

E DIN EN ISO 16911-1:2025-09 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2025-08-08

Emissionen aus stationären Quellen - Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des Volumenstroms in Abgaskanälen - Teil 1: Manuelles Referenzverfahren (ISO/DIS 16911-1:2025); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16911-1:2025

Stationary source emissions - Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts - Part 1: Manual reference method (ISO/DIS 16911-1:2025); German and English version prEN ISO 16911-1:2025

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	10
Vorwort.....	11
Einleitung.....	13
1 Anwendungsbereich.....	14
2 Normative Verweisungen.....	14
3 Begriffe.....	14
4 Symbole und Abkürzungen.....	17
4.1 Symbole.....	17
4.2 Abkürzungen.....	20
5 Kurzbeschreibung.....	20
5.1 Allgemeines.....	20
5.2 Messaufgaben.....	21
5.3 Grundlagen der Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit an einem Punkt im Abgaskanal.....	21
5.4 Prinzip der Messung des Volumenstroms.....	22
5.4.1 Allgemeines.....	22
5.4.2 Prinzip der Bestimmung des Volumenstroms aus punktuellen Geschwindigkeitsmessungen.....	22
5.4.3 Bestimmung des Volumenstroms mit Tracergasverdünnungsmessungen.....	23
5.4.4 Bestimmung des Volumenstroms aus der Wärmeleistung der Anlage.....	24
6 Auswahl des Messverfahrens.....	24
6.1 Messaufgabe.....	24
6.2 Auswahl des Messverfahrens zum Bestimmen der punktuellen Strömungsgeschwindigkeit.....	25
6.3 Auswahl des Messverfahrens zur Bestimmung des Volumenstroms und der mittleren Strömung.....	27
7 Messgeräte.....	27
7.1 Allgemeines.....	27
7.2 Messung der Abgaskanal-Fläche.....	28
8 Verfahrenskenngrößen und Anforderungen für Differenzdruckmessgeräte und Flügelrad-Anemometer.....	29
8.1 Allgemeines.....	29
8.2 Differenzdruckmessgeräte.....	29
8.3 Flügelrad-Anemometer.....	32
9 Messdurchführung.....	34

9.1	Messstrategie.....	34
9.1.1	Standortanalyse vor der Messung	34
9.1.2	Zeitliche Korrektur in Verbindung mit der Strömungsänderung für die Charakterisierung eines Geschwindigkeitsprofils.....	34
9.1.3	Berücksichtigung der Baugruppenfläche für die Strömungsmessung im Bezug auf die Fläche des Messquerschnitts.....	35
9.2	Bestimmung des Messquerschnitts und der Anzahl der Messpunkte.....	35
9.3	Kontrollen vor der Messdurchführung	35
9.3.1	Allgemeines.....	35
9.3.2	Vorprüfung auf Dichtheit.....	36
9.3.3	Kontrolle der Druckentnahmestellen für Stau- und Referenzdruck (Staudrucksonde Typ S).....	37
9.3.4	Prüfungen der Wiederholpräzision an einem einzelnen Punkt	37
9.3.5	Drallströmung/Zyklonale Strömung	37
9.4	Qualitätssicherung.....	38
9.5	Messung der Strömungsgeschwindigkeit an Messpunkten innerhalb des Messquerschnitts	38
9.6	Qualitätskontrolle nach Durchführung der Messungen.....	39
10	Berechnung der Ergebnisse.....	39
10.1	Allgemeines.....	39
10.2	Messung der Geschwindigkeit	39
10.3	Messung der Geschwindigkeit	40
10.4	Korrektur der mittleren Geschwindigkeit für Wandeffekte.....	40
10.5	Berechnung des Volumenstrom aus der mittleren Geschwindigkeit	41
10.6	Umrechnung der Ergebnisse auf Normbedingungen	41
10.6.1	Allgemeines.....	41
10.6.2	Umrechnung des Volumenstroms auf Normbedingungen.....	41
10.6.3	Trockener Volumenstrom bei Normbedingungen	41
10.6.4	Umrechnung des Volumenstroms in eine Norm-Sauerstoffkonzentration.....	42
11	Bestimmung der Messunsicherheit der Ergebnisse	42
12	Bewertung des Verfahrens.....	43
Anhang A (normativ) Messung der Geschwindigkeit unter Verwendung von		
	differenzdruckbasierten Verfahren.....	44
A.1	Prinzip der differenzdruckbasierten Geschwindigkeitsbestimmung.....	44
A.2	Messgeräte.....	44
A.2.1	Staudrucksonden	44
A.2.2	Differenzdruck-Messgeräte zur Strömungsmessung	50
A.3	Berechnung.....	53
A.3.1	Bestimmung der Geschwindigkeit mit Differenzdruckmessgeräten	53
A.3.2	Dichte des Abgases.....	54
A.3.3	Absolutdruck des Gases	54
A.3.4	Molmasse des Gases	55
Anhang B (informativ) Flügelrad-Anemometer.....		
	57	57
B.1	Prinzip des Flügelrad-Anemometers.....	57
B.2	Berechnung	58
B.2.1	Hintergrund	58
B.2.2	Untere Messbereichsgrenze	59
B.2.3	Obere Messbereichsgrenze	59
B.3	Berechnung der Unsicherheit; Kalibrierungen	60
B.3.1	Allgemeines.....	60
B.3.2	Beispiel	61
Anhang C (normativ) Bestimmung des Volumenstroms und der mittleren Geschwindigkeit		
	durch das Tracergas-Verdünnungsverfahren	62
C.1	Tracergas mittels Verdünnung	62
C.1.1	Prinzip der Verwendung einer Tracergas-Injektion	62

