

DIN EN 17199-5



ICS 13.040.30

Einsprüche bis 2024-08-21
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 17199-5:2020-02

Entwurf

**Exposition am Arbeitsplatz –
Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die alveolengängige
NOAA oder andere alveolengängige Partikel enthalten oder freisetzen –
Teil 5: Verfahren mit Vortex-Schüttler;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17199-5:2024**

Workplace exposure –
Measurement of dustiness of bulk materials that contain or release respirable NOAA or other
respirable particles –
Part 5: Vortex shaker method;
German and English version prEN 17199-5:2024

Exposition sur les lieux de travail –
Mesurage du pouvoir de resuspension des matériaux en vrac contenant ou émettant des
nano-objets et leurs agrégats et agglomérats (NOAA) ou autres particules en fraction
alvéolaire –
Partie 5: Méthode impliquant l'util;
Version allemande et anglaise prEN 17199-5:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-06-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument 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 oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 76 Seiten

DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)

Nationales Vorwort

Das Dokument prEN 17199-5:2024 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 173 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitskreis NA 095-03-01-01 AK „Staub“ im DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG).

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

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 15767 siehe DIN ISO 15767

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 17199-5:2020-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Angabe der Drehzahl in 6.2.1 von 1 850 min⁻¹ zu 1 800 min⁻¹ geändert;
- b) Angabe des Außendurchmessers in 6.2.2 von 10 mm zu 8 mm geändert;
- c) Angabe des Innendurchmessers in 6.2.2 von 8 mm zu 6 mm geändert;
- d) Zufuhr- und Ansauggeschwindigkeit in 6.2.2 von 1,4 m/s zu 2,48 m/s geändert;
- e) Reynolds-Zahl in den Einlass- und Auslassrohren in 6.2.2 von Re = 714 zu Re = 990 geändert;
- f) in 6.2.2, Bild 4, Ø8 zu Ø8 OD geändert sowie Ø6 ID ergänzt;
- g) in 6.2.9. obere Konzentrationsbereichsangabe im Einzelzählmodus von 10 000 Partikel/cm³ zu 100 000 Partikel/cm³ geändert;
- h) Norm redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 15767, *Arbeitsplatzatmosphäre — Kontrolle und Charakterisierung der Unsicherheit beim Wägen von gesammelten Aerosolen*

– Leerseite –

Juni 2024

prEN 17199-5

Exposition am Arbeitsplatz – Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die alveolengängige NOAA oder andere alveolengängige Partikel enthalten oder freisetzen – Teil 5: Verfahren mit Vortex-Schüttler

Workplace exposure – Measurement of dustiness of bulk materials that contain or release respirable NOAA or other respirable particles – Part 5: Vortex shaker method

Exposition sur les lieux de travail – Mesurage du pouvoir de resuspension des matériaux en vrac contenant ou émettant des nano-objets et leurs agrégats et agglomérats (NOAA) ou autres particules en fraction alvéolaire – Partie 5: Méthode impliquant l'util

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Kurzbeschreibung	8
6 Ausrüstung	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Prüfgerät	12
6.2.1 Vortex-Schüttler	12
6.2.2 Zylindrisches Behältnis	12
6.2.3 Befeuchtungssystem für Einlass- und Verdünnungsluft	15
6.2.4 Probenahmeleitung für die Messung des Massenanteils an alveolengängigem Staub	16
6.2.5 Probenahmeleitung für andere Messungen	18
6.2.6 Leitfähiger Schlauch, kohlenstoffimprägniert	19
6.2.7 Abscheider für die alveolengängige Staubfraktion, aus Edelstahl	19
6.2.8 Luftprobenahmekassette	20
6.2.9 Kondensationspartikelzähler (CPC), mit Alkohol als Arbeitsflüssigkeit	20
6.2.10 Zeit- und größenauflösendes Aerosol-Messgerät	20
6.2.11 Aerosolsammler für die analytische Elektronenmikroskopie-Analyse	21
6.2.12 Analysenwaage, die in der Lage ist, auf 10 µg zu wiegen	21
6.2.13 Mikrowaage, die in der Lage ist, auf 1 µg zu wiegen	21
6.2.14 Filter für die gravimetrische Analyse	21
6.2.15 Mikrozentrifugenröhrchen	21
7 Anforderungen	22
7.1 Allgemeines	22
7.2 Technische Kontrollmaßnahmen	22
7.3 Konditionierung des Prüfmaterials	22
7.3.1 Allgemeines	22
7.3.2 Festgelegte Bedingungen	22
7.3.3 Anlieferungszustand	22
7.4 Konditionierung der Prüfeinrichtung	22
8 Vorbereitung	22
8.1 Prüfprobe	22
8.2 Feuchtigkeitsgehalt („Gutfeuchte“) des Prüfmaterials	23
8.3 Schüttdichte des Prüfmaterials	23
8.4 Vorbereitung der Prüfeinrichtung	23
8.5 Aerosol-Messgeräte und Aerosolsammler	24
9 Prüfverfahren	24
10 Auswertung der Daten	27
10.1 Massenanteil an alveolengängigem Staub	27
10.2 Anzahlbasierter Staubungsindex, anzahlbasierte Emissionsrate und modale aerodynamische Äquivalentdurchmesser der Partikelgrößenverteilung	27
10.2.1 Allgemeines	27
10.2.2 Anzahlbasierter Staubungsindex	28
10.2.3 Anzahlbasierte Emissionsrate	28
10.2.4 Modale aerodynamische Äquivalentdurchmesser der anzahlbasierten Partikelgrößenverteilung	28
10.3 Morphologische und chemische Charakterisierung der Partikel	29
11 Prüfbericht	29

Anhang A (informativ) Bilder zur Veranschaulichung einiger Ausrüstungsgegenstände des Verfahrens	31
Anhang B (informativ) Beispiele von bei dem Verfahren mit Vortex-Schüttler erzeugten TEM-Bildern	33
Anhang C (informativ) Beweggründe für die Entwicklung des Verfahrens mit Vortex-Schüttler . .	34
Literaturhinweise	35

