

DIN EN 13284-1



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

ICS 13.040.40

Einsprüche bis 2016-01-06
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13284-1:2002-04

Entwurf

**Emissionen aus stationären Quellen –
Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen
Staubkonzentrationen –
Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13284-1:2015**

Stationary source emissions –
Determination of low range mass concentration of dust –
Part 1: Manual gravimetric method;
German and English version prEN 13284-1:2015

Emissions de sources fixes –
Détermination de la faible concentration en masse de poussières –
Partie 1: Méthode gravimétrique manuelle;
Version allemande et anglaise prEN 13284-1:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-11-06 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, 40002 Düsseldorf, Postfach 10 11 39 (Hausanschrift: 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 129 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL

Nationales Vorwort

Der Europäische Norm-Entwurf prEN 13284-1 wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in der Arbeitsgruppe WG 5 „Gesamtstaub bei niedrigen Konzentrationen (Emission)“ (Sekretariat: Deutschland; Obmannschaft: Vereinigtes Königreich) des Technischen Komitees CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ (Sekretariat: Deutschland) unter Mitwirkung deutscher Experten, die von der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL – benannt worden sind, erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 134-04-01-09 UA „Staubmessung in strömenden Gasen“ im DIN-Normenausschuss Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (KRdL).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 13284-1 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in den Literaturhinweisen zitierten Internationalen Normen und Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen und Dokumente hingewiesen:

ISO 5725-2 siehe DIN ISO 5725-2

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13284-1:2002-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 3: Die Begriffe wurden an EN 15259 angepasst.
- b) Abschnitt 4: Ein Abschnitt mit Symbolen und Abkürzungen wurde hinzugefügt. Die nachfolgenden Abschnitte wurden entsprechend neu nummeriert.
- c) Abschnitt 5: Anforderungen an die Bestimmungsgrenze des Verfahrens und an die erweiterte Unsicherheit der Messergebnisse wurden hinzugefügt.
- d) Abschnitt 6: Der Inhalt wurde an EN 15259 angepasst. Durch EN 15259 abgedeckte Absätze wurden gestrichen und durch Verweisungen auf EN 15259 ersetzt.
- e) 6.1: Die konkreten Anforderungen an die Planung von Staubmessungen wurden aus dem ursprünglichen Unterabschnitt 8.1 an diese Stelle verschoben.
- f) 7.1: Es wurden Anforderungen hinzugefügt, dass die Geräte für die punktförmige Geschwindigkeitsmessung zur Einstellung isokinetischer Bedingungen die Anforderungen der EN ISO 16911-1 einhalten müssen. Wenn die Staubkonzentration für trockenes Abgas und Normbedingungen angegeben wird und/oder die Konzentrationen auf einen Bezugssauerstoffgehalt zu beziehen sind, müssen die notwendigen Messeinrichtungen die Anforderungen der anzuwendenden Normen einhalten.
- g) 7.2.2.3: Eine Übersicht über Filtermaterialien und deren Vorteile und Einsatzgrenzen wurde hinzugefügt.
- h) 7.2.6: Anforderungen an Geräte zur Messung des Gasvolumens wurden hinzugefügt.
- i) 7.3: Die Anforderungen an die Qualität des gereinigten Wassers und des Acetons wurden erhöht.

- j) 8.2: Die normativen Anforderungen des ursprünglichen Abschnitts 9 an die Vorbehandlung vor der Probenahme wurden an diese Stelle verschoben.
- k) 8.4: Die normativen Anforderungen des ursprünglichen Abschnitts 9 an die Behandlung zu wägender Teile nach der Probenahme wurden an diese Stelle verschoben. Es wurde hinzugefügt, dass die Trocknung auch bei der bei der Probenahme verwendeten Filtrationstemperatur erfolgen darf.
- l) 9.2: Die Handhabung der Filter wird detaillierter beschrieben.
- m) 9.3: Die notwendigen Voruntersuchungen werden detaillierter beschrieben.
- n) 9.4: Die Durchführung der Dichtheitsprüfung wird detaillierter beschrieben.
- o) 9.5: Die Beschreibung der Probenahme wurde auf Basis der seit der Veröffentlichung der ersten Ausgabe der Norm gewonnenen Erfahrungen verbessert.
- p) 9.7: Das Verfahren zur Ermittlung des Feldblindwerts und die Anforderung an den maximal zulässigen Wert wurden hinzugefügt.
- q) Abschnitt 11: Die allgemeinen Bestandteile des Messberichts wurden gestrichen und durch eine Verweisung auf EN 15259 ersetzt.
- r) Anhänge: Die ursprünglichen Anhänge A, B, C und D wurden gestrichen, da sie durch EN 15259 abgedeckt sind.
- s) Anhang A: Die in Feldtests ermittelten Verfahrenskenngrößen wurden aus dem Hauptteil in diesen Anhang verschoben.
- t) Anhang B: Ein neuer Anhang zur Darstellung des Einflusses des isokinetischen Verhältnisses auf die Repräsentativität der gesammelten Partikel wurde hinzugefügt.
- u) Anhang C: Ein Beispiel für eine erprobte Schwanenhalssonde wurde hinzugefügt.
- v) Anhang G: Ein Beispiel zur Ermittlung der Unsicherheit der mit dem Verfahren ermittelten Messwerte wurde hinzugefügt.
- w) Anhang H: Der informative Text aus dem ursprünglichen Abschnitt 9 wurde in diesen informativen Anhang verschoben.
- x) Anhang I: Ein informativer Anhang mit den signifikanten technischen Änderungen wurde hinzugefügt.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

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

**Emissionen aus stationären Quellen — Ermittlung der
Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen — Teil 1:
Manuelles gravimetrisches Verfahren**

Emissions de sources fixes — Détermination de la faible concentration en masse de poussières — Partie 1 : Méthode gravimétrique manuelle

Stationary source emissions — Determination of low range mass concentration of dust — Part 1: Manual gravimetric method

ICS: 13.040.40

Deskriptoren

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

STD Version 2.7f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	10
4.1 Symbole	10
4.2 Abkürzungen	10
5 Grundlage des Verfahrens	10
6 Messplanung und Probenahmestrategie	11
6.1 Messplanung	11
6.2 Probenahmestrategie	12
6.2.1 Allgemeines	12
6.2.2 Messstrecke und Messquerschnitt	12
6.2.3 Mindestanzahl und Lage der Messpunkte	12
6.2.4 Messöffnungen und Messbühne	12
7 Zubehör und Materialien	13
7.1 Geräte zur Messung von Gasgeschwindigkeit, Temperatur, Druck und Gaszusammensetzung	13
7.2 Geräte für die Probenahme	13
7.2.1 Probenahmeeinrichtung	13
7.2.2 Filtergerät	14
7.2.2.1 Allgemeines	14
7.2.2.2 Filtergehäuse	16
7.2.2.3 Filter	17
7.2.3 Entnahmesonde	18
7.2.4 Absaugrohr für Out-Stack-Filtergeräte	19
7.2.5 Absaugaggregat	19
7.2.6 Geräte zur Messung des Gasvolumens	19
7.3 Betriebsmittel zur Erfassung der Staubablagerungen	21
7.4 Geräte zur Vorbehandlung und Wägung	21
8 Wägeverfahren	21
8.1 Allgemeines	21
8.2 Vorbehandlung vor der Probenahme	21
8.3 Wägung	22
8.4 Behandlung zu wägender Teile nach der Probenahme	22
8.5 Behandlung der Spüllösungen nach der Probenahme	23
8.6 Verbesserung des Wägeverfahrens	23
9 Probenahmeverfahren	23
9.1 Vorbereitung	23
9.2 Handhabung der Filter	24
9.3 Voruntersuchungen	24
9.4 Dichtheitsprüfung	25
9.5 Probenahme	26
9.6 Rückgewinnung von Ablagerungen vor dem Filter	27

9.6.1	Allgemeines	27
9.6.2	Spülverfahren	27
9.7	Feldblindprobe.....	28
10	Berechnungen.....	28
10.1	Volumenstrom bei der Probenahme.....	28
10.2	Staubkonzentration.....	29
11	Messbericht	30
Anhang A (informativ) Bei der Verfahrensvalidierung ermittelte Verfahrenskenngrößen.....		31
A.1	Allgemeines	31
A.2	Experimentelle Daten	32
A.3	Kommentare	33
Anhang B (informativ) Einfluss des isokinetischen Verhältnisses auf die Repräsentativität der gesammelten Partikel.....		34
Anhang C (normativ) Erprobte Entnahmesonden.....		36
Anhang D (informativ) Zusammenfassung der Anforderungen		39
Anhang E (normativ) Probenvolumen, Probenvolumenstrom und Probenahmedauer.....		40
E.1	Allgemeines	40
E.2	Wägeunsicherheiten	40
E.3	Probenahmenvolumen	40
E.4	Probenvolumenstrom und Probenahmedauer	40
Anhang F (informativ) Beispiele für systematische Messabweichungen bei der Wägung.....		41
F.1	Allgemeines	41
F.2	Einfluss eines unzureichenden Temperaturgleichgewichts	41
F.3	Einfluss von Temperaturänderungen.....	41
F.4	Einfluss von Luftdruckänderungen	41
F.5	Schlussfolgerungen.....	42
Anhang G (informativ) Ermittlung der Messunsicherheit.....		43
G.1	Allgemeines	43
G.2	Grundlagen zur Bestimmung der Unsicherheitsbeiträge von Messgrößen	43
G.2.1	Allgemeines	43
G.2.2	Unsicherheitsbeitrag der Kalibrierung.....	43
G.2.3	Unsicherheitsbeitrag der Drift.....	44
G.2.4	Unsicherheitsbeitrag der Auflösung der Anzeige.....	44
G.3	Kombination der Unsicherheitsbeiträge der einzelnen Messgrößen.....	45
G.3.1	Vorgehensweise	45
G.3.2	Angabe der Methodenmodellgleichung	46
G.3.3	Schrittweise Berechnung der einzelnen Unsicherheitsbeiträge	47
G.3.3.1	Ermittlung der Varianzen für die einzelnen Messgrößen	47
G.3.3.2	Ermittlung der Varianz für Wägungen mit einem Prüfgewicht als Referenz	47
G.3.3.3	Ermittlung der Varianz der Staubbelegung	48
G.3.3.4	Ermittlung der Varianz des gemessenen Gasvolumens	49
G.3.3.5	Ermittlung der Varianz der am Gasvolumenmessgerät gemessenen Temperatur.....	51
G.3.3.6	Ermittlung der Varianz des relativen Drucks am Gasvolumenmessgerät.....	52
G.3.3.7	Ermittlung der Varianz des gemessenen Luftdrucks	53
G.3.3.8	Ermittlung der Varianz des Normvolumens.....	54
G.3.3.9	Berechnung der Empfindlichkeitskoeffizienten.....	55
G.3.3.10	Berechnung der Varianz der normierten Staubkonzentration	56
G.3.3.11	Berechnung der Varianz der auf Bezugssauerstoffgehalt bezogenen normierten Staubkonzentration	57
G.4	Effektive Anzahl der Freiheitsgrade.....	58
Anhang H (informativ) Thermisches Verhalten von Stäuben.....		59

Anhang I (informativ) Signifikante technische Änderungen.....	60
Literaturhinweise.....	62

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13284-1:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 264 „Luftbeschaffenheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13284-1:2004 ersetzen.

Dieses Dokument ist Teil 1 einer Reihe von Europäischen Normen:

- EN 13284-1, *Emissionen aus stationären Quellen — Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen — Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren*
- EN 13284-2, *Emissionen aus stationären Quellen — Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen — Teil 2: Automatische Messeinrichtungen*

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt das Standardreferenzverfahren (SRM) zur Messung geringer Staubkonzentrationen in geführten Gasströmen im Konzentrationsbereich unterhalb von 50 mg/m³ bei Bezugsbedingungen fest.

Diese Europäische Norm wurde in erster Linie zur Untersuchung der Abgasströme von Abfallverbrennungsanlagen entwickelt und validiert. Darüber hinaus kann sie auch auf Abgase von stationären Quellen und bei höheren Konzentrationen angewandt werden.

Falls die Abgase instabile, reaktive oder halbflüchtige Stoffe enthalten, hängt die Messung von den Bedingungen der Probenahme und Filterbehandlung ab.

Dieses Verfahren wurde in Feldversuchen insbesondere für den Konzentrationsbereich um 5 mg/m³ validiert. Die Ergebnisse der Feldversuche sind in Anhang A dargestellt.

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).

