

DIN EN 16429



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

ICS 13.040.40

Entwurf

Einsprüche bis 2020-01-29
Vorgesehen als Ersatz für
DIN CEN/TS 16429
(DIN SPEC 33966):2013-06

**Emissionen aus stationären Quellen –
Referenzverfahren zur Bestimmung der Konzentration von gasförmigem
Chlorwasserstoff (HCl) in Abgasen, die von Industrieanlagen in die
Atmosphäre emittiert werden;
Deutsche und Englische Fassung prEN 16429:2019**

Stationary source emissions –

Reference method for the determination of the concentration of gaseous hydrogen chloride (HCl) in waste gases emitted by industrial installations into the atmosphere;
German and English version prEN 16429:2019

Émissions de sources fixes –

Méthode de référence pour la détermination de la concentration de chlorure d'hydrogène gazeux (HCl) dans les gaz résiduels émis dans l'atmosphère par des installations industrielles;

Version allemande et anglaise prEN 16429:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-11-29 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, 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 88 Seiten

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

Nationales Vorwort

Der Europäische Norm-Entwurf prEN 16429 wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 3 „Emissionen – HCl und HF“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich; Obmannschaft: AFNOR, Frankreich) des Technischen Komitees CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) unter Mitwirkung deutscher Experten, die von der VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss – benannt worden sind, erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 134-04-01-03 UA „Messen von SO₃/NH₃ (Emission)“ der VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss.

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

Änderungen

Gegenüber DIN CEN/TS 16429 (DIN SPEC 33966):2013-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Das Messverfahren wurde durch Messungen an einem Prüfstand, einer Müllverbrennungsanlage und einer Großfeuerungsanlage validiert. Damit kann dieses Verfahren jetzt als Standardreferenzverfahren für die Messung von gasförmigem Chlorwasserstoff (HCl) in Emissionen aus stationären Quellen eingesetzt werden. Die Ergebnisse der Validierung sind im neuen Anhang C „Validierung der Methode im Feld“ zusammengefasst.

Emissionen aus stationären Quellen — Referenzverfahren zur Bestimmung der Konzentration von gasförmigem Chlorwasserstoff (HCl) in Abgasen, die von Industrieanlagen in die Atmosphäre emittiert werden

Émissions de sources fixes — Méthode de référence pour la détermination de la concentration de chlorure d'hydrogène gazeux (HCl) dans les gaz résiduels émis dans l'atmosphère par des installations industrielles

Stationary source emissions — Reference method for the determination of the concentration of gaseous hydrogen chloride (HCl) in waste gases emitted by industrial installations into the atmosphere

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Prinzip	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Messprinzip	11
5 Probenahmeeinrichtung	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Probenahmesonde	12
5.3 Filter	12
5.4 Probenahmeleitung	12
5.5 Konditionierungseinrichtung	13
5.5.1 Permeationstrockner (Anordnung 1)	13
5.5.2 Beheizte Probengasleitung und beheiztes Messgerät (Anordnung 2)	13
5.5.3 In-situ-Messgeräte (Anordnung 3)	13
5.6 Probenahmepumpe	13
5.7 Sekundärfilter	13
5.8 Volumenstromregler und Volumenstrommessgerät	14
6 Messgerät	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Druck- und Temperatureinflüsse	14
6.3 Probenahmepumpe für das Messgerät	14
6.4 Störungen durch IR-aktive Gase	14
7 Bestimmung der Leistungskenngrößen des Verfahrens: Messgerät, Probenahme und Konditionierung	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien	15
7.3 Aufstellen der Unsicherheitsbilanz	15
8 Feldbetrieb	17
8.1 Messplan und Probenahmestrategie	17
8.2 Aufstellung des Messgeräts am Messort	17
8.2.1 Allgemeines	17
8.2.2 Überprüfung des Null- und Spanpunkts und Justierung vor der Messung	17
8.2.3 Überprüfung des Null- und Spanpunkts nach der Messung	18
9 Laufende Qualitätslenkung	19
9.1 Einleitung	19
9.2 Prüfhäufigkeit	19
10 Angabe der Ergebnisse	20
11 Äquivalenz eines Alternativverfahrens	21
12 Messbericht	21

Anhang A (informativ) Beispiel für die Beurteilung des nicht-dispersiven Infrarotverfahrens für HCl in Bezug auf die Anforderungen an Emissionsmessungen.....	22
A.1 Schätzung der Messunsicherheit.....	22
A.1.1 Allgemeines	22
A.1.2 Aufstellung der Modellgleichung.....	22
A.1.3 Quantifizierung von Einzelbeiträgen zur Messunsicherheit.....	22
A.1.4 Berechnung der kombinierten Unsicherheit.....	22
A.2 Spezifische lokale Bedingungen.....	23
A.3 Leistungskenngrößen des Verfahrens.....	24
A.4 Berechnung der Standardunsicherheit der vom Messgerät ausgegebenen Konzentrationswerte	24
A.4.1 Allgemeines	24
A.4.2 Modellgleichung und Anwendung des Gesetzes der Unsicherheitsfortpflanzung	25
A.4.3 Berechnung der partiellen Unsicherheiten	26
A.4.4 Ergebnis der Berechnung der kombinierten Unsicherheit	32
A.4.5 Berechnung der kombinierten Unsicherheit.....	33
A.5 Unsicherheit für die Konzentration bei trockenem Gas	33
Anhang B (informativ) Verfahren zur Korrektur der Daten um den Einfluss der Drift.....	35
Anhang C (informativ) Validierung der Methode im Feld	37
C.1 Allgemeines	37
C.2 Empfehlungen an die Hersteller (aus Beobachtungen bei den Validierungskampagnen)	37
C.3 Eigenschaften der Referenzgase	37
C.4 Merkmale der Anlagen	38
C.5 Wiederholpräzision und Vergleichpräzision im Feld	39
C.5.1 Allgemeines	39
Literaturhinweise.....	45

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16429:2019) 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 CEN/TS 16429:2013 ersetzen.

Einleitung

Die Europäische Kommission (EK) hat das Europäische Komitee für Normung (CEN) beauftragt, diese Norm auszuarbeiten (mit Mandat M/513 vom Januar 2013). Die Arbeit wurde CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ zugewiesen, dessen WG 3 dieses Dokument erstellt hat.

Das in diesem Dokument beschriebene Verfahren wurde bei Feldversuchen an einem Prüfstand, einer Müllverbrennungsanlage und einer Großfeuerungsanlage für HCl-Konzentrationen im Bereich von 2,5 mg/m³ bis 61 mg/m³ bei Probenahmezeiten von 30 min validiert. Die Richtlinie 2010/75/EU legt Emissionswerte fest, die auf trockener Basis bei einem festgelegten Sauerstoffwert und unter Standardbedingungen (273 K und 101,3 kPa) in mg/m³ angegeben werden.

ANMERKUNG Die Eigenschaften der Anlagen, die Bedingungen bei den Feldtests und die Werte für Wieder- und Vergleichpräzision im Feld sind in Anhang C angegeben.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt das auf einem automatischen Verfahren beruhende Standardreferenzverfahren (SRM) zur Bestimmung der Massenkonzentration von Chlorwasserstoff (HCl) in Abgasen, die aus Kanälen und Kaminen in die Atmosphäre emittiert werden, fest. Es beschreibt die Einrichtungen zur Probenahme und Gaskonditionierung.