Bilder

Bild 1 — Übersicht des Versuchsaufbaus des Vortex-Schüttler-Prüfstands	11
Bild 2 — Merkmale des für das Verfahren mit Vortex-Schüttler verwendeten zylindrischen Behältnisses	13
Bild 3 — Merkmale der drei für den Zusammenbau des zylindrischen Behältnisses herzustellenden Elemente	14
Bild 4 — Merkmale der mit dem zylindrischen Behältnis verschraubten Einlass-/Auslassrohre .	15
Bild 5 — Konfiguration A des Versuchsaufbaus für das Verfahren mit Vortex-Schüttler	17
Bild 6 — Konfiguration B des Versuchsaufbaus für das Verfahren mit Vortex-Schüttler	19
Bild 7 — Ablaufdiagramm der verschiedenen Phasen des Prüfprotokolls für Konfiguration A . .	25
Bild 8 — Ablaufdiagramm der verschiedenen Phasen des Prüfprotokolls für Konfiguration B . .	26
Bild A.1 — Außen- und Innenansicht von zwei zylindrischen Behältnissen (6.2.2)	31
Bild A.2 — Am Vortex-Schüttler angebrachtes zylindrisches Behältnis (6.2.2), mit leitfähiger flexibler Schlauchverbindung für Einlassluft (links) und freigesetztes Aerosol (rechts) .	31
Bild A.3 — Mikrozentrifugenröhrchen (6.2.15) zur Vorbereitung der 0,5 cm ³ -Prüfprobe	32
Bild A.4 — Vorgang, bei dem die Prüfprobe in die zylindrische Röhre eingebracht wird	32
Bild B.1 — TEM-Bilder von luftgetragenen Kohlenstoff-Nanoröhrchen, deren Probenahme während der Prüfung des Staubungsverhaltens mit mehrwandigen Kohlenstoff-Nanoröhrchen erfolgt ist. Probenahmedauer von 10 s, TEM-Gitterhalter versehen mit 400-Mesh-Holey-Kohlenstofffilm-TEM-Gittern. Bilder ©LAFP, aus [10] . . .	33

Tabellen

Tabelle 1 — Messgrößen, Aerosol-Messgeräte/Probenahmeeinrichtungen und damit verbundene Empfehlungen für das Verfahren mit Vortex-Schüttler	9
Tabelle 2 — Zusammenfassung der Prüfverfahrensabfolgen	27

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17199-5:2024) 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 ersetzt EN 17199-5:2019.

Gegenüber EN 17199-5:2019 enthält prEN 17199-5:2024 die folgenden maßgeblichen technischen Änderungen.

- 6.2.1: Drehzahl von $1\,850 \pm 100 \text{ min}^{-1}$ geändert in $1\,800 \pm 100 \text{ min}^{-1}$;
- 6.2.2: Außendurchmesser von 10 mm geändert in 8 mm, Innendurchmesser von 8 mm geändert in 6 mm;
- 6.2.2: Zufuhr- und Ansauggeschwindigkeit von 1,4 m/s geändert in 2,48 m/s;
- 6.2.2: Reynolds-Zahl $Re = 714$ geändert in $Re = 990$;
- 6.2.2: Bild 4: $\varnothing 8$ geändert in $\varnothing 8 \text{ AD}$; ergänzt: $\varnothing 6 \text{ ID}$;
- 6.2.9: Konzentrationsbereich $10\,000 \text{ Partikel/cm}^3$ geändert in $100\,000 \text{ Partikel/cm}^3$.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission CEN erteilt hat. Der Ständige Ausschuss der EFTA-Staaten genehmigt anschließend diese Aufträge für die Mitgliedsstaaten.

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 NOAA enthalten, erhalten hierdurch Informationen, die ihnen helfen können, ihre Produkte zu verbessern und deren Staubungsverhalten zu reduzieren. Dies ermöglicht es Benutzern von Schüttgütern, die NOAA enthalten, die erforderlichen Kontrollen und Vorsichtsmaßnahmen für das Handhaben des Materials und das Arbeiten damit sowie die Auswirkungen der Vorbehandlungen (z. B. Änderung der Oberflächen- oder chemischen Eigenschaften) zu beurteilen. Darüber hinaus erhalten Benutzer so die Möglichkeit, weniger staubende Produkte auszuwählen, sofern solche Produkte verfügbar sind. Die Partikelgrößenverteilung des Aerosols und die Morphologie und chemische Zusammensetzung von dessen Partikeln können von Arbeitshygienikern, Wissenschaftlern und Regulierungsbehörden genutzt werden, um das Aerosol im Hinblick auf die Partikelgrößenverteilung und chemische Zusammensetzung eingehender zu charakterisieren und Benutzer so bei der Beurteilung und Kontrolle des Gesundheitsrisikos von Schwebstaub zu unterstützen.

Dieses Dokument enthält ausführliche Informationen zu der Gestaltung und Ausführung des Prüfverfahrens mit dem Vortex-Schüttler, das zur Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die alveolengängige NOAA oder andere alveolengängige Partikel enthalten oder freisetzen, im Hinblick auf die Staubungsindizes oder Emissionsraten dient. Staubungsindizes sowie Emissionsraten können anzahl- oder massenbasiert bestimmt werden. Darüber hinaus charakterisiert dieses Prüfverfahren das freigesetzte Aerosol durch Messung der Partikelgrößenverteilung mithilfe von direktanzeigenden Aerosolmessgeräten und erfasst Proben für die Offline-Analyse (falls erforderlich) von deren Morphologie und chemischer Zusammensetzung.

Das Verfahren mit Vortex-Schüttler eignet sich für die Bestimmung der Neigung von Schüttgütern mit Nanomaterialien (in Pulverform), während der Bewegung luftgetragene Partikel (Aerosol) 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 luftgetragene Partikel freisetzt. Vibration und Schütteln sind in der Industrie häufig als Mechanismen anzutreffen, als beabsichtigte wie auch als unbeabsichtigte. Viele Oberflächen, auf die Pulver auftreffen, vibrieren oder werden geschüttelt, wie etwa während des Pulvertransports durch ein Förderband oder einen Rüttelförderer. Darüber hinaus simuliert das Verfahren mit Vortex-Schüttler durch die energetische Zerstäubung sogar das Worst-Case-Szenario am Arbeitsplatz, wie z. B. die (nicht empfohlene) Praxis, kontaminierte Arbeitsoveralls und trockene Arbeitsflächen mit Druckluft zu reinigen.