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

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

ISO 5725-2, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and result — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Staub

Partikel jeder Form, Struktur oder Dichte, die bei den lokalen Probenahmebedingungen in der Gasphase dispergiert sind, und unter festgelegten Bedingungen bei repräsentativer Probenahme des zu untersuchenden Gases durch die Filtration gesammelt werden und sich vor dem Filter ablagern und sich nach dem Trocknen unter festgelegten Bedingungen auf dem Filter befinden

3.2

Filtrationstemperatur

Temperatur des Probengases direkt hinter dem Filter

3.3

In-Stack-Filtration

Filtration im Abgaskanal mit dem Filter im Filtergehäuse stromabwärts direkt hinter der Entnahmesonde

3.4

Out-Stack-Filtration

Filtration außerhalb des Abgaskanals mit dem Filter im geheizten Filtergehäuse stromabwärts hinter der Entnahmesonde und dem Absaugrohr (der Probenahmesonde)

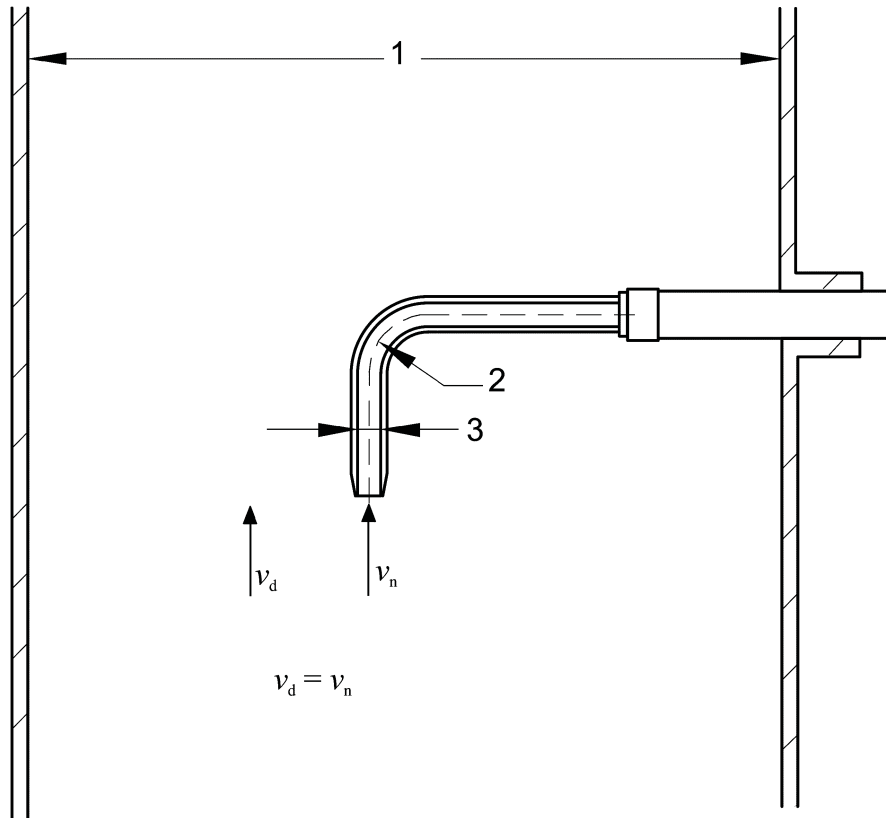
3.5

isokinetische Probenahme

Probenahme mit einem Volumenstrom, bei dem die Geschwindigkeit v_n und die Strömungsrichtung des Gases, das in die Entnahmesonde eintritt, gleich der Geschwindigkeit v_d und der Strömungsrichtung des Gases im Abgaskanal am Messpunkt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Bild 1 zeigt ein Schema der isokinetischen Probenahme.

Anmerkung 2 zum Begriff: Anhang B zeigt den Einfluss des isokinetischen Verhältnisses auf die Repräsentativität der gesammelten Partikel.



Legende

- 1 Abgaskanal
- 2 Radius des Bogens (Minimum 1,5 i)
- 3 Innendurchmesser i der Probenahmesonde

Bild 1 — Isokinetische Probenahme

3.6

isokinetisches Verhältnis

Verhältnis der Geschwindigkeiten v_n/v_d in Prozent als Kenngröße für die Abweichung von der isokinetischen Probenahme

3.7 hydraulischer Durchmesser

d_h

Quotient aus der vierfachen Fläche A und dem Umfang P des Messquerschnitts

$$d_h = \frac{4 \times A}{P} \quad (1)$$

[QUELLE: EN 15259:2007]

3.8 Messquerschnitt

zur Mittelachse des Abgaskanals senkrechte Fläche am Ort der Probenahme

[QUELLE: EN 15259:2007]

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

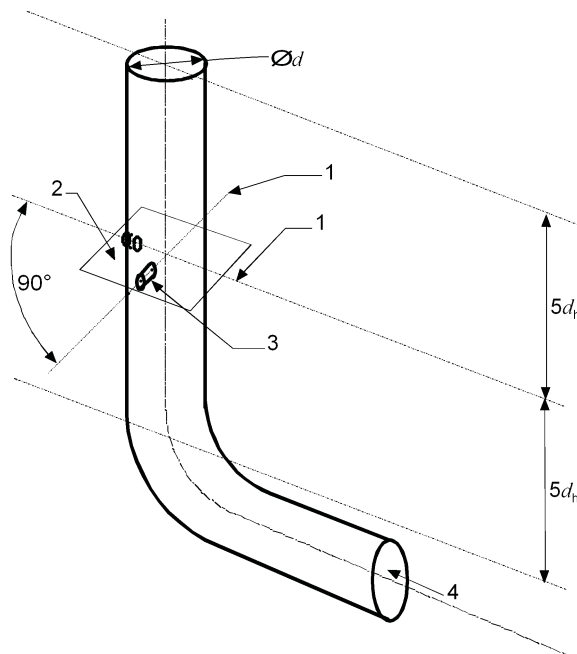
3.9 Messachse

durch die Innenwand des Abgaskanals begrenzte Linie im Messquerschnitt, auf der die Messpunkte liegen

[QUELLE: EN 15259:2007]

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messachse wird auch als Probenahmeachse bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bild 2 zeigt eine Darstellung von Definitionen bezogen auf einen runden Abgaskanal.



Legende

- 1 Messachse
- 2 Messquerschnitt
- 3 Messöffnung
- 4 Strömungsrichtung

Bild 2 — Darstellung von Definitionen bezogen auf einen runden Abgaskanal

3.10

Messpunkt

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

[QUELLE: EN 15259:2007]

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

3.11

Messöffnung

Öffnung im Abgaskanal in der Verlängerung der Messachse, durch die das Abgas erreicht werden kann

[QUELLE: EN 15259:2007]

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messöffnung wird auch als Probenahmeöffnung oder Zugangsöffnung bezeichnet.

3.12

Bezugsbedingungen

Bezugswerte für den Druck und die Temperatur eines trockenen Abgas, wobei der Bezugsdruck 101,325 kPa beträgt und auf 101,3 kPa gerundet wird und die Bezugstemperatur 273,15 K beträgt und auf 273 K gerundet wird

3.13

Feldblindprobe

Probe, die nach dem Feldblindprobenverfahren erhalten wird

3.14

Feldblindprobenverfahren

Verfahren zur Sicherstellung, dass während der einzelnen Schritte der Messung keine signifikanten Kontaminationen aufgetreten sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies beinhaltet beispielsweise die Vorbereitung der Geräte im Labor, den Transport und den Einsatz im Feld sowie die anschließenden analytischen Arbeiten im Labor.

3.15

Feldblindwert

Ergebnis einer Messung, die an der Anlage und im Labor nach dem Feldblindprobenverfahren durchgeführt wird

3.16

Wägekontrolle

Verfahren zur Bestimmung und Korrektur scheinbarer Wägeunterschiede aufgrund von möglichen Änderungen der Wägebedingungen vor und nach der Probenahme

3.17

Messreihe

aufeinander folgende Messungen, die im gleichen Messquerschnitt unter denselben Betriebsbedingungen durchgeführt werden

3.18

Emissionsgrenzwert

EGW

die im Verhältnis zu bestimmten spezifischen Parametern ausgedrückte Massenkonzentration, die in einem oder mehreren Zeiträumen nicht überschritten werden darf

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Untersuchungen nicht der behördlichen Überwachung dienen, wird der Messwert mit einem festgelegten Referenzwert verglichen.

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

A	Fläche des Messquerschnitts
c	Staubkonzentration
d	Durchmesser des Abgaskanals
d_h	hydraulischer Durchmesser
f_c	Korrekturfaktor
h_a	Feuchtegehalt des Gases unter den tatsächlichen Bedingungen, in Prozent
h_m	Feuchtegehalt des Gases bei der Messung, in Prozent
i	Innendurchmesser der Probenahmesonde
m	Gesamtmasse des vor dem Filter (Spülung) und auf dem Filter gesammelten Staubs
o_m	im Abgaskanal gemessene Sauerstoff-Volumenkonzentration des trockenen Abgases
o_{ref}	Bezugswert für die Sauerstoff-Volumenkonzentration des trockenen Abgases
P	Umfang des Messquerschnitts
p_a	absoluter Druck des Gases unter tatsächlichen Bedingungen
p_m	absoluter Druck des Gases bei der Messung
Q_a	Teilvolumenstrom unter den tatsächlichen Bedingungen im Abgaskanal
Q_m	gemessener Teilvolumenstrom unter den Bedingungen am Volumenmessgerät
T_a	Temperatur des Gases unter tatsächlichen Bedingungen, in Kelvin
T_m	Temperatur des Gases bei der Messung, in Kelvin
V	Probenvolumen
v_d	Gasgeschwindigkeit im Abgaskanal am Messpunkt
v_n	Gasgeschwindigkeit in der Entnahmesonde

4.2 Abkürzungen

EGW	Emissionsgrenzwert
PTFE	Polytetrafluorethylen

5 Grundlage des Verfahrens

Ein Teilvolumenstrom des Abgases wird dem Hauptvolumenstrom an repräsentativen Messpunkten für eine zu messende Dauer entnommen, wobei die Teilstromentnahme unter isokinetischen Bedingungen erfolgt und das entnommene Volumen gemessen wird. Der im Probengas enthaltene Staub wird auf einem zuvor gewogenen Planfilter abgeschieden, das anschließend getrocknet und wiederum gewogen wird. Staubablagerungen in der Probenahmeeinrichtung vor dem Filter werden ebenfalls gesammelt und gewogen. Die Massenzunahme des Filters und die Massenablagerungen vor dem Filter werden dem Staub im Probengas zugeschrieben. Dies erlaubt die Berechnung der Staubkonzentration.

Zwei verschiedene Anordnungen von Probenahmeeinrichtungen dürfen je nach den Eigenschaften des Probengases verwendet werden (siehe 7.2.2).

Gültige Messungen können nur erzielt werden, wenn

- a) der Gasstrom im Abgaskanal am Messplatz (Probenahmestelle) ein ausreichend stabiles Geschwindigkeitsprofil besitzt (siehe EN 15259);
- b) die Probenahme mit einer in den Gasstrom gerichteten scharfkantigen Entnahmesonde unter isokinetischen Bedingungen ohne Störung des Gasstroms durchgeführt wird;
- c) die Proben an einer zuvor bestimmten Anzahl von festgelegten Punkten im Messquerschnitt entnommen werden, um inhomogene Staubverteilungen im Abgaskanal zu berücksichtigen;
- d) die Probenahmeeinrichtung so gestaltet ist und betrieben wird, dass Kondensation und chemische Reaktionen sowie Undichtigkeiten vermieden und Staubablagerungen vor dem Filter minimiert werden;
- e) Staubablagerungen vor dem Filter berücksichtigt werden;
- f) der Feldblindwert 10 % des für den Anlagenbetrieb festgelegten niedrigsten Grenzwerts oder 0,5 mg/m³ nicht überschreitet, wobei der jeweils größere Wert anzuwenden ist;
- g) die Bestimmungsgrenze 10 % des für den Anlagenbetrieb festgelegten niedrigsten Grenzwerts oder 0,5 mg/m³ nicht überschreitet, wobei der jeweils größere Wert anzuwenden ist;
- h) die Probenahme- und Wägeverfahren den zu erwartenden Staubmengen angepasst werden;
- i) die mittels Unsicherheitsbudget berechnete erweiterte Unsicherheit die in der Messaufgabe festgelegte Anforderung nicht überschreitet. Bei Messungen für behördliche Zwecke darf die erweiterte Unsicherheit 20 % des von den Behörden festgelegten Emissionsgrenzwerts nicht überschreiten, soweit die zuständige Behörde keine andere Festlegung getroffen hat.

ANMERKUNG Die Richtlinie über Industrieemissionen (IED) legt beispielsweise eine maximal zulässige Unsicherheit von 30,0 % des Emissionsgrenzwerts (EGW) für den Tagesmittelwert für automatische Staubmesseinrichtungen fest. Dies erfordert eine geringere erweiterte Unsicherheit des SRM bei der Kalibrierung solcher Messeinrichtungen.

Anhang D zeigt eine Zusammenfassung der in dieser Europäischen Norm festgelegten Anforderungen.

6 Messplanung und Probenahmestrategie

6.1 Messplanung

Emissionsmessungen an einer Anlage sind so durchzuführen, dass die Ergebnisse für die Emissionen dieser Anlage und für die in der Messaufgabe festgelegten Betriebsbedingungen repräsentativ und mit Ergebnissen, die an vergleichbaren Anlagen ermittelt wurden, vergleichbar sind. Daher müssen Staubmessungen in Übereinstimmung mit EN 15259 geplant werden.

Bevor Messungen durchgeführt werden, müssen der Zweck der Probenahme und das Probenahmeverfahren mit dem zuständigen Personal der Anlage besprochen werden. Der Betriebszustand der Anlage, beispielsweise kontinuierlicher oder zyklischer Anlagenbetrieb, kann den Ablauf der Probenahme beeinflussen. Falls der Anlagenbetrieb kontinuierlich erfolgen kann, ist es wichtig, diesen Zustand während der Probenahme beizubehalten.

Datum, Beginn, Dauer der Untersuchung und Probenahmezeiten sowie die Betriebszustände der Anlage während dieser Zeiten müssen mit dem Anlagenbetreiber abgestimmt werden.

Auf der Basis der zu erwartenden Staubkonzentrationen sind Vorberechnungen zur Überprüfung durchzuführen, ob die erwarteten Staubkonzentrationen mit den erreichbaren Feldblindwerten vereinbar sind und keine Überladung der Filter auftritt (siehe Anhang E).

Für eine Probenahmedauer von bis zu 30 min, die bei bestimmten Prüfungen oder aufgrund von Vorschriften gefordert wird, kann die Messunsicherheit bis zu 2 mg/m³ betragen (siehe Anhang A). Weiterhin erfordert die Probenahme auf zwei Messachsen innerhalb von 30 min, auch bei Abgaskanälen mittlerer Größe, die gleichzeitige Probenahme mit zwei Probenahmeeinrichtungen.

Falls möglich, kann die Probenahmedauer verlängert werden, was die Nachweisgrenze verringert und die Messunsicherheit verbessert (siehe Anhang E). Die Probenahmedauer sollte ermittelt werden, um den Einfluss nichtstationärer Bedingungen der stationären Quelle zu minimieren.

Unter Berücksichtigung der Messaufgabe und der Eigenschaften des zu untersuchenden Abgases hat der Anwender zwischen einem In-Stack- oder einem Out-Stack-Filtergerät zu wählen. Falls das Abgas Tröpfchen enthält, müssen Out-Stack-Filtergeräte verwendet werden.

Es ist eine Feldblindprobe zu ermitteln (siehe 9.7).

Falls an der Anlage keine geeignete Probenahmestelle vorhanden ist und/oder die Messungen während eines nichtstationären Betriebszustands der Anlage durchgeführt wurden, was zu einer Erhöhung der Messunsicherheit führt, muss dies im Messbericht angegeben werden.

6.2 Probenahmestrategie

6.2.1 Allgemeines

Die Probenahme erfordert eine geeignete Messstrecke und einen geeigneten Messquerschnitt.

Der Messquerschnitt muss einfach über geeignete Messöffnungen und eine sichere Messbühne erreichbar sein (siehe EN 15259).

Die Probenahme muss an einer ausreichenden Anzahl von Messpunkten, deren Lage im Messquerschnitt nach EN 15259 festzulegen ist, durchgeführt werden.

6.2.2 Messstrecke und Messquerschnitt

Die Messstrecke und der Messquerschnitt müssen die Anforderungen der EN 15259 einhalten.

6.2.3 Mindestanzahl und Lage der Messpunkte

Die Messungen sind als Netzmessungen durchzuführen.

Die Abmessungen des Messquerschnitts bestimmen die Mindestanzahl der Messpunkte. Diese Anzahl steigt bei größeren Abmessungen des Abgaskanals.

EN 15259 legt die Mindestanzahl der zu verwendenden Messpunkte und deren Lage im Messquerschnitt für runde und rechteckige Abgaskanäle fest. Die Anzahl der Messpunkte und deren Lage im Messquerschnitt sind nach EN 15259 auszuwählen.

6.2.4 Messöffnungen und Messbühne

Zum Erreichen der nach EN 15259 ausgewählten Messpunkte sind Messöffnungen vorzusehen.

Beispiele für geeignete Messöffnungen sind in EN 15259 dargestellt.

Aus Sicherheitsgründen und aus praktischen Gesichtspunkten muss die Messbühne die Anforderungen der EN 15259 erfüllen.

7 Zubehör und Materialien

7.1 Geräte zur Messung von Gasgeschwindigkeit, Temperatur, Druck und Gaszusammensetzung

Die Geräte zur punktförmigen Messung der Gasgeschwindigkeit im Rahmen der Einstellung isokinetischer Bedingungen müssen die Anforderungen der EN ISO 16911-1 einhalten.

Wenn die Staubkonzentration für trockenes Abgas und Normbedingungen angegeben wird und/oder die Konzentrationen auf einen Bezugssauerstoffgehalt zu beziehen sind, müssen die notwendigen Messeinrichtungen die Anforderungen der anzuwendenden Normen einhalten.

7.2 Geräte für die Probenahme

7.2.1 Probenahmeeinrichtung

Die Probenahmeeinrichtung besteht grundsätzlich aus folgenden Teilen:

- a) Filtergerät, bestehend aus Filtergehäuse und Filter;
- b) Entnahmesonde;
- c) Absaugrohr für Out-Stack-Filtergeräte;
- d) Gaspumpe;
- e) Einrichtung zur Messung des Probegasvolumens einschließlich Einrichtungen zur Kühlung und Trocknung sowie zur Einstellung der isokinetischen Probenahmebedingungen.

Alle Teile der Probenahmeeinrichtung, die mit dem Probegas in Berührung kommen, sind aus korrosionsbeständigem und, falls notwendig, aus hitzebeständigem Material zu fertigen, beispielsweise nichtrostender Stahl, Titan, Quarzglas oder Glas.

Wenn eine weitere Analyse des gesammelten Staubs notwendig ist, sollte alle Teile, die mit dem Probegas in Kontakt kommen, sowie das Filter so gestaltet sein, dass Kontaminationen vermieden werden.

Die Oberflächen der Teile vor dem Filter müssen glatt und gut poliert und die Anzahl der Verbindungen minimal sein.

Änderungen des Innendurchmessers müssen glatt und konisch erfolgen. Sie dürfen nicht stufenförmig sein.

Die Probenahmeeinrichtung muss so gefertigt sein, dass die Reinigung der inneren Teile vor dem Filter so einfach wie möglich ist.

Alle Teile der Probenahmeeinrichtung, die in Kontakt mit der Probe kommen, müssen vor Kontamination beispielsweise beim Transport und bei der Lagerung geschützt sein.

7.2.2 Filtergerät

7.2.2.1 Allgemeines

Das Filtergerät besteht aus dem Filtergehäuse und dem Filter.

Das Filtergerät befindet sich entweder im Abgaskanal (In-Stack-Filtration) oder außerhalb des Abgaskanals (Out-Stack-Filtration):

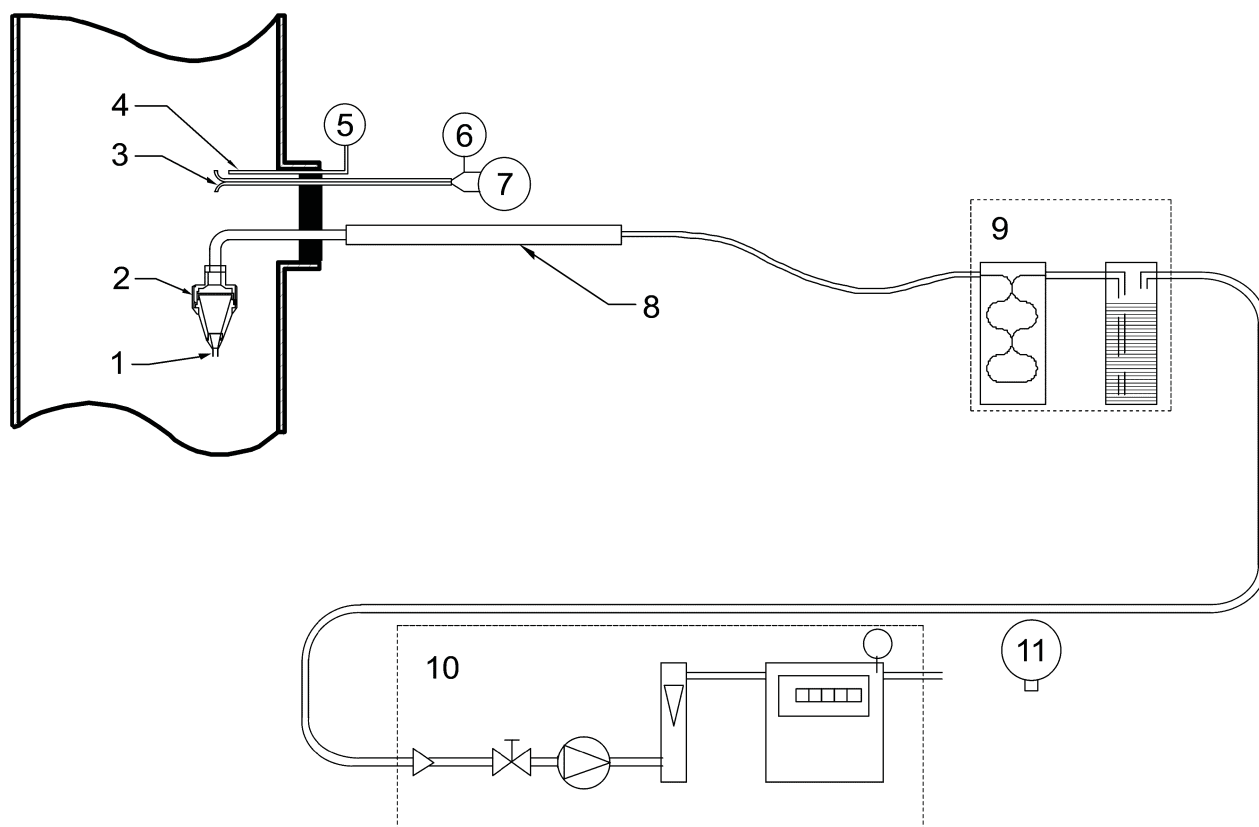
a) In-Stack-Filtergeräte (siehe Bild 3):

Das Rohr zwischen Entnahmesonde und Filter sollte sehr kurz sein, wodurch Staubablagerungen vor dem Filter minimiert werden. Wegen der gebräuchlichen Abmessungen der Messöffnungen in Abgaskanälen ist der Filterdurchmesser typischerweise auf 50 mm begrenzt, wobei der Teilvolumenstrom etwa 1 m³/h bis 3 m³/h beträgt. Da die Filtrationstemperatur im Allgemeinen der Gastemperatur im Abgaskanal entspricht, kann das Filter verstopfen, wenn Wassertropfen im Gas enthalten sind.