C.1.2	Injektion von Tracergas	63
C.1.3	Messung der Tracergaskonzentration	64
C.1.4	Tracergas-Kalibrierungseinrichtung.....	64
C.2	Unsicherheit des Kalibrierungsergebnisses.....	67
C.2.1	Allgemeines	67
C.2.2	Unsicherheit der Konzentrationsmessung	67
C.2.3	Messunsicherheit beim Mischen des Indikatorgases	67
C.2.4	Unsicherheit der Indikatorinjektionsrate	68
C.2.5	Messunsicherheit des Abgas-Volumenstroms	69
Anhang D (normativ) Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit mit Hilfe des Laufzeit-		
	Tracergasverfahrens.....	70
D.1	Vorhandene Normen	70
D.2	Laufzeitverfahren.....	70
D.2.1	Kurzbeschreibung des Verfahrens	70
D.2.2	Auswahl des Tracer	70
D.2.3	AMS-Durchfluss-Kalibrierungsverfahren.....	71
D.2.4	Berechnung des Volumenstroms	71
D.2.5	Festlegungen für den Messplatz	71
D.2.6	Strömungszustand	72
D.3	Mindestanforderungen.....	72
D.3.1	Tracer	72
D.3.2	Durchmischung.....	72
D.3.3	Messstrecke.....	72
D.3.4	Messung der Tracerkonzentration.....	72
D.4	Leistungsanforderungen.....	72
D.4.1	Injektion	72
D.4.2	Messung des Tracer-Impulses.....	73
D.4.3	Berechnung der Laufzeit.....	73
D.4.4	Berechnung des Volumenstroms	74
D.5	Messunsicherheit des Kalibrierungsergebnisses	74
D.5.1	Berechnungsgrundlage	74
D.5.2	Messunsicherheit der Volumenbestimmung und der Zeitmessung	74
D.6	Numerisches Beispiel für die Berechnung der Messunsicherheit bei der Abgasströmungskalibrierung	75
D.6.1	Messunsicherheit von qV , ref.....	75
D.6.2	Erweiterte Messunsicherheit.....	76
Anhang E (normativ) Berechnung des Abgas-Volumenstroms aus dem Energieverbrauch		
E.1	Kurzbeschreibung.....	78
E.2	Brennstofffaktor	79
E.2.1	Festgesetzte Faktoren für im Handel erhältliche fossile Brennstoffe	79
E.2.2	Für den spezifischen Heizwert korrigierte Faktoren	80
E.2.3	Aus der Zusammensetzung des Brennstoffs abgeleitete Faktoren	81
E.3	Energieverbrauch.....	81
E.4	Berechnung des Abgas-Volumenstroms	82
E.5	Leistungsanforderungen.....	83
E.6	Beispiel der Berechnung der Unsicherheit.....	84
E.6.1	Beispiel 1 — Kohlekraftwerk	84
E.6.2	Beispiel 2 — Biomasse-Heizkraftwerk.....	85
E.6.3	Beispiel 3 — Erdgasbetriebenes Gasturbinenkraftwerk	86
Anhang F (informativ) Anwendung der Messeinrichtungen für die Laufzeittechnik auf der Grundlage von moduliertem Laserlicht		
		87
Anhang G (informativ) Beispiel einer für Messungen der Geschwindigkeit und des Volumenstroms mit einer Staudrucksonde aufgestellten Unsicherheitsbilanz		
		88
G.1	Prozess der Schätzung der Messunsicherheit.....	88
G.1.1	Allgemeines	88
G.1.2	Bestimmung der Modellfunktion	88