Das hier vorgestellte Verfahren mit Vortex-Schüttler unterscheidet sich von den in EN 17199-2 [1], EN 17199-3 [2] und EN 17199-4 [3] vorgestellten Verfahren mit rotierender Trommel, kontinuierlichem Fall und kleiner rotierender Trommel. Bei den Verfahren mit rotierender Trommel und kleiner rotierender Trommel wird jeweils dieselbe Probe Nanomaterial wiederholt bewegt, während das Verfahren mit kontinuierlichem Fall die kontinuierliche Zufuhr eines Nanomaterials simuliert. Das in diesem Dokument beschriebene Verfahren hingegen bezieht sich auf die Bewegung einer kleinen Pulverprüfprobe.

Dieses Dokument wurde auf der Grundlage der Ergebnisse vornormativer Forschungen entwickelt [4]. Dieses Projekt untersuchte das Staubungsverhalten von zehn Schüttgütern (einschließlich neun Schüttgut-Nanomaterialien), um ein möglichst breites Spektrum an Schüttgütern im Hinblick auf die Größenordnung des Staubungsverhaltens, die chemische Zusammensetzung und die Primärpartikelgrößenverteilung, welche durch einen großen (Werte-)Bereich der spezifischen Oberfläche bestimmt ist, zu prüfen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die Methodik für die Messung und Charakterisierung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die alveolengängige NOAA oder andere alveolengängige Partikel enthalten oder freisetzen, unter reproduzierbaren Normbedingungen und legt zu diesem Zweck das Verfahren mit Vortex-Schüttler fest.

Dieses Dokument legt die Auswahl der Messgeräte und Vorrichtungen sowie die Verfahren für die Berechnung und Darstellung der Ergebnisse fest. Des Weiteren enthält das Dokument eine Anleitung für die Auswertung und Angabe der Daten.

Die in diesem Dokument festgelegte Methodik ermöglicht

- a) die Messung des Massenanteils an alveolengängigem Staub;
- b) die Messung des anzahlbasierten Staubungsindexes alveolengängiger Partikel im Partikelgrößenbereich von etwa 10 nm bis etwa 1 µm;
- c) die Messung der anzahlbasierten Emissionsrate alveolengängiger Partikel im Partikelgrößenbereich von etwa 10 nm bis etwa 1 µm;
- d) die Messung der anzahlbasierten Partikelgrößenverteilung des freigesetzten alveolengängigen Aerosols im Partikelgrößenbereich von etwa 10 nm bis 10 µm;
- e) die Sammlung freigesetzter luftgetragener Partikel in der alveolengängigen Fraktion für anschließende Beobachtungen und Analysen durch Elektronenmikroskopie.

Dieses Dokument gilt für die Prüfung einer Vielzahl unterschiedlicher Schüttgüter einschließlich Nanomaterialien in Pulverform.

ANMERKUNG 1 Das Staubungsverhalten einer Reihe von Kohlenstoff-Nanoröhrchen wurde mit einer von dem in diesem Dokument festgelegten Verfahren leicht abweichenden Konfiguration untersucht ([5] bis [10]). Auf der Grundlage dieser veröffentlichten Arbeiten ist das Verfahren mit Vortex-Schüttler auch bei Nanofasern und Nanoplättchen anwendbar.

Dieses Dokument gilt nicht für Granulate und Pellets im Millimeter-Größenbereich, die Nanoobjekte in ungebundener, in gebundener unbeschichteter oder in beschichteter Form enthalten.

ANMERKUNG 2 Die Einschränkungen im Hinblick auf die Anwendung des Verfahrens mit Vortex-Schüttler bei verschiedenen Arten von Nanomaterialien ergeben sich aus der Konfiguration der Vortex-Schüttler-Einrichtung sowie aus der geringen erforderlichen Menge der Prüfprobe. Sollten künftige Arbeiten in der Lage sein, genaue und wiederholbare Daten zu liefern, die zeigen, dass eine Erweiterung der Anwendbarkeit des Verfahrens möglich ist, dann sind eine Überarbeitung dieses Dokuments und die Festlegung weiterer Anwendungsfälle für das Verfahren vorgesehen.

ANMERKUNG 3 Das vornormative Forschungsprojekt [4] hat gezeigt, dass das in diesem Dokument festgelegte Verfahren mit Vortex-Schüttler eine energetischere Zerstäubung ermöglicht als die Verfahren mit rotierender Trommel nach EN 17199-2 [1], mit kontinuierlichem Fall nach EN 17199-3 [2] und mit kleiner rotierender Trommel nach EN 17199-4 [3]. Das Verfahren mit Vortex-Schüttler kann Arbeiten oder Prozesse mit hochenergetischer Staubdispersion durch Vibration oder Schütteln besser simulieren oder sogar ein Worst-Case-Szenario am Arbeitsplatz beschreiben, einschließlich der (nicht empfohlenen) Praxis, kontaminierte Arbeitsoveralls und trockene Arbeitsoberflächen mit Druckluft zu reinigen.

ANMERKUNG 4 Bisher wurde noch kein Klassifizierungsschema im Hinblick auf Staubungsindizes oder Emissionsraten nach dem Verfahren mit Vortex-Schüttler erstellt. Liegt künftig erst einmal eine große Anzahl an Messdaten vor, sind eine Überarbeitung dieses Dokuments und, sofern zutreffend, die Einführung eines solchen Klassifizierungsschemas vorgesehen.

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 ISO 80004-1, *Nanotechnologien — Fachwörterverzeichnis — Teil 1: Kernbegriffe (ISO 80004-1)*

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*

EN 17199-1, *Exposition am Arbeitsplatz — Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die alveolengängige NOAA oder andere alveolengängige Partikel enthalten oder freisetzen — Teil 1: Anforderungen und Auswahl der Prüfverfahren*

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, EN ISO 80004-1 sowie EN 17199-1 und die folgenden Begriffe.

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

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

4 Symbole und Abkürzungen

AES	Atomemissionsspektroskopie
CPC	Kondensationspartikelzähler (en: Condensation Particle Counter)
ELPI® ¹	elektrischer Niederdruckimpaktor (en: Electrical Low Pressure Impactor)
EM	Elektronenmikroskopie
HEPA	Hochleistungspartikelfilter (en: high efficiency particulate arrestance)
ICP	induktiv gekoppeltes Plasma (en: inductively coupled plasma)
MFC	Massendurchflussregler (en: mass flow controller)
MS	Massenspektrometrie

NOAA	Nanoobjekte und deren Aggregate und Agglomerate > 100 nm
RH	relative Luftfeuchte (en: relative humidity)
TEM	Transmissionselektronenmikroskopie
VS	Vortex-Schüttler
XRF	Röntgenfluoreszenz (en: X-ray Fluorescence)

5 Kurzbeschreibung

Das in diesem Dokument festgelegte Verfahren mit Vortex-Schüttler (siehe Anhang A und Anhang C) dient der Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern im Hinblick auf

- den Massenanteil an alveolengängigem Staub;
- den anzahlbasierten Staubungsindex;
- die anzahlbasierte Emissionsrate.