Um die verschiedenen Messpunkte im Abgaskanal zu erreichen, wird hinter dem Filtergehäuse ein gasdichtes, festes Rohr (Stützrohr) geeigneter Länge zur mechanischen Unterstützung des Filtergeräts verwendet.

b) Out-Stack-Filtergeräte (siehe Bild 4):

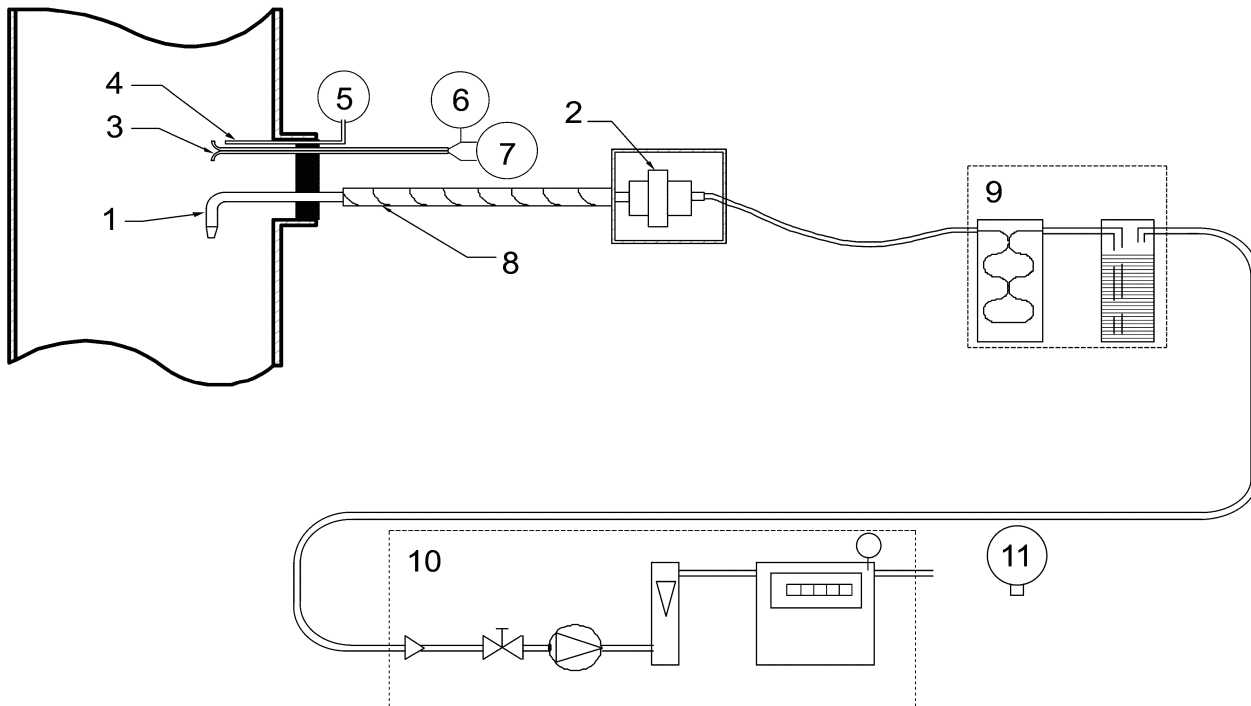
Das Rohr (Absaugrohr) zwischen der Entnahmesonde und dem Filter muss genügend lang sein, um die festgelegten Messpunkte im Abgaskanal zu erreichen. Das Absaugrohr und das Filtergehäuse müssen thermostatisiert sein, damit mögliche Wassertropfen verdampft oder Schwierigkeiten bei der Filtration aufgrund von Gasen mit hohem Säuretaupunkt vermieden werden. Allgemein werden Filterdurchmesser zwischen 50 mm und 150 mm bei zugehörigen Volumenströmen von 1 m³/h bis 10 m³/h verwendet.



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Entnahmesonde | 7 Gerät zur Messung des dynamischen Drucks |
| 2 Filtergehäuse | 8 Stützrohr (In-Stack-Filtergerät) |
| 3 Staudrucksonde | 9 Abkühl- und Trocknungseinrichtung |
| 4 Temperatursensor | 10 Absaugaggregat und Gasmesseinrichtungen |
| 5 Temperaturanzeige | 11 Druckmessgerät |
| 6 Gerät zur Messung des statischen Drucks | |

Bild 3 — Beispiel einer In-Stack-Probenahmeeinrichtung



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 Entnahmesonde | 7 Gerät zur Messung des dynamischen Drucks |
| 2 Filtergehäuse | 8 Absaugrohr (Out-Stack-Filtergerät) |
| 3 Staudrucksonde | 9 Abkühl- und Trocknungseinrichtung |
| 4 Temperatursensor | 10 Absaugaggregat und Gasmesseinrichtungen |
| 5 Temperaturanzeige | 11 Druckmessgerät |
| 6 Gerät zur Messung des statischen Drucks | |

Bild 4 — Beispiel einer Out-Stack-Probenahmeeinrichtung

7.2.2.2 Filtergehäuse

Das Filtergehäuse ist ein Behältnis, in dem das Filter direkt oder unter Verwendung eines Filterhalters untergebracht ist. Bei der Out-Stack-Filtration muss das Filtergehäuse zur Aufrechterhaltung der Filtrationsbedingungen und zur Vermeidung von Kondensation thermostatisiert sein.

Die vor und nach der Probenahme zu wägenden Teile sind entweder:

- a) das Filter oder das Filter mit dem Filterhalter

In diesem Fall müssen Staubablagerungen im Filtergehäuse vor dem Filter zurückgewonnen und gewogen werden (siehe 9.6). Die Benutzung eines Filtergehäuses mit einem konischen Einlass mit einem Öffnungswinkel kleiner als 30° hilft, Staubablagerungen zu minimieren.

- b) das Filter, der Einlass des Filtergehäuses und die davor liegenden Teile (beispielsweise die Entnahmesonde)

In diesem Fall werden Staubablagerungen vor dem Filter direkt berücksichtigt. Es muss geprüft werden, ob die zu wägenden Teile mit dem Wägebereich der Waage kompatibel sind (siehe 8.3).

Das Filtergehäuse und der Filterhalter müssen so gestaltet sein, dass in der Nähe der Verbindungen keine Gasturbulenzen auftreten.

Zur Reduzierung des Druckabfalls am Filter und zur Verbesserung der Staubverteilung auf dem Filter sollte ein grobmaschiges Stützfilter (beispielsweise ein Drahtsieb) benutzt werden.

7.2.2.3 Filter

Die verwendeten Filter müssen den folgenden Anforderungen genügen:

- Abscheidegrad der Planfilter größer 99,5 % für ein Prüfaerosol mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 0,3 µm oder größer 99,9 % für ein Prüfaerosol mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 0,6 µm beim vorgesehenen Volumenstrom. Der Abscheidegrad muss vom Filterhersteller zertifiziert werden;
- das Filtermaterial darf nicht mit gasförmigen Bestandteilen reagieren oder sie absorbieren. Es muss bei der vorgesehenen Maximaltemperatur (z. B. für die Vorbehandlung und Probenahme) thermisch stabil sein.

Bei der Filterauswahl sollte auch folgendes berücksichtigt werden:

- der Druckabfall des Filters und seine Erhöhung bei der Probenahme durch den gesammelten Staub. Dies hängt von der Art des Filters ab. Beispielsweise kann der Druckabfall zwischen 3 kPa und 10 kPa bei einer Filtrationsgeschwindigkeit von ungefähr 0,5 m/s betragen;
- bei Filtern mit organischen Bindemitteln müssen mögliche Wägeschwankungen aufgrund von Verdampfung des Bindemittels beim Erhitzen beachtet werden;
- Glasfaserfilter können mit sauren Bestandteilen wie SO₃ reagieren. Dies führt zu einer Gewichtszunahme. Die Verwendung wird nicht empfohlen;
- Quarzfilter haben sich trotz ihrer geringen mechanischen Festigkeit in den meisten Fällen als geeignet erwiesen;
- PTFE-Filter haben sich ebenfalls bewährt, jedoch darf die Maximaltemperatur des filtrierten Gases 230 °C nicht überschreiten (siehe Herstellerangaben).

Falls die Bestimmung der Staubzusammensetzung geplant ist, sollte der Filterleerwert der betreffenden Substanz bei der Wahl des Filtermaterials berücksichtigt werden.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Filtermaterialien und deren Vorteile und Einsatzgrenzen.

Tabelle 1 — Filtermaterialien und deren Vorteile und Einsatzgrenzen

Material	Vorteile	Einsatzgrenzen
Zellulose		– Einsatz bei Temperaturen oberhalb von 75 °C nicht möglich – geringe Filterkapazität für Staub
PTFE ^a	– erwiesene Tauglichkeit – nicht anfällig für Faserverluste	– Einsatz bei Temperaturen oberhalb von 230 °C nicht möglich – schlechte mechanische Eigenschaften – anfällig für Einrollen bei der Behandlung im Ofen – elektrostatische Aufladung kann die Wägung beeinflussen
Glasfasern	– sehr gute mechanische Eigenschaften	– reagiert mit sauren Verbindungen wie SO₃ – Einsatz bei Temperaturen oberhalb von 200 °C nicht möglich
Quarzfaser	– thermisch stabil – resistent gegen chemische Reaktionen mit dem Abgas, beispielsweise HF, HCl, SO₂, SO₃, H₂SO₄, NO und NO₂	– Faserverluste können auftreten – schlechte mechanische Eigenschaften – Einsatz bei Temperaturen oberhalb von 700 °C nicht möglich
^a PTFE kann bei Temperaturen von bis zu 230 °C eingesetzt werden. Einige Hersteller haben jedoch geringere Temperaturgrenzen, beispielsweise 120 °C.		

Lasergeschnittene Filter haben auf Grund der Erhitzung des Filtermaterials durch den Laser erhöhte Ränder. Deshalb können lasergeschnittene Filter auf Grund von mechanischen Beschädigungen der aufgeschmolzenen Ränder Material verlieren, wenn der Filter in einen Filterhalter geklemmt und dem Filterhalter zwecks Wägung wieder entnommen wird.

7.2.3 Entnahmesonde

Der zu messende Gasstrom tritt durch die Entnahmesonde in die Probenahmeeinrichtung ein. Die Entnahmesonde ist entweder mit dem Absaugrohr oder dem Filtergehäuse verbunden.

Um eine isokinetische Probenahme des strömenden Gases in einem großen Geschwindigkeitsbereich (z. B. 3 m/s bis 50 m/s) ohne größere Änderung des Teilvolumenstroms zu ermöglichen, muss die Probenahmeeinrichtung mit einem Satz von Entnahmesonden verschiedener Durchmesser ausgestattet sein.

Die Spitze der Entnahmesonde muss dünnwandig sein, um den Hauptvolumenstrom nicht zu beeinflussen. Anhang C zeigt Einzelheiten von vier erprobten Ausführungen. Andere Ausführungen sind zulässig, wenn sie nachweislich zu vergleichbaren Ergebnissen führen.

Da die Abschrägung der Entnahmesonde aus mechanischen Gründen eine genügende Dicke haben muss, führt dies zu einer Unsicherheit der effektiven Probenahme­fläche, die weniger als 10 % sein sollte, um die Kriterien für die isokinetische Probenahme zu erfüllen. Deshalb sollten Entnahmesonden einen Innendurchmesser von mehr als 8 mm besitzen.

Um Störungen der Gasströmung an der Sondenspitze zu minimieren, müssen folgende Bedingungen zusätzlich erfüllt werden:

- a) konstanter Innendurchmesser der Entnahmesonde auf einer Länge von mindestens einem Innendurchmesser oder mindestens 10 mm von der Sondenspitze, je nachdem, welcher Wert größer ist;
- b) jede Änderung des Innendurchmessers muss fließend sein mit einem Öffnungswinkel kleiner als 30°;
- c) Bögen sind nur nach einer geraden Strecke von mindestens 30 mm erlaubt; der Krümmungsradius eines Bogens muss mindestens gleich dem 1,5fachen Innendurchmesser sein;
- d) jede Änderung des Außendurchmessers eines Teils der Probenahmeeinrichtung, das weniger als 50 mm von der Sondenspitze entfernt ist, muss fließend sein mit einem Öffnungswinkel kleiner als 30°;
- e) Strömungshindernisse aufgrund der Probenahmeeinrichtung sind
 - 1) vor der Sondenspitze verboten;
 - 2) neben und hinter der Sondenspitze erlaubt, wenn sie mehr als 50 mm und mindestens soweit entfernt sind, wie das Hindernis groß ist, je nachdem, welcher Wert größer ist.

7.2.4 Absaugrohr für Out-Stack-Filtergeräte

Das Absaugrohr muss eine glatte und gut polierte innere Oberfläche besitzen. Es muss so gestaltet sein, dass eine Kontrolle und mechanische Reinigung möglich sind. Das Rohr ist zu thermostatisieren, um die vorgesehenen Bedingungen für die Filtration des Gases einzuhalten.

7.2.5 Absaugaggregat

Das Absaugaggregat (Gaspumpe) muss dicht und korrosionsbeständig sowie in der Lage sein, den maximal vorgesehenen Volumenstrom unter Probenahmebedingungen zu fördern (Unterdruck auf der Saugseite bis zu beispielsweise 40 kPa). Der Teilvolumenstrom muss über einen weiten Bereich mittels Regelventil und/oder Bypass einstellbar sein. Ein Absperrventil zur Unterbrechung des Gasstroms durch die Probenahmeeinrichtung muss ebenfalls vorhanden sein.

