

DIN EN ISO 16911-2

Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5.
ICS 13.040.40

**Emissionen aus stationären Quellen –
Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des
Volumenstroms in Abgaskanälen –
Teil 2: Kontinuierliche Messverfahren (ISO 16911-2:2013);
Deutsche Fassung EN ISO 16911-2:2013**

Stationary source emissions –
Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts –
Part 2: Automated measuring systems (ISO 16911-2:2013);
German version EN ISO 16911-2:2013

Émissions de sources fixes –
Détermination manuelle et automatique de la vitesse et du débit-volume d'écoulement
dans les conduits –
Partie 2: Systèmes de mesure automatiques (ISO 16911-2:2013);
Version allemande EN ISO 16911-2:2013

Gesamtumfang 65 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 16911-2:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) in Zusammenarbeit mit dem Unterkomitee SC 1 „Stationary source emissions“ des Technischen Komitees ISO/TC 146 „Air quality“ erarbeitet. An der Erstellung dieser Norm waren deutsche Experten des Fachbereichs IV „Umweltmesstechnik“ der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL – beteiligt.

Hinweise zu den Abschnitten dieser Norm:

Hinweis zu Abschnitt 9.10 der DIN EN ISO 16911-2:

Das hier verwendete σ_0 ist dimensionslos (in %) und wird mit 4 % vorgegeben (siehe 9.10).

σ_0' (dimensionsbehaftet; hier m/s) im Sinne der EN 14181 ergibt sich wie folgt:

$$\sigma_0' = \sigma_0 \cdot \text{„Grenzwert“}$$

Der Grenzwert wird hier als $1,2 \cdot y_{\max}$ angegeben.

Damit ergibt sich für σ_0'

$$\sigma_0' = 4 \% \cdot 1,2 \cdot y_{\max} \text{ (in m/s)}$$

(siehe Anhang A)

Der vergleichbare Prozentwert P, der für die anderen Komponenten in den EU-Richtlinien angegeben ist (z. B. 20 %, 30 % usw.) ergibt sich hier aus:

$$\sigma_0 = 4 \% \times 1,96 = 4 \% \cdot 1,96 = 7,84 \%$$

Hinweis zu Abschnitt 9.9.2 der DIN EN ISO 16911-2:

Die in diesem Abschnitt beschriebene Kalibrier-/Auswertemethode D entspricht der in der EN 14181, 6.4.2 b), beschriebenen Methode.

Deutsche Fassung

Emissionen aus stationären Quellen —
Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit
und des Volumenstroms in Abgaskanälen —
Teil 2: Kontinuierliche Messverfahren
(ISO 16911-2:2013)

Stationary source emissions —
Manual and automatic determination of velocity and
volume flow rate in ducts —
Part 2: Automated measuring systems
(ISO 16911-2:2013)

Émissions de sources fixes —
Détermination manuelle et automatique de la vitesse et
du débit-volume d'écoulement dans les conduits —
Partie 2: Systèmes de mesure automatiques
(ISO 16911-2:2013)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Februar 2013 angenommen.

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

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

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



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	9
4.1 Symbole	9
4.2 Abkürzungen	10
5 Grundlagen.....	11
5.1 Allgemeines.....	11
5.2 Bedeutung der Verringerung systematischer Messabweichungen	11
5.3 Bezug zu EN 14181	12
6 Eignungsprüfung, Qualitätssicherungsstufe-1-Daten	12
6.1 Einleitung.....	12
6.2 Anforderungen an das Messverfahren.....	13
6.3 Volumenstrom-Referenzmaterial oder -Referenzverfahren	13
6.4 Qualitätssicherungsstufe 1 Berechnung	14
6.5 Geschwindigkeits-Kontrollpunkte und Qualitätssicherungsstufe 3	15
7 Auswahl des Einbauorts der automatischen Messeinrichtung (AMS).....	15
7.1 Allgemeines.....	15
7.2 Auswahl auf der Grundlage einer Voruntersuchung	16
7.3 Auswahl auf der Grundlage eines prognostizierbaren Strömungsprofils	16
7.4 Qualifizierung der Kalibrierung der automatischen Messeinrichtung durch ein Qualitätssicherungsstufe-2-(QAL2) Verfahren vom Typ 2	16
7.5 Messöffnungen und Messbühnen.....	17
8 Voruntersuchung des Strömungsprofils	17
8.1 Allgemeines.....	17
8.2 Voruntersuchung durch Messung	18
8.3 Voruntersuchung durch numerische Strömungsmechanik (CFD).....	19
8.4 Anleitung zur Auswahl der automatischen Messeinrichtung	19
8.5 Anforderungen für Qualitätssicherungsstufe 2.....	20
9 Kalibrierung und Validierung der automatischen Messeinrichtung (Qualitätssicherungsstufe 2 und jährliche Funktionsprüfung).....	20
9.1 Auswahl der Kalibriermethode.....	20
9.2 Auswahl der Kalibriermethode, wenn Berechnungsverfahren eingesetzt werden	21
9.3 Kalibrierverfahren	21
9.4 Funktionsprüfungen.....	21
9.5 Vergleichsmessungen mit einem Standardreferenzmessverfahren	21
9.6 Wandeffekte.....	23
9.7 Kalibrierung von Volumenstrommesseinrichtungen mit der Indikatorlaufzeitmethode.....	23
9.8 Datenauswertung.....	23
9.9 Kalibrierfunktion des automatischen Messsystems und dessen Gültigkeit	23
9.10 Berechnung der Variabilität.....	24
9.11 Prüfung der Variabilität und jährlichen Funktionsprüfung der Gültigkeit der Kalibrierfunktion	24
9.12 Prüfung von R^2	24
9.13 Bericht über Qualitätssicherungsstufe 2 (QAL2) und jährliche Funktionsprüfung (AST)	25
10 Dokumentation bei Inbetriebnahme.....	25
11 Fortlaufende Qualitätssicherung während des Betriebs (Qualitätssicherungsstufe 3).....	25
12 Beurteilung der Messunsicherheit bezüglich des Volumenstroms	25

Anhang A (informativ) Beispiel für die Berechnung der Kalibrierfunktion (Daten aus Prüfreihe in Kopenhagen und Wilhelmshaven)	26
Anhang B (informativ) Merkmale von Strömungsprofilen	38
Anhang C (informativ) Bestimmung von Messpunkten und/oder -pfaden	43
Anhang D (normativ) Behandlung einer polynomischen Kalibrierfunktion	47
Anhang E (normativ) $k_V(N)$- und $t_{0,95(N-1)}$-Werte	48
Anhang F (informativ) Beispiel für eine Voruntersuchungs-Messung	49
Anhang G (informativ) Numerische Volumenstrommechanik	56
Anhang H (informativ) Anwendung der Messgeräte für die Laufzeittechnik auf der Grundlage von moduliertem Laserlicht	61
Anhang I (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Internationalen Norm und den grundlegenden Anforderungen von EU-Richtlinien	62
Literaturhinweise	63

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 16911-2:2013) wurde vom Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 146 „Air quality“ erarbeitet.