Darüber hinaus beschreibt dieses Dokument die Verfahren, durch die Aerosole im Hinblick auf deren Partikelgrößenverteilung sowie auf die Morphologie und die chemische Zusammensetzung ihrer luftgetragenen Partikel näher charakterisiert werden können.

Die Probenahme zum Zweck und für die Durchführung der qualitativen oder quantitativen Analyse der Morphologie und chemischen Zusammensetzung der gesammelten luftgetragenen Partikel mit Nanostruktur wird beschrieben. Die Durchführung dieser Analysen ist optional, kann aber die Bestätigung der Größen der erzeugten Partikel sowie zusätzlich zu den zeit- und größenauflösenden Messgeräten ergänzende Informationen liefern.

Tabelle 1 enthält

- einen Überblick über die verschiedenen Messgrößen einschließlich deren Symbolen und Maßeinheiten;
- Angaben darüber, ob die Bestimmung dieser Messgrößen vorgeschrieben ist oder nicht;
- die zur Bestimmung einer Messgröße erforderlichen Aerosol-Messgeräte und Probenahmeeinrichtungen.

1 ELPI® ist der Handelsname oder das Warenzeichen eines von Dekati bereitgestellten Produkts. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung des genannten Produkts durch CEN. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu den gleichen Ergebnissen führen.

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

Messgröße (Einheit)	Spezifisches Verfahren/spezifische Vorrichtung für die Messgröße	vorgeschrieben/optional
Massenanteil an alveolengängigem Staub (mg/kg)	25-mm- oder 37-mm-Luftprobenahmekassette (siehe 6.2.8), befestigt an einem Abscheider für alveolengängige Staubfraktion (siehe 6.2.7)	vorgeschrieben
anzahlbasierter Staubungsindex alveolengängiger Partikel im Partikelgrößenbereich von etwa 10 nm bis etwa 1 µm (1/mg)	Kondensationspartikelzähler (CPC) (siehe 6.2.9)	vorgeschrieben
anzahlbasierte mittlere Emissionsrate alveolengängiger Partikel im Partikelgrößenbereich von etwa 10 nm bis etwa 1 µm (1/mg·s)		vorgeschrieben
Anzahl an Modi der zeitlich gemittelten anzahlbasierten Partikelgrößenverteilung als $dN/d\log D_i$ (–)	zeit- und größenauflösendes Messgerät für den Partikelgrößenbereich von etwa 10 nm bis etwa 10 µm (siehe 6.2.10)	vorgeschrieben
modale aerodynamische Äquivalentdurchmesser entsprechend dem höchsten ($M1_N$) und zweithöchsten Modus ($M2_N$) der zeitlich gemittelten anzahlbasierten Partikelgrößenverteilung als $dN/d\log D_i$ (µm)		vorgeschrieben
Anzahl an Modi der zeitlich gemittelten massenbasierten Partikelgrößenverteilung als $dM/d\log D_i$ (–)	Kaskadenimpaktor für den Partikelgrößenbereich von etwa 10 nm bis etwa 10 µm (siehe 6.2.10)	optional
modale aerodynamische Äquivalentdurchmesser entsprechend dem höchsten ($M1_M$) und zweithöchsten Modus ($M2_M$) der zeitlich gemittelten massenbasierten Partikelgrößenverteilung als $dM/d\log D_i$ (µm)		optional

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Messgröße (Einheit)	Spezifisches Verfahren/spezifische Vorrichtung für die Messgröße	vorgeschrieben/optional
morphologische und chemische Charakterisierung der Partikel, einschließlich NOAA (-)	TEM-Gitterträger ausgestattet mit einem TEM- Gitter aus porösem Kohlenstofffilm (siehe 6.2.11)	optional Kohlenstofffilm darf mit Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) analysiert werden
chemische Charakterisierung der Partikel, einschließlich NOAA (-)	25-mm- oder 37-mm- Luftprobenahmekassette aus leitfähigem Material (siehe 6.2.8), befestigt an einem Abscheider für die alveolengängige Staubfraktion (siehe 6.2.7)	optional Filter dürfen quantitativ durch XRF, ICP-AES oder ICP-MS analysiert werden.
ANMERKUNG Der vorstehend beschriebene Partikelgrößenbereich basiert auf der Ausrüstung, die im Laufe der vornormativen Forschung verwendet wurde.		

