kann wieder auf Nullgas umgestellt werden.

und dieser Vorgang ist der Startpunkt ($t = 0$) für die Totzeit (Abfall). Wenn das Gerät 0 % der angegebenen Konzentration anzeigt, ist der in Bild 1 gezeigte Zyklus vollständig abgelaufen.

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 muss viermal wiederholt werden. Der Mittelwert der vier Einstellzeiten (Anstieg) und der Mittelwert der vier Einstellzeiten (Abfall) wird berechnet.



Legende

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

Bild 1 – Veranschaulichung der Einstellzeit

Die relative Differenz zwischen den Einstellzeiten wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$T_d = \left| \frac{T_r - T_f}{T_r} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Dabei ist

T_d die relative Differenz zwischen Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall) (%);

T_r die Einstellzeit (Anstieg) (Mittelwert von 4 Messungen) (s);

T_f die Einstellzeit (Abfall) (Mittelwert von 4 Messungen) (s).

T_r , T_f und T_d 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 Spanniveaue (etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs) eingestellt. Anschließend werden eine unabhängige, gefolgt von 9 Einzelmessungen zuerst bei Null und dann bei der Span-Konzentrationen durchgeführt. Aus diesen 10 Einzelmessungen wird jeweils der Mittelwert für das Null- und Spanniveaue berechnet.

Das Messgerät muss bei den Luftmessungen unter Laborbedingungen (8.4.2.2) betrieben werden. Nach einer Zeitspanne von 12 Stunden werden Null- und Spangas auf das Messgerät aufgegeben und eine unabhängige, gefolgt von 9 Einzelmessungen zuerst bei Null und dann bei der Span-Konzentration durchgeführt. Die Mittelwerte für Null- und Spanniveaue werden berechnet. Diese Prüfung zeigt, dass die Drift nicht der dominierende Faktor bei den Testergebnissen ist.

Die Kurzzeitdrift beim Null- und Spanniveaue ist:

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

Dabei ist

$D_{s,z}$ die 12-Stunden-Drift beim Nullniveaue ($\mu\text{mol/mol}$);

$C_{z,1}$ der Mittelwert der Nullgasmessungen zu Beginn der Driftzeitspanne (direkt nach der Kalibrierung) ($\mu\text{mol/mol}$);

$C_{z,2}$ der Mittelwert der Nullgasmessungen am Ende der Driftzeitspanne (12 Stunden) ($\mu\text{mol/mol}$).

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

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

Dabei ist

$D_{s,s}$ die 12-Stunden-Drift beim Spanniveaue ($\mu\text{mol/mol}$);

$C_{s,1}$ der Mittelwert der Spangasmessungen zu Beginn der Driftzeitspanne (direkt nach der Kalibrierung) ($\mu\text{mol/mol}$);

$C_{s,2}$ der Mittelwert der Spangasmessungen am Ende der Driftzeitspanne (12 Stunden) ($\mu\text{mol/mol}$).

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

8.4.5 Wiederholpräzision

Eine unabhängige, gefolgt von 19 Einzelmessungen bei der Konzentration Null und einer Prüfgaskonzentration (c_i), die ähnlich dem 1-Stunden-Grenzwert ist, werden durchgeführt.

Die Wiederholstandardabweichung (s_i) dieser Messungen bei der Konzentration Null und bei der Konzentration c_i wird folgendermaßen berechnet:

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

Dabei ist

- s_i die Wiederholstandardabweichung ($\mu\text{mol/mol}$);
- x_i die i -te Messung ($\mu\text{mol/mol}$);
- $\bar{x}$ der Mittelwert der 20 Messungen ($\mu\text{mol/mol}$);
- n die Anzahl der Messungen ($n = 20$).

Die Wiederholstandardabweichung muss getrennt für beide Messreihen (Nullgas und Konzentration c_t) berechnet werden. Die Wiederholpräzision (r_i) wird folgendermaßen berechnet:

$$r_i = t_{n-1; 0,05} \times s_i \quad (5)$$

Dabei ist

- $t_{n-1, 0,05}$ der zweiseitige Studentfaktor bei einem Vertrauensniveau von 0,05, mit $n - 1$ Freiheitsgraden (für $n = 20$ ist $t_{n-1, 0,05} = 2,09$);
- s_i die Wiederholstandardabweichung ($\mu\text{mol/mol}$).

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

8.4.6 Linearität ("Lack of fit")

Die Linearität des Messgeräts ist über den Bereich von 0 % bis 95 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs mit mindestens sechs Konzentrationen (einschließlich des Nullpunktes) zu prüfen. Das Messgerät muss bei einer Konzentration von etwa 90 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs eingestellt werden. Bei jeder Konzentration (einschließlich des Nullpunktes) müssen mindestens fünf unabhängige Messungen durchgeführt werden.

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

Die Verdünnungsverhältnisse für die aufgegebenen Konzentrationen müssen kleiner als 0,5 % untereinander 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 Bereiches sowie Linearität von diesem unteren Ende bis zum oberen Ende des Bereiches erkennen zu können.

Die Berechnung der linearen Regressionsfunktion und der Abweichungen wird nach Anhang B durchgeführt. Die größte Abweichung von der linearen Regression muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen.

8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Messungen werden bei einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs bei absoluten Drücken von etwa $80 \text{ kPa} \pm 0,2 \text{ kPa}$ und etwa $110 \text{ kPa} \pm 0,2 \text{ kPa}$ durchgeführt. Bei jedem Druck werden eine unabhängige Messung und zwei Einzelmessungen durchgeführt. Die Mittelwerte dieser Messungen bei den beiden Drücken werden berechnet.

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

Der Einfluss des Probengasdrucks ist:

$$b_{gp} = \left| \frac{(C_{P_1} - C_{P_2})}{C \times (P_2 - P_1)} \right| \times 100 \% \quad (6)$$

Dabei ist

b_{gp} der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks, angegeben in Prozent des Messwerts je kPa;

C_{P_1} der Mittelwert der Messungen beim Probengasdruck P_1 (μmol/mol);

C_{P_2} der Mittelwert der Messungen beim Probengasdruck P_2 (μmol/mol);

C die CO-Konzentration im aufgegebenen Gas (μmol/mol);

P_1 der Probengasdruck P_1 (in kPa);

P_2 der Probengasdruck P_2 (in kPa).

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

8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Zur Bestimmung der Abhängigkeit von der Probengastemperatur werden Messungen bei Probengastemperaturen von -30 °C und +40 °C durchgeführt. Die Temperaturabhängigkeit wird bei einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs bestimmt. Bei jeder Temperatur werden eine unabhängige, gefolgt von zwei Einzelmessungen durchgeführt.

Die Probengastemperatur am Einlass des Messgeräts muss mindestens 30 Minuten konstant sein.

Der Einfluss der Probengastemperatur ist:

$$b_{gt} = \frac{(C_{T_2} - C_{T_1})}{(T_2 - T_1)} \quad (7)$$

Dabei ist

b_{gt} der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur (μmol/mol/K);

C_{T_1} die mittlere Konzentration der Messungen bei der Probengastemperatur T_1 (°C);

C_{T_2} die mittlere Konzentration der Messungen bei der Probengastemperatur T_2 (°C);

T_1 die Probengastemperatur T_1 (°C);

T_2 die Probengastemperatur T_2 (°C).

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

8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur

Der Einfluss der Umgebungslufttemperatur ist innerhalb des vom Hersteller angegebenen Bereichs bei folgenden Temperaturen zu bestimmen: