

DIN EN 17199-5

ICS 13.040.30

Einsprüche bis 2018-01-24

Entwurf

**Exposition am Arbeitsplatz –
Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte oder
Submikrometerpartikel enthalten oder freisetzen –
Teil 5: Verfahren mit Vortex-Schüttler;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17199-5:2018**

Workplace exposure –

Measurement of dustiness of bulk materials that contain or release nano-objects or submicrometer particles –

Part 5: Vortex shaker method;

German and English version prEN 17199-5:2018

Exposition sur les lieux de travail –

Mesurage du pouvoir de resuspension des matériaux en vrac contenant des nano-objets et leurs agrégats et agglomérats –

Partie 5: Méthode impliquant l'utilisation d'un agitateur vortex;

Version allemande et anglaise prEN 17199-5:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-11-24 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nasg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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 61 Seiten

DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)

Exposition am Arbeitsplatz — Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte oder Submikrometerpartikel enthalten oder freisetzen — Teil 5: Verfahren mit Vortex-Schüttler

Exposition sur les lieux de travail — Mesurage du pouvoir de resuspension des matériaux en vrac contenant des nano-objets et leurs agrégats et agglomérats — Partie 5 : Méthode impliquant l'utilisation d'un agitateur vortex

Workplace exposure — Measurement of dustiness of bulk materials that contain or release nano-objects or submicrometer particles — Part 5: Vortex shaker method

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Kurzbeschreibung	7
6 Geräte	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Prüfeinrichtungen	11
7 Anforderungen	20
7.1 Allgemeines	20
7.2 Technische Schutzmaßnahmen	20
7.3 Konditionierung des Prüfmaterials	20
7.3.1 Allgemeines	20
7.3.2 Spezifizierte Bedingungen	20
7.3.3 Erhaltener Zustand	20
7.4 Temperatur und relative Luftfeuchte	20
8 Vorbereitung	21
8.1 Untersuchungsprobe	21
8.2 Feuchtegehalt des Prüfmaterials	21
8.3 Schüttdichte des Prüfmaterials	21
8.4 Vortex-Schüttler	22
8.5 Aerosolinstrumente und Aerosolsammler	22
9 Prüfverfahren	22
10 Auswertung der Daten	25
11 Prüfbericht	27
Anhang A (informativ) Beweggründe für die Entwicklung des Verfahrens mit Vortex-Schüttler	29
Literaturhinweise	30

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17199-5:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

Einleitung

Die Messung und Charakterisierung des Staubungsverhaltens dient dazu, die Anwender (z. B. Produzenten, Hersteller, Fachkräfte für Arbeitshygiene und Beschäftigte) über das Potential von Staubemissionen zu informieren, die bei Handhabung oder Aufbereitung von Schüttgut am Arbeitsplatz auftreten. Die Hersteller von Schüttgütern, die Nanopartikel enthalten, erhalten hierdurch Informationen, die ihnen helfen können, ihre Produkte zu verbessern und das Staubungsverhalten zu reduzieren. Dies ermöglicht es Benutzern von Schüttgütern, die Nanopartikel enthalten, die erforderlichen Kontrollen und Vorsichtsmaßnahmen für die Handhabung des Materials und die Arbeit mit demselben sowie die Auswirkungen der Vorbehandlungen (z. B. Änderung der Oberflächen- oder chemischen Eigenschaften) zu beurteilen. Darüber hinaus erhalten Benutzer so die Möglichkeit, weniger staubige Produkte auszuwählen, sofern solche Produkte verfügbar sind. Die Partikelgrößenverteilung des Aerosols und die Morphologie und chemische Zusammensetzung seiner Partikel können von Arbeitshygienikern, Wissenschaftlern und Regulierungsbehörden genutzt werden, um das Aerosol im Hinblick auf die Größe und chemische Zusammensetzung eingehender zu charakterisieren und Benutzer so bei der Beurteilung und Kontrolle des Gesundheitsrisikos von Schwebstaub zu unterstützen.

Diese Europäische Norm enthält ausführliche Informationen zu der Gestaltung und Ausführung des Prüfverfahrens mit Vortex-Schüttler, das zur Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte oder Partikel im Submikrometerbereich enthalten oder freisetzen, im Hinblick auf die Staubungsindizes oder Emissionsraten entsprechend der alveolengängigen Fraktion dient. Staubungsindizes sowie Emissionsraten können zahlen- oder massenbasiert bestimmt werden. Darüber hinaus charakterisiert dieses Prüfverfahren das freigesetzte Aerosol durch Messung der Partikelgrößenverteilung mithilfe von direkt messenden Aerosolinstrumenten und erfasst Proben für die Offline-Analyse (falls erforderlich) der Morphologie und chemischen Zusammensetzung.

Das Verfahren mit Vortex-Schüttler eignet sich für die Bestimmung der Fähigkeit von Schüttgütern mit Nanomaterialien (in Pulverform), Schwebstoffe (Aerosol) während der Bewegung freizusetzen (das so genannte Staubungsverhalten).

Das Verfahren mit Vortex-Schüttler simuliert den Betrieb oder Prozesse, bei denen der Bewegungsmechanismus der Vibration oder des Schüttelns dem Pulver Energie zuführt, die Schwebstoffe freisetzt. Vibration und Schütteln sind häufig in der Industrie als beabsichtigte oder unfreiwillige Mechanismen anzutreffen. Viele Oberflächen, auf die Pulver auftreffen, vibrieren oder werden geschüttelt, wie etwa während des Pulvertransports durch ein Förderband oder einen Rüttelförderer. Darüber hinaus simuliert der Vortex-Schüttler durch die energetische Zerstäubung sogar das Worst-Case-Szenario am Arbeitsplatz, wie z. B. die (nicht empfohlene) Praxis der Reinigung kontaminierter Arbeitsoveralls und trockener Arbeitsflächen mit Druckluft.