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

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

EN ISO 16911 besteht unter dem allgemeinen Titel *Emissionen aus stationären Quellen — Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des Volumenstroms in Abgaskanälen* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: *Manuelles Referenzverfahren;*
- Teil 2: *Kontinuierliche Messverfahren.*

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

Einleitung

EN ISO 16911-2 beschreibt die Qualitätssicherungsverfahren für automatische Messeinrichtungen (AMS, en: Automated Measuring Systems) zur Bestimmung des Volumenstroms von Abgas, um die durch Vorschriften, z. B. die Entscheidung der Kommission vom 18. Juli 2007 [4], festgelegten Anforderungen an die Messunsicherheit von Messwerten zu erfüllen.

Die Kalibrierung und Validierung von automatischen Volumenstrom-Messeinrichtungen erfolgt durch Vergleichsmessungen mit manuellen Referenzverfahren, die in EN ISO 16911-1 beschrieben sind.

Der Zweck der EN ISO 16911-2 besteht darin, den Einsatz der Volumenstromüberwachung in Übereinstimmung mit den EU-Richtlinien 2000/76/EG [1], 2001/80/EG [2] und 2010/75/EU [5] mit einer verringerten Messunsicherheit sicherzustellen.

EN ISO 16911-2 dient ferner dazu, eine Volumenstromüberwachung sicherzustellen, deren Gesamtmessunsicherheit kleiner oder gleich derjenigen ist, die in der Entscheidung der Kommission vom 18. Juli 2007 [4] festgelegt wurde, sowie Richtlinien für die Überwachung und Berichterstattung von Treibhausgas-Emissionen entsprechend der Richtlinie 2003/87/EG [3] festzulegen.

1 Anwendungsbereich

EN ISO 16911-2 legt spezifische Anforderungen an automatische Messeinrichtungen (AMS) zur Volumenstromüberwachung fest. Sie wurde teilweise aus der EN 14181 abgeleitet, die das allgemeine Dokument zur Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen darstellt und zusammen mit diesem Dokument anwendbar ist.

EN ISO 16911-2 legt Bedingungen und Kriterien für die Auswahl, Montage, Inbetriebnahme und Kalibrierung von AMS fest, die zum Bestimmen des Volumenstroms aus einer Quelle in kanalgeführten Gasströmen dient. EN ISO 16911-2 gilt durch Inbezugnahme mit den in EN ISO 16911-1 beschriebenen manuellen Referenzverfahren.

Die EN ISO 16911-2 wurde hauptsächlich für die Emissionsüberwachung von Abfallverbrennungsanlagen und Großfeuerungsanlagen entwickelt. Aus technischer Sicht kann sie auf andere Prozesse angewendet werden, bei denen eine Messung des Volumenstroms mit definierter und minimierter Messunsicherheit erforderlich ist.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 14956, *Air quality — Evaluation of the suitability of a measurement procedure by comparison with a required measurement uncertainty*

EN ISO 16911-1:2013, *Emissionen aus stationären Quellen — Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des Volumenstroms in Abgaskanälen — Teil 1: Manuelles Referenzverfahren*

EN 14181:2004, *Emissionen aus stationären Quellen — Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen*

EN 15267-3:2007, *Luftbeschaffenheit — Zertifizierung von automatischen Messeinrichtungen — Teil 3: Mindestanforderungen und Prüfprozeduren für automatische Messeinrichtungen zur Überwachung von Emissionen aus stationären Quellen*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Begriffe nach EN 14181:2004 und die folgenden Begriffe.

3.1
automatische Messeinrichtung
AMS
Messeinrichtung, die ständig an der Anlage zwecks kontinuierlicher Überwachung des Volumenstroms installiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine automatische Messeinrichtung ist eine kontinuierlich registrierende Messeinrichtung, die auf ein Referenzverfahren rückführbar ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine automatische Messeinrichtung stellt ein vollständiges System zum Messen des Volumenstroms dar und umfasst die Einrichtungen, die zur Durchführung regelmäßiger Funktionsprüfungen erforderlich sind.

3.2
Querempfindlichkeit

Reaktion der AMS auf Einflussgrößen, die nicht der Volumenstrom sind, verursacht z. B. durch das Vorhandensein von Feinstaub, Änderungen in der Gaszusammensetzung oder der Abgastemperatur

3.3

Linearität

Lack-of-fit

systematische Abweichung innerhalb des Anwendungsbereiches der Messeinrichtung zwischen dem anerkannten Wert eines Volumenstrom-Referenzmaterials, das der Messeinrichtung aufgegeben wird, und dem entsprechenden Messergebnis, das von der AMS erzeugt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: EN 15267-3:2007, Anhang B, wird die Linearitäts-Prüfung beschrieben.

3.4

Nachweisgrenze

minimaler Wert der Messgröße, für den sich die Messeinrichtung mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit nicht im Grundzustand befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Grundzustand ist üblicherweise die Nullpunktanzeige oder das vom Messgerät gemessene Minimum.

3.5

Wartungsintervall

maximale Zeitspanne, in der die Werte der Leistungskenngrößen innerhalb eines vorgegebenen Bereiches bleiben, ohne dass es einer externen Wartung bedarf, z. B. Nachfüllung, Kalibrierung, Justierung

3.6

Vergleichspräzision unter Feldbedingungen

Maß der gegenseitigen Annäherung zwischen zwei Messungen in Feldprüfungen bei einem Vertrauensniveau von 95 %, angegeben als die Standardabweichung der Differenz von Vergleichsmessungen:

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - x_{2i})^2}{2n}} \quad (1)$$

Dabei ist

- x_{1i} das i -te Messergebnis von AMS 1;
- x_{2i} das i -te Messergebnis von AMS 2;
- n die Anzahl der Vergleichsmessungen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die absolute Vergleichspräzision im Feld, $R_{f,abs}$, wird berechnet nach:

$$R_{f,abs} = t_{n-1; 0,05} \times S_D \quad (2)$$

Dabei ist

- $t_{n-1, 0,05}$ der zweiseitige Student-t-Faktor bei einem Vertrauensniveau von 0,05, mit $n - 1$ Freiheitsgraden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Definition der Vergleichspräzision ist EN 15267-3:2007 entnommen.