Dieses Dokument legt die zu bestimmenden Eigenschaften und Leistungskriterien fest, die von tragbaren automatischen Messeinrichtungen (en: portable automated measuring system, P-AMS) mit Infrarot-Messverfahren zu erfüllen sind. Es ist anwendbar für die regelmäßige Überwachung und für die Kalibrierung oder Steuerung von dauerhaft an einem Abgaskanal installierten automatischen Messeinrichtungen (en: automated measuring system, AMS) aufgrund regulatorischer oder anderer Gründe.

Für die Messeinrichtung sind eine Reihe von Leistungskenngrößen mit zugehörigen Mindestleistungskriterien festgelegt (siehe EN 15267-4:2017, Tabelle 1, die einen Überblick über die relevanten Leistungskenngrößen und -kriterien gibt). Dieses Dokument kann als SRM verwendet werden, sofern die erweiterte Messunsicherheit des Verfahrens weniger als 20 % (relativ) beim 1-Tages-Emissionsgrenzwert (Emission Limit Value, ELV) oder 1 mg/m³ für einen ELV kleiner als 5 mg/m³ beträgt.

Dieses Dokument legt Kriterien für den Nachweis der Gleichwertigkeit eines Alternativverfahrens (AM) mit dem SRM durch Anwendung der EN 14793 fest.

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).

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

EN 15259:2007, *Luftbeschaffenheit — Messung von Emissionen aus stationären Quellen — Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht*

EN 15267-4:2017, *Luftbeschaffenheit — Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen — Teil 4: Mindestanforderungen und Prüfprozeduren für automatische Messeinrichtungen für wiederkehrende Messungen von Emissionen aus stationären Quellen*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Justierung eines Messsystems

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

[QUELLE: VIM 3.11]

3.2

Alternativverfahren

AM (en: alternative method)

Messverfahren, das die in dieser Europäischen Norm festgelegten Kriterien in Bezug auf das Referenzverfahren einhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Alternativverfahren kann aus einer Vereinfachung des Referenzverfahrens bestehen.

[QUELLE: EN 14793:2017]

3.3

Umgebungstemperatur

Temperatur der die Messeinrichtung umgebenden Luft

3.4

automatische Messeinrichtung

AMS (en: automated measuring system)

Gesamtheit aller Messgeräte und zusätzlicher Einrichtungen zur Erzielung eines Messergebnisses

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Messeinrichtung gehören außer dem eigentlichen Messgerät (Analysator) Vorrichtungen zur Probenahme (z. B. Sonde, Probegasleitungen, Durchflussmessung und -regelung, Förderpumpe) und Probenaufbereitung (z. B. Staubfilter, Vorabscheider für Störkomponenten, Kühler, Konverter). Diese Definition beinhaltet auch Prüf- und Justiereinrichtungen, die zur Funktionsprüfung und gegebenenfalls zur Inbetriebnahme erforderlich sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „automatische Messeinrichtung“ (AMS) wird üblicherweise in Europa verwendet. Darüber hinaus wird im Vereinigten Königreich und in den Vereinigten Staaten von Amerika auch der Begriff „Einrichtung zur kontinuierlichen Emissionsüberwachung“ (CEMS) verwendet.

[QUELLE: EN 15267-4:2017]

3.5

Kalibrierung

Reihe von Tätigkeiten, die unter festgelegten Bedingungen die Beziehung zwischen durch ein Messverfahren oder eine Messeinrichtung angegebenen Größenwerten und den entsprechenden durch eine anzuwendende Referenz angegebenen Werten herstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Fall einer dauerhaft an einem Abgaskanal installierten automatischen Messeinrichtung ist die anzuwendende Referenz das zur Erstellung der Kalibrierfunktion des AMS verwendete Standardreferenzverfahren.

Anmerkung 2 zum Begriff: Kalibrierung sollte nicht mit Justierung einer Messeinrichtung verwechselt werden.

3.6

Drift

Differenz der Ergebnisse von zwei Nullpunktbestimmungen (Nullpunktdrift) oder zwei Spanpunktbestimmungen (Spanpunktdrift) zu Beginn und am Ende einer Messzeitspanne

3.7

Emissionsgrenzwert

ELV (en: emission limit value)

Emissionsgrenzwert nach EU-Richtlinien in Bezug auf 30 min, eine Stunde oder einen Tag

3.8

Einflussgröße

Größe, die sich bei einer direkten Messung nicht auf die Größe auswirkt, die gerade gemessen wird, aber das Messergebnis beeinflusst

BEISPIELE

- Umgebungstemperatur;
- atmosphärischer Druck;
- Anwesenheit von Störkomponenten im Abgas;
- Probengasdruck.

[QUELLE: VIM 2.52, modifiziert]

3.9

Störung

negativer oder positiver Einfluss auf das Signal der Messeinrichtung durch eine Komponente der Probe, die nicht die Messgröße selbst ist

3.10

Abweichung von der Linearität

systematische Abweichung innerhalb des Anwendungsbereichs zwischen dem Messergebnis, das anhand der Kalibrierfunktion für das beobachtete Signal der Messeinrichtung bei Aufgabe von Prüfgasen ermittelt wird, und den entsprechenden anerkannten Werten dieser Prüfgase

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Abweichung von der Linearität kann eine Funktion des Messergebnisses sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Anstelle des Begriffs „Abweichung von der Linearität“ werden häufig auch die Begriffe „Linearität“ oder „Lack of fit“ verwendet.

3.11

Messgröße

spezielle Größe, die Gegenstand einer Messung ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messgröße ist eine quantifizierbare Eigenschaft des zu untersuchenden Abgases, beispielsweise die Massenkonzentration einer Messkomponente, die Temperatur, die Geschwindigkeit, der Massenstrom, der Sauerstoffgehalt und der Wasserdampfgehalt.

[QUELLE: EN 15259:2007]

3.12

Messverfahren

Verfahren, das schriftlich niedergelegt ist und alle Mittel und Anweisungen zur Probenahme und Analyse enthält, einschließlich Anwendungsbereich, Grundlagen und/oder Reaktionen, Definitionen, Einrichtungen, Anweisungen, Darstellung der Ergebnisse, andere Anforderungen und Messbericht

[QUELLE: EN 14793:2017]

3.13

Messquerschnitt

zur Mittelachse des Abgaskanals senkrechte Fläche am Ort der Probenahme

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Messquerschnitt wird auch als Probenahmeebene bezeichnet.

[QUELLE: EN 15259:2007]

3.14

Messpunkt

Stelle im Messquerschnitt, an der der Teilvolumenstrom entnommen wird oder an der Messdaten direkt gewonnen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Messpunkt wird auch als Probenahmepunkt bezeichnet.

[QUELLE: EN 15259:2007]

3.15

Messsystem

Kombination von Messgeräten und anderen Geräten zur Durchführung festgelegter Messungen

[QUELLE: VIM 3.2, modifiziert]

3.16

Leistungskenngröße

eine der Einrichtung zugeordnete Größe (angegeben z. B. durch einen Wert, eine Toleranz, einen Bereich) zur Kennzeichnung ihres Leistungsvermögens

3.17

portable automatische Messeinrichtung

P-AMS (en: portable automated measuring system)

automatische Messeinrichtung, das sich in einem Zustand oder einer Anwendung befindet, das von einem Messplatz zum anderen bewegt werden muss, um für einen kurzen Zeitraum (z. B. 8 h) Messergebnisse zu erhalten.

Anmerkung 1 zum Begriff: Das P-AMS kann am Messplatz für die spezielle Anwendung konfiguriert werden, kann aber auch in einem Transporter oder mobilen Container aufgestellt werden. Die Sonde und die Messgasleitungen werden oft kurz vor Beginn der Messaufgabe installiert.