Das hier dargelegte Verfahren mit Vortex-Schüttler unterscheidet sich von den respektive in prEN 17199-2:2018 [1], prEN 17199-3:2018 [2] und prEN 17199-4:2018 [3] präsentierten Verfahren mit rotierender Trommel, kontinuierlichem Fall und kleiner rotierender Trommel. Die rotierende Trommel und die kleine rotierende Trommel führen gleichermaßen wiederholte Schütt- und Rührbewegungen desselben Proben-Nanomaterials aus, während der kontinuierliche Fall die kontinuierliche Zufuhr des Nanomaterials simuliert. Das in dieser Europäischen Norm beschriebene Verfahren hingegen bezieht sich auf die Bewegung einer kleinen Pulverprüfprobe.

Diese Europäische Norm wurde auf der Grundlage der Ergebnisse vornormativer Forschungen entwickelt [4]. Dieses Projekt untersuchte das Staubungsverhalten von zehn Schüttgütern einschließlich neun Schüttgut-Nanomaterialien, um eine möglichst große Vielfalt von Schüttgut-Nanomaterialien im Hinblick auf die Größenordnung des Staubungsverhaltens, die chemische Zusammensetzung und die primäre Partikelgrößenverteilung nach Angabe durch einen hohen Bereich der spezifischen Oberfläche zu prüfen.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm enthält die Methodik für die Messung und Charakterisierung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte oder Partikel im Submikrometerbereich enthalten oder unter wiederholbaren und Standardbedingungen freisetzen, und legt zu diesem Zweck das Verfahren mit Vortex-Schüttler fest.

Darüber hinaus legt diese Europäische Norm die Auswahl der Instrumente und Vorrichtungen sowie die Verfahren für die Berechnung und Präsentation der Ergebnisse fest. Des Weiteren enthält die Norm eine Anleitung für die Auswertung und Angabe der Daten.

Die in dieser Europäischen Norm festgelegte Methodik ermöglicht

- a) die Berechnung des Massenanteils an alveolengängigem Staub;
- b) die Bestimmung des massenbasierten Staubindex alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm;
- c) die Bestimmung des zahlenbasierten Staubindex alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm;
- d) die Bestimmung der zahlenbasierten Emissionsrate alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm;
- e) die Bestimmung der zahlenbasierten Größenverteilung des freigesetzten einatembaren Aerosols im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 10 µm;
- f) die Sammlung freigesetzter Schwebstoffe in der alveolengängigen Fraktion für anschließende Beobachtungen und Analysen durch Elektronenmikroskopie.

Diese Europäische Norm ist für die Prüfung einer Vielzahl verschiedener Schüttgüter einschließlich Nanomaterialien in Pulverform anwendbar.

ANMERKUNG 1 Das Staubungsverhalten einer Reihe Carbon-Nanoröhrchen wurde mit einer von dem in dieser Europäischen Norm festgelegten Verfahren leicht abweichenden Konfiguration untersucht ([5] bis [10]). Auf der Grundlage dieser veröffentlichten Arbeiten kann angenommen werden, dass das Verfahren mit Vortex-Schüttler auch für Nanofasern und Nanoplättchen anwendbar ist.

Diese Europäische Norm ist nicht für Granulate und Pellets im Millimeter-Größenbereich anwendbar, die Nanoobjekte in ungebundener, gebundener, unbeschichteter oder beschichteter Form enthalten.

ANMERKUNG 2 Dies liegt an der Konfiguration des Vortex-Schüttlers und der geringen erforderlichen Prüfprobe. Sofern zukünftige Arbeiten korrekte und wiederholbare Daten liefern, die nachweisen, dass dies möglich ist, ist beabsichtigt, die Europäische Norm zu revidieren und diese Anwendung einzuführen.

ANMERKUNG 3 Das vornormative Forschungsprojekt [4] hat gezeigt, dass das in dieser Europäischen Norm festgelegte Verfahren mit Vortex-Schüttler eine energetischere Zerstäubung ermöglicht als das Verfahren mit rotierender Trommel, kontinuierlichem Fall und kleiner rotierender Trommel respektive nach prEN 17199-2:2018 [1], prEN 17199-3:2018 [2] und prEN 17199-4:2018 [3]. Das Verfahren kann Arbeiten oder Prozesse mit hochenergetischer Staubbildung durch Vibration besser simulieren oder sogar ein Worst-Case-Szenario am Arbeitsplatz einschließlich der (nicht empfohlenen) Praxis der Reinigung kontaminierter Arbeitsoveralls und trockener Arbeitsoberflächen mit Druckluft beschreiben.

ANMERKUNG 4 Bisher wurde noch kein Klassifizierungsschema im Hinblick auf Staubungsindizes oder Emissionsraten nach dem Verfahren mit Vortex-Schüttler erstellt. Schließlich, wenn eine große Anzahl an Messdaten vorliegt, ist beabsichtigt, diese Europäische Norm zu revidieren und ein solches Klassifizierungsschema einzuführen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 481, *Arbeitsplatzatmosphäre — Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel*

EN 1540, *Exposition am Arbeitsplatz — Terminologie*

EN 13205-2, *Exposition am Arbeitsplatz — Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Sammlern für die Messung der Konzentration luftgetragener Partikel — Teil 2: Laborprüfung der Leistungsfähigkeit basierend auf der Bestimmung des Probenahmewirkungsgrads*

EN 15051-1, *Exposition am Arbeitsplatz — Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern — Teil 1: Anforderungen und Auswahl der Prüfverfahren*

prEN 17199-1:2018, *Exposition am Arbeitsplatz — Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte oder Submikrometerpartikel enthalten oder freisetzen — Teil 1: Anforderungen und Auswahl des Prüfverfahrens*

EN 16897, *Exposition am Arbeitsplatz — Charakterisierung ultrafeiner Aerosole/Nanoaerosole — Bestimmung der Anzahlkonzentration mit Kondensationspartikelzählern*

ISO 15767, *Workplace atmospheres — Controlling and characterizing uncertainty in weighing collected aerosols*

ISO 27891, *Aerosol particle number concentration — Calibration of condensation particle counters*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1540, EN 15051-1 und prEN 17199-1:2018.