3.7

Standardreferenzmessverfahren (SRM)

Verfahren, das zur Bestimmung eines Luftbeschaffenheitsmerkmals beschrieben und standardisiert wurde, und das kurzzeitig an der Anlage zu Überprüfungszwecken eingesetzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung der EN ISO 16911-2 ist das manuelle Referenzverfahren in EN ISO 16911-1 beschrieben.

3.8

Volumenstrom-Referenzmaterial

Ersatzparameter für den Volumenstrom zur Prüfung der AMS-Funktion

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Ersatzparameter für den Volumenstrom ist üblicherweise der direkt vom Gerät gemessene Parameter, z. B. Druck, Laufzeit, Temperatur, Wärmeabgabe oder Frequenz.

3.9

unterer Referenzpunkt

Ausgabe des Messgeräts als Antwort auf eine intern generierte Funktion, die ein definiertes Maß des gemessenen Volumenstroms bei oder in der Nähe des geringsten Volumenstroms repräsentieren soll, welche die Messeinrichtung mit einer gegebenen Messunsicherheit erfassen kann

3.10

oberer Referenzpunkt

die Ausgabe des Messgeräts als Antwort auf eine intern generierte Funktion, die ein definiertes Maß der gemessenen Volumenstroms bei oder in der Nähe des größten Volumenstroms repräsentieren soll, welche die Messeinrichtung in einer gegebenen Installation erfassen kann

3.11

Strömungsprofil

repräsentiert durch zwei Diagramme, in denen die Abgasgeschwindigkeit in axialer Richtung entlang einer Linie durch den Abgaskanal dargestellt ist, die durch den Schwerpunkt des Abgaskanals verläuft, sowie einer Linie rechtwinklig zur ersten Linie

ANMERKUNG Die Abgasgeschwindigkeit wird in m/s angegeben.

3.12

Crestfaktor

Spitzenwert-Mittelwert-Verhältnis

Maß eines Strömungsprofils, berechnet aus dem gemessenen Spitzenwert eines jeden Profils, dividiert durch den Mittelwert eines jeden Profils im primären und sekundären Messpfad

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Messung nach EN ISO 16911-1 und EN 15259 durchgeführt wird, repräsentiert jede Messung denselben Strömungsquerschnitt im Abgaskanal, und der Teiler des Crestfaktors kann aus einem einfachen Mittelwert der einzelnen Messungen berechnet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Crestfaktor ist für beide Strömungsprofile zu berechnen, den primären und sekundären Messpfad, die im rechten Winkel zueinander liegen.

3.13

Schiefe

Maß der Asymmetrie und definiert als die gesamte Strömung auf der linken Seite von der Mitte des Abgaskanals dividiert durch die gesamte Strömung auf der rechten Seite von der Mitte des Abgaskanals oder die Umkehrfunktion davon, je nach dem welcher Wert größer als 1,00 ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Messung nach EN ISO 16911-1 und EN 15259 durchgeführt wird, repräsentiert jede Messung denselben Strömungsquerschnitt im Abgaskanal, und die Schiefe kann aus einem einfachen Mittelwert der einzelnen Messungen berechnet werden, wobei eine mögliche Messung in der Mitte des Abgaskanals nicht berücksichtigt wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Schiefe ist für beide Strömungsprofile zu berechnen, rechtwinklig zueinander.

3.14

Drall

auch als zyklonische Strömung bezeichnet, ist die tangentielle Komponente des Gasgeschwindigkeitsvektors

3.15

Zertifizierungsbereich

Bereich, über den das Volumenstrommessgerät geprüft wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Zertifizierungsbereich beginnt üblicherweise bei Null, wenn das Messgerät Null misst, oder beim unteren Referenzpunkt, wenn das Messgerät Null nicht misst.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Volumenstrommessgerät wurde gemäß EN 15267-3 und EN ISO 16911-2 getestet.

3.16

primärer Messpfad

P

eine Linie durch das Zentrum des Abgaskanals und wo die höchste Abgasgeschwindigkeit zu erwarten ist

3.17

sekundärer Messpfad

S

eine Linie durch das Zentrum des Abgaskanals, rechtwinklig zum primären Messpfad

3.18

Reynolds-Zahl

Re

$$Re = \rho \cdot v_m \cdot \frac{d}{\eta_{\text{dyn}}} \quad (3)$$

Dabei ist

ρ	Gasdichte, in kg/m ³ ;
v_m	Gasgeschwindigkeit, in m/s;
d	Durchmesser des Abgaskanals, in m,
η_{dyn}	dynamische Viskosität, in Pa s.

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

a	Achsenabschnitt der Kalibrierfunktion
b	Steigung der Kalibrierfunktion
D_i	Differenz zwischen den gemessenen SRM-Werten y_i und den Werten $\hat{y}_i$ der kalibrierten AMS
D_{AVG}	Mittelwert von D_i
D	Anpassungsbetrag, um den die AMS bei Feststellung einer Drift korrigiert werden muss
d	Kanaldurchmesser
$k_v, k_v(N)$	Prüfwert für die Variabilität (basierend auf einem χ^2 -Test, mit einem β -Wert von 50 % und einer Anzahl N von Messwertepaaren)
n	Anzahl der Vergleichsmessungen
q_V	Volumenstrom
R^2	Bestimmtheitsmaß aus einer linearen Regression
Re	Reynolds-Zahl
$R_{f.\text{abs}}$	absolute Reproduzierbarkeit
s_D	Standardabweichung der Differenzen D_i der Vergleichsmessungen