[QUELLE: EN 15267-4:2017]

3.18

Referenzverfahren

RM (en: reference method)

per Konvention als Referenz verwendetes Messverfahren, das den anerkannten Referenzwert der Messgröße liefert

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Referenzverfahren ist vollständig beschrieben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Referenzverfahren kann ein manuelles oder automatisches Verfahren sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Alternative Verfahren können verwendet werden, wenn die Äquivalenz zum Referenzverfahren nachgewiesen wurde.

[QUELLE: EN 15259:2007]

3.19

Wiederholpräzision im Laboratorium

Ausmaß der gegenseitigen Annäherung zwischen Ergebnissen aufeinander folgender Messungen derselben Messgröße, ausgeführt unter denselben Messbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Bedingungen umfassen:

- dasselbe Messverfahren;
- dasselbe Laboratorium;
- dieselbe Messeinrichtung, eingesetzt unter denselben Bedingungen;
- denselben Ort;
- Wiederholung innerhalb einer kurzen Zeitspanne.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Wiederholpräzision kann quantitativ durch Streuungskennwerte der Ergebnisse angegeben werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: In diesem Dokument wird die Wiederholpräzision als ein Wert mit einem Vertrauensniveau von 95 % angegeben.

[QUELLE: VIM 2.20, modifiziert]

3.20

Verweilzeit in der Messeinrichtung

die Zeitspanne, in der das Probengas vom Einlass der Sonde zum Einlass der Messküvette transportiert wird

3.21

Ansprechzeit

Dauer zwischen dem Zeitpunkt, zu dem der Eingangsgrößenwert eines Messgeräts oder einer Messeinrichtung einer abrupten Änderung zwischen zwei festgelegten konstanten Größenwerten unterworfen wird, und dem Zeitpunkt, an dem eine entsprechende Anzeige sich innerhalb festgelegter Grenzen auf ihren Beharrungswert einstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Konventionsgemäß ist die Einstellzeit diejenige Zeitspanne, die das Ausgangssignal benötigt, um von 0 % auf 90 % der endgültigen Änderung anzusteigen.

[QUELLE: JCGM 200:2012]

3.22

Spangas

Prüfgas zur Justierung und Überprüfung eines bestimmten Punktes auf der Kennlinie der Messeinrichtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Konzentration dieses Prüfgases wird häufig bei etwa 80 % des oberen Endes des Messbereichs oder in der Nähe des Emissionsgrenzwerts gewählt.

3.23

Standardreferenzverfahren

SRM (en: standard reference method)

Referenzverfahren, dessen Anwendung in europäischen oder nationalen Gesetzen vorgeschrieben ist

[QUELLE: EN 15259:2007]

3.24

Unsicherheit

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

3.24.1

Standardunsicherheit u

Unsicherheit des Ergebnisses einer Messung, angegeben als Standardabweichung u

3.24.2

erweiterte Messunsicherheit U

Kennwert, der einen Vertrauensbereich um das Messergebnis kennzeichnet, von dem erwartet werden kann, dass er einen bestimmten Anteil der Verteilung der Werte umfasst, die der Messgröße vernünftigerweise zugeordnet werden könnten

$$U = k \times u$$

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument wird die erweiterte Messunsicherheit mit einem Erweiterungsfaktor $k = 2$ und einem Vertrauensniveau von 95 % berechnet.

3.24.3

kombinierte Messunsicherheit u_c

dem Messergebnis zugeordnete Standardunsicherheit u_c , die durch Kombination verschiedener Standardunsicherheiten nach GUM berechnet wird

3.25

Messunsicherheitsbilanz

tabellarische Aufstellung aller Unsicherheitsquellen nach EN ISO 14956 oder ENV 13005 zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des Verfahrens bei einem festgelegten Wert

4 Prinzip

4.1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Massenkonzentration von Chlorwasserstoff (HCl) in Abgasen, die aus Kanälen und Kaminen in die Atmosphäre emittiert werden, mit einem automatischen Messgerät nach dem Prinzip der Infrarotabsorption. Die spezifischen Komponenten und die Anforderungen an die Probenahmeeinrichtung und das Infrarot-Messgerät werden in Abschnitt 6 beschrieben. Die relevanten Leistungskenngrößen des Verfahrens, die zugehörigen Mindestanforderungen und die erweiterte Messunsicherheit des Verfahrens werden angegeben. Weiterhin werden Anforderungen und Empfehlungen zur Qualitätssicherung und -lenkung für Messungen im Feld angegeben (siehe Tabelle 1 in 7.3).

4.2 Messprinzip

Die HCl-Konzentration wird mit dem Verfahren der Infrarotabsorption gemessen. Die Abschwächung der die Probenküvette durchlaufenden Infrarotstrahlung ist entsprechend dem Lambert-Beerschen Gesetz ein Maß für die HCl-Konzentration in der Küvette. Neben HCl absorbieren auch die meisten anderen heteroatomigen Moleküle Infrarotstrahlung. Insbesondere Wasser und CO₂ verursachen breite Absorptionsbänder, die die HCl-Messung stören können. Es wurden verschiedene technische Lösungen zur Unterdrückung von Querempfindlichkeiten, Instabilität und Drift entwickelt, um automatische Messeinrichtungen mit angemessenen Eigenschaften zu konstruieren, zum Beispiel: Gasfilterkorrelation, abstimmbarer Diodenlaser (en: tunable diode laser, TDL) und Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR).

Bei einigen speziellen Anwendungen ist besonders auf Infrarot-Strahlung absorbierende Gase, z. B. Wasserdampf, Kohlendioxid, Distickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Kohlenwasserstoffe zu achten.

Infrarot-Messgeräte sind Teil von extraktiven oder in-situ-Systemen. Die meisten sind mit einer extraktiven Probenahmeeinrichtung und einer Gaskonditionierungseinrichtung kombiniert. Eine repräsentative Gasprobe wird über eine Entnahmesonde aus dem Abgaskamin entnommen und durch die Probengasleitung und die Gaskonditionierungseinrichtung zum Messgerät geleitet. Die Messwerte des Messgeräts werden aufgezeichnet und/oder mittels elektronischer Datenverarbeitung gespeichert.

Die HCl-Konzentration wird in Volumen/Volumen-Einheiten gemessen, sofern das Messgerät mit einem Volumen/Volumen-Standard kalibriert wurde. Die Endergebnisse für den Messbericht werden über Standardumrechnungsfaktoren in Milligramm je Kubikmeter angegeben (siehe Abschnitt 10).

5 Probenahmeeinrichtung

5.1 Allgemeines

Ein repräsentatives Volumen (siehe 8.2.1) wird über eine festgelegte Zeitspanne bei geregelter Volumenstrom aus dem Abgas entnommen. Ein Filter entfernt den Staub aus dem entnommenen Volumen, bevor die Probe konditioniert und in das Messgerät geleitet wird. Zur Vermeidung unkontrollierter Kondensation von Wasserdampf in der Messeinrichtung können drei verschiedene Probenahme- und Konditionierungsanordnungen eingesetzt werden. Diese Konfigurationen sind:

- Anordnung 1: Entfernung von Wasserdampf mit einem Permeationstrockner;
- Anordnung 2: Konstanthalten der Temperatur der Probengasleitung bis zum beheizten Messgerät;
- Anordnung 3: In-situ-Messungen.

Probenahmebedingungen und Aufbau der Probenahmeeinrichtung tragen zur erweiterten Unsicherheit der Messung bei. Um diesen Beitrag zu minimieren, sind in 5.2 und 7.2 entsprechende Leistungskriterien für die Probenahmeeinrichtung und die Probenahmebedingungen angegeben.