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

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

4 Symbole und Abkürzungen

AES	Atomemissions-Spektroskopie (en: Atomic Emission Spectroscopy)
CPC	Kondensationspartikelzähler (en: Condensation Particle Counter)
ELPI ^{®1)}	elektrischer Niederdruckimpaktor (en: Electrical Low Pressure Impactor)
EM	Elektronenmikroskopie (en: Electron Microscopy)
HEPA	Hochleistungspartikelfilter (en: High Efficiency Particulate Arrestance)
MFC	Massenflussregler (en: Mass flow controller)
ICP	induktiv gekoppeltes Plasma (en: Inductively coupled plasma)
MPPS	Partikelgröße im Abscheidegradminimum (en: Most penetrating particle size)
MS	Massenspektrometrie (en: Mass Spectrometry)
RH	relative Luftfeuchte
TEM	Durchstrahlungsmikroskop bzw. Transmissionselektronenmikroskop (en: Transmission Electron Microscopy)
XRF	Röntgenfluoreszenz (en: X-ray fluorescence)

5 Kurzbeschreibung

Das in dieser Europäischen Norm festgelegte Verfahren mit Vortex-Schüttler dient der Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte enthalten oder freisetzen, im Hinblick auf

- die zahlen- und massenbasierten Staubindizes alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm;
- die zahlen- und massenbasierten Emissionsraten alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm.

Darüber hinaus legt diese Europäische Norm Verfahren fest, durch die Aerosole weiterhin im Hinblick auf ihre Partikelgrößenverteilung, Morphologie und die chemische Zusammensetzung ihrer Schwebstoffe charakterisiert werden können.

Weiterhin werden die Probenahme zum Zweck der und die Ausführung der qualitativen oder quantitativen Analyse der Morphologie und der chemischen Zusammensetzung der gesammelten Schwebstoffe mit Nanostruktur festgelegt. Die Durchführung dieser Analysen ist optional, kann aber die Bestätigung der Größen der erzeugten Partikel und zusätzlich zu den Echtzeit-Instrumenten weitere Informationen liefern.

Tabelle 1 enthält

- eine Übersicht der verschiedenen Messgrößen einschließlich ihrer Symbole und Maßeinheiten,
- Angaben, ob die Bestimmung dieser Messgrößen vorgeschrieben ist oder nicht, und
- die zur Bestimmung einer Messgröße erforderlichen Aerosolinstrumente und Probenahmeeinrichtungen.

1) ELPI[®] ist der Handelsname oder das Warenzeichen eines von Dekati gelieferten Produkts. Diese Information wird für die Annehmlichkeit der Benutzer dieser Europäischen Norm gegeben und stellt keine Billigung des genannten Produkts durch den CEN dar. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu identischen Ergebnissen führen.

Tabelle 1 — Messgrößen, Aerosolinstrumente/Probenahmeeinrichtungen und damit verbundene Empfehlungen für das Verfahren mit Vortex-Schüttler

Messgröße	Symbol	Einheit	Aerosolinstrument / Probenahmeeinrichtung	Empfehlung
massenbasierter Staubungsindex alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm	$I_{d,M, re}$	mg/kg	25-mm- oder 37-mm-Luftprobenahmekassette (siehe 6.2.7), montiert an einem Staubabscheider (siehe 6.2.6)	vorgeschrieben
zahlenbasierter Staubungsindex alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm	$I_{d,N, re}$	1/mg	CPC (siehe 6.2.8)	vorgeschrieben
zahlenbasierte Emissionsrate alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm	$E_{N, re}$	1/mg.s	CPC (siehe 6.2.8)	vorgeschrieben
Anzahl der Modi der zeitlich gemittelten Zahlengrößenverteilung in aerodynamischen äquivalenten Durchmessern	N_M	-	zeit- und größen aufgelöstes Instrument für den Partikelgrößenbereich zwischen ungefähr 10 nm und ungefähr 10 µm (siehe 6.2.9)	vorgeschrieben
Werte der modalen aerodynamischen Durchmesser entsprechend dem höchsten und zweithöchsten Modus der zeitlich gemittelten Zahlengrößenverteilung	d_a	µm		vorgeschrieben
Anzahl der Modi der zeitlich gemittelten Massengrößenverteilung in aerodynamischen äquivalenten Durchmessern	N_M	—	mehrstufiger Niederdruck-Kaskadenimpaktor für den Partikelgrößenbereich zwischen ungefähr 10 nm und ungefähr 10 µm (siehe 6.2.9)	optional
Werte der modalen aerodynamischen Durchmesser entsprechend dem höchsten und zweithöchsten Modus der zeitlich gemittelten Massengrößenverteilung	d_a	µm		optional
Morphologie und chemische Zusammensetzung der einzelnen freigesetzten Partikel und Agglomerate/Aggregate	—	—	TEM-Gitterträger (siehe 6.2.10)	optional Carbonfilm kann durch Durchstrahlungs-Elektronenmikroskopie (TEM) analysiert werden
chemische Zusammensetzung der freigesetzten Partikel und Agglomerate/Aggregate	—	—	25-mm- oder 37-mm-Luftprobenahmekassette aus leitfähigem Material (siehe 6.2.7), montiert an einem alveolengängigen Staubabscheider (siehe 6.2.6)	optional Filter können quantitativ durch XRF, ICP-AES oder ICP-MS analysiert werden.

