

DIN EN 17199-2

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 2: Verfahren mit großer rotierender Trommel;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17199-2:2018**

Workplace exposure –

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

Part 2: Rotating drum method;

German and English version prEN 17199-2:2018

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 2: Méthode impliquant l'utilisation d'un grand tambour rotatif;

Version allemande et anglaise prEN 17199-2:2018

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 42 Seiten

DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)

Nationales Vorwort

Der hiermit der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgelegte Norm-Entwurf enthält die deutsche und englische Fassung des vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) ausgearbeiteten europäischen Norm-Entwurfs prEN 17199-2:2018.

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

Der Norm-Entwurf wird gleichzeitig national und europäisch zur Stellungnahme verteilt.

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.

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

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

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

Exposition am Arbeitsplatz — Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte oder Submikrometerpartikel enthalten oder freisetzen — Teil 2: Verfahren mit großer rotierender Trommel

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 2 : Méthode impliquant l'utilisation d'un grand tambour rotatif

Workplace exposure — Measurement of dustiness of bulk materials that contain or release nano-objects or submicrometer particles — Part 2: Rotating drum 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	5
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	6
5 Kurzbeschreibung	7
6 Geräte	8
6.1 Prüfeinrichtung für die Bestimmung der Massenanteile an einatembarem, thorakalem und alveolengängigem Staub	8
6.2 Prüfeinrichtung für die Bestimmung des zahlenbasierten Staubungsindex, der zahlenbasierten Emissionsrate und des/der modalen Durchmesser(s) der Größenverteilung	8
6.2.1 Allgemeines	8
6.2.2 Rotierende Trommel	10
6.2.3 Isokinetischer Durchflusssplitter	11
6.2.4 Leitfähige oder Stahlrohre	11
6.2.5 Edelstahl-Staubabscheider oder ein Satz Impaktorstufen	11
6.2.6 Direkt messendes Aerosolinstrument für die Partikelzahlkonzentration, mit erkennbarem Partikelgrößenbereich zwischen 10 nm und 1 µm	11
6.2.7 Direkt messendes größen aufgelöstes Aerosolinstrument für die zeitlich gemittelte zahlenbasierte Partikelgrößenverteilung	12
6.2.8 Aerosolsammler für die analytische Elektronenmikroskopie-Analyse	13
7 Anforderungen	13
7.1 Allgemeines	13
7.2 Technische Schutzmaßnahmen	13
7.3 Konditionierung des Prüfmaterials	13
7.4 Konditionierung der Prüfeinrichtung	13
8 Vorbereitung	14
8.1 Prüfprobe	14
8.2 Feuchtegehalt des Prüfmaterials	14
8.3 Schüttdichte des Prüfmaterials	14
8.4 Rotierende Trommel	14
8.5 Aerosolinstrumente und Aerosolsammler	14
9 Prüfverfahren	15
9.1 Messung der Massenanteile an einatembarem, thorakalem und alveolengängigem Staub	15
9.2 Messung des Staubungsindex und der Emissionsrate	15
10 Auswertung der Daten	17
11 Prüfbericht	19
Literaturhinweise	20

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17199-2:2018) 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 eingehender im Hinblick auf die Größe und chemische Zusammensetzung 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 rotierender Trommel, das zur Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte oder Partikel im Submikrometerbereich enthalten oder freisetzen, im Hinblick auf die Staubungsindizes oder Emissionsraten 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. Diese Prüfung verwendet dasselbe Stauberzeugungsverfahren wie in EN 15051-2. Die Bestimmung der gesundheitsrelevanten Fraktionen des freigesetzten Staubs aus Schüttgut mit Nanopartikeln erfolgt nach EN 15051-1 und EN 15051-2. Hierbei wird ein von dem Versuchsaufbau zur Bestimmung des zahlenbasierten Staubungsindex und der Emissionsrate abweichender Versuchsaufbau verwendet.