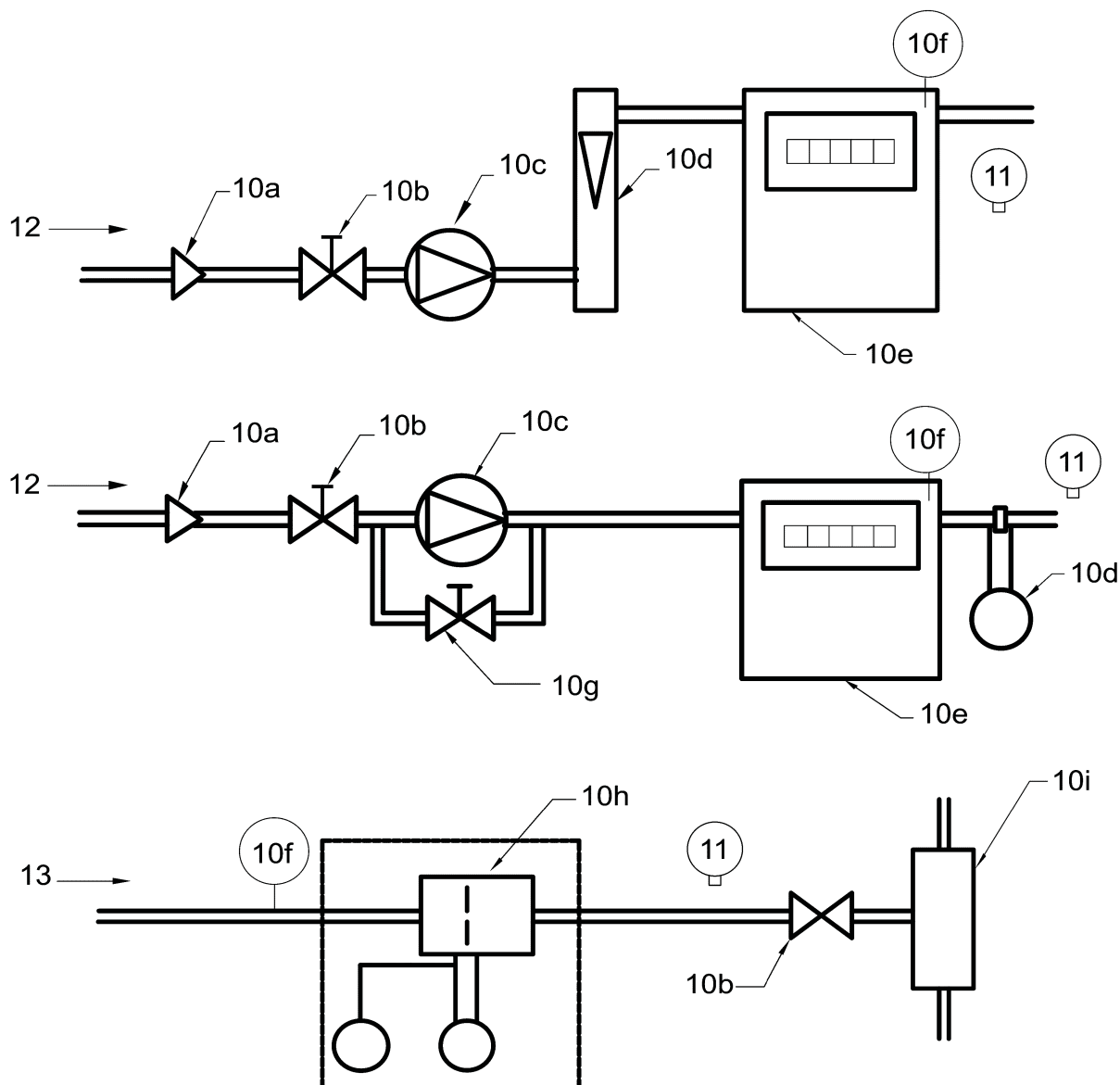
7.2.6 Geräte zur Messung des Gasvolumens

Die beiden folgenden Arten von Geräten zur Messung des Gasvolumens dürfen verwendet werden:

- a) Volumenstrommessung für trockene Abgase (siehe Bild 5):
 - 1) Kondensator und/oder Gastrockenturm;
 - 2) gasdichte Pumpe;
 - 3) Volumenstrommessgerät, zum Einstellen des Volumenstromes, kalibriert gegen ein Volumenmessgerät für trockenes Gas;
 - 4) Volumenmessgerät für trockenes Gas (maximale erweiterte Unsicherheit von 5 % beim vorgesehenen Volumenstrom) mit zugehöriger Messung des absoluten Drucks und der absoluten Temperatur (maximale erweiterte Unsicherheit von jeweils 2 %);
- b) Volumenstrommessung für feuchte Gase (siehe Bild 5):
 - 1) beheizte Rohre zur Vermeidung von Kondensation des Probengases vor dem Filter;
 - 2) Blende oder gleichwertige Geräte (z. B. Volumenstrommessgerät) mit einer maximalen erweiterten Unsicherheit von 10,0 % des geplanten Volumenstroms. Die erweiterte Unsicherheit der Messwerte für die Temperatur und den Druck (Absolut- und Differenzdruck) darf jeweils höchstens 2,0 % betragen;
 - 3) mit Druckluft betriebene Saugstrahlpumpe als Fördergerät;
 - 4) Geräte zur Messung des Umgebungsluftdrucks.

Andere Arten von Systemen sind unter der Bedingung erlaubt, dass die Komponenten die Anforderungen in Anhang D erfüllen.

ANMERKUNG Falls eine Nebenstromprobenahme zur Erfassung weiterer Messkomponenten angewandt wird, wird der Nebenvolumenstrom bei der Berechnung der isokinetischen Probenahme und der Berechnung des gesamten gesammelten Probevolumens berücksichtigt.



Legende

10a Absperrventil	10g Bypass-Regelventil
10b Einstellventil	10h Blende
10c Pumpe	10i Druckluft-Saugstrahlpumpe
10d Volumenstrommessgerät	11 Druckmessgerät
10e Gasmengenzähler (trockenes Abgas)	12 trockenes Abgas
10f Anzeige für die Temperatur des Probengases	13 feuchtes Abgas

Bild 5 — Beispiele für Absaugaggregate und Gasmesseinrichtungen

7.3 Betriebsmittel zur Erfassung der Staubablagerungen

Die folgenden Betriebsmittel dürfen zur Erfassung der Staubablagerungen verwendet werden:

- a) gereinigtes Wasser (entionisiert und gefiltert mit einem Abdampfdruckstand von höchstens 1,0 mg/l;
- b) Aceton (höchste Reinheit mit einem Abdampfdruckstand von höchstens 1,0 mg/l;
- c) Behälter geeigneter Größe (z. B. 250 ml) für Lagerung und Transport der Spüllösung;
- d) Stopfen (Aceton beständig) zum Verschließen des Absaugrohrs.

7.4 Geräte zur Vorbehandlung und Wägung

Die folgenden Geräte dürfen zur Vorbehandlung und Wägung verwendet werden:

- a) Wägebehälter zum Einengen der Spüllösung: die Masse muss der verwendeten Waage entsprechen. Glas und Keramik haben sich als geeignet erwiesen. Kunststoffe werden nicht empfohlen;
- b) Exsikkatoren: im Wägeraum aufgestellt, mit einem Trockenmittel (z. B. Kieselgel, Calciumchlorid);
- c) Trockenschrank: Labortrockenschrank, thermostatisiert auf ± 5 °C;
- d) Waage: Auflösung zwischen 0,01 mg und 0,1 mg. Der Wägebereich muss der Masse der zu wägenden Teile (siehe 7.2.2.2) angepasst sein. Abhängig vom Ort des Wägeraums muss besonders auf Wägefehler durch Schwingungen, Luftzug und Temperaturschwankungen geachtet werden;

ANMERKUNG Die Wägeunsicherheit beinhaltet nicht nur die Eigenschaften der Waage, sondern das gesamte Wägeverfahren (siehe Anhang E).

- e) Thermometer und Hygrometer in der Nähe der Waage;
- f) Druckmessgerät;
- g) abhängig vom Eindampfverfahren müssen ein Abzug und eine Heizplatte zum Eindampfen der Spüllösung vorhanden sein.

8 Wägeverfahren

8.1 Allgemeines

Abhängig von der verwendeten Probenahmeeinrichtung können die zu wägenden Teile das Filter mit oder ohne Filterhalter umfassen und gegebenenfalls auch alle Teile stromaufwärts vor dem Filter einschließen.

Abhängig von dem verwendeten Verfahren können die Spüllösungen eingedampft und im selben Behälter gewogen oder in einen kleineren Behälter für die Wägung überführt werden.

8.2 Vorbehandlung vor der Probenahme

Falls das Filtergehäuse zu den zu wägenden Teilen gehört, müssen die Außenflächen vor der Wägung gereinigt werden.

Zu wägende Teile müssen vor der Probenahme mindestens 1 h im Trockenschrank bei einer Temperatur, die mindestens 20 °C über der maximalen Temperatur bei der Probenahme und bei der Behandlung nach der Probenahme getrocknet werden (siehe auch Anhang H).

Die vor der Wägung zur Konditionierung verwendete Temperatur ist im Messbericht anzugeben.

Die Filter und/oder die Wägebehälter werden in einen Exsikkator, der sich im Wägeraum befindet, über mindestens 4 h auf Umgebungstemperatur abgekühlt. Für größere Teile, beispielsweise Wägebehälter, können bis zu 12 h notwendig sein.

8.3 Wägung

Da die Staubkonzentration aus dem Unterschied zwischen Gewichten bestimmt wird, die häufig in einem Abstand von einer oder zwei Wochen ermittelt wurden, ist besondere Aufmerksamkeit notwendig, um Wägefehler aufgrund von Drift der Waage, unzureichendem Temperaturgleichgewicht der zu wägenden Teile und klimatischen Änderungen zu vermeiden (siehe Beispiel in Anhang F). Daher muss der Anwender vor der Durchführung von Messungen sein Wägeverfahren validieren (siehe 8.6). Es wird dringend empfohlen, für die Wägung vor und nach der Probenahme dieselbe Waage zu verwenden.

Vor jeder Wägereihe

- a) muss die Waage mit Normgewichten überprüft werden;
- b) muss eine zusätzliche Überprüfung durch Wägung von Prüfteilen durchgeführt werden, die identisch mit den bei der Messung zu verwendenden Teilen sind und unter den gleichen kontrollierten Temperatur- und Feuchtebedingungen vorbehandelt wurden und frei von Kontaminationen sind;
- c) müssen die klimatischen Bedingungen im Wägeraum aufgezeichnet werden.

Wenn großvolumige Teile gewogen werden (z. B. Becher), können die Temperatur und der Luftdruck das scheinbare Gewicht beeinflussen. Dies kann durch Verwendung des Bezugsgewichts von Prüfteilen erkannt werden. Unter diesen Bedingungen müssen Wägekorrekturen angebracht werden, die durch die scheinbare Gewichtsänderung der Prüfteile eines jeden Typs (Filter mit Filterhalter, Behälter usw.) oder durch Berechnung des Einflusses des Umgebungsdrucks auf Basis von zuvor vom jeweiligen Prüflaboratorium ermittelten Verfahrenskenngrößen ermittelt werden.

Weiterhin ist eine Zunahme oder Abnahme des Gewichts aufgrund folgender Einflüsse zu beachten:

- elektrostatische Aufladungen, die fehlerhafte Anzeigen verursachen und daher zu entladen oder neutralisieren sind (Metallplatte, Ionenkanone);
- hygroskopische Eigenschaften des Filtermaterials und/oder des Staubs;
- Störung der Waage aufgrund von geringen Temperaturunterschieden zwischen den zu wägenden Teilen und der Umgebung.

Die Wägung muss innerhalb von 3 min nach Entnahme aus dem Exsikkator erfolgen. Drei Ablesungen müssen nach 1 min, nach 2 min und nach 3 min durchgeführt werden. Wenn eine signifikante Erhöhung zu beobachten ist, muss die Probe für mindestens 4 h in den Exsikkator zurückgelegt werden. Das Wägeverfahren ist dann zu wiederholen. Anschließend ist das auf trockene Bedingungen bezogene Gewicht durch Extrapolation auf den Zeitpunkt Null zu berechnen;

8.4 Behandlung zu wägender Teile nach der Probenahme

Falls das Filtergehäuse zu den zu wägenden Teilen gehört, müssen die Außenflächen vor der Wägung gereinigt werden.

Zu wägende Teile müssen nach der Probenahme mindestens 1 h im Trockenschrank bei 160 °C oder bei der Filtrationstemperatur getrocknet werden (siehe auch Anhang H). Anschließend sind sie nach 8.2 auf Umgebungstemperatur zu äquilibrieren.

Die vor der Wägung zur Konditionierung verwendete Temperatur ist im Messbericht anzugeben.