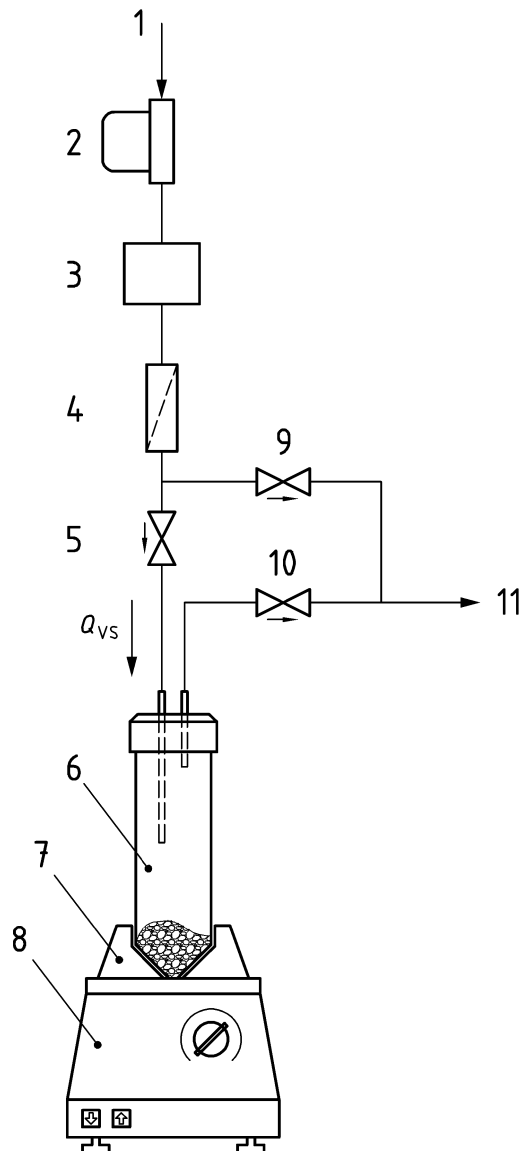
6 Geräte

6.1 Allgemeines

Die Prüfeinrichtung besteht aus einem speziell konstruierten zylindrischen Behälter (siehe 6.2.2), in dem eine kleine Menge ($0,5 \text{ cm}^3$) der Prüfprobe platziert und kontinuierlich in einer kreisförmigen orbitalen Bewegung durch den Vortex-Schüttler (siehe 6.2.1) geschüttelt wird.

HEPA-gefilterte Luft, reguliert auf $(50 \pm 5) \% \text{ RH}$, strömt durch den zylindrischen Behälter mit einer Durchflussrate $Q_{\text{VS}} = 4,2 \text{ l/min}$, um das freigesetzte Aerosol in dem Behälter zu dem Probenahme- oder Messabschnitt zu transportieren.

Eine Übersicht des Versuchsaufbaus des Vortex-Schüttler-Prüfstands ist in Bild 1 angegeben.



Legende

- 1 trockene Druckluft
- 2 Massendurchflussregler (MFC)
- 3 Befeuchtungssystem (6.2.3) für die Zufuhr von 4,2 l/min mit $(50 \pm 5) \% \text{ RH}$
- 4 High-Efficiency Particle Arrestance (HEPA)-Filterkartusche
- 5 Ventil zur Leitung des Eintrittsluftstroms durch das zylindrische Rohr
- 6 zylindrischer Behälter (6.2.2), in den die Prüfprobe geschüttet wird
- 7 an die Form des Behälterbodens angepasstes Anbau-Gummiteil
- 8 Vortex-Schüttler (6.2.1), der eine kreisförmige orbitale Bewegung erzeugt
- 9 Ventil zur Leitung des Eintrittsluftstroms um das zylindrische Rohr herum
- 10 Ventil zur Leitung des Austritts zu dem Probenahme- und Messabschnitt
- 11 Rohr zu dem Probenahme- und Messabschnitt (6.2.5)

ANMERKUNG Die äußeren Abmessungen des Prüfstands betragen ungefähr $0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$.

Bild 1 — Übersicht des Versuchsaufbaus des Vortex-Schüttler-Prüfstands

6.2 Prüfeinrichtungen

Übliche Laborgeräte und insbesondere Folgendes:

6.2.1 Vortex-Schüttler, bestehend aus einer zentralen Einheit, in der ein exzentrischer Motor platziert ist, und einem Anbaugummitteil auf der Oberseite zur Aufnahme des Bodens des zylindrischen Behälters (6.2.2).

Wie in Bild 1 zu erkennen ist, müssen die vertikalen Achsen des zylindrischen Behälters, des Anbaugummitteils und der zentralen Einheit koaxial sein, bevor der Motor des Vortex-Schüttlers gestartet wird.

Der Vortex-Schüttler muss eine kreisförmige orbitale Bewegung auf horizontaler Ebene erzeugen. Die Bewegung muss durch eine Verschiebungsamplitude von 4 mm und eine Drehzahl von 1 850 Umdrehungen je Minute gekennzeichnet sein.

Die Schüttelbewegung wird erzeugt, indem die Oberseite des Behälters festgehalten wird und die Unterseite sich kreisförmig orbital bewegen kann. Der Behälter muss daher von einem Ring direkt unterhalb des Deckels gehalten werden. Der Ring muss einen Innendurchmesser von 34 mm haben und aus Gummi bestehen, um die Übertragung der Vibrationen auf den übrigen Prüfstand zu begrenzen. Der Ring muss durch eine Halterung mit dem Prüfstand verbunden werden.

Aufgrund der Vibrationen während des Motorbetriebs muss die zentrale Einheit mit nachgebenden Gummipolstern ausgestattet sein. Darüber hinaus müssen zusätzliche Gummielemente verwendet werden, um Quer- und Längsverschiebungen der zentralen Einheit zu begrenzen.