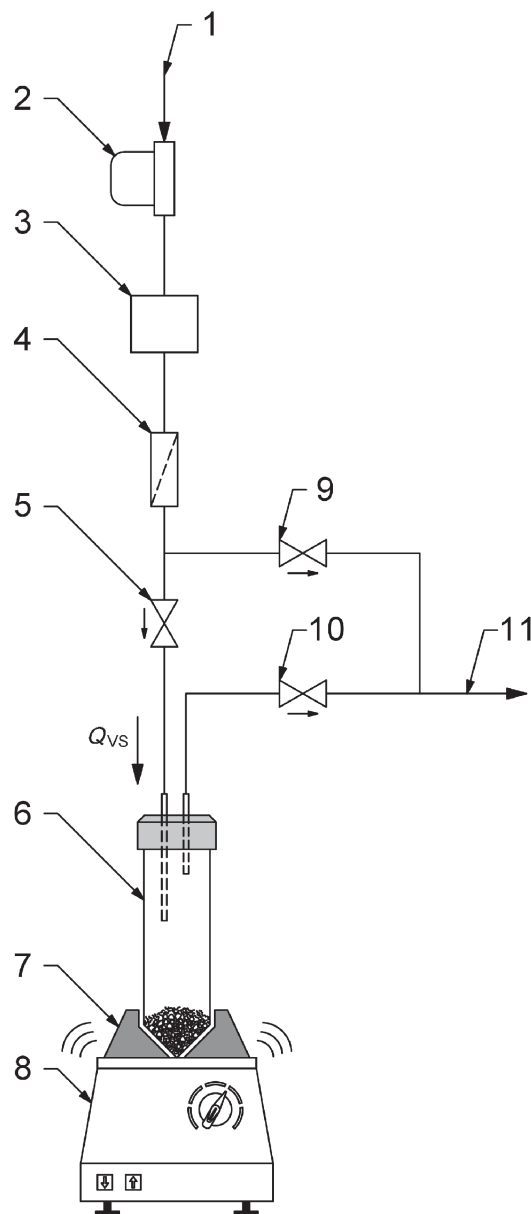
6 Ausrüstung

6.1 Allgemeines

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

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

Eine Übersicht über den Versuchsaufbau 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 Hochleistungspartikelfilter (HEPA)-Filterkartusche
- 5 Ventil zur Leitung des Einlassluftstroms durch das zylindrische Rohr
- 6 zylindrisches Behältnis (6.2.2), in das die Prüfprobe geschüttet wird
- 7 Ansatzgummistück, das an die Form des Behältnisbodens angepasst ist
- 8 Vortex-Schüttler (6.2.1), der eine kreisförmige orbitale Bewegung erzeugt
- 9 Ventil zur Leitung des Einlassluftstroms um das zylindrische Rohr herum
- 10 Ventil zur Leitung des Auslasses zum Probenahme- und Messabschnitt
- 11 Rohr zum Probenahme- und Messabschnitt (6.2.6)

Q_{vs} Durchflussrate im Vortex-Schüttler

ANMERKUNG Die Außenmaße des Prüfstands betragen etwa $0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$.

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

6.2 Prüfgerät

6.2.1 Vortex-Schüttler

Der Vortex-Schüttler besteht aus einer zentralen Einheit, in der ein Exzentermotor platziert ist, und einem Ansatzgummistück auf der Oberseite zur Aufnahme des Bodens des zylindrischen Behältnisses (6.2.2).

Wie in Bild 1 dargestellt ist, müssen die vertikalen Achsen des zylindrischen Behältnisses, des Ansatzgummistücks und der zentralen Einheit gleichachsig sein, bevor der Motor des Vortex-Schüttlers gestartet wird.

Der Vortex-Schüttler muss eine kreisförmige orbitale Bewegung in der horizontalen Ebene erzeugen. Die Bewegung muss durch eine Verschiebungsamplitude von 4 mm und eine Drehzahl von $1\,800 \pm 100 \text{ min}^{-1}$ (30 Hz) gekennzeichnet sein.

Die Drehzahl muss mithilfe eines kalibrierten digitalen Stroboskoptachometers validiert werden, der 1 800 Lichtimpulse je Minute auf den rotierenden Vortex-Schüttler aussendet. Der rotierende Vortex-Schüttler muss dann so unbeweglich wie möglich erscheinen. Ist dies nicht der Fall, muss die Drehzahl des Vortex-Schüttlers entsprechend angepasst werden.

Die Schüttelbewegung wird erzeugt, indem die Oberseite des Behältnisses festgehalten wird und sich die Unterseite kreisförmig orbital bewegen kann. Das Behältnis muss daher von einem Ring direkt unterhalb des Deckels in Position 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 ein Ansatzstück auf dem Prüfstand fixiert werden.

Wegen 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 Zylindrisches Behältnis

Bild 2 zeigt die Merkmale eines zylindrischen Behältnisses.

Das zylindrische Behältnis wird durch den Zusammenbau der drei in Bild 3 gezeigten Elemente aus Edelstahl hergestellt.

Maße in Millimeter

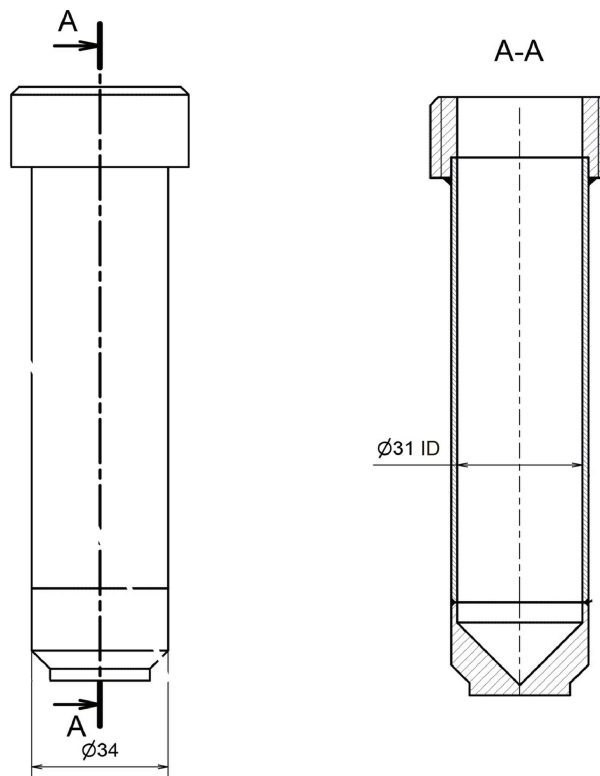


Bild 2 — Merkmale des für das Verfahren mit Vortex-Schüttler verwendeten zylindrischen Behältnisses