Das Verfahren mit rotierender Trommel 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 rotierender Trommel wurde entwickelt, um Szenarien am Arbeitsplatz zu simulieren und die Handhabungsprozesse allgemeiner Schüttgüter nachzubilden, einschließlich der Prozesse, in denen das Schüttgut gekippt, geschüttet, gemischt, geschaufelt, fallengelassen oder auf ähnliche Weise mechanisch oder von Hand gehandhabt wird.

Das hier dargelegte Verfahren mit rotierender Trommel unterscheidet sich von den respektive in prEN 17199-3:2017 [1], prEN 17199-4:2017 [2] und prEN 17199-5:2017 [3] präsentierten Verfahren mit kontinuierlichem Fall, mit kleiner rotierender Trommel und mit Vortex-Schüttler. Bei den Verfahren mit rotierender Trommel und kleiner rotierender Trommel wird dasselbe Proben-Nanomaterial wiederholt gegossen oder bewegt. Das Verfahren mit kontinuierlichem Fall simuliert eine kontinuierliche Zufuhr des Nanomaterials, während das Verfahren mit Vortex-Schüttler eine starke Bewegung eines Nanomaterials simuliert.

Diese Europäische Norm wurde ursprünglich 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 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 rotierender Trommel 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 Messung des Massenanteils an alveolengängigem, thorakalem und einatembarem Staub,
- b) die Messung des zahlenbasierten Staubindex alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm,
- c) die Messung der zahlenbasierten Emissionsrate alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm,
- d) die Messung der zahlenbasierten Größenverteilung des freigesetzten Aerosols im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 10 µm und
- e) die Sammlung freigesetzter Schwebstoffe in der alveolengängigen Fraktion für anschließende Beobachtungen und Analysen durch analytische Elektronenmikroskopie.

Diese Europäische Norm gilt für die Prüfung einer Vielzahl unterschiedlicher Schüttgüter einschließlich Pulver, Granulate oder Pellets, die Nanoobjekte oder Partikel im Submikrometerbereich in ungebundener, gebundener und unbeschichteter und beschichteter Form enthalten oder freisetzen.

ANMERKUNG 1 Bisher wurde noch kein zahlenbasiertes Klassifizierungsschema im Hinblick auf Staubungsindizes oder Emissionsraten entwickelt. Schließlich, wenn eine große Anzahl an Messdaten vorliegt, ist beabsichtigt, diese Europäische Norm zu revidieren und ein solches Klassifizierungsschema einzuführen.

ANMERKUNG 2 Das in dieser Europäischen Norm festgelegte Verfahren wurde nicht für die Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern mit Nanofasern und Nanoplättchen in Bezug auf die zahlenbasierten Staubungsindizes oder Emissionsraten untersucht. Es besteht jedoch kein Grund zu der Annahme, dass die zahlenbasierten Staubungsindizes oder Emissionsraten nicht durch das Verfahren mit rotierender Trommel unter Verwendung des in dieser Europäischen Norm festgelegten Versuchsaufbaus gemessen werden können.

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*

EN 15051-2, *Exposition am Arbeitsplatz — Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern — Teil 2: Verfahren mit rotierender Trommel*

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

prEN 17199-1:2017, *Exposition am Arbeitsplatz — Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte oder Partikel im Submikrometerbereich enthalten oder freisetzen — Teil 1: Anforderungen und Auswahl des Prüfverfahrens*

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 17199-1:2017.

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)
d_{50}	eine kleinere Partikelgröße, bei der der Zählwirkungsgrad 50 % beträgt
DMA	differentieller Mobilitätsanalysator (en: Differential Mobility Analyser)
ELPI®1)	elektrischer Niederdruckimpaktor (en: Electrical Low Pressure Impactor)
EM	Elektronenmikroskopie (en: Electron Microscopy)
HEPA	Hochleistungspartikelfilter (en: High Efficiency Particulate Arrestance)
ICP	induktiv gekoppeltes Plasma (en: Inductively coupled plasma)
MS	Massenspektrometrie (en: Mass spectrometry)
RH	relative Luftfeuchte
TEM	Durchstrahlungsmikroskop bzw. Transmissionselektronenmikroskop (en: Transmission Electron Microscopy)
XRF	Röntgenfluoreszenz (en: X-ray fluorescence)

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.