6.2.2 Zylindrischer Behälter mit den in Bild 2 dargestellten Merkmalen.

Der zylindrische Behälter wird durch den Zusammenbau von drei in Bild 3 gezeigten Elementen aus Edelstahl hergestellt.

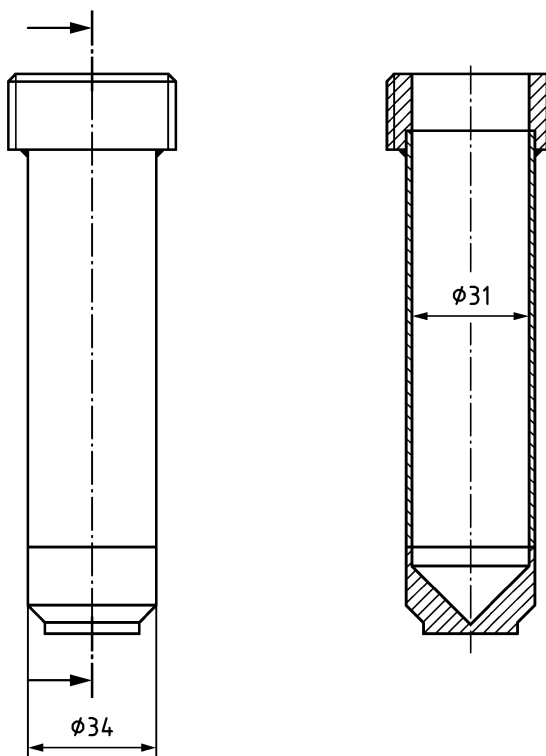


Bild 2 — Merkmale des für das Verfahren mit Vortex-Schüttler verwendeten zylindrischen Behälters

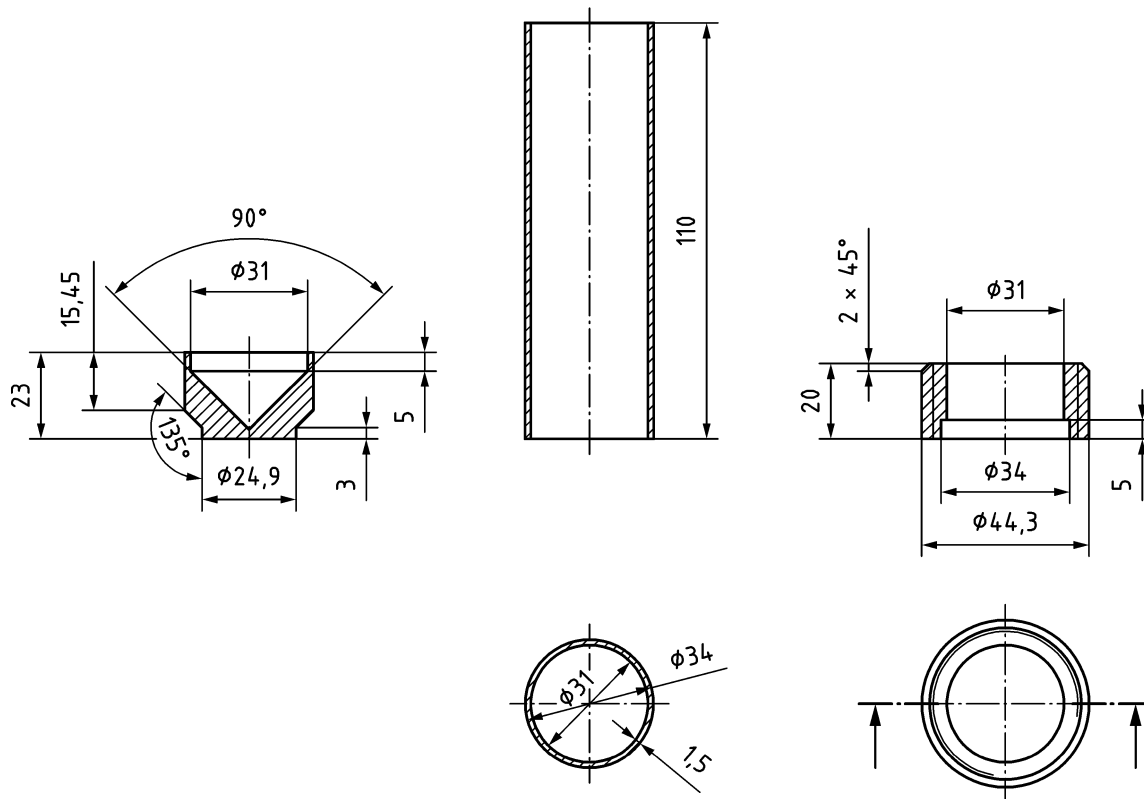


Bild 3 — Merkmale der drei für den Zusammenbau des zylindrischen Behälters herzustellenden Elemente

Wie Bild 4 a zeigt, ist ein Prüfgefäß auf den zylindrischen Behälter geschraubt. Der Behälter ist mit einem Eintritt für die zugeführte partikelfreie Luft und einem Austritt, durch den das freigesetzte Aerosol entweicht und der zu dem Probenahme- oder Messabschnitt führt, ausgestattet. Die Rohre für den Eintritt und den Austritt bestehen aus Edelstahl vom Typ 316L und haben einen Außendurchmesser von 10 mm und einen Innendurchmesser von 8 mm.