G.1.3	Quantifizierung der Messunsicherheitskomponenten	88
G.1.4	Berechnung der kombinierten Messunsicherheit.....	88
G.1.5	Weitere Fehlerquellen.....	89
G.2	Beispiel für die Berechnung der Messunsicherheit	90
G.2.1	Berechnung der physikochemischen Eigenschaften des Abgases.....	92
G.2.2	Berechnung der mit der Bestimmung von lokalen Geschwindigkeiten verbundenen Messunsicherheit	94
G.2.3	Berechnung der mit der mittleren Geschwindigkeit verbundenen Messunsicherheit.....	102
G.2.4	Berechnung der Messunsicherheit bei gemeldeten Werten	102
Anhang H (informativ) Beschreibung von Validierungsstudien		104
H.1	Überblick über Validierungsstudien.....	104
H.1.1	Allgemeines.....	104
H.1.2	Abfallverbrennungsanlage in Dänemark	104
H.1.3	Kohlekraftwerk in Deutschland	104
H.2	Ergebnisse der Laborvalidierung	105
H.3	Ergebnisse der Feld-Validierungsstudien	107
H.3.1	Wiederholpräzision und Unsicherheit von manuellen Verfahren in der ersten Feld- Validierungsstudie.....	107
H.3.2	Wiederholpräzision und Messunsicherheit von manuellen Verfahren in der zweiten Feld-Validierungsstudie.....	110
Anhang I (informativ) Prüfung der Gültigkeit der Kalibrierung einer Staudrucksonde.....		113
I.1	Strömungserzeugende Einrichtung.....	113
I.2	Kalibrierungsprüfverfahren.....	113
Anhang J (informativ) Differenzdruckmessung.....		115
J.1	Allgemeines.....	115
J.2	Flüssigkeitsmanometer.....	116
J.3	Digitalmanometer und andere elektronische Messgeräte	116
J.3.1	Allgemeines.....	116
J.3.2	Typen von Drucksensoren	117
J.3.3	Differenzdruck-Manometer.....	117
Anhang K (informativ) Beispiel für ein Verfahren zur Bestimmung von Drallströmung		118
Anhang L (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Internationalen Norm und den grundlegenden Anforderungen von EU-Richtlinien		119
Literaturhinweise		120
Bilder		
Bild A.1 — Prinzip der differenzdruckbasierten Geschwindigkeitsbestimmung.....		45
Bild A.2 — Schematisches Diagramm einer Staudrucksonde Typ L.....		45
Bild A.3 — Schematisches Diagramm einer Staudrucksonde Typ S.....		46
Bild A.4 — 3D-Staudrucksonde (sphärisch).....		47
Bild A.5 — Staudrucksonde Typ AMCA		48
Bild A.6 — Staudrucksonde Typ NPL.....		49
Bild A.7 — Staudrucksonde Typ CETIAT		50
Bild B.1 — Flügelrad-Anemometer		57

Bild B.2 — Prinzip des Flügelrad-Anemometers	58
Bild C.1 — Prinzip der Tracergasverdünnung.....	62
Bild C.2 — Typisches Tracergas-Ansprechverhalten	64
Bild D.1 — Prinzip der Strömungs-Messtechnik mittels Tracergas-Laufzeit	70
Bild D.2 — Die Bestimmung der Laufzeit	73
Bild E.1 — Prinzip der Berechnung des Abgas-Volumenstroms aus dem Energieverbrauch.....	78
Bild J.1 — Prinzip eines Flüssigkeitsmanometers.....	116
Tabellen	
Tabelle 1 — Auswahl des Messverfahrens.....	25
Tabelle 2 — Abnahmekriterium für die erweiterte Unsicherheit der inneren Fläche des Kanals bei dem Messquerschnitt.....	28
Tabelle 3 — Leistungsanforderungen an Differenzdruck-Anzeigeräte	30
Tabelle 4 — Auflösung und zugehörige Standardmessunsicherheit von Differenzdruck-Anzeigeräten.....	31
Tabelle 5 — Leistungsanforderungen von Staudrucksonden	31
Tabelle 6 — Leistungsanforderungen für Dichtemessungen und Temperatur- und Druckmessgeräte.....	32
Tabelle 7 — Leistungsanforderungen für Flügelrad-Anemometer	33
Tabelle 8 — Leistungsanforderungen während der Feldmessungen	38
Tabelle C.1 — Verfahrenskenngrößen bei der Messung der Tracergaskonzentration	66
Tabelle D.1 — Unsicherheitsbilanz.....	77
Tabelle E.1 — Fossile Brennstofffaktoren	79
Tabelle E.2 — Biomasse-Brennstofffaktoren.....	79
Tabelle E.3 — NSE-Korrekturfaktoren.....	80
Tabelle E.4 — Leistungsanforderungen des Berechnungsansatzes	83
Tabelle E.5 — Leistungsanforderungen der Haupteingangsparameter	84
Tabelle H.1 — Durch lineare Regression aus Laborprüfdaten gewonnene Daten für manuelle Verfahren	105
Tabelle H.2 — Messunsicherheitsanalyse nach ISO 20988 für manuelle Verfahren der Laborbeurteilung.....	106
Tabelle H.3 — Lack-of-fit, bestimmt aus Laborprüfdaten für manuelle Verfahren	107

Tabelle H.4 — Gepoolte Standardabweichungen von manuellen Verfahren	108
Tabelle H.5 — Gepoolte Standardabweichung, für Typ L und Flügelrad-Anemometer	108
Tabelle H.6 — Bewertung der Messunsicherheit von manuellen Strömungsmessverfahren	110
Tabelle H.7 — Messunsicherheit der in der zweiten Validierungsstudie angewandten manuellen Doppelbestimmungsverfahren, ermittelt aus gepoolter Standardabweichung	111
Tabelle H.8 — Variabilität, bestimmt für manuelle Verfahren mit Doppelbestimmung für die zweite Feld-Validierungsstudie	112
Tabelle H.9 — Messunsicherheitsanalyse der Ergebnisse von manuellen Verfahren mit Doppelbestimmung aus der zweiten Feld-Validierungsstudie.....	112