8.5 Behandlung der Spüllösungen nach der Probenahme

Alle Spüllösungen (Wasser und Aceton) von allen Teilen vor dem Filter, die in 9.6 beschrieben werden, sind zur weiteren Behandlung in das Labor zu bringen. Es ist darauf zu achten, dass keine Kontaminationen erfolgen.

Die Lösungen sind vorsichtig in die zuvor getrockneten und gewogenen Behälter zu geben (siehe 8.2). Während des Eindampfens darf die Lösemittelmischung nicht siedend werden. Da sich das Volumen der Lösung durch das Eindampfen verringert, dürfen kleine Gefäße verwendet werden, bevor die Wägung mit dem endgültigen Wägebehälter erfolgt.

ANMERKUNG Erprobte Verfahren zum Eindampfen von Spüllösungen sind:

- 1) Eindampfen in einem Trockenschrank bei 120 °C und Umgebungsdruck. Die Verwendung von Luft oder Stickstoff zur Verdünnung wird empfohlen, um die Acetondämpfe auf ein unschädliches Niveau zu verdünnen;
- 2) Eindampfen in einem geschlossenen System (Exsikkator). Die Starttemperatur wird auf 90 °C eingestellt und der Druck auf 40 kPa (absolut) verringert. Von Zeit zu Zeit wird die Temperatur erhöht und Druck verringert. Im letzten Schritt werden sie auf 140 °C und 20 kPa (absolut) eingestellt.

Nach dem Eindampfen sind die Wägebehälter für mindestens 1 h bei 160 °C (siehe Begründung in Anhang H) in den Trockenschrank zu stellen und anschließend nach 8.2 auf Umgebungstemperatur abzukühlen.

Von den verwendeten Lösemitteln ist mindestens ein Leerwert aus dem gleichen Volumen für mögliche Korrekturen zu bestimmen.

8.6 Verbesserung des Wägeverfahrens

Aus der Methodenanwendung ist bekannt, dass Wägeunsicherheiten nicht nur von den Leistungsmerkmalen der Waage abhängen, sondern von dem gesamten verwendeten Verfahren. Vor der Durchführung von Messungen muss der Anwender daher unter Berücksichtigung der Geräte für die Probenahme und der Filter eigene Verfahren festlegen und validieren.

Wiederholtes Wägen derselben Teile verteilt auf mehrere Wochen und unter verschiedenen Bedingungen, beispielsweise für die Umgebungstemperatur, den Luftdruck und die Feuchte, liefert mittels der Standardabweichung eine Schätzung der tatsächlichen Präzision der Wägung unter Berücksichtigung der Unsicherheiten, die beispielsweise auf der Handhabung der Filter und der Dauer der Äquilibrierung beruhen.

Die Ergebnisse werden als erste Schätzung des Feldblindwerts verwendet. Sie liefern Anhaltspunkte zur Berechnung des zu sammelnden Gasvolumens, das benötigt wird, um aussagekräftige Daten unter Berücksichtigung der zu erwartenden Staubkonzentrationen zu erhalten (siehe Anhang E).

Falls die tatsächliche Präzision der Wägung unzureichend ist, kann die Wägung durch die Regelung der Einflussgrößen verbessert werden, beispielsweise in einer klimakontrollierten Umgebung.

9 Probenahmeverfahren

9.1 Vorbereitung

Die Geräte müssen vor dem Transport zur Anlage gereinigt, vorbereitet und überprüft werden. Es muss darauf geachtet werden, dass Teile der Probenahmeeinrichtung, die zuvor für die Probenahme bei hohen Staubkonzentrationen eingesetzt wurden, nicht wiederverwendet werden, ohne dass die Teile zerlegt und gründlich gereinigt wurden.

Abhängig vom Messprogramm müssen die Filter und die damit in Verbindung stehenden zu wägenden Teile für jede Messreihe vorbereitet werden.

Die Teile sind nach Abschnitt 8 zu wägen.

Alle zu wägenden Teile, das Absaugrohr und anderer Teile der Messeinrichtung, die mit der Probe in Kontakt kommen und später gespült werden, müssen während des Transports und der Lagerung vor Kontamination geschützt werden.

9.2 Handhabung der Filter

Die Handhabung der Filter kann eine wesentliche Unsicherheitsquelle bei der Staubmessung sein, die häufig zu strukturellen Schäden an den Filtern und einem möglichen Materialverlust der Filter führt. Daher muss die Handhabung der Filter auf ein Minimum beschränkt werden.

Falls möglich müssen Filter bereits am ständigen Sitz des Prüflaboratoriums vor dem Transport zum Messplatz in die einzelnen Filterhalter eingesetzt werden. Jeder Filter mit seinem Filterhalter muss für den Transport in einen eigenen Transportbehälter gegeben werden.

Am Messplatz wird der Filter in seinem Filterhalter dem Transportbehälter entnommen und in das Filtergehäuse eingesetzt. Nach der Probenahme wird der Filter in seinem Filterhalter dem Filtergehäuse entnommen und in den Transportbehälter für den anschließenden Transport ins Labor zurückgegeben.

ANMERKUNG 1 Die Einheit aus Filter und Filterhalter schützt den Filter vor strukturelle Schäden, die bei der Handhabung auftreten können, und vor Einflüssen aufgrund der Umgebungsbedingungen.

Bei der In-Stack-Filtration darf der Filter in seinem Filterhalter mit dem Filtergehäuse und der Entnahmesonde verbunden werden, wodurch eine Filtereinheit entsteht.

Falls in Ausnahmefällen vor Ort ein Filterhalter für mehrere Filter verwendet wird, müssen Maßnahmen ergriffen werden, die Schäden am Filter durch die Handhabung und Einflüsse auf den gesammelten Staub auf dem Filter durch die Umgebungsbedingungen wie starker Wind und Regen verhindern.

ANMERKUNG 2 Filterhalter, die den Filter mittels Klemmring einklemmen, können mechanische Schäden verursachen, die zu strukturellen Beschädigungen des Filters und damit zu Filterverlusten bei der Probenahme führen können.

ANMERKUNG 3 Für die Handhabung und Wägung der Filter nach der Probenahme werden verschiedene Vorgehensweisen verwendet. Filter in Filterhaltern können dem Filterhalter entnommen und gewogen werden, wobei besondere darauf zu achten ist, dass dem Filterhalter anhaftendes, loses Filtermaterial ebenfalls entnommen und gewogen wird. Alternativ können Filterhalter und Filter als Einheit gewogen werden. Filter in kombinierten Filtereinheiten werden gemeinsam gewogen.

ANMERKUNG 4 Die Erfahrung hat gezeigt, dass Filter loses Material enthalten können. Filter können mittels Durchsaugen von sauberer Umgebungsluft durch den Filter über eine festgelegte Zeitdauer und mit einem festgelegten Volumenstrom vorbehandelt werden. Dadurch wird sichergestellt, dass nach der Vorbehandlung kein weiterer Verlust an Filtermaterial auftritt. Falls ein Vorblasen der Filter stattfindet, werden die Filter für die Probenahme in derselben Richtung in die Filterhalter eingesetzt, wie beim Vorblasen.

9.3 Voruntersuchungen

Staubmessungen können mit einfachen Sonden ohne Geschwindigkeitsmessung oder mit kombinierten Sonden durchgeführt werden (die Teilgasentnahme und die Geschwindigkeitsmessungen werden zeitgleich an jedem Messpunkt durchgeführt). Das bevorzugte Verfahren basiert auf einer kombinierten Sonde mit einem isokinetischen Probenahmevervolumenstrom, der auf Basis der tatsächlichen Geschwindigkeitsmessung berechnet wird. Für gleichmäßige Prozesse darf eine einfache Sonde verwendet werden. Der isokinetische Probenahmevervolumenstrom wird dann auf Basis des zuvor bestimmten Geschwindigkeitsprofils berechnet. Die Wahl des Durchmessers der Entnahmesonde hängt von der Leistungsfähigkeit der Pumpe und den Abgasbedingungen ab (z. B. Geschwindigkeit, Temperatur und Feuchte).

Daher werden für sachgemäße Staubmessungen zusätzliche Informationen über den Abgasquerschnitt, das Abgas und die Gleichmäßigkeit des Anlagenbetriebs benötigt.

Die folgenden Schritte sind durchzuführen:

- a) Die Abgaszusammensetzung ist zu bestimmen, insbesondere die Konzentration an Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf.
- b) Die Abgasdichte ist auf Basis der Abgaszusammensetzung zu berechnen.
- c) Anzahl und Position der Messpunkte sind nach EN 15259 auszuwählen.
- d) Falls die Staubmessung nicht mit einer kombinierten Sonde durchgeführt wird, ist ein Geschwindigkeitsmessgerät an einem geeigneten festen Punkt im Messquerschnitt zu installieren. Die an dem festen Punkt ermittelten Geschwindigkeitsdaten werden zur Überprüfung der Gleichmäßigkeit des Prozesses verwendet.
- e) Die Temperaturen und Geschwindigkeiten des Abgases sind an den ausgewählten Messpunkten im Abgaskanal zu messen. Weiterhin sind mögliche Abweichungen der Richtung des Abgasstroms in Bezug auf die Kanalachse zu überprüfen. Die Einhaltung der Anforderungen nach 5.2 der EN 15259 ist nachzuweisen. Siehe 6.1 bei Abweichungen.
- f) Unter Berücksichtigung der vorausgehenden Berechnungen (siehe Anhang F) und der gemessenen Geschwindigkeiten ist ein geeigneter Durchmesser der Entnahmesonde auszuwählen, der die Einhaltung der isokinetischen Bedingungen an allen Messpunkten sicherstellt.
- g) Falls die Gleichmäßigkeit der stationären Quelle nicht gewiesen wird, ist eine kombinierte Sonde zu verwenden, wobei die tatsächlichen Geschwindigkeitsdaten während der Probenahme für die isokinetische Probenahme an jedem Messpunkt benutzt werden.
- h) Falls die mit der festen Sonde gemessene Schwankung der Geschwindigkeit bei der Messung nach e) weniger als 10 % beträgt, wird der Prozess als gleichmäßig angesehen. In diesen Fällen ist der isokinetische Volumenstrom bei der Probenahme auf Basis des Geschwindigkeitsprofils aus den Vormessungen für jeden Messpunkt im Abgaskanal zu berechnen.

9.4 Dichtheitsprüfung

Die Probenahmeeinrichtung ist mindestens einmal am Tag vor Beginn der Messreihe auf Dichtheit zu prüfen. Diese Prüfung ist nach dem folgenden oder jedem anderen geeigneten Verfahren durchzuführen:

- a) die gesamte Probenahmeeinrichtung ist zusammenzusetzen;
- b) der Einlass der Entnahmesonde ist abzudichten;
- c) die Pumpe ist einzuschalten;
- d) der Volumenstrom ist nach Erreichen des niedrigsten Drucks abzulesen;
- e) der Volumenstrom durch Undichtigkeiten ist beispielsweise mit einem Schwebekörperdurchflussmessgerät zu messen und darf 2 % des erwarteten Volumenstroms bei der Probenahme nicht übersteigen.

Die Geräte zwischen der Pumpe und dem Gasmengenzähler sind zu Beginn der Messreihe auf Dichtheit zu prüfen, beispielsweise unter Verwendung flüssiger Seife.

Die Dichtheitsprüfung ist bei der Betriebstemperatur durchzuführen, wenn die Sicherheitsvorschriften dies gestatten.

Die korrekte Arbeitsweise der Probenahmeeinrichtung kann auch während der Probenahme geprüft werden, indem die Konzentration einer geeigneten Abgaskomponente (z. B. Sauerstoff) kontinuierlich direkt im Abgaskanal und am Ende der Probenahmeleitung gemessen wird. Ein systematischer Unterschied zwischen diesen beiden Konzentrationen weist auf eine Undichtigkeit im System hin.

Leckagen sind zu untersuchen und zu beseitigen.

9.5 Probenahme

Die Probenahme ist in folgender Weise durchzuführen:

- a) Die betroffenen Teile der Probenahmeeinrichtung sind auf die gewählte Filtrationstemperatur vorzuheizen, beispielsweise auf die Abgastemperatur im Abgaskanal oder mindestens auf die empfohlene Temperatur von 160 °C. Die bei der Probenahme verwendete Temperatur ist im Messbericht anzugeben.

ANMERKUNG 1 Bei In-Stack-Filtergeräten können die betroffenen Teile der Probenahmeeinrichtung vor der Probenahme im Abgaskanal vorgeheizt werden.