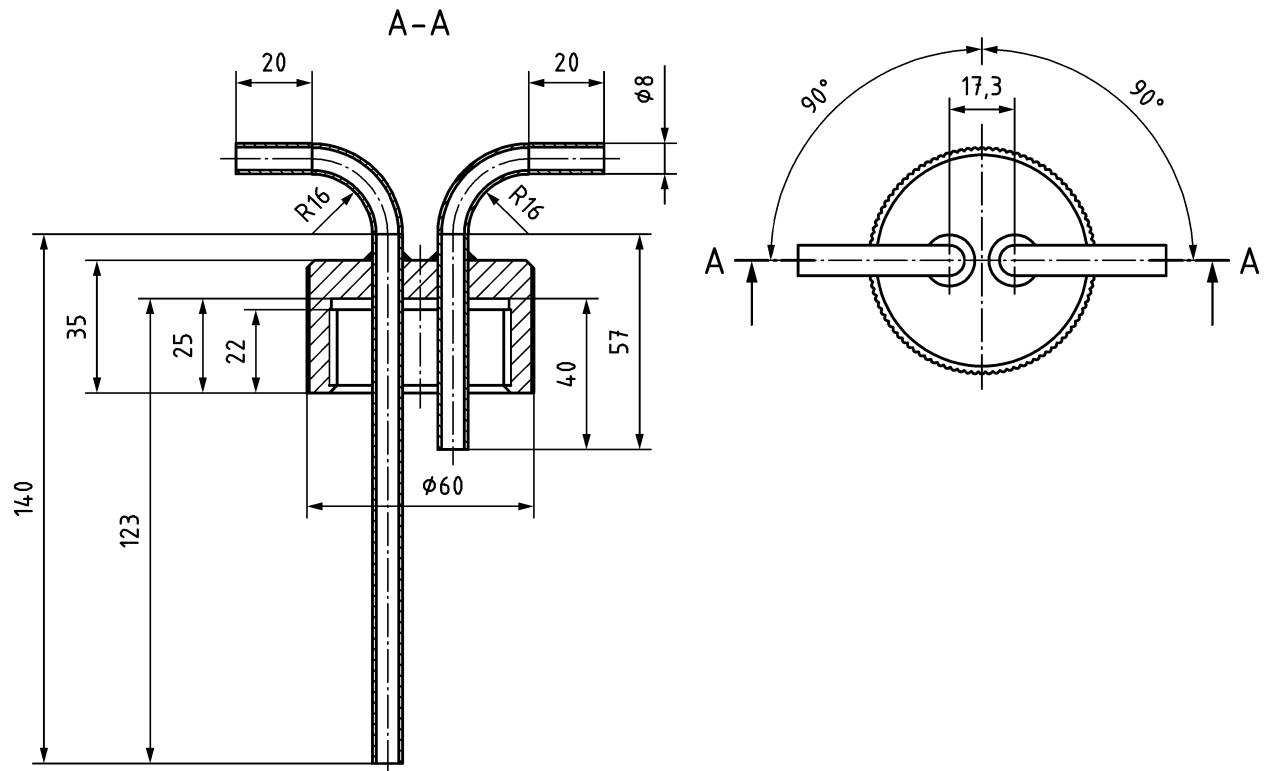


Bild 4 — Merkmale der mit dem zylindrischen Behälter verschraubten Eintritts-/Austrittsrohre

Die Durchflussmenge der durch den zylindrischen Behälter gezogenen Luft beträgt $Q_{VS} = 4,2 \text{ l/min}$. Dies stellt eine Zufuhr- und Ansauggeschwindigkeit von $1,4 \text{ m/s}$ am Eintritt und Austritt sicher. Die Luftaustauschrate in dem zylindrischen Behälter beträgt ungefähr 41 min^{-1} . Die Reynolds-Zahl in den Eintritts- und Austrittsrohren beträgt $Re = 714$, was auf eine Schichtströmung hindeutet.

6.2.3 Befeuchtungssystem für die Eintritts- und Verdünnungsluft, siehe Bild 1, mit Kapazität zur Lieferung von $4,2 \text{ l/min}$ partikelfreier Luft mit kontrollierter Temperatur von $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 5) \% \text{ RH}$ für die Eintrittsluft in dem zylindrischen Behälter (siehe 6.2.2).

Ein zweites Befeuchtungssystem mit der Kapazität zur Lieferung von bis zu $7,5 \text{ l/min}$ partikelfreier Luft unter denselben Bedingungen ist für die Verdünnungsluft vor dem zeitaufgelösten und größen aufgelösten Instrument für die Messung der Zahlengrößenverteilung (siehe Bild 5) zu verwenden.

ANMERKUNG 1 Es ist möglich, nur ein System für die Versorgung der beiden für den in Bild 6 beschriebenen Aufbau erforderlichen Leitungen zu verwenden, sofern die Bedingungen des Luftdurchflusses, der relativen Luftfeuchte und der Temperatur eingehalten werden.