$t_{0,95(N-1)}$	zweiseitiger Student-t-Faktor bei einem Vertrauensniveau von 95 % mit $N-1$ Freiheitsgraden
$t_{0,05(N-1)}$	zweiseitiger Student-t-Faktor bei einem Vertrauensniveau von 5 % mit $N-1$ Freiheitsgraden
v_{AVG}	der über einen Durchmesser gewichtete Mittelwert der Geschwindigkeit
$v_{L,AVG}$	gewichteter Mittelwert der Geschwindigkeit links von der Mittellinie
$v_{L, 12 \%}$	Strömungsgeschwindigkeit, gemessen am 12 %-Punkt von der Kanalwand links von der Mittellinie $L_{12 \%}$
v_{PEAK}	höchste Geschwindigkeit über den Messpfad
v_m	Gasgeschwindigkeit, in m/s
$v_{R,AVG}$	gewichteter Mittelwert der Geschwindigkeit rechts von der Mittellinie
$v_{R, 12 \%}$	Strömungsgeschwindigkeit gemessen am 12 %-Punkt von der Kanalwand rechts von der Mittellinie $R_{12 \%}$
x	unter AMS-Messbedingungen ermitteltes Messsignal der AMS
x_i	unter AMS-Messbedingungen ermitteltes i -tes Messsignal der AMS
x_{AVG}	Mittelwert der Messsignale x_i der AMS
x_{1i}	das i -te Messergebnis von AMS 1
x_{2i}	das i -te Messergebnis von AMS 2
y	mit dem SRM ermitteltes Ergebnis
y_{AVG}	Mittelwert der SRM-Werte y_i
y_{cal}	bester Schätzwert des „wahren Wertes“, der mit Hilfe der Kalibrierfunktion aus dem Messsignal x der AMS berechnet wird
η_{dyn}	dynamische Viskosität, in Pa s
ρ	Gasdichte, in kg/m ³
σ_0	aus Anforderungen der Gesetzgebung abgeleitete Messunsicherheit

4.2 Abkürzungen

AMS	automatische Messeinrichtung
AST	jährliche Funktionsprüfung nach EN 14181:2004
CFD	Numerische Strömungsmechanik (en: Computational Fluid Dynamics)
ELV	Emissionsgrenzwert
SRM	Standardreferenzmessverfahren
QA	Qualitätssicherung
QAL1	Qualitätssicherungsstufe 1 nach EN 14181
QAL2	Qualitätssicherungsstufe 2 nach EN 14181
QAL3	Qualitätssicherungsstufe 3 nach EN 14181

5 Grundlagen

5.1 Allgemeines

Um die Messunsicherheit zu erreichen, die von den relevanten EU-Richtlinien [1] bis [3], [5] und der Entscheidung der EU-Kommission [4] gefordert wird, liegt der Schwerpunkt der EN ISO 16911-2 auf Betrachtungen der systematischen Messunsicherheit.

Die EN ISO 16911-2 beinhaltet drei unterschiedliche Vorgehensweisen, um eine hohe Messgenauigkeit zu erzielen:

- Sicherstellung einer ordnungsgemäßen Installation mit Hilfe einer Voruntersuchung, siehe 7.2;
- Sicherstellung eines vollständig ausgebildeten Strömungsprofils, siehe 7.3;
- Sicherstellung der korrekten Messung durch vollständige Umsetzung von Qualitätssicherungsstufe 2 (QAL2), siehe 7.4.

Zu bemerken ist, dass bei Durchführung einer Voruntersuchung, die daran anschließende QAL2 und die jährliche Funktionsprüfung (AST) mit reduziertem Umfang durchgeführt werden darf, siehe 9.1.

EN ISO 16911-2 führt außerdem einige zusätzliche Anforderungen an die Eignungsprüfung nach EN 15267-3 ein, siehe Abschnitt 6.

5.2 Bedeutung der Verringerung systematischer Messabweichungen

Die Messunsicherheiten, die in der Entscheidung der Kommission vom 18. Juli 2007 [4] in 2.1.3 gefordert werden, hängen von der „Ebene“ der Anlage ab und dürfen höchstens

- 10 % für Ebene 1,
- 7,5 % für Ebene 2,
- 5 % für Ebene 3,
- 2,5 % für Ebene 4

betragen.

Die aufgeführten Messunsicherheiten umfassen sowohl die Messunsicherheit für die Überwachung der Konzentration als auch für die Überwachung des Volumenstroms und stellen die Unsicherheiten der jährlichen Massenemission dar.

Die Unsicherheit für jegliche Messung setzt sich aus den Messunsicherheiten zusammen, die aus zufälligen Abweichungen und systematischen Abweichungen stammen.

Da die Komponente der zufälligen Messabweichung durch wiederholte Messungen verringert werden kann und der Faktor, um den sie verringert wird nach dem allgemeinen Unsicherheitsfortpflanzungsgesetz die Quadratwurzel der Anzahl der Messungen ist, ist die Komponente der zufälligen Messabweichung des jährlichen Mittelwerts vernachlässigbar. Zum Beispiel setzt sich der Jahresdurchschnitt (idealerweise) aus bis zu 17 520 halbstündigen Mittelwerten zusammen. In diesem Fall wird die Messunsicherheit, die aus der Komponente der zufälligen Messabweichung resultiert und von dem einzelnen halbstündigen Mittelwert übertragen wird, um einen Faktor von etwa 132 verringert.

Die systematische Messabweichung wird jedoch durch wiederholte Messungen nicht reduziert.

Bei der Volumenstromüberwachung stammen die systematischen Messabweichungen aus einer Reihe von Quellen, z. B. Veränderungen der Strömungsprofile unter den Anlagenbetriebsbedingungen, die durch die Kalibrierfunktion nicht abgedeckt sind, oder Änderungen im Überwachungssystem, die durch Verunreinigung, Blockierung von Öffnungen, Drift in der Elektronik und allgemeine Abnutzung verursacht sind.

EN ISO 16911-2 zielt daher auf eine Verringerung der systematischen Messabweichung jeder einzelnen Messung ab.

Um zu beurteilen, ob sich das Strömungsprofil unter verschiedenen Anlagenbetriebsbedingungen verändert, ist eine Voruntersuchung besonders zu empfehlen. Diese Prüfung dient zur Auswahl und Konfiguration der automatischen Messeinrichtung (AMS).

5.3 Bezug zu EN 14181

EN ISO 16911-2 gilt in Verbindung mit dem allgemeinen Dokument zur Qualitätssicherung (QA) von automatischen Messeinrichtungen, beschrieben in EN 14181, und gibt spezielle Hinweise für Volumenstrommessungen.