5.2 Probenahmesonde

Um den (die) repräsentativen Messpunkt(e) des Messquerschnitts zu erreichen, können Sonden verschiedener Länge und innerer Durchmesser verwendet werden. Bauweise und Anordnung der Sonde müssen sicherstellen, dass die Verweilzeit des Probengases innerhalb der Sonde so gering wie möglich ist, um die Einstellzeit der Messeinrichtung zu verringern. Die Sonden müssen beheizt werden.

Besteht der Verdacht, dass das Abgas nicht homogen ist, ist das in 8.1 beschriebene Verfahren anzuwenden.

5.3 Filter

Das Filter muss aus inertem Material hergestellt sein (z. B. Keramikfilter mit geeigneter Porengröße). Es ist ein der Staubbelastung entsprechendes beheiztes Partikelfilter zu verwenden, das je nach Staubbelastung an der Probenahmestelle regelmäßig gewechselt oder gereinigt werden muss.

Eine Überladung des Partikelfilters kann den Druckabfall in der Probenahmeleitung erhöhen.

5.4 Probenahmeleitung

Die Probenahmeleitung muss, soweit erforderlich, bis zur Konditionierungseinrichtung beheizt werden. Sie muss aus korrosionsbeständigem Material hergestellt sein (z. B. Borosilikatglas, Keramik oder Titan; PTFE ist für Abgastemperaturen unter 200 °C geeignet).

5.5 Konditionierungseinrichtung

5.5.1 Permeationstrockner (Anordnung 1)

Sämtliche Bestandteile der Probenahmeeinrichtung, die vor dem Messgerät angeordnet sind, müssen aus Materialien hergestellt sein, die mit HCl weder reagieren noch dieses absorbieren. Diejenigen Komponenten, die mit dem Gas in Berührung kommen, müssen vor dem Permeationstrockner ausreichend beheizt werden (zwischen 180 °C und 200 °C), um Salzbildung und Kondensation in der Probenahmeeinrichtung zu verhindern. In Gegenwart von Wasserdampf (über 15 %) und Ammoniak (wenige ppm) besteht das Risiko der Salzbildung selbst bei Temperaturen von 165 °C bis 170 °C.

Mit dem Permeationstrockner wird der Wasserdampf aus dem Abgas entfernt, bevor die Gasprobe in das Messgerät gelangt. Am Auslass des Permeationstrockners ist eine Taupunkttemperatur unterhalb von 4 °C erforderlich.

Die unter Verwendung dieser Anordnung ermittelten Konzentrationen werden als auf trockene Bedingungen bezogene Ergebnisse betrachtet. Die Ergebnisse können jedoch bezüglich des Restwassergehalts korrigiert werden (siehe EN 14790:2005, Tabelle in Anhang A).

Diese Anordnung darf nicht verwendet werden, wenn das Abgas einen Ammoniak-Gehalt von mehr als 1 ppm aufweist.

5.5.2 Beheizte Probengasleitung und beheiztes Messgerät (Anordnung 2)

Sämtliche Bestandteile der Probenahmeeinrichtung, die vor dem Messgerät angeordnet sind, müssen aus Materialien hergestellt sein, die mit HCl weder reagieren noch dieses absorbieren. Diejenigen Komponenten, die mit dem Gas in Berührung kommen, müssen ausreichend beheizt werden (zwischen 180 °C und 200 °C), um Salzbildung und Kondensation in der Probenahmeeinrichtung zu verhindern. In Gegenwart von Wasserdampf (über 15 %) und Ammoniak (wenige ppm) besteht das Risiko der Salzbildung selbst bei Temperaturen von 165 °C bis 170 °C.

Sind die Konzentrationen auf feuchte Bedingungen bezogen, müssen sie auf trockene Bedingungen umgerechnet werden. Die Korrektur muss anhand der im Abgas gemessenen Wasserdampfkonzentration vorgenommen werden. Die mit dieser Korrektur verbundene Unsicherheit muss in die Unsicherheitsbilanz einbezogen werden.

5.5.3 In-situ-Messgeräte (Anordnung 3)

Eine im Rahmen der Zertifizierung geprüfte Kalibriereinrichtung muss zur Verfügung stehen, um die Nullpunkt- und Spanpunktdrift für die gesamte Messeinrichtung zu ermitteln.

5.6 Probenahmepumpe

Die Probenahmepumpe muss die Anforderungen des Messgeräteherstellers hinsichtlich des Volumenstroms und hinsichtlich des Drucks in der Probenküvette erfüllen. Die Pumpe muss korrosionsbeständig sein. Wird eine externe Pumpe eingesetzt, muss sie den Anforderungen des angeschlossenen Messgeräts genügen.

5.7 Sekundärfilter

Mit dem Sekundärfilter (Porengröße kleiner als 5 µm) wird Feinstaub entfernt. Es kann z. B. aus Glasfaser, gesinterter Keramik, nichtrostendem Stahl oder PTFE-Fasern bestehen.

5.8 Volumenstromregler und Volumenstrommessgerät

Dieses Gerät steuert den erforderlichen Volumenstrom. Es muss aus korrosionsbeständigem Material bestehen. Der Probengasvolumenstrom zum Messgerät muss den Herstellerangaben entsprechen.

ANMERKUNG Eine zusätzliche Vorrichtung zur Volumenstromregelung oder -messung ist nicht erforderlich, wenn das Messgerät selbst über diese Funktionen verfügt.

6 Messgerät

6.1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt nicht die Technik. Stattdessen legt dieses Dokument Leistungskriterien fest (siehe EN 15267-4, Tabelle 1), unabhängig von der Technik zur Messung von HCl. Zusätzliche Anforderungen, die gegebenenfalls in methodenspezifischen Normen beschrieben sind, müssen beachtet werden (z. B. CEN/TS 17337 für auf der FTIR-Technik basierende P-AMS).

In Bezug auf Bauart, Schwingungsfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit muss das Gerät für industrielle Umgebungen und die Abgaszusammensetzung geeignet sein. Zusätzliche Empfehlungen sind in Anhang C angegeben, die sich auf Erkenntnisse aus der Validierungskampagne beziehen.

6.2 Druck- und Temperatureinflüsse

Das Ausgangssignal des Messgeräts ist proportional zur Anzahl der HCl-Moleküle in der Absorptionsküvette und hängt vom absoluten Druck und der Temperatur in der Absorptionsküvette ab. Der Einfluss von Druck- und Temperaturschwankungen in der Absorptionsküvette sollte vom Gerät berücksichtigt werden, um die Ergebnisse bei Normbedingungen (273 K und 101,3 kPa) angeben zu können.

6.3 Probenahmepumpe für das Messgerät

Die Probenahmepumpe kann ein eigenständiges Gerät oder Bestandteil des Messgeräts sein. Sie muss

- die Anforderungen des Geräteherstellers hinsichtlich des Volumenstroms und
- die Anforderungen hinsichtlich des Drucks in der IR-Absorptionsküvette

erfüllen.

6.4 Störungen durch IR-aktive Gase

Eine Störung durch IR-aktive Gase kann dann auftreten, wenn deren IR-Absorptionsbanden mit denen von HCl übereinstimmen oder diese überlappen. Das Ausmaß der Störung ist für die verschiedenen IR-Messgeräte unterschiedlich.

Der größte Störeinfluss wird durch Wasserdampf hervorgerufen. Störeinflüsse durch Wasserdampf müssen deshalb durch den Einsatz geeigneter Verfahren minimiert werden.