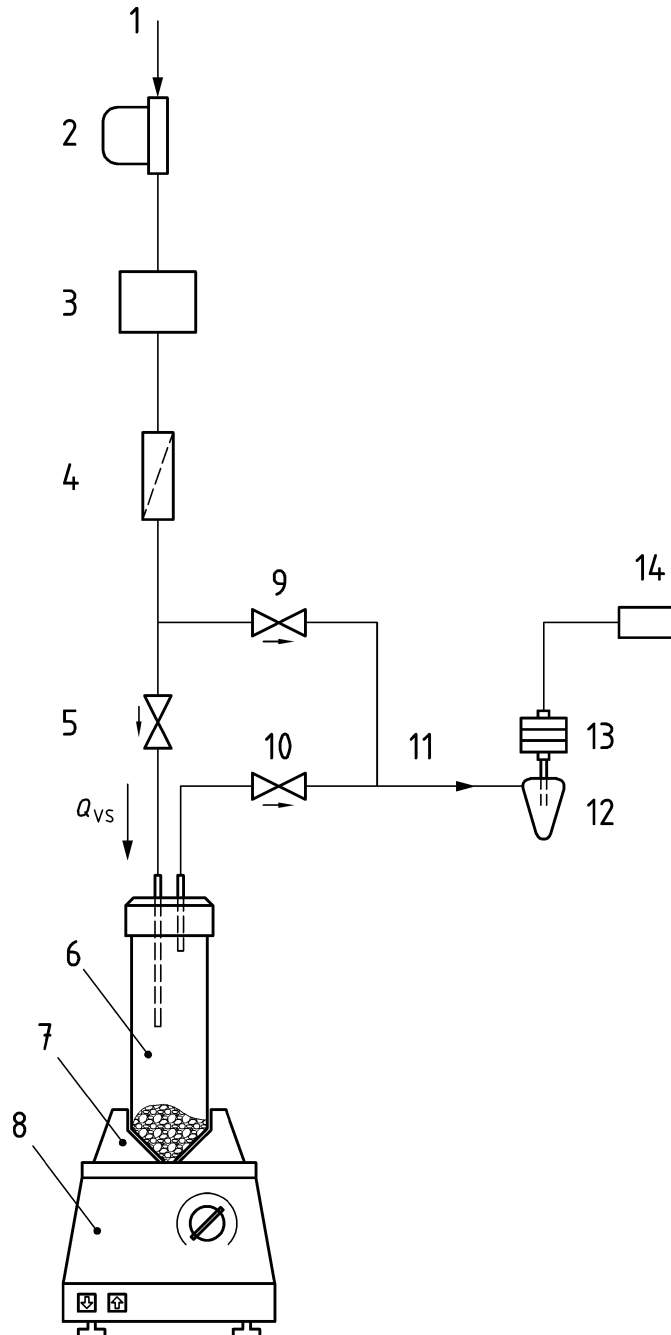
ANMERKUNG 2 Es wird empfohlen, ein Befeuchtungssystem zu verwenden, das in der Lage ist, partikelfreie Luft unter kontrollierten Bedingungen mit einer relativen Luftfeuchte im Bereich zwischen $20 \% \text{ RH}$ und $90 \% \text{ RH}$ zu liefern, um die Messungen bei variabler relativer Luftfeuchte durchführen zu können.

6.2.4 Probenahmestränge

Wie in dem Prüfverfahren (siehe Abschnitt 9) angegeben, besteht eine nach dem Verfahren mit Vortex-Schüttler durchgeführte Prüfung des Staubungsverhaltens aus zwei separaten Schritten. Aus diesem Grund werden die beiden in Bild 5 und Bild 6 gezeigten separaten Probenahmestränge verwendet.

- Für die Bestimmung des massenbasierten alveolengängigen Staubungsindex wird *Konfiguration A* des Versuchsaufbaus für das Verfahren mit Vortex-Schüttler nach Bild 5 verwendet.

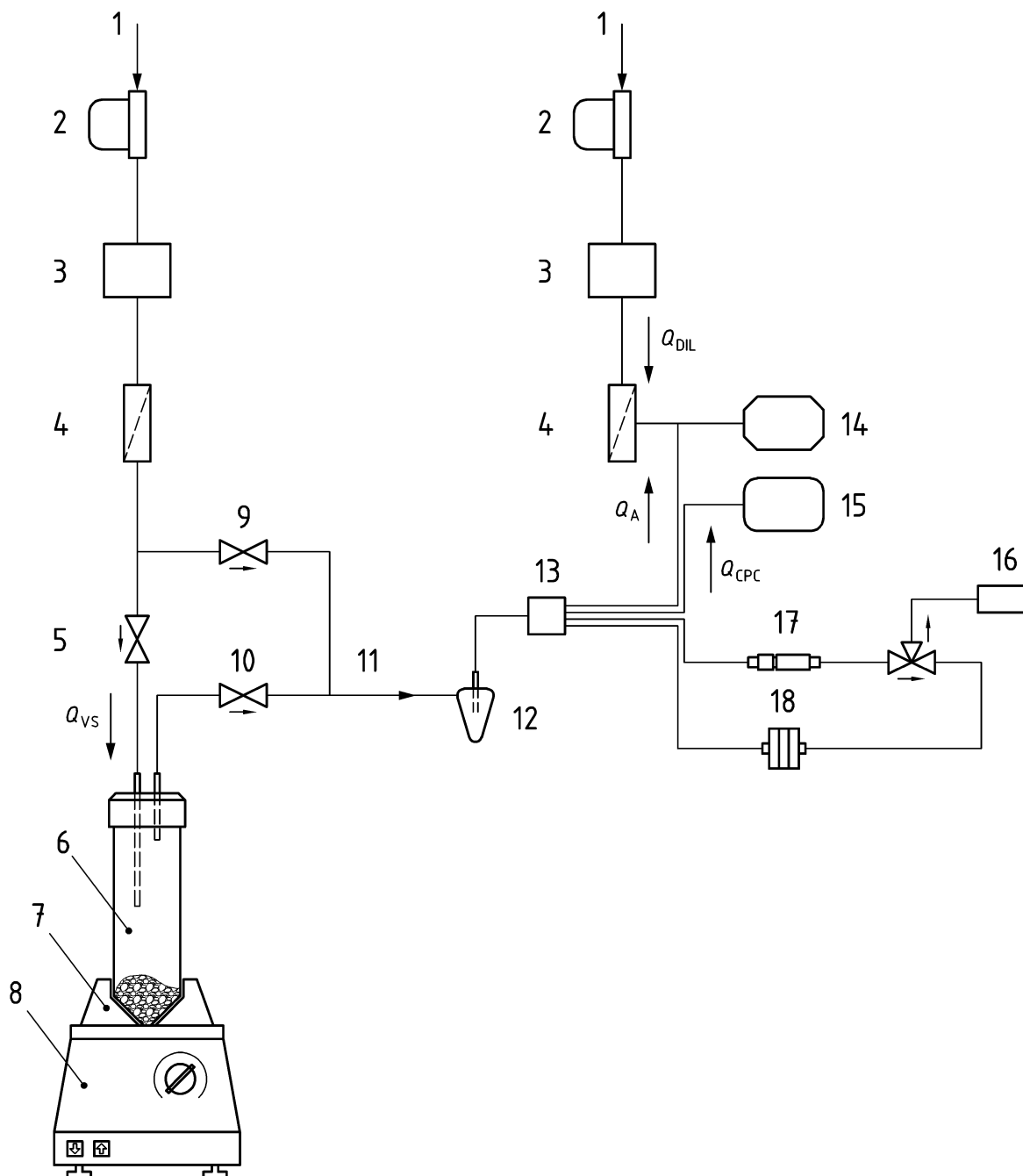
- b) Für die Bestimmung des zahlenbasierten Staubungsindex, der zahlenbasierten Emissionsrate, der Partikelgrößenverteilung des freigesetzten alveolengängigen Aerosols und die Sammlung der freigesetzten Schwebstoffe in der alveolengängigen Fraktion für die anschließende Beobachtung und Analyse durch Elektronenmikroskopie wird *Konfiguration B* des in Bild 6 abgebildeten Versuchsaufbaus für das Verfahren mit Vortex-Schüttler verwendet.