Die Probenahmeeinrichtung ist mit der möglichst stromabwärts ausgerichteten Entnahmesonde in den Abgaskanal einzuführen, wobei jeglicher Kontakt der Entnahmesonde mit Teilen des Abgaskanals zu vermeiden ist. Bei starkem Unterdruck im Abgaskanal muss die Pumpe bei niedriger Leistung laufen, bevor die Sonde in den Abgaskanal eingebracht wird, um zu vermeiden, dass Filtermaterial zurückgesaugt wird.

Die Messöffnungen sind abzudichten, um das Eindringen von Luft in den Abgaskanal oder Belastung des Bedienungspersonals mit giftigen Gasen zu minimieren.

- b) Die Probenahmesonde ist so zu drehen, bis die Entnahmesonde auf $\pm 10^\circ$ stromaufwärts ausgerichtet ist. Das Absperrventil ist zu öffnen, das Absaugaggregat einzuschalten und der Volumenstrom so einzustellen, dass eine isokinetische Probenahme innerhalb von -5 % bis +15 % erreicht wird (siehe Anhang B).
- c) Die Probenahmedauer muss an jedem ausgewählten Messpunkt gleich sein.
- d) Die gesamte Probenahmedauer muss mindestens 30 min betragen.
- e) Zu Beginn der Probenahme sind der Luftdruck, die Temperatur und das Volumen des Gasmengenzählers aufzuzeichnen.
- f) An jedem Messpunkt ist der mit einer Staudrucksonde oder einer anderen geeigneten Messeinrichtung, die entweder an einem festen Punkt (siehe 9.3) installiert oder an der Probenahmeeinrichtung befestigt ist, gemessene dynamische Druck mindestens alle 5 min aufzuzeichnen. Abhängig von diesem Wert ist der Volumenstrom für die isokinetische Probenahme innerhalb von -5 % bis +15 % einzustellen.

ANMERKUNG 2 Gute Laborpraxis bei der Verwendung von Gasmengenzählern trockener Bauart beinhaltet die Aufzeichnung der Temperatur und des Drucks am Gasmengenzähler mindestens alle 5 min und die Verwendung dieser Werte bei der Berechnung des gesammelten Gesamtvolumens.

- g) Die Probenahme darf nicht unterbrochen werden, wenn der nächste Messpunkt mit der Entnahmesonde angefahren wird. Der Volumenstrom ist sofort den isokinetischen Bedingungen anzupassen.

- h) Nach Beendigung der Probenahme an allen ausgewählten Messpunkten einer Messachse ist das Absperrventil zu schließen und das Absaugaggregat abzuschalten. Die Probenahmeeinrichtung ist dem Abgaskanal zu entnehmen und auf der nächsten Messachse neu zu positionieren.

ANMERKUNG 3 Für die Messung geringer Staubkonzentrationen ist es besser, nur ein Filter für die gesamte Messung zu verwenden (anreichernde Probenahme).

ANMERKUNG 4 Die Filterbeladung und die maximale Gasgeschwindigkeit sollten die Herstellerempfehlungen nicht überschreiten.

- i) Nach Beendigung der Probenahme an allen Messpunkten ist wie folgt vorzugehen:
- 1) Die Temperatur und das Volumen am Gasmengenzähler sind aufzuzeichnen.
 - 2) Die Probenahmeeinrichtung ist nach dem Schließen des Absperrventils und dem Ausschalten des Absaugaggregats dem Abgaskanal zu entnehmen. Bei starkem Unterdruck im Abgaskanal muss die Pumpe bei niedriger Leistung laufen, wenn die Sonde dem Abgaskanal entnommen wird, um zu vermeiden, dass Filtermaterial zurückgesaugt wird.
 - 3) Die Probenahmeeinrichtung ist zu zerlegen. Das Filter und das Filtergehäuse sind auf Anzeichen von Bruch oder Kondensation visuell zu überprüfen (bei Anzeichen von Kondensation wurde die Probenahmeeinrichtung unterhalb oder zu nah am Taupunkt betrieben). In solchen Fällen ist die Messung ungültig.
- j) Die zu wägenden Teile sind für den Transport zur Wägung im Labor in einen geschlossenen, elektrostatisch-freien Behälter zu geben (siehe Abschnitt 8).

9.6 Rückgewinnung von Ablagerungen vor dem Filter

9.6.1 Allgemeines

Experimentelle Arbeiten, die im Rahmen der Erarbeitung dieser Europäischen Norm durchgeführt wurden, haben belegt, dass bei der Probenahme an Abfallverbrennungsanlagen und Konzentrationen um 5 mg/m^3 die Staubablagerungen stromaufwärts vor dem Filter häufig 10 % bis 30 % des Gesamtstaubs betragen.

Diese Ablagerungen hängen wahrscheinlich von der Gestaltung der Probenahmeeinrichtung und der Art des zu messenden Staubs ab, jedoch wurden keine effizienten Möglichkeiten gefunden, um sie auf einem zu vernachlässigenden Niveau zu halten. Aus diesem Grund müssen alle nicht zu wägenden Teile der Probenahmeeinrichtung vor dem Filter gespült werden. Die Masse des Staubs auf den nicht zu wägenden Teilen vor dem Filter ist im Messbericht neben den Massen auf den Filtern, die in derselben Messreihe verwendet wurden, anzugeben.

Bei der Probenahme mit In-Stack-Filtergeräten ohne Krümmer zwischen Entnahmesonde und Filtergehäuse (siehe Anhang C) in ungesättigten Abgasen und mit einer Temperatur, die deutlich über dem Taupunkt des Abgases liegt, müssen die Ablagerungen vor dem Filter nicht quantifiziert werden, wenn durch Untersuchungen unter ähnlichen Prozessbedingungen belegt wurde, dass die Ablagerungen 10 % des für den Prozess festgelegten Grenzwerts für das Tagesmittel nicht überschreiten, wobei die Ablagerungen in denselben Einheiten wie das Messergebnis anzugeben sind (beispielsweise in Milligramm pro Kubikmeter).

9.6.2 Spülverfahren

Alle Teile vor dem Filter, die nicht gewogen werden und mit dem Probegas Kontakt hatten, müssen zur Rückgewinnung von Ablagerungen gespült werden, es sei denn, die Quantifizierung möglicher Ablagerungen wird nicht gefordert (siehe 9.6.1).

Falls das Spülen vor Ort durchgeführt wird, ist zur Vermeidung von Kontaminationen besondere Sorgfalt geboten. Das Spülen ist nach folgendem Verfahren durchzuführen:

- a) die Entnahmesonde, der Bogen und andere dem Filter vorgelagerte Teile sind vorsichtig mit Wasser zu spülen. Die Spülflüssigkeit ist in einen Aufbewahrungsbehälter zu gießen, wobei darauf zu achten ist, dass nichts von den Außenseiten in den Behälter gelangt. Abhängig von den Staubeigenschaften ist das Verfahren mit Azeton zu wiederholen, wobei die Spülflüssigkeit in denselben Behälter zu gießen ist;
- b) zur Spülung des Absaugrohrs ist zunächst eine Seite abzudichten, genügend Wasser einzufüllen, um die Innenwände anzufeuchten und zu reinigen, und dann die andere Seite zu verschließen. Das Rohr ist dann zur Reinigung um die Längsachse zu drehen und mehrmals zu neigen. Anschließend ist die Spülflüssigkeit in den Aufbewahrungsbehälter für den Transport zu gießen. Abhängig von den Staubeigenschaften ist das Verfahren mit Azeton zu wiederholen, wobei die Spülflüssigkeit in denselben Behälter zu gießen ist.

Es darf keine mechanische Reinigung zur Rückgewinnung von Staubablagerungen vor dem Filter durchgeführt werden.

Die Teile vor dem Filter müssen mindestens nach jeder Messreihe im selben Messquerschnitt und mindestens einmal am Tag gespült werden. Die zurückgewonnene Masse ist den einzelnen Messungen nach dem Anteil der auf jedem Filter gesammelten Masse zuzuordnen.

9.7 Feldblindprobe

An jedem Messplatz ist entweder vor oder nach jeder Messreihe und mindestens einmal am Tag eine Feldblindprobe nach dem folgenden Verfahren und der Beschreibung in 9.4 und 9.6 zu ermitteln:

- a) die Apparatur ist zusammenzubauen;
- b) die Apparatur ist auseinanderzubauen;
- c) falls erforderlich, ist eine Spülung durchzuführen.

Dies ermöglicht die Abschätzung der Streuung der Ergebnisse in Bezug auf das gesamte durchgeführte Verfahren für Staubkonzentrationen in der Nähe des Nullpunkts, d.h. unter Berücksichtigung der Kontamination der Filter und der Spüllösungen bei der Handhabung vor Ort, des Transports, der Lagerung, der Handhabung im Labor und der Wägevorgänge.

Zur Berechnung des Feldblindwerts ist die Masse der Feldblindprobe durch das gemittelte Probengasvolumen der Messreihe zu teilen.

Alle Feldblindwerte sind im Messbericht einzeln anzugeben.

Der Feldblindwert darf 10 % des für den Prozess festgelegten Emissionsgrenzwerts für den Tagesmittelwert oder 0,5 mg/m³ nicht überschreiten, wobei der jeweils größere Wert zu verwenden ist.

10 Berechnungen

10.1 Volumenstrom bei der Probenahme

Zur Durchführung einer isokinetischen Probenahme ist der benötigte Teilvolumenstrom unter Berücksichtigung der Gasgeschwindigkeit im Abgaskanal am Messpunkt und des effektiven Durchmessers der Entnahmesonde zu berechnen.

Da der Teilvolumenstrom unter Bedingungen (Temperatur, Druck, Feuchte) gemessen wird, die von den tatsächlichen Bedingungen des Gases im Abgaskanal abweichen, muss er wie folgt korrigiert werden:

$$Q_m = Q_a \times \frac{100 \% - h_a}{100 \% - h_m} \times \frac{T_m}{T_a} \times \frac{p_a}{p_m} \quad (2)$$

Dabei ist

- Q_m der gemessene Teilvolumenstrom unter den Bedingungen am Volumenmessgerät;
- Q_a der Teilvolumenstrom unter den tatsächlichen Bedingungen im Abgaskanal;
- h_m der Feuchtegehalt des Gases bei der Messung, in Prozent;
- h_a der Feuchtegehalt des Gases unter den tatsächlichen Bedingungen, in Prozent;
- T_m die Temperatur des Gases bei der Messung, in Kelvin;
- T_a die Temperatur des Gases unter tatsächlichen Bedingungen, in Kelvin;
- p_m der absolute Druck des Gases bei der Messung;
- p_a der absolute Druck des Gases unter tatsächlichen Bedingungen.

Der Zielwert von Q_a ist mit dem bei der Messung erreichten Wert von Q_a zu vergleichen, um die Einhaltung der isokinetischen Probenahme sicherzustellen.

10.2 Staubkonzentration

Für jede Messung sind die folgenden Größen zu berechnen:

- a) das Probenvolumen V mit der Angabe, ob die Berechnung auf der Basis trockener oder feuchter Gase und unter Normbedingungen erfolgte;
- b) die Gesamtmasse m des vor dem Filter (Spülung) und auf dem Filter gesammelten Staubs;
- c) die Staubkonzentration c :

$$c = \frac{m}{V} \quad (3)$$

In einigen Fällen ist es notwendig, die Staubkonzentration auf eine Sauerstoff-Bezugskonzentration zu beziehen, um Verdünnungseffekte zu korrigieren. Die gemessene Staubkonzentration für trockenes Abgas und Normbedingungen ist dazu mit dem Korrekturfaktor f_c zu multiplizieren:

$$f_c = \frac{21 \% - o_{\text{ref}}}{21 \% - o_m} \quad (4)$$

Dabei ist

- o_{ref} der Bezugswert für die Sauerstoff-Volumenkonzentration des trockenen Abgases, in Prozent;
- o_m die im Abgaskanal gemessene Sauerstoff-Volumenkonzentration des trockenen Abgases, in Prozent.

11 Messbericht

Der Messbericht muss ausführliche Angaben zu den durchgeführten Messungen, eine Beschreibung der Messaufgabe und den Messplan enthalten. Weiterhin muss der Messbericht ausreichende Angaben enthalten, damit die Berechnung der Ergebnisse aus den gesammelten grundlegenden Daten und den Betriebsbedingungen der Anlage nachvollzogen werden kann.