Maße in Millimeter

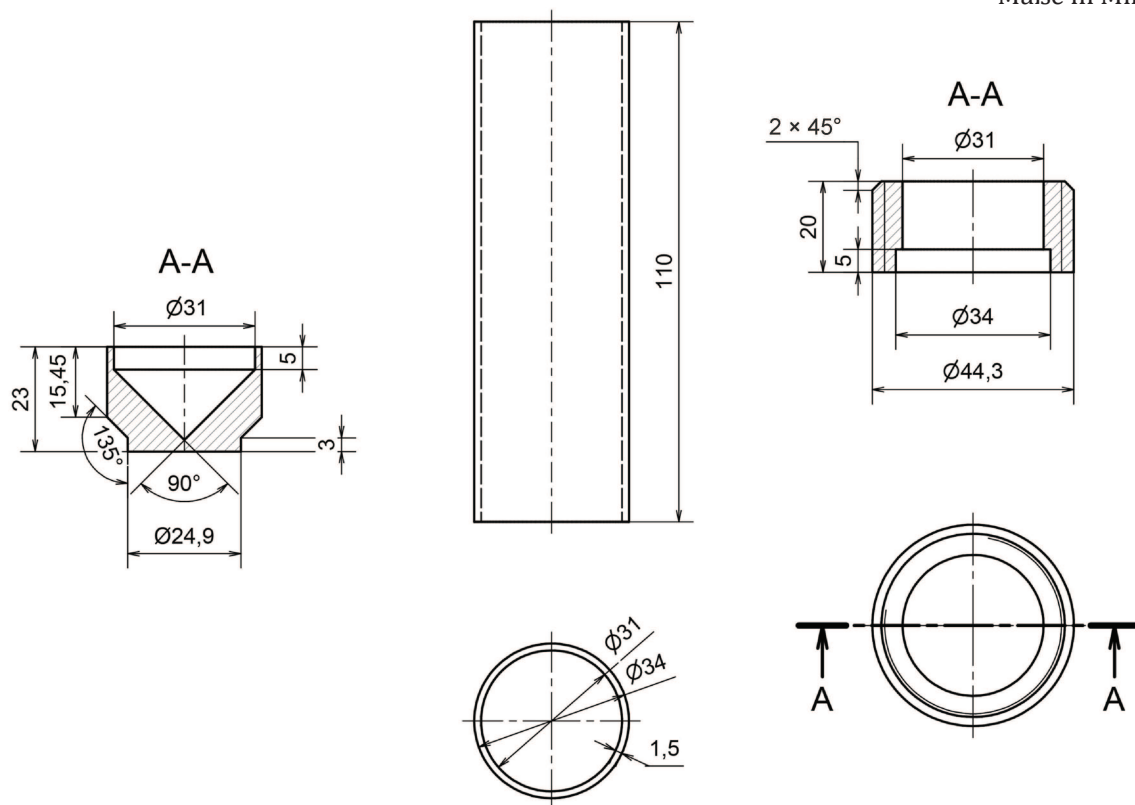


Bild 3 — Merkmale der drei für den Zusammenbau des zylindrischen Behältnisses herzustellenden Elemente

Wie Bild 4 zeigt, ist ein Prüfgefäß auf das zylindrische Behältnis geschraubt. Dieses ist ausgestattet mit einem Einlass für die zugeführte partikelfreie Luft und einem Auslass, durch den das freigesetzte Aerosol entweicht und der zu dem Probenahme- oder Messabschnitt führt. Die Rohre für den Einlass und den Auslass bestehen aus Edelstahl und weisen einen Außendurchmesser von 8 mm und einen Innendurchmesser von 6 mm auf.

Maße in Millimeter

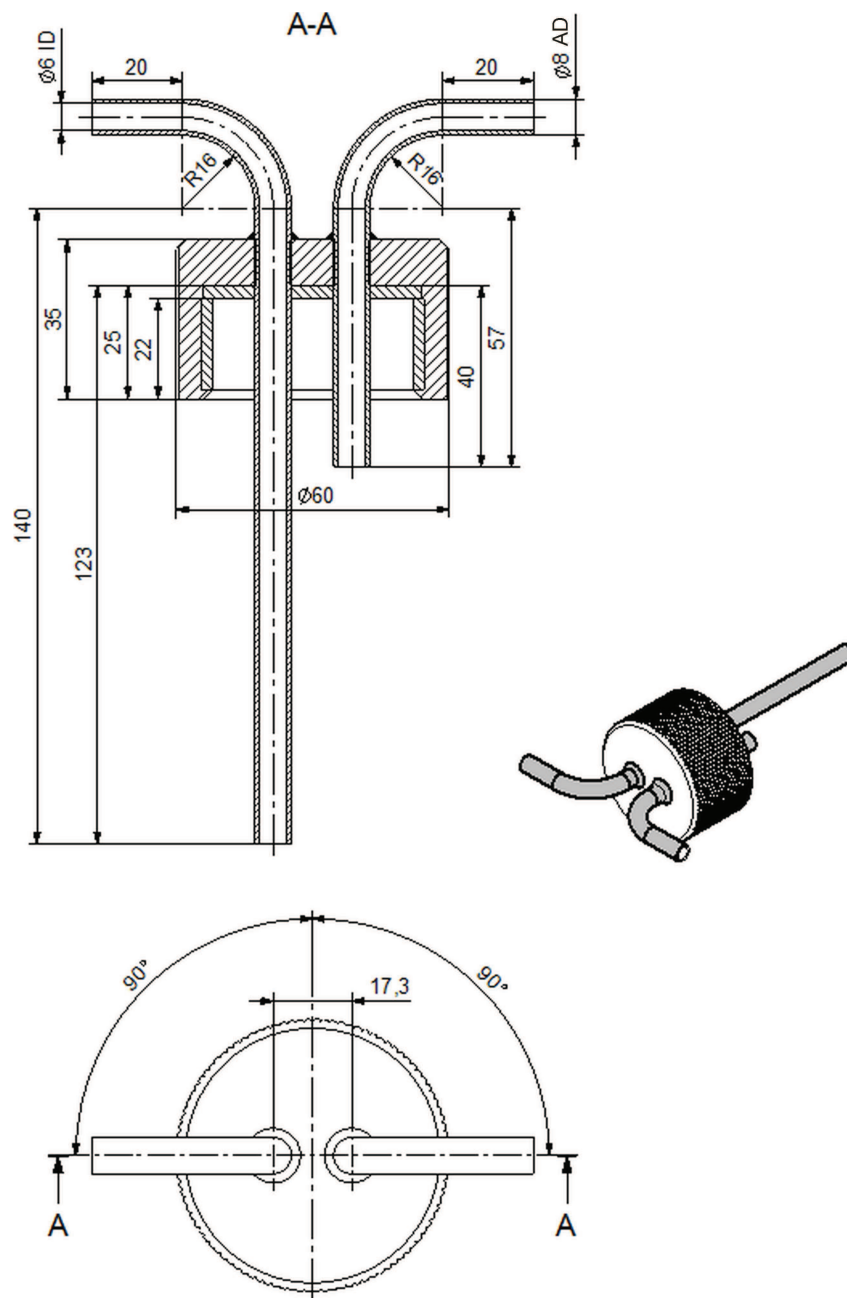


Bild 4 — Merkmale der mit dem zylindrischen Behältnis verschraubten Einlass-/Auslassrohre

Der Durchfluss der durch das zylindrische Behältnis gezogenen Luft beträgt $Q_{VS} = 4,2 \text{ l/min}$. Dies stellt eine Zufuhr- und Ansauggeschwindigkeit von $2,48 \text{ m/s}$ am Einlass und am Auslass sicher. Die Luftaustauschrate in dem zylindrischen Behältnis beträgt etwa 41 min^{-1} . Die Reynolds-Zahl in den Einlass- und Auslassrohren beträgt $Re = 990$, was auf eine Schichtströmung hindeutet.