Wurde das automatische Verfahren zertifiziert, sind insbesondere diejenigen Störkomponenten zu beachten, bei denen sich gezeigt hat, dass sie das Messergebnis beeinflussen (Kohlendioxid, Kohlenwasserstoffe wie Methan und Formaldehyd, N_2O , NO_2).

Mit Kenntnis der Zusammensetzung des Gases und der Querempfindlichkeit des Messgeräts können die Störungen bei der Messung minimiert werden.

7 Bestimmung der Leistungskenngrößen des Verfahrens: Messgerät, Probenahme und Konditionierung

7.1 Allgemeines

Der Anwender dieses Dokuments muss zeigen, dass

- die Leistungskenngrößen des Verfahrens gleich oder besser als die in EN 15267-4:2017, Tabelle 1, genannten Leistungskriterien sind und
- die erweiterte Messunsicherheit des Verfahrens, die sich aus der rechnerischen Kombination der mit den Leistungskenngrößen verbundenen Standardunsicherheiten ergibt, kleiner als 20 % beim 1-Tages-Emissionsgrenzwert, bezogen auf trockene Bedingungen und vor Korrektur hinsichtlich des festgelegten O₂-Werts, ist.

Die Werte der Leistungskenngrößen müssen gemäß EN 15267-4 in einer Labor- und einer Feldprüfung ermittelt werden. Diese Prüfungen sind von einem erfahrenen, behördlich anerkannten Laboratorium durchzuführen.

Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, die Leistungskenngrößen in den in Tabelle 2 (Abschnitt 9) angegebenen Zeitabständen überprüfen.

7.2 Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien

Die Unsicherheit der Messwerte wird nicht nur durch die Leistungskenngrößen des Messgeräts selbst beeinflusst, sondern auch durch

- die Probenahmeleitung und die Konditionierungseinrichtung;
- die lokalen Bedingungen;
- das verwendete zertifizierte Referenzmaterial (z. B. Prüfgas in Druckgasflaschen, zertifizierter Gasgenerator).

Die Leistungskenngrößen des Verfahrens müssen nach EN 15267-4 ermittelt werden.

Tabelle 1 in EN 15267-4:2017 gibt eine Übersicht über die relevanten Leistungskenngrößen und -kriterien, die bei den Labor- und Feldprüfungen entsprechend den relevanten CEN-Verfahren bestimmt werden müssen, und nennt diejenigen Werte, die bei der Berechnung der erweiterten Unsicherheit zu berücksichtigen sind.

7.3 Aufstellen der Unsicherheitsbilanz

Mit der Unsicherheitsbilanz wird festgestellt, ob das Messgerät und die zugehörige Probenahmeeinrichtung die Anforderungen hinsichtlich der maximal zulässigen erweiterten Unsicherheit erfüllen.

Das Verfahren muss eine erweiterte Messunsicherheit von weniger als 20 % beim 1-Tages-Emissionsgrenzwert oder 1 mg/m³ für 1-Tages-Emissionsgrenzwerte unter 5 mg/m³ aufweisen. Die erweiterte Messunsicherheit des Verfahrens wird unter Bezug auf trockene Bedingungen und vor Korrektur hinsichtlich der O₂-Bezugskonzentration berechnet. Sind die mit dem automatischen Verfahren ermittelten Konzentrationen auf feuchte Bedingungen bezogen, ist eine Umrechnung auf trockene Bedingungen erforderlich. Die mit der Korrektur hinsichtlich des Wasserdampfgehaltes verbundene Unsicherheit ist in der Unsicherheitsbilanz zu berücksichtigen. Ein Beispiel für die Berechnung ist in Anhang A angegeben.

Die Berechnung der erweiterten Unsicherheit basiert auf dem in EN ISO 14956 beschriebenen Gesetz der Unsicherheitsfortpflanzung:

- Die Standardunsicherheiten für jeden in die Berechnung der Unsicherheitsbilanz einbezogenen Wert sind mittels Labor- und Feldprüfungen und nach EN ISO 14956 zu bestimmen.
- Die Unsicherheitsbilanz ist durch Kombination aller Standardunsicherheiten nach EN ISO 14956 zu berechnen. Die Unsicherheit des zertifizierten Referenzmaterials ist einzubeziehen. Ebenfalls berücksichtigt werden muss der Schwankungsbereich der Einflussgrößen und der Störkomponenten unter den spezifischen lokalen Bedingungen. Falls diese Bedingungen nicht bekannt sind, sind die in Tabelle 1 vorgegebenen Werte zu verwenden. Falls Korrekturen im Hinblick auf den Restwassergehalt im Abgas vorgenommen werden, ist die mit dieser Korrektur verbundene Unsicherheit der Unsicherheitsbilanz hinzuzufügen.
- Standardunsicherheiten, die kleiner als 5 % der größten Standardunsicherheit sind, können vernachlässigt werden.
- Die erweiterte Messunsicherheit beim 1-Tages-Emissionsgrenzwert, bezogen auf trockene Bedingungen, ist zu berechnen.

Tabelle 1 — Vorgaben für die Schwankungsbereiche der Einflussgrößen und Störkomponenten bei der Bestimmung der Unsicherheitsbilanz

Leistungskenngröße oder Komponente	Vorgabe für den Schwankungsbereich am Messort
Atmosphärendruck	± 3 kPa
Schwankung des Probenvolumenstroms	entsprechend den Empfehlungen des Herstellers
Umgebungstemperatur	zwischen 5 °C und 40 °C ^a
Spannungseinfluss	bei –15 % unterhalb und bei +10 % oberhalb der Nennversorgungsspannung
O ₂	3 % bis 21 %
H ₂ O	1 % bis 30 %
CO	0 mg/m ³ bis 300 mg/m ³
CO ₂	0 % bis 15 %
CH ₄	0 mg/m ³ bis 50 mg/m ³
N ₂ O	0 mg/m ³ bis 20 mg/m ³
N ₂ O, Wirbelschichtverbrennung	0 mg/m ³ bis 100 mg/m ³
NO	0 mg/m ³ bis 300 mg/m ³
NO ₂	0 mg/m ³ bis 30 mg/m ³
NH ₃	0 mg/m ³ bis 20 mg/m ³
SO ₂	0 mg/m ³ bis 200 mg/m ³
SO ₂ , Kohlekraftwerke (ohne Entschwefelung)	0 mg/m ³ bis 1 000 mg/m ³
^a Größere Bereiche können vom Hersteller festgelegt werden.	

8 Feldbetrieb

8.1 Messplan und Probenahmestrategie

Messplan und Probenahmestrategie sind entsprechend den Anforderungen von EN 15259 festzulegen.

Die Homogenität kann nach EN 15259 nachgewiesen werden.

Zur Vermeidung langer Einstellzeiten muss die Probenahmeleitung so kurz wie möglich sein. Gegebenenfalls muss eine Bypass-Pumpe verwendet werden. Falls erforderlich, muss ein dem Staubgehalt angemessenes beheiztes Filter verwendet werden.

Für die Planung der Feldmessungen sollten die folgenden Abgaseigenschaften berücksichtigt werden:

- Abgastemperatur;
- Feuchtegehalt des Abgases und Taupunkt;
- Staubbelastung;
- erwarteter HCl-Konzentrationsbereich und Emissionsgrenzwerte;
- erwartete Konzentration von möglichen Störkomponenten, mindestens der in Tabelle 1 genannten, und
- Abgasreinigungsanlage.

Der Messbereichsendwert muss der Messaufgabe angepasst sein.