Legende

- 1 trockene Druckluft
- 2 Massendurchflussregler (MFC)
- 3 Befeuchtungssystem (6.2.3) für die Zufuhr von 4,2 l/min mit $(50 \pm 5) \% \text{ RH}$
- 4 High-Efficiency Particle Arrestance (HEPA)-Filterkartusche
- 5 Ventil zur Leitung des Eintrittsluftstroms durch das zylindrische Rohr
- 6 zylindrischer Behälter (6.2.2), in den die Prüfprobe geschüttet wird
- 7 an die Form des Behälterbodens angepasstes Anbau-Gummiteil
- 8 Vortex-Schüttler (6.2.1), der eine kreisförmige orbitale Bewegung erzeugt
- 9 Ventil zur Leitung des Eintrittsluftstroms um das zylindrische Rohr herum
- 10 Ventil zur Leitung des Austritts zu dem Probenahme- und Messabschnitt
- 11 Rohr zu dem Probenahme- und Messabschnitt (6.2.5)
- 12 Edelstahl-Staubabscheider (6.2.6), der die alveolengängige Fraktion mit 4,2 l/min sammelt
- 13 37-mm- oder 25-mm- (dreiteilige Konfiguration) Luftprobenahmekassette (6.2.7), die einen vorgewogenen Filter für die gravimetrische Analyse (6.2.13) enthält
- 14 Probenahmepumpe

Bild 5 — Konfiguration A des Versuchsaufbaus für das Verfahren mit Vortex-Schüttler



Legende

- 1 trockene Druckluft
- 2 Massendurchflussregler (MFC)
- 3 Befeuchtungssystem (6.2.3) für die Zufuhr von 4,2 l/min mit $(50 \pm 5) \% \text{ RH}$
- 4 High-Efficiency Particle Arrestance (HEPA)-Filterkartusche
- 5 Ventil zur Leitung des Eintrittsluftstroms durch das zylindrische Rohr
- 6 zylindrischer Behälter (6.2.2), in den die Prüfprobe geschüttet wird
- 7 an die Form des Behälterbodens angepasstes Anbau-Gummitteil
- 8 Vortex-Schüttler (6.2.1), der eine kreisförmige orbitale Bewegung erzeugt
- 9 Ventil zur Leitung des Eintrittsluftstroms um das zylindrische Rohr herum
- 10 Ventil zur Leitung des Austritts zu dem Probenahme- und Messabschnitt
- 11 Rohr zu dem Probenahme- und Messabschnitt (6.2.5)
- 13 Aerosolgenerator-Durchfluss-Splitter
- 14 zeitaufgelöstes, größen aufgelöstes Aerosolinstrument (6.2.9)
- 15 Kondensationspartikelzähler (CPC) (6.2.8)
- 16 Probenahmepumpe
- 17 TEM-Gitterträger (6.2.10)
- 18 25-mm- (dreiteilige Konfiguration) Luftprobenahmekassette (6.2.7) mit einem Filter

Bild 6 — Konfiguration B des Versuchsaufbaus für das Verfahren mit Vortex-Schüttler

6.2.5 Leitfähiger Schlauch, kohlenstoffimprägniert.

Um Partikelverluste durch elektrostatische Effekte in den Probenahmestrecken, die das freigesetzte Aerosol zu den Messinstrumenten und Probenahmeeinrichtungen transportieren, zu minimieren, müssen kohlenstoffimprägnierte leitfähige Schläuche verwendet werden.

Um Partikelverluste in den Probenahmestrecken, die das freigesetzte Aerosol zu den Messinstrumenten und Probenahmeeinrichtungen transportieren, zu minimieren, müssen Rohrabschnitte und Bögen in den leitfähigen Schläuchen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

6.2.6 Alveolengängigen Staubabscheider aus Edelstahl

Ein alveolengängiger Staubabscheider wird als Probenahmegerät für die Probenahme der alveolengängigen Fraktion in Konfiguration A (siehe Bild 5) verwendet und dient als Partikelgrößenvorabscheider in Konfiguration B (siehe Bild 6).

Der Staubabscheider muss die alveolengängige Fraktion nach EN 481 mit 4,2 l/min und mit der Leistung nach EN 13205-2 sammeln.

Für Konfiguration A (siehe Bild 5) wird der Staubabscheider mit zweiteiligen Probenahmekassetten (siehe 6.2.7) ausgestattet. Die Baugruppe wird anschließend an eine mit 4,2 l/min betriebene Probenahmepumpe angeschlossen.

Für Konfiguration B (siehe Bild 6) müssen leitfähige Schläuche (siehe 6.2.5) für die Verbindung aller Teile des Instruments verwendet werden.

Die Achse des Staubabscheiders muss vertikal gehalten werden.