EN ISO 16911-2 folgt nach Möglichkeit dem Aufbau von EN 14181, unter dem Vorbehalt, dass der Emissionsgrenzwert (ELV) und die Unsicherheitsgrenze, die bei der Volumenstromüberwachung als ein Vertrauensbereich von 95 % festgelegt ist, in keiner EU-Richtlinie angegeben sind. Da diese Daten durch das in EN 14181 vorgeschriebene Verfahren erforderlich sind, werden in EN ISO 16911-2 Vorschläge für Ersatzwerte unterbreitet.

Wenn eine Voruntersuchung durchgeführt wurde, wird die Anzahl der für eine Kalibrierung erforderlichen Doppelbestimmungs-Messpunkte verringert.

Es wurde ein alternatives Kalibrierverfahren ergänzt (Verfahren D), bei dem die lineare Regression verwendet und der Verlauf der Regressionsgerade durch den Nullpunkt erzwungen wird.

6 Eignungsprüfung, Qualitätssicherungsstufe-1-Daten

6.1 Einleitung

6.1.1 Allgemeines

Nach EN 14181 und EN 15267 [6] muss die Einrichtung zur Volumenstromüberwachung sämtliche Komponenten beinhalten, die notwendig sind, damit das Volumenstrommessgerät innerhalb einer festgelegten Messunsicherheit funktioniert. Zu diesen Komponenten zählen unter anderem die erforderlichen Spülluftsysteme und Hilfseinrichtungen zur Steuerung des kontinuierlichen Betriebs innerhalb der vorgeschriebenen Messunsicherheit.

Abhängig von der Eignung sind entweder 6.1.2 oder 6.1.3 anzuwenden.

6.1.2 Anforderungen innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums

Die entsprechenden Leistungskenngrößen der AMS müssen vom Hersteller und/oder seinem europäischen Bevollmächtigten durch geeignete Prüfungen nach den entsprechenden Europäischen Normen dokumentiert sein.

6.1.3 Anforderungen außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums

Die entsprechenden Leistungskenngrößen der AMS müssen vom Hersteller durch geeignete Prüfungen nach den entsprechenden Normen dokumentiert sein.

6.1.4 Schlussfolgerung

Diese Prüfungen werden üblicherweise im Rahmen von Zertifizierungs- oder Eignungsprüfungen nach EN 15267 [6] durchgeführt, und die zur Anlage gelieferte AMS muss dieselben Eigenschaften aufweisen, wie die geprüften Messeinrichtungen. Die Prüfungen umfassen eine separate Laborprüfung und eine dreimonatige Feldprüfung in einer typischen Anwendung.

Der Prüfbericht muss die nach EN 14181:2004 und ISO 14956 berechnete Gesamtunsicherheit der AMS enthalten.

6.2 Anforderungen an das Messverfahren

Die Anforderungen an die Prüfergebnisse sind aus EN 15267-3 abgeleitet und in den Tabellen 1 und 2 angegeben.

EN 15267-3 fordert vom Hersteller die Qualitätssicherungsstufe-3-(QAL3) Verfahrensweise zu beschreiben und vom Prüflabor zu beurteilen.

EN ISO 16911-2 fordert zudem, vom Hersteller zu beschreiben und vom Prüflabor zu beurteilen, inwieweit die AMS als Teil der Funktionsprüfung auf Linearität geprüft werden kann. Wenn von einem Prüflaboratorium eine andere Prüfung als die Linearitätsprüfung beurteilt und zertifiziert wird, genügt diese Prüfung anstelle der Linearitätsprüfung als Teil der Funktionsprüfung.

Der Hersteller muss jegliche Einflussparameter deklarieren und quantifizieren, die die Messunsicherheit des Messgerätes beeinflussen können, z. B. Gastemperatur, Änderung der spezifischen Masse und/oder der spezifischen Wärmekapazität, der Gaszusammensetzung, des Gasdrucks sowie jegliche Ausgleichsverfahren.

Es sind Querempfindlichkeits- und Störeinflussprüfungen durchzuführen und die Empfindlichkeitskoeffizienten sind nach EN 15267-3 zu berechnen und anzugeben.

Unter Verwendung von Prüfergebnissen des Eignungsprüfungszertifikats nach EN 15267-3 und ISO 14956 ist die für die Volumenstrom-AMS ermittelte gesamte, aus systematischen und zufälligen Anteil der Messunsicherheit resultierende Messunsicherheit der Ergebnisse zu berechnen und anzugeben.

6.3 Volumenstrom-Referenzmaterial oder -Referenzverfahren

Die meisten Volumenstrom-Messeinrichtungen messen einen Parameter, bei dem es sich nicht direkt um die Strömung handelt; sie messen z. B. den Differenzdruck, den Wärmeverlust oder die Ultraschall-Laufzeit, wobei zum Prüfen dieser Parameter ein Volumenstrom-Referenzmaterial oder -Referenzverfahren verwendet wird.

Der Teil der Messeinrichtung, der nicht durch ein Referenzmaterial oder -verfahren geprüft wird, muss mit Hilfe eines Verfahrens geprüft werden, das vom Hersteller zu beschreiben und während der Eignungsprüfung zu beurteilen und zu dokumentieren ist.

Das Prüflabor muss beurteilen, ob das zur Prüfung der AMS-Funktionalität vorgesehene Volumenstrom-Referenzverfahren alle oder möglichst viele Funktionen der automatischen Messeinrichtung mit einem reproduzierbaren Referenzwert und einer festgelegten Messunsicherheit abdeckt, siehe Tabellen 1 und 2.

Tabelle 1 — Verfahrenskenngrößen von automatischen Messeinrichtungen in Laborprüfungen

Verfahrenskenngröße	Kriterium
Einstellzeit	$\leq 60 \text{ s}$
Wiederholstandardabweichung am unteren Referenzpunkt	$\leq 2,0 \% ^a$
Wiederholstandardabweichung am oberen Referenzpunkt	$\leq 2,0 \% ^a$
Lack-of-fit	$\leq 3,0 \% ^a$
Einfluss der Umgebungstemperatur am unteren Referenzpunkt bei Änderung der Temperatur vom Sollwert $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ in einem festgelegten Bereich	$\leq 5,0 \% ^a$
Einfluss der Umgebungstemperatur am oberen Referenzpunkt bei Änderung der Temperatur vom Sollwert $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ in einem festgelegten Bereich	$\leq 5,0 \% ^a$
Einfluss der Netzspannung bei $+15 \%$ und bei -10% vom Sollwert der Versorgungsspannung	$\leq 2,0 \% ^a$
Einfluss von Schwingungen	$\leq 2,0 \% ^a$
Beurteilung des QAL3-Kontrollvermögens	nachgewiesen ^b
Beurteilung des Linearitäts-Kontrollvermögens	nachgewiesen ^b
^a Prozentwert, bezogen auf die obere Grenze des Zertifizierungsbereiches.	
^b Das Prüfinstitut muss die Möglichkeiten der Prüfprozeduren, wie in 6.2 beschrieben, bewerten.	