8.2 Aufstellung des Messgeräts am Messort

8.2.1 Allgemeines

Die vollständige Messeinrichtung (Probenahmeleitung, Konditionierungseinrichtung, soweit erforderlich, und Messgerät) muss entsprechend den Herstellerangaben zusammengesetzt werden. Die Sondenöffnung wird auf dem (den) repräsentativen Messpunkt(en) im Abgaskanal platziert (siehe 8.1).

Messgasaufbereitungseinrichtung, Probenahmesonde, Filter, Verbindungsrohr und Messgerät müssen bei der erforderlichen Temperatur stabilisiert werden. Gleichzeitig muss ein konstanter Druck in der Messkammer des Analysators erreicht werden.

Nach Vorheizen muss der Volumenstrom durch die Probenahmeeinrichtung und das Messgerät auf den für die Messung gewählten Wert eingestellt werden. Der Volumenstrom sollte konstant gehalten werden.

Konditionierungseinrichtung, soweit erforderlich, Probenahmesonde, Filter, Verbindungsleitung und Messgerät müssen vor der Justierung des Messgeräts hinsichtlich Temperatur und Feuchte stabilisiert werden.

Die zeitliche Auflösung des Datenerfassungssystems muss an die Messaufgabe und die Einstellzeit der Messeinrichtung angepasst sein.

8.2.2 Überprüfung des Null- und Spanpunkts und Justierung vor der Messung

8.2.2.1 Prüfgase

Die erweiterte Messunsicherheit des für die Spanprüfung verwendeten zertifizierten Referenzmaterials darf nicht mehr als 2,5 % betragen.

Das Nullgas (z. B. Stickstoff oder gereinigte Luft) darf keinen signifikanten Gehalt an HCl aufweisen. Aus den in Anhang B genannten Gründen muss das Spangas feucht sein.

Wenn das Messgerät für regulatorische Zwecke eingesetzt wird, muss das feuchte Spangas eine bekannte Konzentration von etwa dem Halbstunden-Emissionsgrenzwert oder 50 % bis 90 % des gewählten Messbereichs haben.

8.2.2.2 Justierung des Messgeräts

Zu Beginn der Messperiode werden die Null- und feuchtes Spangas (Aufgabe der feuchten Gase mit einer Konzentration nahe derjenigen vor Ort) der Messöffnung des Messgeräts zugeführt. Mit den Justierungen wird dafür gesorgt, dass die korrekten Null- und Spangaswerte vom Datenerfassungssystem ausgegeben werden.

8.2.2.3 Überprüfung der Probenahmeeinrichtung auf Leckagen und Verluste

Die Probenahmeleitung muss nach folgendem Verfahren auf Dichtheit und Verluste überprüft werden.

Null- und feuchtes Spangas werden so nahe wie möglich am Einlass der Probenahmeleitung (möglichst vor dem Filter) über die Probenahmeeinrichtung auf das Messgerät aufgegeben. Die Abweichungen zwischen den Messwerten bei der Justierung des Messgeräts und bei dieser Überprüfung müssen kleiner als 2 % (relativ) sein.

ANMERKUNG Für eine stabile HCl-Anzeige kann eine Passivierungszeit von mehreren Minuten erforderlich sein.

Wenn diese Prüfung auf Undichtigkeiten oder Verluste schließen lässt, kann die Ursache der Leckage beseitigt werden, indem das Ende der Sonde abgedichtet und die Pumpe eingeschaltet wird und geprüft wird, ob der Volumenstrom nicht größer als 2 % des während der Messung zu erwartenden Volumenstroms ist. Alternativ kann der Sauerstoffgehalt am Einlass und am Auslass der Probengasleitung gemessen werden, um zu prüfen, ob das Ergebnis der Prüfung durch eine Leckage (größerer Sauerstoffgehalt am Auslass der Leitung) oder durch Verluste (Sauerstoffgehalt bleibt unverändert) verursacht wurde.

Bei der Validierung wurde festgestellt, dass bei einigen Materialien HCl Adsorptionen oder Desorptionen von HCl auftreten können. Bei einigen P-AMS, bei denen nichtrostender Stahl (für Sonde, Filter, Anschlüsse) verwendet wurde, wurden beim Einführen der Sonde in den Kanal Desorptionsphänomene beobachtet, die das Signal bis zu mehr als 30 Minuten beeinflusst hatten. Der Anwender sollte sich der Relevanz dieser Phänomene bewusst sein, um ihren Einfluss zu verringern und gegebenenfalls Daten aus dieser betreffenden Zeitspanne zu verwerfen oder die Messdauer zu verlängern.

8.2.3 Überprüfung des Null- und Spanpunkts nach der Messung

Am Ende der Messzeitspanne und mindestens einmal am Tag sind Null- und Spanpunkt durch Aufgabe von Null- und Spangas am Einlass der Probenahmesonde zu überprüfen. Die Ergebnisse dieser Überprüfungen (d. h. Abweichungen zwischen den Überprüfungen vor und nach der Messung) sind zu dokumentieren und in den Messbericht aufzunehmen.

Falls die Nullpunkt- oder Spanpunktdrift größer als 2,0 % des Spanwertes sind, sind die Messwerte um die Nullpunkt- und Spanpunktdrift zu korrigieren (siehe Anhang B zu einem Verfahren zur Korrektur der Daten um den Drifteinfluss).

Die Nullpunkts- und Spanpunktdrift muss kleiner als 5,0 % des Spanwertes sein; andernfalls sind die Ergebnisse zu verwerfen.

Die für die Zeit t vom Messgerät ausgegebene Konzentration C ist nach Gleichung (1) in die Konzentration C_{corr} umzurechnen:

$$C_{\text{corr}} = \frac{C - (B(t_0) + \text{Drift}(B) \times t)}{(A(t_0) + \text{Drift}(A) \times t)} \quad (1)$$

Dabei ist

- $A(t_0)$ (Messwert des Messgeräts nach der Justierung zu t_0 am Spanpunkt – Messwert des Messgeräts nach der Justierung zu t_0 am Nullpunkt) / (Kalibriergaskonzentration am Spanpunkt – Kalibriergaskonzentration am Nullpunkt);
- $\text{Drift}(A)$ $\{[(\text{Messwert des Messgeräts bei der Driftprüfung zu } t_{\text{end}} \text{ am Spanpunkt} - \text{Messwert des Messgeräts bei der Driftprüfung zu } t_{\text{end}} \text{ am Nullpunkt}) / (\text{Kalibriergaskonzentration am Spanpunkt} - \text{Kalibriergaskonzentration am Nullpunkt})] - A(t_0)\} / (t_{\text{end}} - t_0)$;
- $B(t_0)$ Messwert des Messgeräts nach der Justierung zu t_0 am Nullpunkt;
- $\text{Drift}(B)$ (Messwert des Messgeräts bei der Driftprüfung zu t_{end} am Nullpunkt – Messwert des Messgeräts nach der Justierung zu t_0 am Nullpunkt) / $(t_{\text{end}} - t_0)$;
- $t_{\text{end}} - t_0$ die Dauer der Messzeitspanne in Minuten (Dauer zwischen Justierung und Driftprüfung am Ende der Messzeitspanne).

In Anhang B ist ein Beispiel für die Berechnung der Drift und die Bestimmung der Gleichung zur Korrektur der Messwerte angegeben.

9 Laufende Qualitätslenkung

9.1 Einleitung

Ziel der Qualitätslenkung ist es sicherzustellen, dass die Unsicherheit der Messwerte für HCl bei den Messungen im Feld innerhalb der festgelegten Grenzen bleibt. Wesentliche Maßnahmen zum Erzielen genauer und rückführbarer Daten sind die Wartungsarbeiten und die Justierungen von Null- und Spanpunkt.