6.2.3 Befeuchtungssystem für Einlass- und Verdünnungsluft

Das System muss $4,2 \text{ l/min}$ partikelfreie Luft mit auf $(21 \pm 3)^\circ\text{C}$ geregelter Temperatur und $(50 \pm 5) \%$ relativer Luftfeuchte (RH) der Einlassluft in das zylindrische Behältnis (siehe 6.2.2) liefern können. Siehe Bild 1.

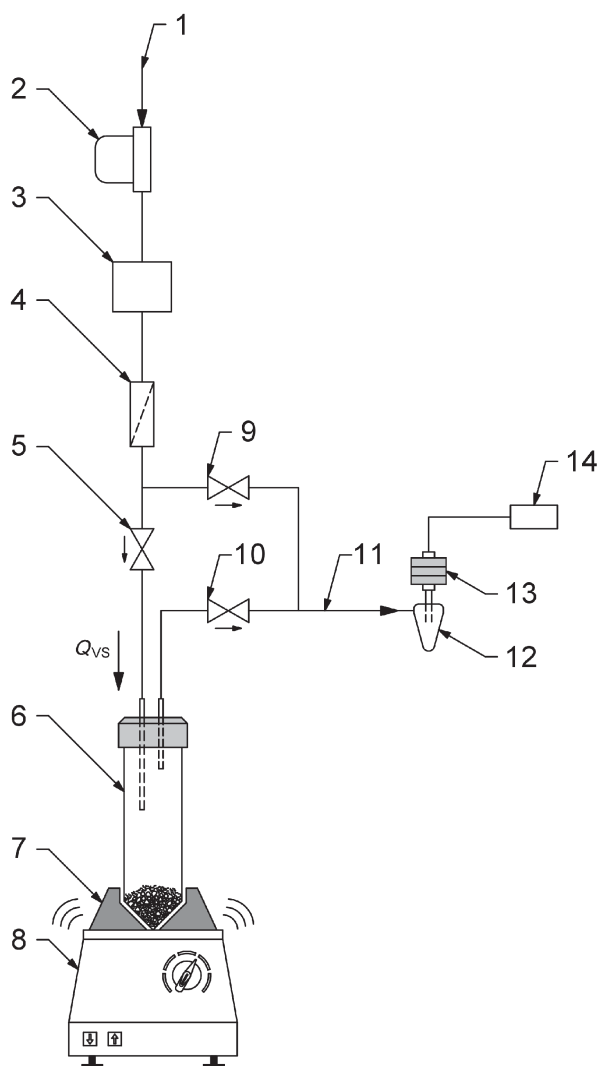
Ein zweites Befeuchtungssystem, das bis 7,5 l/min partikelfreie Luft unter den gleichen Bedingungen liefern kann, muss für die Verdünnungsluft vor dem zeit- und größenauflösenden Messgerät zur Messung der anzahlbasierten Partikelgrößenverteilung (siehe Bild 5) verwendet werden.

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

ANMERKUNG 2 Um die Messungen bei variabler relativer Luftfeuchte durchführen zu können, wird die Verwendung eines Befeuchtungssystems vorgeschlagen, das partikelfreie Luft unter geregelten Bedingungen relativer Luftfeuchte im Bereich von 20 % RH bis 90 % RH liefern kann.

6.2.4 Probenahmeleitung für die Messung des Massenanteils an alveolengängigem Staub

Für die Bestimmung des Massenanteils an alveolengängigem Staub wird Konfiguration A des in Bild 5 gezeigten Versuchsaufbaus für das Verfahren mit Vortex-Schüttler verwendet.