5 Kurzbeschreibung

Das in dieser Europäischen Norm festgelegte Verfahren mit rotierender Trommel dient der Messung des Staubungsverhaltens von Schüttgütern, die Nanoobjekte enthalten, im Hinblick auf

- alveolengängige, thorakale und einatembare Massenanteile,
- zahlenbasierte und massenbasierte Indizes und
- zahlenbasierte und massenbasierte Emissionsraten.

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

Weiterhin werden die Probenahmen 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 Echtzeitinstrumenten weitere Informationen liefern.

Tabelle 1 bietet einen Überblick über die verschiedenen Messgrößen, Informationen dazu, ob diese Messgrößen vorgeschrieben sind oder nicht, und über die zur Bestimmung einer Messgröße erforderlichen Aerosolinstrumente und Probenahmeeinrichtungen.

Tabelle 1 — Messgrößen, Aerosolinstrumente/Probenahmeeinrichtungen und damit verbundene Empfehlungen für das Verfahren mit rotierender Trommel

Messgröße	Spezifisches Verfahren/spezifische Vorrichtung für die Messgröße	vorgeschrieben/optional
alveolengängiger, thorakaler und einatembarer Staubungs-massenanteil (mg/kg)	Satz Metallschäume und ein Filter (separate Prüfung nach EN 15051-1 und EN 15051-2)	vorgeschrieben
zahlenbasierter Staubungsindex alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm	Kondensationspartikelzähler (CPC)	vorgeschrieben
zahlenbasierte Emissionsrate alveolengängiger Partikel im Größenbereich zwischen ungefähr 10 nm und 1 000 nm (1/mg/s)		vorgeschrieben
Anzahl der Modi der zeitlich gemittelten partikelzahlbasierten Größenverteilung als $dN/d\log D_p$	direkt messender zahlenbasierter Niederdruck-Kaskadenimpaktor zur Messung von Partikeln im Größenbereich zwischen 10 nm und 1 000 nm	vorgeschrieben
äquivalente Durchmesser der zeitlich gemittelten partikelzahlbasierten Größenverteilungen als $dN/d\log D_p$		vorgeschrieben

Messgröße	Spezifisches Verfahren/spezifische Vorrichtung für die Messgröße	vorgeschrieben/optional
Anzahl der Modi der zeitlich gemittelten massenbasierten Größenverteilung als $dM/d\log D_p$	Kaskadenimpaktor	optional
äquivalente modale Durchmesser der zeitlich gemittelten massenbasierten Größenverteilung als $dM/d\log D_p$		optional
Morphologie und chemische Charakterisierung der Nanoobjekte, der Partikel, der Agglomerate und der Aggregate	TEM-Gitterträger ausgestattet mit einem TEM-Gitter aus porösem Kohlenstofffilm	optional Kohlenstofffilm kann durch TEM analysiert werden.
	ein Satz Metallschäume, gefolgt von einem Filter nach EN 15051-2	optional Filter können quantitativ durch XRF, ICP-AES oder ICP-MS analysiert werden.

Die Bestimmung des einatembaren, thorakalen und alveolengängigen Massenanteils des freigesetzten Staubs aus einem Schüttgut, das Nanoobjekte enthält, muss nach EN 15051-1 und EN 15051-2 erfolgen. Der Versuchsaufbau für dieses Verfahren unterscheidet sich von dem für die Bestimmung des zahlenbasierten Staubungsindex und der Emissionsrate verwendeten Versuchsaufbau.