Tabelle 2 — Verfahrenskenngrößen von automatischen Messeinrichtungen in Feldprüfungen

Verfahrenskenngröße	Kriterium
Korrelationskoeffizient der Kalibrierfunktion, R^2	$\geq 0,90$
Einstellzeit	$\leq 60 \text{ s}$
Wartungsintervall	$\geq 8 \text{ Tage}$
Drift des unteren Referenzpunktes innerhalb des Wartungsintervalls	$\leq 2 \% ^a$
Drift des oberen Referenzpunktes innerhalb des Wartungsintervalls	$\leq 4 \% ^a$
Verfügbarkeit	$\geq 95 \%$
Vergleichpräzision, R_f	$\leq 3,3 \%$
^a Prozentwert bezogen auf die obere Grenze des Zertifizierungsbereiches.	

6.4 Qualitätssicherungsstufe 1 Berechnung

6.4.1 Allgemeines

Abhängig von der Eignung sind entweder 6.4.2 oder 6.4.3 anzuwenden.

6.4.2 Anforderungen innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums

Die AMS ist nach EN 15267-3 und den zusätzlichen Anforderungen nach EN ISO 16911-2 zuzulassen und zu zertifizieren.

6.4.3 Anforderungen außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums

Die AMS muss den Anforderungen nach der EN 15267-3 und nach den zusätzlichen Anforderungen in der EN ISO 16911-2 genügen.

6.4.4 Schlussfolgerung

Die Gerätekonfiguration ist durch das Prüflabor während der Eignungsprüfung zu überprüfen und die Überprüfung muss die geometrische Konfiguration umfassen, einschließlich der Messung der Querschnittsfläche des Abgaskanals und jeglicher Bezugsgrößen mit einem Einfluss auf das Ergebnis der Volumenstromüberwachung, z. B. Änderungen im Strömungsprofil, Änderungen der Temperatur, Änderungen des Drucks, Änderungen in der Gaszusammensetzung und Verunreinigung.

Die oben genannten Einflüsse sind in einer kombinierten erweiterten Messunsicherheit entsprechend ISO 14956 zu berechnen.

Das Prüflabor muss den Einfluss der Änderung des Strömungsprofils auf den Messwert bewerten.

ANMERKUNG Dies ermöglicht dem Betreiber, nach Abschluss der Voruntersuchungen den Einfluss des Strömungsprofils abzuschätzen.

6.5 Geschwindigkeits-Kontrollpunkte und Qualitätssicherungsstufe 3

EN 15267-3 fordert vom Hersteller eine Beschreibung der von der AMS angewandten Methodik, zur Bestimmung, ob diese nach der Hersteller-Spezifikation arbeitet. Das geschieht mittels AMS-Kontrollen (automatische oder manuelle interne Nullpunkt-Kontrolle oder unterer Referenzpunkt und oberer Referenzpunkt) in Kombination mit einem zusätzlichen Verfahren, falls die Messgeräte-Kontrollen nicht die gesamte Messkette abdecken.

Das Prüflabor muss beurteilen, ob der Mechanismus zur Bestimmung der internen Referenzpunkte, d. h. des Nullpunktes oder der unteren und oberen Geschwindigkeits-Referenzpunkte, so umfassend ist, wie es für die angewandte Messtechnik zweckmäßig erscheint. Die interne Kontrolle in Kombination mit einem zusätzlichen Verfahren muss in der Lage sein, Funktionsstörungen des Messgerätes einschließlich der durch Verunreinigung und internes Driften verursachten Probleme herauszufinden.

Der Hersteller muss in der Betriebsanleitung detaillierte Angaben zum Inspektionsverfahren machen, welche beschreiben, wie die korrekte Funktionsweise der Komponenten der Messung sicherzustellen ist, die nicht durch Kontrollen der internen Referenzpunkte geprüft wurden.

Die QAL3-Prüfung muss aus Kontrollen der Referenzpunkte und gegebenenfalls den Ergebnissen des Inspektionsverfahrens bestehen.

7 Auswahl des Einbauorts der automatischen Messeinrichtung (AMS)

7.1 Allgemeines

Die axiale Position der AMS am Abgaskanal (üblicherweise vertikal) sowie deren Position am Umfang des Abgaskanals können einen signifikanten Einfluss auf die Leistung der automatischen Messeinrichtung haben.

Es wird dringend empfohlen, eine Voruntersuchung wie in Abschnitt 8 beschrieben durchzuführen, um die Strömung zu charakterisieren, sodass die AMS an einem solchen Ort angebracht werden kann, an dem Änderungen im Strömungsprofil die Leistung der AMS nicht nachteilig beeinflussen.

ANMERKUNG 1 Zur Kosteneinsparung können die Voruntersuchungen zusammen mit der Homogenitätsprüfung nach EN 15259 durchgeführt werden.

Die Voruntersuchung ermöglicht dem Betreiber außerdem, zu bestimmen, ob eine Punkt-, Lanzen- oder durchstrahlende Messung die Anforderungen an die Messunsicherheit in der EN ISO 16911-2 erfüllt, siehe Tabelle 2.

ANMERKUNG 2 Die EU-Richtlinie 2010/75/EU [5] besagt in Artikel 38, Abschnitt 3 und in Artikel 48, Abschnitt 3: „Die zuständige Behörde legt die Probenahme- oder Messstellen für die Überwachung von Emissionen fest“.

Dieser Abschnitt soll als eine Anleitung für den Betreiber dienen, um ihn in die Lage zu versetzen, eine Entscheidung nach den Regeln der Technik zu treffen.

Wenn mehr als eine AMS eingesetzt wird, müssen diese so installiert werden, dass sie sich gegenseitig nicht beeinflussen.

7.2 Auswahl auf der Grundlage einer Voruntersuchung

Eine Voruntersuchung ist nach Abschnitt 8 durchzuführen.

