

DIN EN 17199-5



ICS 13.040.30

**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 Fassung EN 17199-5:2019**

Workplace exposure –

Measurement of dustiness of bulk materials that contain or release respirable NOAA or other respirable particles –

Part 5: Vortex shaker method;

German version EN 17199-5:2019

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'utilisation d'un agitateur vortex;

Version allemande EN 17199-5:2019

Gesamtumfang 39 Seiten

DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 17199-5:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Die Erstellung der vorliegenden Norm erfolgte im Rahmen des an CEN, CENELEC und ETSI erteilten Mandats M/461 für Normungsaktivitäten hinsichtlich Nanotechnologie und Nanomaterialien.

Die Mitarbeit von DIN in der zuständigen Arbeitsgruppe des Technischen Komitees CEN/TC 137 wird über den Arbeitskreis NA 095-03-01-01 AK „Staub“ des Arbeitsausschusses „Messstrategien und Anforderungen an Messverfahren“ (NA 095-03-01 AA) im DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) wahrgenommen.

DIN EN 17199 *Exposition am Arbeitsplatz — Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die alveolengängige NOAA oder andere alveolengängige Partikel enthalten oder freisetzen* besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Anforderungen und Auswahl der Prüfverfahren*
- *Teil 2: Verfahren mit rotierender Trommel*
- *Teil 3: Verfahren mit kontinuierlichem Fall*
- *Teil 4: Verfahren mit kleiner rotierender Trommel*
- *Teil 5: Verfahren mit Vortex-Schüttler*

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

ISO 15767 siehe DIN ISO 15767

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

Deutsche Fassung

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'utilisation d'un agitateur
vortex

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. Februar 2019 angenommen.

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

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

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Kurzbeschreibung	8
6 Ausrüstung	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Prüfeinrichtung	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	15
6.2.5 Probenahmeleitung für andere Messungen	17
6.2.6 Leitfähiger Schlauch, kohlenstoffimprägniert	18
6.2.7 Abscheider für die alveolengängige Staubfraktion, aus Edelstahl	18
6.2.8 Luftprobenahmekassette	19
6.2.9 Kondensationspartikelzähler (CPC), mit Alkohol als Arbeitsflüssigkeit	19
6.2.10 Zeit- und größenauflösendes Aerosol-Messgerät	19
6.2.11 Aerosolsammler für die analytische Elektronenmikroskopie-Analyse	20
6.2.12 Analysenwaage, die in der Lage ist, auf 10 µg zu wiegen	20
6.2.13 Mikrowaage, die in der Lage ist, auf 1 µg zu wiegen	20
6.2.14 Filter für die gravimetrische Analyse	20
6.2.15 Mikrozentrifugenröhrchen	20
7 Anforderungen	21
7.1 Allgemeines	21
7.2 Technische Kontrollmaßnahmen	21
7.3 Konditionierung des Prüfmateri als	21
7.3.1 Allgemeines	21
7.3.2 Festgelegte Bedingungen	21
7.3.3 Anlieferungszustand	21
7.4 Konditionierung der Prüfeinrichtung	21
8 Vorbereitung	22
8.1 Prüfprobe	22
8.2 Feuchtigkeitsgehalt („Gutfeuchte“) des Prüfmateri als	22
8.3 Schüttdichte des Prüfmateri als	22
8.4 Vorbereitung der Prüfeinrichtung	23
8.5 Aerosol-Messgeräte und Aerosolsammler	23
9 Prüfverfahren	23
10 Auswertung der Daten	26
10.1 Massenanteil an alveolengängigem Staub	26

10.2	Anzahlbasierter Staubungsindex, anzahlbasierte Emissionsrate und modale aerodynamische Äquivalentdurchmesser der Partikelgrößenverteilung	27
10.2.1	Allgemeines	27
10.2.2	Anzahlbasierter Staubungsindex	27
10.2.3	Anzahlbasierte Emissionsrate	27
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.....	35
Anhang C (informativ)	Beweggründe für die Entwicklung des Verfahrens mit Vortex-Schüttler.....	36
Literaturhinweise.....		37

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 17199-5:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrags erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

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

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 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 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 Staubungsindex 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, und
- 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 kann angenommen werden, dass das Verfahren mit Vortex-Schüttler auch für Nanofasern und Nanoplättchen anwendbar ist.

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 Staubbildung durch Vibration oder Schütteln besser simulieren oder sogar ein Worst-Case-Szenario am Arbeitsplatz beschreiben, einschließlich der (nicht empfohlenen) Praxis, kontaminierte Arbeitsoberflächen 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).

CEN ISO/TS 80004-2, *Nanotechnologien — Fachwörterverzeichnis — Teil 2: Nanoobjekte (ISO/TS 80004-2)*

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, CEN ISO/TS 80004-2 und EN 17199-1.

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

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

4 Symbole und Abkürzungen

AES	Atomemissionsspektroskopie
CPC	Kondensationspartikelzähler (en: condensation particle counter)
ELPI® ¹	elektrischer Niederdruckkaskadenimpaktor
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 und
- 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.

1 ELPI® ist der Handelsname oder das Warenzeichen eines von Dekati bereitgestellten Produkts. Diese Angabe dient zur Unterrichtung der Anwender dieser Europäischen Norm und stellt keine Anerkennung des genannten Produkts durch CEN dar. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu identischen Ergebnissen führen.

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, sowie
- die zur Bestimmung einer Messgröße erforderlichen Aerosol-Messgeräte und Probenahmeeinrichtungen.

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 (M_{1N}) und zweithöchsten Modus (M_{2N}) 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

Messgröße (Einheit)	Spezifisches Verfahren/spezifische Vorrichtung für die Messgröße	vorgeschrieben/ 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
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 $Q_{vs} = 4,2 \text{ l/min}$.

Eine Übersicht über den Versuchsaufbau des Vortex-Schüttler-Prüfstands ist in Bild 1 angegeben.