6 Geräte

6.1 Prüfeinrichtung für die Bestimmung der Massenanteile an einatembarem, thorakalem und alveolengängigem Staub

Die in EN 15051-1 und EN 15051-2 festgelegte Prüfeinrichtung und die darin festgelegten Prüfverfahren sind zur Bestimmung des Massenanteils an einatembarem, thorakalem und alveolengängigem Staub zu verwenden.

Der Filter zur Sammlung des alveolengängigen Staubanteils kann quantitativ durch XRF (Röntgenfluoreszenz), Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) oder Atomemissions-Spektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) analysiert werden. Ein geeigneter Filter außer Glasfaserfiltern ist in Übereinstimmung mit den Verweisungen nach prEN 17199-1:2017 zu verwenden.

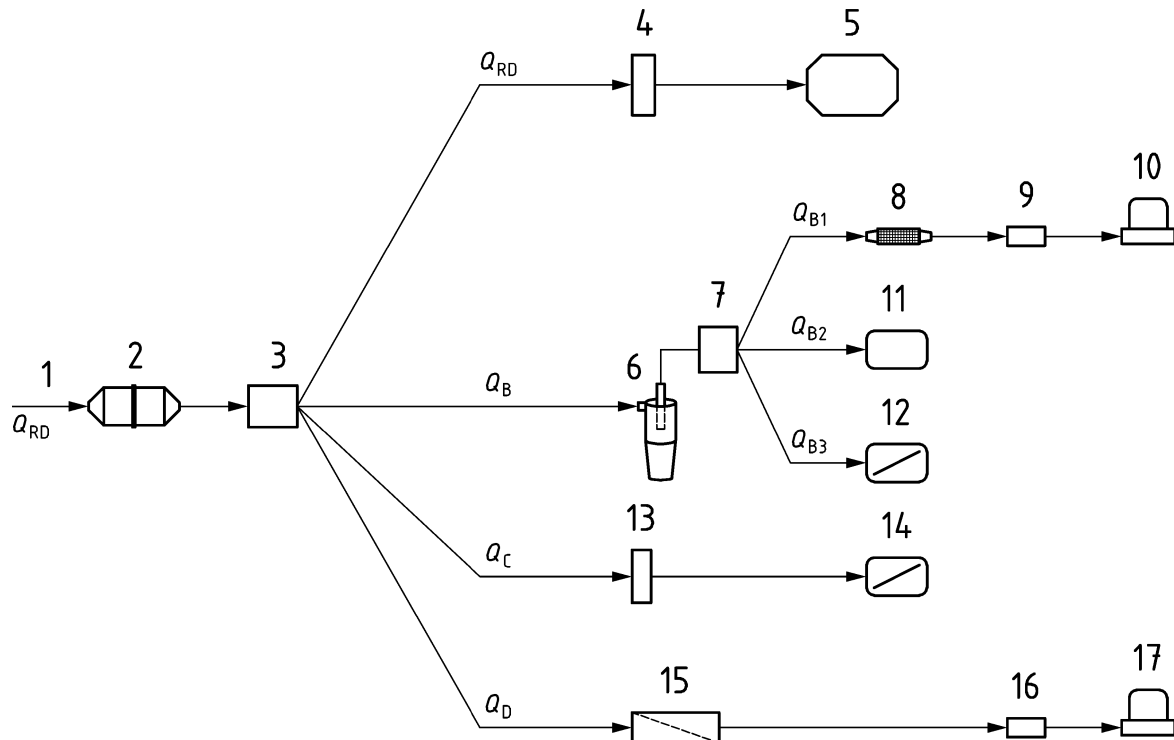
6.2 Prüfeinrichtung für die Bestimmung des zahlenbasierten Staubungsindex, der zahlenbasierten Emissionsrate und des/der modalen Durchmesser(s) der Größenverteilung

6.2.1 Allgemeines

Die Prüfeinrichtung besteht aus

- einer speziell konstruierten Stahltrommel mit Eintrittsfilter,
- einer Austrittsphase bestehend aus einem isokinetischen Splitter, der mit einer Reihe von Instrumenten und Probenahmeeinrichtungen verbunden ist,
- einer Reihe von Walzen,
- einem Timer und
- einem Antriebsmotor.