9.2 Prüfhäufigkeit

In Tabelle 2 ist die erforderliche Häufigkeit der Überprüfungen angegeben, die in der Verantwortung des Anwenders entsprechend den einschlägigen Europäischen Normen zur Bestimmung der Leistungskenngrößen durchzuführen sind.

Tabelle 2 — Häufigkeit der Prüfungen

Prüfungen	Häufigkeit	Eingreifkriterien
Reinigung oder Wechsel des Partikelfilters ^a am Einlass der Probenahmeeinrichtung und des Messgeräts	Jede Messreihe, sofern erforderlich ^a	
Regelmäßige Wartung verschiedener Bauteile des Messgeräts	Entsprechend den Herstellerangaben	Wie gefordert
Dichtheitsprüfung	Jede Messreihe	Wie in 8.2.2.3 angegeben
Nullpunkt- und Spanpunktjustierung	Jede Messreihe	Wie in 8.2.2.2 angegeben
Drift	Jede Messreihe	Wie in 8.2.3 angegeben
Abweichung von der Linearität	Mindestens jährlich und nach Reparatur des Messgeräts	Wie gefordert und wenn die Abweichung von der Linearität $> \pm 2 \%$ des Bereichs ist
^a Das Partikelfilter muss regelmäßig je nach Staubbelastung am Messort gewechselt werden. Bei diesem Filterwechsel ist auch das Filtergehäuse zu reinigen. Eine Überladung des Partikelfilters kann den Druckabfall in der Probenahmeleitung erhöhen. ^b Signifikante Störungen führen zu einer Störung größer als 1 % des Bereichs.		

10 Angabe der Ergebnisse

Die vom Messgerät angezeigten Werte werden über die entsprechende Kalibrierfunktion in Konzentrationen umgerechnet. Die Ergebnisse werden in Milligramm je Kubikmeter oder als Volumenanteil, bezogen auf trockenes Gas bei 273 K und 101,3 kPa, angegeben.

Für HCl gelten bei 273 K und 101,3 kPa die folgenden Umrechnungsfaktoren:

- $1 \text{ mg/m}^3 = 0,614 \text{ ppm}$;
- $1 \text{ ppm} = 1,629 \text{ mg/m}^3$.

Wenn die Ergebnisse auf feuchtes Abgas bezogen sind, werden die Konzentrationen nach folgender Gleichung auf trockenes Abgas umgerechnet:

$$C_d = \frac{100}{100 - H_2O} C_w$$

Dabei ist

C_d die Konzentration der Messgröße, bezogen auf trockenes Abgas;

C_w die Konzentration der Messgröße, bezogen auf feuchtes Abgas;

H_2O der im Abgas gemessene Wasserdampfgehalt, als Volumenanteil in Prozent.

Konzentrationen werden im Allgemeinen bei in EU-Richtlinien festgelegten O₂-Bezugskonzentrationen angegeben:

- 11 % für die Verbrennung von Abfall in Abfallverbrennungsanlagen;
- 10 % für die Mitverbrennung von Abfall in Zementöfen;
- 3 % für die Verbrennung von Gas oder flüssigen Brennstoffen;
- 6 % für die Verbrennung von festen Brennstoffen;
- 15 % für Gasturbinen.

Die korrigierte Konzentration C_{corr} der Messgröße wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$C_{\text{corr}} = \frac{21 - O_{2,\text{ref}}}{21 - O_{2,\text{mes}}} C_{\text{actual}}$$

Dabei ist

C_{corr} die korrigierte Konzentration der Messgröße;

C_{actual} die gemessene Konzentration der Messgröße bei der tatsächlichen O₂ -Konzentration;

$O_{2,\text{mes}}$ der in der Messzeitspanne gemessene mittlere Sauerstoffgehalt, bezogen auf trockenes Gas;

$O_{2,\text{ref}}$ die Bezugskonzentration von Sauerstoff.

11 Äquivalenz eines Alternativverfahrens

Um zu zeigen, dass ein Alternativverfahren zu dem in diesem Dokument festgelegten Standardreferenzverfahren äquivalent ist, ist entsprechend EN 14793 vorzugehen.

Die in EN 14793 definierten maximal zulässigen Standardabweichungen von Wiederholpräzision und Vergleichpräzision, ausgedrückt als Massenkonzentration in Milligramm je Kubikmeter, sind für dieses Standardreferenzverfahren:

$$s_{r,\text{limit}}(C) = -0,000\,72\,C^2 + 0,084\,C - 0,007\,9$$

$$s_R(C) = 0,052\,7\,C + 0,665\,7$$

Dabei ist C die Massenkonzentration in Milligramm je Kubikmeter.

12 Messbericht

Der Messbericht muss eine umfassende Darstellung der Messungen sowie eine Beschreibung der Messaufgabe und des Messplans enthalten. Die Angaben müssen Rückführbarkeit der Ergebnisse auf die Rohdaten und Betriebsbedingungen des Prozesses ermöglichen. Der Messbericht muss den Anforderungen von EN 15259 genügen.

Anhang A (informativ)

Beispiel für die Beurteilung des nicht-dispersiven Infrarotverfahrens für HCl in Bezug auf die Anforderungen an Emissionsmessungen

A.1 Schätzung der Messunsicherheit

A.1.1 Allgemeines

Dieser informative Anhang gibt ein Beispiel für die Berechnung der Unsicherheitsbilanz für Anordnung 1.

Das nachfolgende Verfahren zur Berechnung der Messunsicherheit beruht auf dem Gesetz der Unsicherheitsfortpflanzung nach EN ISO 14956 oder ENV 13005. Es besteht aus verschiedenen Schritten.

A.1.2 Aufstellung der Modellgleichung

Die Messgröße und alle das Messergebnis beeinflussenden Parameter sind festzulegen. Diese „Eingangsgrößen“ genannten Parameter müssen eindeutig definiert werden.

Alle Quellen, die zur Unsicherheit der Eingangsgrößen oder der Messgröße direkt beitragen, sind zu ermitteln.

Die Modellgleichung (d. h. die Beziehung zwischen Messgröße und den Einflussgrößen) ist möglichst als mathematische Gleichung aufzustellen.

A.1.3 Quantifizierung von Einzelbeiträgen zur Messunsicherheit

Jede Unsicherheitsquelle wird geschätzt, um ihren Beitrag zur erweiterten Unsicherheit zu bestimmen.

Hierzu sind verfügbare Leistungskenngrößen der Messeinrichtung, Daten zur Streuung bei Wiederholmessungen und Daten aus den Kalibrierzertifikaten zu verwenden.

Alle Unsicherheitsbeiträge (z. B. Leistungskenngrößen) sind in Standardunsicherheiten der Eingangs- und Einflussgrößen umzuwandeln.

A.1.4 Berechnung der kombinierten Unsicherheit

Die kombinierte Unsicherheit u_c wird durch Kombination der Standardunsicherheiten nach dem Gesetz der Unsicherheitsfortpflanzung berechnet.

Im Allgemeinen wird die mit einer Konzentration verknüpfte Unsicherheit als erweiterte Messunsicherheit angegeben. Die erweiterte Messunsicherheit U_c des Verfahrens entspricht der erweiterten kombinierten Unsicherheit, die durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor " k " berechnet wird: $U_c = k \cdot u_c$. Der Wert des Erweiterungsfaktors k richtet sich nach dem geforderten Vertrauensniveau. In den meisten Fällen ist $k = 2$ für ein Vertrauensniveau von etwa 95 %.