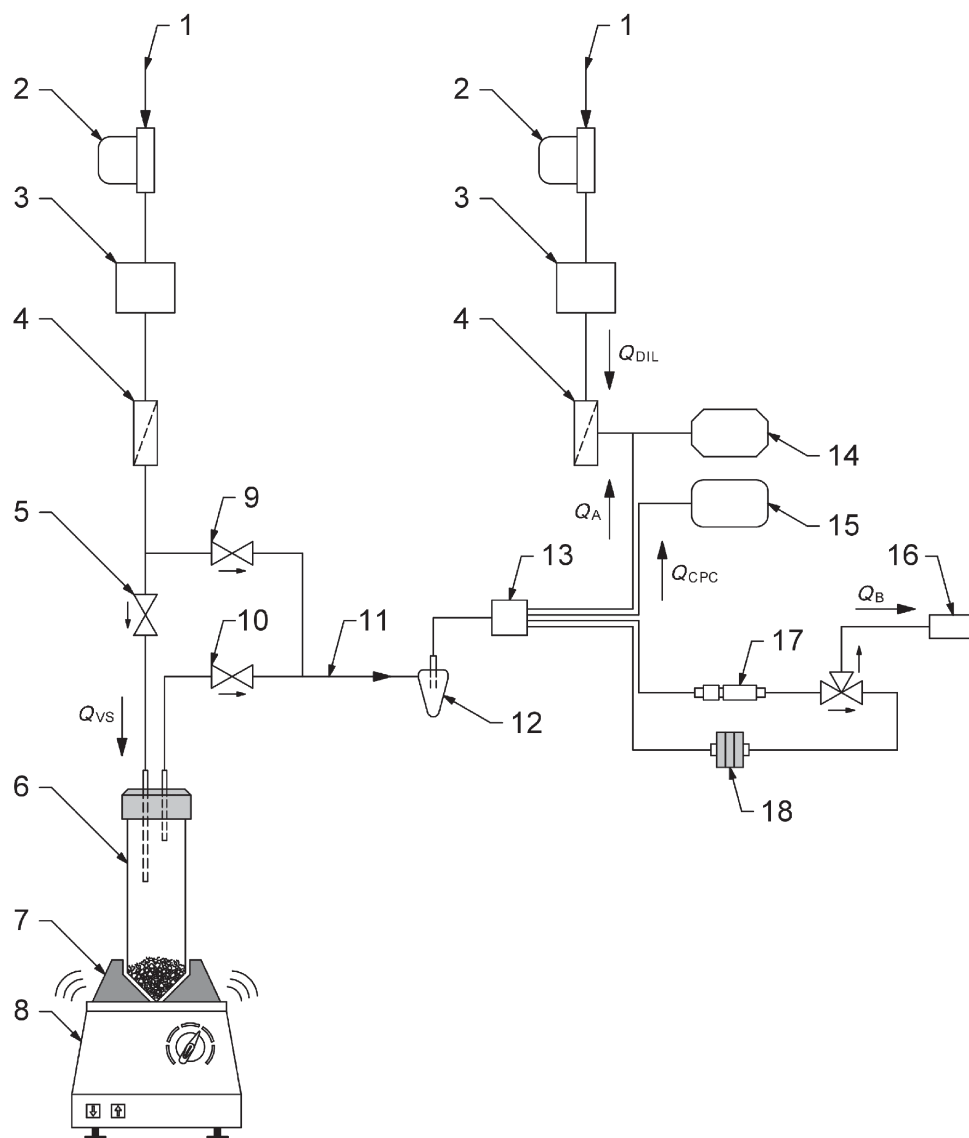


Legende

- 1 trockene Druckluft
 - 2 Massendurchflussregler (MFC)
 - 3 Befeuchtungssystem (6.2.3) für die Zufuhr von $Q_{VS} = 4,2 \text{ l/min}$ mit $(50 \pm 5) \% \text{ RH}$
 - 4 Hochleistungspartikelfilter (HEPA)-Filterkartusche
 - 5 Ventil zur Leitung des Einlassluftstroms durch das zylindrische Rohr
 - 6 zylindrisches Behältnis (6.2.2), in das die Prüfprobe geschüttet wird
 - 7 Ansatzgummistück, das an die Form des Behältnisbodens angepasst ist
 - 8 Vortex-Schüttler (6.2.1), der eine kreisförmige orbitale Bewegung erzeugt
 - 9 Ventil zur Leitung des Einlassluftstroms um das zylindrische Rohr herum
 - 10 Ventil zur Leitung des Auslasses zum Probenahme- und Messabschnitt
 - 11 Rohr zum Probenahme- und Messabschnitt (6.2.6)
 - 12 Abscheider aus Edelstahl (6.2.7), der die alveolengängige Aerosolfraktion mit $4,2 \text{ l/min}$ sammelt
 - 13 37-mm- oder 25-mm-Luftprobenahmekassette (zweiteilige offene Konfiguration) (6.2.8), die einen vorgewogenen Filter für die gravimetrische Analyse (6.2.14) enthält
 - 14 Probenahmepumpe
- Q_{VS} Durchflussrate im Vortex-Schüttler

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

Für die Bestimmung des anzahlbasierten Staubungsindex, der anzahlbasierten Emissionsrate, der anzahlbasierten Partikelgrößenverteilung des freigesetzten alveolengängigen Aerosols und die Sammlung der freigesetzten luftgetragenen Partikel in der alveolengängigen Fraktion für die anschließende Beobachtung und Analyse durch Elektronenmikroskopie wird Konfiguration B des in Bild 6 gezeigten Versuchsaufbaus für das Verfahren mit Vortex-Schüttler verwendet.



Legende

- 1 trockene Druckluft
 - 2 Massendurchflussregler (MFC)
 - 3 Befeuchtungssystem (6.2.3) für die Zufuhr von $Q_{VS} = 4,2 \text{ l/min}$ mit $(50 \pm 5) \% \text{ RH}$
 - 4 Hochleistungspartikelfilter (HEPA)-Filterkartusche
 - 5 Ventil zur Leitung des Einlassluftstroms durch das zylindrische Rohr
 - 6 zylindrisches Behältnis (6.2.2), in das die Prüfprobe geschüttet wird
 - 7 Ansatzgummistück, das an die Form des Behältnisbodens angepasst ist
 - 8 Vortex-Schüttler (6.2.1), der eine kreisförmige orbitale Bewegung erzeugt
 - 9 Ventil zur Leitung des Einlassluftstroms um das zylindrische Rohr herum
 - 10 Ventil zur Leitung des Auslasses zum Probenahme- und Messabschnitt
 - 11 Rohr zum Abscheider des Probenahme- und Messabschnitts (6.2.6) Abscheider
 - 12 Zyklon
 - 13 Aerosol-Durchfluss-Splitter
 - 14 zeit- und größenauflösendes Aerosol-Messgerät (6.2.10)
 - 15 Kondensationspartikelzähler (CPC) (6.2.9)
 - 16 Probenahmepumpe
 - 17 TEM-Gitterträger (6.2.11)
 - 18 37-mm- oder 25-mm-Luftprobenahmekassette (zweiteilige offene Konfiguration) (6.2.8) mit einem Filter
- Q_{CPC} Durchflussrate im Kondensationspartikelzähler, $0,7 \text{ l/min}$
 Q_{VS} Durchflussrate im Vortex-Schüttler
 Q_A Durchflussrate, $2,5 \text{ l/min}$
 Q_B Durchflussrate durch den TEM-Gitterträger (17) oder die 25-mm-Luftprobenahmekassette (18)
 Q_{DIL} Verdünnungsdurchflussrate, $7,5 \text{ l/min}$

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

6.2.6 Leitfähiger Schlauch, kohlenstoffimprägniert

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

Um Partikelverluste in den Probenahmeleitungen, in denen das freigesetzte Aerosol zu den Messgeräten und Probenahmeeinrichtungen transportiert wird, zu minimieren, müssen Schlauchlängen sowie Bögen in den leitfähigen Schläuchen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

6.2.7 Abscheider für die alveolengängige Staubfraktion, aus Edelstahl

Ein Abscheider für die alveolengängige Fraktion 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 Abscheider muss die alveolengängige Staubfraktion nach EN 481 mit $4,2 \text{ l/min}$ und mit der Leistung nach EN 13205-2 sammeln.

Für Konfiguration A (siehe Bild 5) wird der Abscheider mit zweiteiligen Probenahmekassetten (siehe 6.2.8) ausgestattet. Die Baugruppe wird anschließend an eine mit $4,2 \text{ l/min}$ betriebene Probenahmepumpe angeschlossen.

Für Konfiguration B (siehe Bild 6) müssen leitfähige Schläuche (siehe 6.2.6) für die Verbindung aller Teile des Messgeräts verwendet werden.