Ein Beispiel eines Prüfaufbaus ist in Bild 1 dargestellt.



Legende

- | | |
|---|--|
| 1 HEPA-gefilterte oder ultra-HEPA-gefilterte Luft | 10 Massendurchflussregler |
| 2 rotierende Trommel, konstruiert nach EN 15051-2 | 11 direkt messendes Aerosolinstrument für die Partikelzahlenkonzentration (CPC) |
| 3 isokinetischer Durchflusssplitter | 12 zusätzliches direkt messendes Instrument oder zusätzliche Probenahmeeinrichtung alternativ können ein Filter und eine Pumpe verwendet werden. |
| 4 ein Satz Impaktorplatten | 13 Staubabscheider oder ein Satz Impaktorstufen |
| 5 direkt messender zahlenbasierter Niederdruck-Kaskadenimpaktor mit einem d_{50} -Abschneidwert von ungefähr $11 \mu\text{m}$ | 14 zusätzliches direkt messendes Instrument oder zusätzliche Probenahmeeinrichtung alternativ können ein Filter und eine Pumpe verwendet werden. |
| 6 alveolengängiger Staubabscheider | 15 HEPA-Filter |
| 7 Durchflusssplitter | 16 Massendurchflussregler |
| 8 Aerosolsammler für die Analyse durch Elektronenmikroskopie | 17 Zuluftpumpe |
| 9 Probensammlerpumpe | |

Bild 1 — Beispiel des Prüfaufbaus des Verfahrens mit rotierender Trommel

Die Durchflussrate für jedes in Bild 1 dargestellte Rohr muss wie folgt eingestellt werden:

- Q_A ist 10 l/min;
- Q_B ist 4,2 l/min;
- Q_{B1} ist 0,3 l/min;
- Q_{B2} ist 0,8 l/min;
- Q_{B3} ist 3,1 l/min;
- Q_C ist 4,2 l/min, wenn ein alveolengängiger Staubabscheider mit einer Durchflussrate von 4,2 l/min verwendet wird;
- $Q_D = Q_B + Q_C + Q_D$.

ANMERKUNG 1 Der mit 4,2 l/min betriebene alveolengängige Staubabscheider ist nicht zwingend vorgeschrieben. Die Art des alveolengängigen Staubabscheiders oder der Impaktorstufen richtet sich nach der Art der mit dieser Strecke verbundenen Instrumente. Alternativ kann eine Probenahmeeinrichtung eigenständig verwendet werden.

ANMERKUNG 2 Massendurchflussregler sind nicht zwingend vorgeschrieben. Sie können einen konstanten Zufluss zu der Trommel gewährleisten.

6.2.2 Rotierende Trommel

Die rotierende Trommel hat die gleichen Eigenschaften wie die in EN 15051-2 festgelegte Trommel. Der Hauptkörper der Trommel hat einen Durchmesser von 300 mm und besteht aus Edelstahl. Er hat ein Volumen von 38 l. Auf den Walzen platziert dreht sich die Trommel mit vier Umdrehungen je Minute. Der Hauptkörper der Trommel ist mit acht Hebeschaufeln in Längsrichtung ausgestattet, um ein bekanntes Volumen des Nanomaterials anzuheben und fallenzulassen (der Stauberzeugungsabschnitt). Die Edelstahlschaufeln (Länge 230 mm und Breite 25 mm) sind entlang der Innenflächen der Trommel befestigt und weisen radial zum Trommelzentrum hin nach innen.

Die Eintrittsluft muss mit einem HEPA-Filter gefiltert werden, um einen Hintergrund von weniger als 20 Partikeln/cm³ zu erreichen.