Der Einbauort muss so gewählt sein, dass eine repräsentative Messung erfolgt und außerdem der Einfluss von Änderungen im Strömungsprofil auf die Unsicherheit der Volumenstrommessung minimiert wird.

Der vorgeschlagene Einbauort und der/die Messpfad(e) sind auf der Grundlage der ermittelten Änderung im Strömungsprofil zu bestimmen, quantifiziert unter Verwendung des Crestfaktors und der Schiefe des Strömungsprofils, wie in Anhang F beschrieben.

Der Installateur muss der AMS-Einbauort ferner in Übereinstimmung mit den Anweisungen des Herstellers oder nach Beratung mit dem Bevollmächtigten des Herstellers auswählen. Dem Betreiber wird empfohlen, Verbindung mit der zuständigen Behörde aufzunehmen, um sicherzustellen, dass dieser Einbauort deren Genehmigung erhält.

7.3 Auswahl auf der Grundlage eines prognostizierbaren Strömungsprofils

Über die Position einer AMS darf ohne eine Voruntersuchung entschieden werden, wenn sie an einem Ort positioniert werden kann, an dem das Strömungsprofil vollständig ausgebildet ist und sich nicht verändern kann, und wenn die zuständige Behörde dies genehmigt.

Das wird üblicherweise erreicht, wenn alle folgenden Kriterien erfüllt sind:

- der Messpunkt liegt mindestens um den 25fachen hydraulischen Durchmesser hinter jeglicher Störung der Strömung und mindestens um den fünffachen hydraulischen Durchmesser vor jeglicher Störung;
- die Strömung weist eine Reynolds-Zahl von mehr als 10 000 auf;
- der Abgaskanal verfügt über keine beweglichen Einbauten oder Leitbleche;
- der Abgaskanal verfügt nicht über mehrere Zuleitungen;
- der Abgaskanal verfügt nicht über exzentrische Zuleitungen.

Wenn die obigen Bedingungen alle erfüllt sind, sollten alle Verfahren geeignet sein, einschließlich Punktmessungen.

ANMERKUNG Falls das Strömungsprofil eine vollständig ausgebildete turbulente Strömung und der Abgaskanal rund ist, dann ist zu erwarten, dass die mittlere Strömung identisch mit der Strömung an einem Punkt ist, der 12 % des Durchmessers von der Wand entfernt ist.

In diesem Fall darf das QAL2-Verfahren nach Abschnitt 9 mit einer verringerten Anzahl von Datenpunkten durchgeführt werden.

Falls die Installation das QAL2-Verfahren nicht besteht, wie in Abschnitt 9 dieser Norm festgelegt, obwohl die obigen Bedingungen erfüllt sind, muss das in 7.4 beschriebene Verfahren angewendet werden oder es muss eine Voruntersuchung entsprechend der Beschreibung in Abschnitt 8 dieser Norm erfolgen.

7.4 Qualifizierung der Kalibrierung der automatischen Messeinrichtung durch ein Qualitätssicherungsstufe-2-(QAL2) Verfahren vom Typ 2

Ein Betreiber darf die Entscheidung treffen, keine Voruntersuchung durchzuführen, wenn z. B. bereits eine Messeinrichtung installiert ist, bei der ein Typ-2-Verfahren durchgeführt und bestanden wurde.

Die Installation kann nach EN ISO 16911-2 zugelassen werden, ohne dass eine Voruntersuchung durchgeführt wurde, wenn die QAL2-Kalibrierung mit Messwerten erfolgt, die sich vom höchsten Volumenstrom, bei dem die Anlage der Auslegung entsprechend kontinuierlich betrieben werden kann, bis hinunter zum niedrigsten Volumenstrom erstrecken, bei dem die Anlage der Auslegung entsprechend dauerhaft betrieben werden kann. Das bedeutet, dass mindestens ein Volumenstrom, der an nicht weniger als 10 % der normalen Betriebszeit der Anlage bzw. beim niedrigsten stabilen Lastzustand auftritt, eingestellt wird. Die Kalibrierung muss den nachstehend in Abschnitt 9 beschriebenen Kriterien entsprechen.

ANMERKUNG Dieser Unterabschnitt enthebt den Betreiber nicht der Pflicht, die Prüfungen des Abgaskanals nach EN 15259 durchzuführen.

7.5 Messöffnungen und Messbühnen

Die Messöffnungen und Messbühnen für die Vergleichsmessungen müssen so angeordnet sein, dass sichergestellt ist, dass keine messbare Störung zwischen dem SRM und der AMS auftritt.

Die Messbühne(n) muss/müssen einen leichten und sicheren Zugang zur AMS bieten, um Inspektionen und die Umsetzung der Qualitätssicherungsverfahren (QAL2, AST und QAL3) zu gestatten.

Die Messbühne des SRM muss den Anforderungen von EN 15259 in Bezug auf das manuelle Verfahren genügen.

8 Voruntersuchung des Strömungsprofils

8.1 Allgemeines

Ein Hauptanliegen im Hinblick auf die Kalibrierung des Volumenstrommessgerätes ist die Stabilität der Strömungsprofile bei einer Änderung der Anlagenbetriebsbedingungen. Wenn sich bei Änderungen der Lastbedingungen der Anlage, bei der Betätigung von Strömungsreglern oder bei der Inbetriebnahme verschiedener Abgaskanaleinlässe das Strömungsprofil ändert, muss das bei der Entscheidung über die Bauart der zu installierenden Volumenstrom-AMS und bei der Durchführung der Kalibrierung berücksichtigt werden.

Um systematische Messunsicherheit zu verringern, die mit einer nicht-repräsentativen Messung verbunden ist, wird empfohlen, dass der Anlagenbetreiber bei Änderung der Betriebsbedingungen mögliche Änderung im Querschnitt des Strömungsprofils am Einbauort der AMS berücksichtigt. Daher muss entweder eine Berechnung mittels numerischer Strömungsmechanik oder eine Voruntersuchung der Änderung im Strömungsprofil unter verschiedenen Strömungsbedingungen am Einbauort der AMS durchgeführt werden. Damit soll dem Anlagenbetreiber ermöglicht werden, eine sachgerechte technische Entscheidung zu treffen, ob eine AMS-Punktmessung, eine AMS als Ausführung mit begrenzter Messpfadlänge, eine AMS als Einzel- oder als Doppelpfad-Linienmessung ausreichend ist, an der vorgesehen Einbaustelle die systematische Messunsicherheit unter den anzunehmenden Bedingungen der Anlage, d. h. bei unterschiedlichen Anlagenbetriebsbedingungen und Volumenstrompegeln, ausreichend zu minimieren.