Die folgenden Tabellen geben Beispiele für:

- die spezifischen lokalen Bedingungen, d. h. die Werte und den Schwankungsbereich der Einflussgrößen (Tabelle A.1);
- die Leistungskenngrößen des Verfahrens (Tabelle A.2) in Bezug auf die Parameter, die die Messsignale beeinflussen können, einschließlich der metrologischen Kenngrößen des Messgeräts und der Einflussgrößen (d. h. Umgebungsbedingungen wie Umgebungstemperatur, Spannung, Druck und chemische Störkomponenten).

A.2 Spezifische lokale Bedingungen

Tabelle A.1 — Beispiel für spezifische lokale Bedingungen

Spezifische Bedingungen	Wert/Bereich
Bereich des Messgeräts	15 mg/m ³
ELV	10 mg/m ³ (trocken) bei O _{2,ref}
H ₂ O-Konzentration;	10 %
Untersuchte HCl-Konzentration (entspricht dem Grenzwert für HCl für die Anlage, angegeben für feuchtes Gas)	9 mg/m ³ (feucht) bei O _{2,ref}
Bedingungen im Feld Probenvolumenstrom Temperatur bei der Justierung Schwankungen der Umgebungstemperatur im Messzeitraum Spannungsschwankungen Luftdruck bei der Justierung Luftdruckschwankungen	60 ± 5 l/h 285 K 283 K bis 308 K 230 V ± 5 % 99 kPa 99 kPa bis 100 kPa
O ₂ -Bezugskonzentration; O _{2,ref}	11 % (Volumenanteil)
CO ₂ -Konzentrationsschwankungen im Feld N ₂ O-Konzentrationsschwankungen im Feld CH ₄ -Konzentrationsschwankungen im Feld	8 % bis 12 % vernachlässigbar 0 – 10 mg/m ³
Kalibriergas	8 ppm ± 2 %

A.3 Leistungskenngrößen des Verfahrens

Tabelle A.2 —Leistungskenngrößen (für das Beispiel)

Leistungskenngröße für das IR-Verfahren	Leistungskriterien	Beispiele für Ergebnisse der Labor- und Feldprüfungen
Einstellzeitzeit	≤ 200 s	120 s
Nachweisgrenze	$\leq \pm 2$ % des Bereichs	$\pm 0,6$ % des Bereichs
Abweichung von der Linearität	$\leq \pm 2$ % des Bereichs	$\pm 0,6$ % des Bereichs
Nullpunktdrift	$\leq \pm 2$ % des Bereichs/24 h	$\pm 0,01$ % des Bereichs/24 h
Spanpunktdrift	$\leq \pm 2$ % des Bereichs/24 h	$\pm 0,5$ % des Bereichs/24 h
Empfindlichkeit gegenüber dem Probenvolumenstrom	≤ 1 % des Bereichs	0,2 % des Bereichs/10 l/h
Empfindlichkeit gegenüber dem Luftdruck	≤ 3 % des Bereichs/2 kPa	0,4 % des Messwerts/kPa
Empfindlichkeit gegenüber der Umgebungstemperatur	≤ 3 % des Bereichs/10 K	0,5 % des Bereichs/10 K
Empfindlichkeit gegenüber der elektrischen Spannung beim Niveau des Spanpunkts	≤ 2 % des Bereichs/10 V	0,12 % des Bereichs/10 V
Störkomponenten CO ₂ (15 %) N ₂ O (20 mg/m ³) CH ₄ (50 mg/m ³)	insgesamt $\leq \pm 4$ % des Bereichs	–0,98 mg/m ³ 1,3 mg/m ³ 2,61 mg/m ³
Wiederholstandardabweichung im Laboratorium beim Nullpunkt	≤ 1 % des Bereichs	0,3 % des Bereichs
Wiederholstandardabweichung im Laboratorium beim Niveau des Spanpunkts	≤ 2 % des Bereichs	0,45 % des Bereichs

A.4 Berechnung der Standardunsicherheit der vom Messgerät ausgegebenen Konzentrationswerte

A.4.1 Allgemeines

Die Modellgleichungen in diesem Abschnitt sowie die Berechnungen der partiellen Unsicherheiten sind auf die Messwerte des Messgeräts bezogen und in ppm angegeben.

Die mit der Umrechnung in mg/m³ (bei Referenzbedingungen von Druck und Temperatur) verknüpfte Unsicherheit wird in A.6 behandelt.

Die mit der Umrechnung in mg/m³ (trockenes Gas) verknüpfte Unsicherheit wird in A.7 behandelt.

A.4.2 Modellgleichung und Anwendung des Gesetzes der Unsicherheitsfortpflanzung

Die HCl-Konzentration ist gleich der vom Messgerät ausgegebenen Konzentration zuzüglich der Korrekturen durch die mit den Einflussgrößen und den Leistungskenngrößen des Messgeräts verknüpften Abweichungen.

$$C_{\text{HCl,ppm}} = C_{\text{HCl,read}} + \text{Corr}_{\text{fit}} + \text{Corr}_{0,\text{dr}} + \text{Corr}_{\text{s,dr}} + \text{Corr}_{\text{adj}} + \sum_{j=1}^p \text{Corr}_{\text{inf}} + \text{Corr}_{\text{int}} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

$C_{\text{HCl,ppm}}$	die HCl-Konzentration, in ppm;
$C_{\text{HCl,read}}$	die vom Messgerät angegebene HCl-Konzentration;
Corr_{fit}	Korrektur für die Abweichung von der Linearität;
$\text{Corr}_{0,\text{dr}}, \text{Corr}_{\text{s,dr}}$	Korrekturen von Nullpunktdrift und Spanpunktdrift;
Corr_{rep}	Korrektur für die Wiederholpräzision der Messung;
Corr_{adj}	Korrektur der Justierung;
$\sum_{j=1}^p \text{Corr}_{\text{inf}}$	Korrektur für die Einflussgrößen (Umgebungstemperatur, Luftdruck, Probenahme);
Corr_{int}	Korrektur für die Störkomponenten.

Die Korrekturen sind für jedes Messgerät spezifisch. Sie können manchmal auch null betragen. So können die Einflussgrößen (d. h. Umgebungstemperatur, Umgebungsluftdruck und Störkomponenten) z. B. während der Messdauer zu- oder abnehmen. Da diese im Allgemeinen nicht gemessen werden, ist es am besten, keine Korrektur vorzunehmen.

Unabhängig davon, ob diese Korrekturen gleich null sind oder nicht, müssen die mit diesen Korrekturen verknüpften Unsicherheiten bei der Berechnung der Gesamtunsicherheit berücksichtigt werden. Die mit der HCl-Messung verknüpfte kombinierte Standardunsicherheit ist:

$$u^2(C_{\text{HCl,ppm}}) = \sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{\partial C_{\text{HCl,ppm}}}{\partial X_i} \right) u^2(X_i) \right] \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

$u^2(C_{\text{HCl,ppm}})$	die mit der HCl-Messung verknüpfte kombinierte Standardunsicherheit;
$X_i, i=1 \text{ bis } N$	die Einflussgrößen;
$\frac{\partial C_{\text{HCl,ppm}}}{\partial X_i}$	der Empfindlichkeitskoeffizient von $C_{\text{HCl,ppm}}$ gegenüber X_i ;
$u(X_i)$	die mit X_i verknüpfte Standardunsicherheit;
$\left(\frac{\partial C_{\text{HCl,ppm}}}{\partial X_i} \right) u^2(X_i)$	die auf X_i bezogene partielle Unsicherheit.