ANMERKUNG Dies kann mit einem Kondensationspartikelzähler im Größenbereich zwischen 10 nm und ungefähr 1 µm gemessen werden.

Der emittierte Staub wird aus der Trommel über einen isokinetischen Splitter (siehe 6.2.3) und leitfähige oder Stahlrohre (siehe 6.2.4) in die Echtzeitinstrumente gesogen.

Die in dem Walzensatz angebrachte Hauptpumpe ist von der Trommel getrennt. Die Austrittsstufe der Trommel bleibt leer und ein Abstandshalter wird anstelle der in EN 15051-2 festgelegten Schäume und Filtersysteme eingesetzt. Der Eintritt und der Austritt der Trommel sind an dem entsprechenden Ende der Trommel montiert.

Der Austritt der Trommel ist über einen isokinetischen Splitter mit den Instrumenten, der/den Probenahmeeinrichtung(en) und einer zusätzlichen Zuluftpumpe (geschützt durch einen Filter) verbunden. Die Zuluftpumpe stellt einen Gesamtluftdurchfluss von 38 l/min durch die Trommel sicher.

6.2.3 Isokinetischer Durchflusssplitter

Der Durchflusssplitter, der die Trommel mit den Instrumenten und Einrichtungen verbindet, muss isokinetisch sein.

6.2.4 Leitfähige oder Stahlrohre

Die Rohre, die den Durchflusssplitter mit den Instrumenten verbinden, müssen einen Durchmesser von 0,41 cm haben. Dies gilt nicht für die Leitung, die den Durchflusssplitter mit dem direkt messenden zahlenbasierten Niederdruck-Kaskadenimpaktor verbindet, die einen Durchmesser von 0,635 cm haben muss.

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

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.

6.2.5 Edelstahl-Staubabscheider oder ein Satz Impaktorstufen

Ein alveolengängiger Staubabscheider aus Edelstahl oder ein Satz Impaktorstufen muss am Eintritt der Echtzeitinstrumente und Probenahmeeinrichtungen platziert werden, um größere Partikel zu entfernen und Überladungen zu vermeiden.

Der alveolengängige Staubabscheider dient als Partikelgrößenwähler für den CPC, das direkt messende Instrument und den nachgeschalteten Aerosolsammler für die analytische Elektronenmikroskopie-Analyse (EM).

Der Staubabscheider muss die alveolengängige Fraktion oder die Schwebstoffe mit 4,2 l/min nach EN 481 mit einer in EN 13205-2 festgelegten Leistung sammeln.

Eine Reihe von Impaktorstufen mit einem d_{50} -Abschneidwert von 11 μm muss am Eintritt des direkt messenden zahlenbasierten Niederdruck-Kaskadenimpaktors platziert werden.

Die Achse des alveolengängigen Staubabscheiders muss vertikal gehalten werden.

6.2.6 Direkt messendes Aerosolinstrument für die Partikelzahlkonzentration, mit erkennbarem Partikelgrößenbereich zwischen 10 nm und 1 μm

Die Partikelzahlkonzentration ist mit einem Kondensationspartikelzähler (CPC) zu messen und der zahlenbasierte Staubungsindex (1/mg) und die Emissionsrate (1/mg.s) müssen gegebenenfalls aus den CPC-Daten abgeleitet werden.

Das Instrument muss bei einer Konzentration zwischen 0 Partikeln/cm³ und mindestens 100 000 Partikeln/cm³ im Einzelpartikelzählmodus funktionieren. Die Arbeitsflüssigkeit des Instruments muss Alkohol sein. Die Daten müssen in Intervallen von einer Sekunde erfasst werden. Ein mit 4,2 l/min betriebener alveolengängiger Staubabscheider muss am Eingang des CPC platziert werden, um die größeren Partikel zu entfernen und Überlastungen zu verhindern.

Der CPC muss nach ISO 27891 kalibriert und seine Reaktion nach EN 16897 geprüft werden.