ANMERKUNG 1 Die Hauptursache systematischer Messunsicherheit sind Änderungen im Strömungsprofil. Wesentliche Ursachen dafür sind Änderungen der Störungsquellen oder große Änderungen des Volumenstroms im Abgaskanal. Bei hohen Gasgeschwindigkeiten ist ein vollständig ausgebildetes Strömungsprofil zu erwarten, das sich auch bei höheren Gasgeschwindigkeiten nicht verändert, siehe Anhang B für Einzelheiten zur Charakterisierung des Strömungsprofils. Bei geringeren Gasgeschwindigkeiten kann das Strömungsprofil Asymmetrie entwickeln und/oder einen höheren Crestfaktor aufweisen. Demzufolge ändert sich das Verhältnis zwischen einer Punkt- oder Linienmessung und der Volumenstrom, was einer Änderung der Kalibrierfunktion entspricht.

Durch eine Voruntersuchung sind die Hauptmerkmale des Strömungsprofils am geplanten Einbauort der AMS zu ermitteln und herauszufinden, ob Änderungen im Profil zu erwarten sind und wie schwerwiegend deren Einfluss auf die Kalibrierfunktion ist.

Die Voruntersuchung ist immer im Rahmen der Planungsstufe durchzuführen, bevor ein AMS-Volumenstrommessgerät erworben und installiert wird.

ANMERKUNG 2 Ein Teil des Voruntersuchungsprozesses ist mit der Untersuchung nach EN 15259 identisch und kann mit dieser kombiniert werden, um die Kosten zu verringern.

Eine Voruntersuchung wie in 7.2 beschrieben kann entfallen. In diesem Fall ist eine Kalibrierung nach Typ 2 (QAL2- und AST-Kalibrierung) nach Abschnitt 9 durchzuführen.

Eine QAL2-Kalibrierung oder AST-Prüfung nach Typ 1 entsprechend der Beschreibung in Abschnitt 9 ist nur dann anzuwenden, wenn eine Voruntersuchung nach Abschnitt 8 durchgeführt wurde.

ANMERKUNG 3 Die Entscheidung, keine Voruntersuchung nach Abschnitt 8 durchzuführen, hat keinerlei Einfluss auf die Verpflichtung, den Zustand des Abgaskanals nach EN 15259 zu prüfen.

8.2 Voruntersuchung durch Messung

8.2.1 Allgemeines

Die Voruntersuchung muss aus mindestens zwei Messungen bestehen, die nach EN ISO 16911-1 durchgeführt werden und jeweils das Strömungsprofil in der primären Messachse und in einer rechtwinklig dazu verlaufenden sekundären Messachse bestimmen.

Die beiden Messungen sind bei zwei verschiedenen Anlagenbetriebsbedingungen durchzuführen:

- a) zum einen bei dem zu erwartenden gleichförmigsten Strömungsprofil, d. h. in der Nähe der höchsten Strömungsgeschwindigkeit und mit der geringstmöglichen Behinderung des Strömungsweges;
- b) zum anderen bei möglichst geringer Strömungsgeschwindigkeit. Das bedeutet, dass mindestens ein Volumenstrom, der an nicht weniger als 10 % der normalen Betriebszeit der Anlage bzw. beim niedrigsten stabilen Lastzustand auftritt, eingestellt wird, Dies ist z. B. mit einer Regelung des Saugzugs oder dem Regeln von Klappen zu erreichen.

ANMERKUNG 1 Geringste mögliche Behinderung bedeutet, dass der Einfluss jeglicher nicht stationärer Störungen des Strömungsprofils minimiert oder entfernt wird.

Wenn eine Anlage noch nicht in Betrieb genommen wurde, ist der geringste Volumenstrompegel anhand der Auslegungsdaten der Anlage zu schätzen.

ANMERKUNG 2 Falls eine automatische Messeinrichtung (AMS) in einem Abgaskanal mit mehreren Zuleitungen installiert ist, kann es notwendig sein, die AMS bei unterschiedlichen Betriebszuständen zu kalibrieren, da Änderungen in Bezug auf die relativen Beiträge der einzelnen Einlässe unterschiedliche Kalibrierfunktionen erzeugen können.

Aus den beiden Messungen bei hohen und niedrigen Volumenströmen ist die Vergleichspräzision der für jeden Messquerschnitt berechneten normierten Strömung zu berechnen, und der Crestfaktor und die Schiefe sind für jedes der vier Profile zu berechnen.

Anhand dieser Daten ist die AMS-Auswahl zu bewerten, wie nachstehend in 8.4 beschrieben.

Bei komplexen Installationen oder solchen, bei denen sich die Strömungsprofile potentiell mit den Betriebsbedingungen ändern können (z. B. Aufteilung der Strömung unmittelbar im Anströmbereich des Abgaskanal), können weitere Untersuchungen erforderlich sein, um die Komplexität des Strömungsprofils umfassend zu beschreiben.

8.2.2 Messen von Strömungsprofilen in einem Abgaskanal

Das Strömungsprofil ist in Übereinstimmung mit EN ISO 16911-1 zu messen, in dem festgelegt ist, dass die Messpunkte nach EN 15259 entlang der primären und sekundären Messpfade auszuwählen sind. EN 15259 fordert außerdem, dass die Geschwindigkeit gleichzeitig an einem ortsfesten Referenzpunkt gemessen wird. Das Strömungsprofil wird berechnet in dem die Einzelmesspunkte mit der Geschwindigkeit am Referenzpunkt korrigiert werden.

8.2.3 Messverfahren

Die Strömungsprofile sind mit einem SRM entsprechend der Beschreibung in EN ISO 16911-1 zu messen. Der Messplan muss mit EN 15259 übereinstimmen.

Nach Abschluss der beiden Profilmessungen entlang der primären und sekundären Messpfade müssen sämtliche Messergebnisse korrigiert werden, um Änderungen der Referenzgeschwindigkeit zu berücksichtigen.

Dieses Verfahren ist bei einem hohen und bei einem geringen Durchfluss entsprechend der Beschreibung in 8.2.1 durchzuführen.

In Anhang F ist ein Beispiel dargestellt.