Der Messbericht muss die in EN 15259 festgelegten Punkte und mindestens Informationen zu den folgenden Punkten enthalten:

- a) Identifizierung der Probenahmestelle und Eigenschaften des Gases im Abgaskanal:
 - 1) Abmessungen des Abgaskanals, Anzahl und Lage der Messachsen und der Messpunkte;
 - 2) Geschwindigkeit und Temperatur an jedem Messpunkt;
 - 3) Gehalt an O₂, CO₂ und Wasserdampf;
 - 4) Einhaltung der in EN 15259 festgelegten Anforderungen an die Abgasströmung;
- b) Messverfahren:
 - 1) Staubmessung:
 - Verweis auf diese Europäische Norm;
 - jede Modifikation des Messverfahrens und die zugehörigen Validierungsdaten;
 - 2) Kenngrößen der Probenahmeeinrichtung:
 - Typ des Filtergeräts;
 - Durchmesser der Entnahmesonde;
 - Kenngrößen des Filters (Material, Größe usw.);
 - Temperatur bei der Filterbehandlung und Filtrationstemperatur;
- c) Untersuchungsergebnisse
 - 1) Anzahl der Messungen;
 - 2) für jede Messung:
 - Datum, Uhrzeit und Dauer;
 - gesammeltes Volumen;
 - Staubmasse auf dem Filter und Staubmasse in der Spülflüssigkeit;
 - Staubkonzentration bei den in der Messaufgabe festgelegten Bedingungen.
- d) Qualitätssicherung:
 - 1) Ergebnisse der Dichtheitsprüfung;
 - 2) Feldblindwert;
 - 3) Einhaltung der isokinetischen Bedingungen.

Ergebnisse unterhalb des Feldblindwerts sind im Messbericht als "Wert unterhalb des Feldblindwerts" anzugeben.

Anhang A (informativ)

Bei der Verfahrensvalidierung ermittelte Verfahrenskenngrößen

A.1 Allgemeines

Da sich die Zusammensetzung des Abgases mit der Zeit ändert, ist es nicht möglich, die Wiederholgrenze und die Vergleichsgrenze des Verfahrens nach ISO 5725-2 zu ermitteln.

Wenn jedoch ein Team eine Reihe von aufeinander folgenden, zeitgleichen Doppelbestimmungen mit zwei identischen Probenahmeeinrichtungen durchführt, erlaubt dieses Verfahren den statistischen Vergleich der zu berechnenden Messwertepaare $x_{i,1}$ und $x_{i,2}$.

Die Standardabweichung s der Messwertepaare beträgt:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{i,1} - x_{i,2})^2}{2n}} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

n die Anzahl der Messwertepaare.

Die Standardabweichung kann zur Berechnung der folgenden Größen verwendet werden:

- die interne Unsicherheit u (oder der interne Vertrauensbereich), die jeder einzelnen von dem Team durchgeführten Messung zugeordnet ist:

$$u = t_{0,95;n-1} s \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

$t_{0,95;n-1}$ der Studentfaktor für ein Vertrauensniveau von 95 % und eine Anzahl der Freiheitsgrade von $n - 1$.

- die Wiederholgrenze r (nach ISO 5725-2), d. h. die maximale Differenz zwischen zwei Messungen desselben Teams für ein Vertrauensniveau von 95 %:

$$r = \sqrt{2} t_{0,95;n-1} s \quad (\text{A.3})$$

Diese Daten können von Prüflaboratorien als Elemente der Qualitätssicherung verwendet werden.

Wenn Daten von mehreren unabhängigen, zusammenarbeitenden Teams zur Verfügung stehen, können ähnliche Berechnungen durchgeführt werden. Sie ermöglichen eine Schätzung der folgenden Größen:

- die erweiterte Unsicherheit, die einer einzelnen Messung zugeordnet ist, die von einem beliebigen Team durchgeführt wird, das die Anforderungen dieser Norm erfüllt. Diese Unsicherheit ist beim Vergleich von Messwerten mit dem Emissionsgrenzwert zu verwenden;
- die Vergleichsgrenze R (nach ISO 5725-2), d. h. die maximale Differenz, die zwischen zwei Messungen von verschiedenen Teams, die nach dieser Norm arbeiten, bei den Prozessbedingungen für ein Vertrauensniveau von 95 % zu erwarten ist.

Wenn Messungen bei niedrigen Staubkonzentrationen durchgeführt werden, kann die Nachweisgrenze durch folgende Verfahren geschätzt werden:

- Doppelbestimmungen und Berechnung der Unsicherheit;
- aufeinanderfolgende Messungen in der Nähe der Konzentration Null. Es wird vorausgesetzt, dass die Nachweisgrenze gleich der dreifachen Standardabweichung ist.

A.2 Experimentelle Daten

Validierungsmessungen wurden an zwei Hausmüllverbrennungsanlagen mit unterschiedlichen Verfahren der Abgasbehandlung durchgeführt:

- Anlage A: halbtrockener Reinigungsprozess mit Gewebefilter, Abgastemperatur: 140 °C;
- Anlage B: elektrostatische Abscheidung mit einem Wäscher, Abgastemperatur: 60 °C, mit Wasser gesättigt.

Die Probenahmedauer betrug 30 min.

Die Ergebnisse sind in Tabelle A.1 zusammengefasst.

Tabelle A.1 — Ergebnisse der Validierungsmessungen

	Anlage		
	A		B
Anzahl der parallel arbeitenden Teams	4		3
Anzahl der Out-Stack/In-Stack-Filtergeräte	1/3		3/0
Anzahl der durchgeführten Messungen	32		16
	Staub nur auf dem Filter mg/m ³	Gesamtstaub einschließlich Spülung mg/m ³	Gesamtstaub mg/m ³
Staubkonzentration			
Mittelwert	4,7	6,4	2,5
untersuchter Bereich	2 bis 17	3 bis 19	0,3 bis 6,8
Wiederholgrenze	1,7	2,1	1,9
Erweiterte Unsicherheit	2,4	4,0	1,8
Vergleichsgrenze	3,4	5,7	2,6

Die Nachweisgrenze wurde aus den Ergebnissen eines Teams wie folgt geschätzt:

- für trockene Gase: ungefähr 0,3 mg/m³ (nur Staub auf dem Filter);
- für mit Wasser gesättigte Gase: ungefähr 2 mg/m³ (Gesamtstaub).

A.3 Kommentare

Während der obigen Untersuchungen wurden einige hohe Feldblindwerte ($\pm 1 \text{ mg/m}^3$ oder höher) aufgrund der Wägeunsicherheiten des trockenen Rückstandes der Spülflüssigkeit berichtet (z. B. Verwendung von Behältern aus ungeeignetem Material).

Weitere Untersuchungen zeigten, dass diese Unsicherheiten auf weniger als $0,5 \text{ mg/m}^3$ reduziert werden können, was zu einer Verbesserung der Wiederholgrenze und Reproduzierbarkeit führt.

Eine Erhöhung der Probenahmedauer auf 60 min oder auf 90 min würde die Reproduzierbarkeit der Messungen signifikant verbessern.

Anhang B (informativ)

Einfluss des isokinetischen Verhältnisses auf die Repräsentativität der gesammelten Partikel

Bild B.1 zeigt den Einfluss des isokinetischen Verhältnisses v_n/v_d auf die Repräsentativität der gesammelten Partikel.

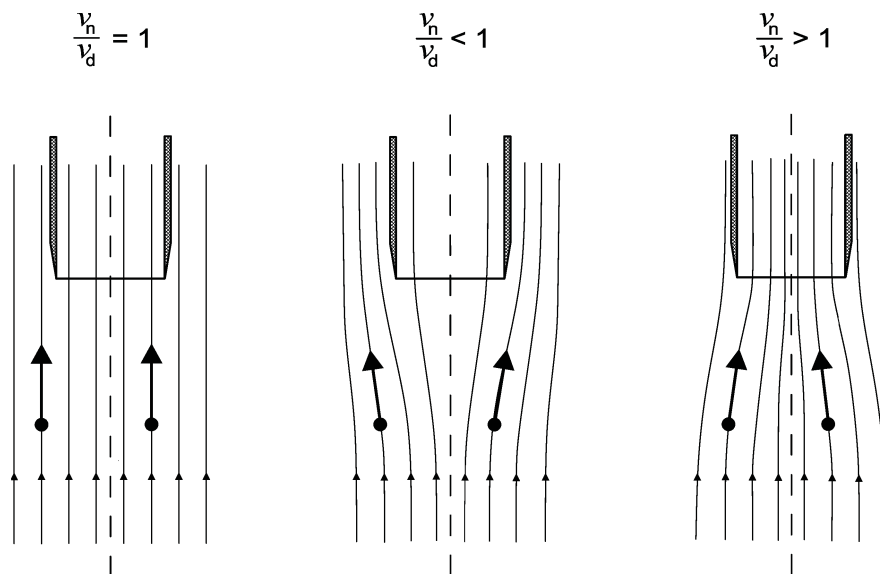


Bild B.1 — Schematische Darstellung des Einflusses des isokinetischen Verhältnisses v_n/v_d auf die Repräsentativität der gesammelten Partikel

Aus dem isokinetischen Verhältnis kann die Sammeleffizienz eines Probenahmesystems für Partikel mit unterschiedlichen aerodynamischen Durchmessern berechnet werden (siehe [1]). Bild B.2 zeigt beispielhaft die Sammeleffizienz für verschiedene Partikelfractionen in Abhängigkeit vom Verhältnis der Gasgeschwindigkeit in der Entnahmesonde zur Abgasgeschwindigkeit im Kanal. Es wurden eine Abgasgeschwindigkeit von 10 m/s und ein Sondendurchmesser von 10 mm für die Berechnung zu Grunde gelegt.

ANMERKUNG Die Sammeleffizienz ist das Verhältnis der bei einem bestimmten isokinetischen Verhältnis gemessenen Konzentration zu der Konzentration, die bei einem isokinetischen Verhältnis von 1,0 ermittelt wird.

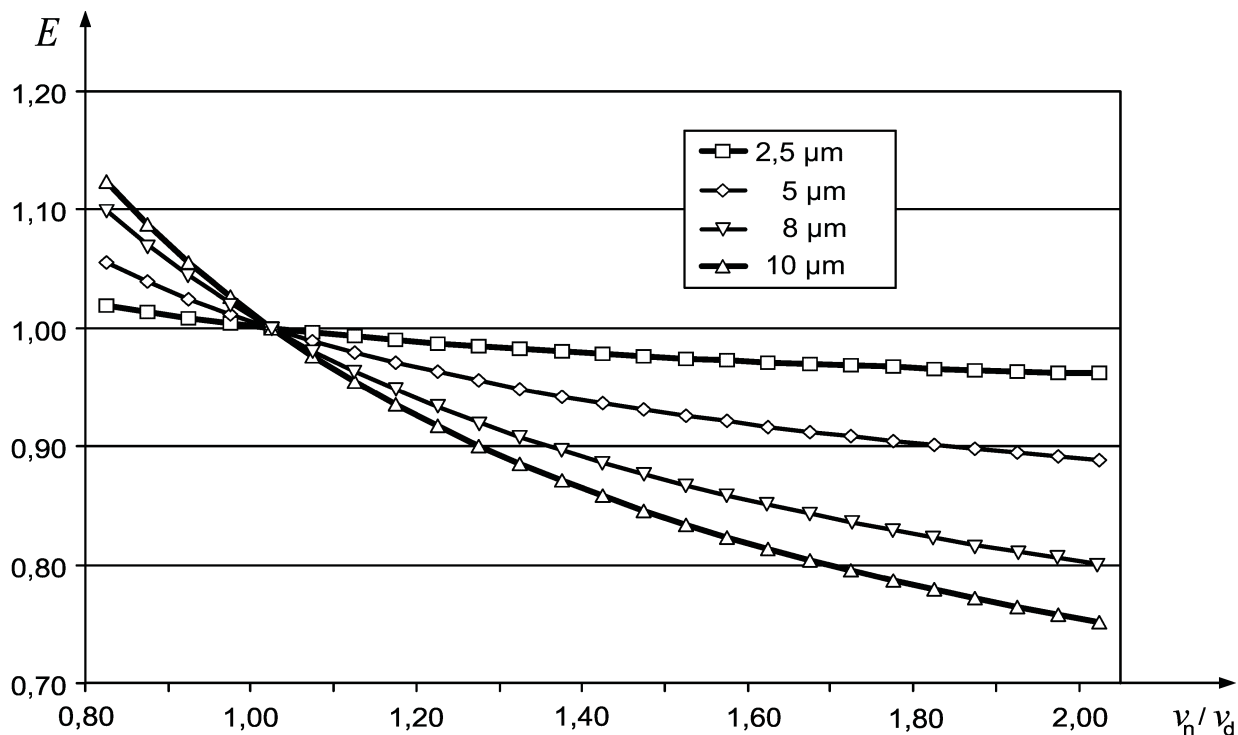


Bild B.2 — Theoretische Abhängigkeit der Sammeffizienz E vom Verhältnis der Gasgeschwindigkeit in der Entnahmesonde v_n zur Abgasgeschwindigkeit v_d im Kanal