

DIN EN 779

ICS 91.140.30

Einsprüche bis 2010-02-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 779:2003-05

Entwurf

**Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik –
Bestimmung der Filterleistung;
Deutsche Fassung prEN 779:2009**

Particulate air filters for general ventilation –
Determination of the filtration performance;
German version prEN 779:2009

Filtres à air de ventilation générale pour l'élimination des particules –
Exigences, essais, marquage;
Version allemande prEN 779:2009

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2009-12-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nam@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN, 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 (Hausanschrift: Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 81 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab *)

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält die Deutsche Fassung des vom Technischen Komitee CEN/TC 195 „Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik“ des Europäischen Komitees für Normung (CEN) ausgearbeiteten prEN 779:2009.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Fachbereich Allgemeine Lufttechnik des Normenausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen. Zuständiges Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 060-09-21 AA „Luftfilter“. Vertreter der interessierten Kreise, darunter Hersteller von Partikel-Luftfilter, Anwender, Forschungs- und Prüfinstitute waren an der Erarbeitung beteiligt.

Die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Europäischen Normen sind als DIN-EN- bzw. DIN-EN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe DIN EN 779:2003 enthält dieser Norm-Entwurf u. a. folgende Neuerungen:

- a) Neue Filtergruppe M (Mediumfilter) mit den Filterklassen M5 und M6, die die bisherigen Filterklassen F5 und F6 ersetzen.
- b) Änderung des Klassifizierungssystems für F7 bis F9 durch Einführung eines Mindestwirkungsgrades. Die Kriterien für den mittleren Wirkungsgrad und den Mindestwirkungsgrad müssen für das Erreichen der Filterklasse erfüllt sein.
- c) Das im Anhang A beschriebene Verfahren beruht nur noch auf einer genormten Behandlung, der Behandlung mit Isopropanol (IPA). Das Verfahren wurde durch Definition der Eintauchzeit der Materialproben, Beschreibung der Wiederholungsmessungen und die Reinheit des IPA detailliert beschrieben.

*) Wird bei Herausgabe als Norm festgelegt.

Datum: 2009-02

prEN 779:2009

CEN/TC 195

Sekretariat: UNI

Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik — Bestimmung der Filterleistung

Filtres à air de ventilation général pour l'élimination des particules — Exigences, essais, marquage

Particulate air filters for general ventilation — Determination of the filtration performance

ICS: 91.140.30

Deskriptoren

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Definitionen	8
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Anforderungen	13
6 Klassifizierung	13
7 Prüfstand und Geräte	14
7.1 Prüfbedingungen	14
7.2 Prüfstand	14
7.3 Aerosol-Erzeugung	17
7.3.1 DEHS-Prüfaerosol	17
7.3.2 Neutralisierung (Konditionierung) des Aerosols	18
7.4 Aerosol-Probenahmesystem	19
7.5 Messung des Volumenstroms	20
7.6 Partikelzähler	20
7.7 Geräte zur Druckdifferenzmessung	21
7.8 Staubaufgabevorrichtung	21
8 Qualifikationsanforderungen an Prüfstand und Geräte	24
8.1 Gleichmäßigkeit der Luftgeschwindigkeit im Prüfkanal	24
8.2 Gleichmäßigkeit des Aerosols im Prüfkanal	24
8.3 Klassifizierungsgenauigkeit des Partikelzählers	25
8.4 Prüfung der Nullzählrate des Partikelzählers	26
8.5 Prüfung des Koinzidenzbereiches des Partikelzählers	26
8.6 Prüfung auf 100 % Wirkungsgrad	27
8.7 Prüfung auf 0 % Wirkungsgrad	27
8.8 Reaktionszeit des Aerosolgenerators	27
8.9 Kalibrierung der Druckmessgeräte	27
8.10 Druckdifferenzüberprüfung	27
8.11 Volumenstrom des Staubaufgabegerätes	28
8.12 Neutralisator	29
8.13 Zusammenfassung der Qualifikationsanforderungen	30
8.14 Gerätewartung	31
9 Prüfmaterialien	32
9.1 Prüfluft — Reinheit, Temperatur und Feuchtigkeit	32
9.2 Prüfaerosol	32
9.3 Synthetischer Prüfstaub	32
9.4 Endfilter	33
10 Prüfungsablauf	33
10.1 Vorbereitung des Prüflings	33
10.2 Anfangsdruckdifferenz	33
10.3 Anfangswirkungsgrad	34
10.3.1 Wirkungsgrad des entladenen Filtermediums	34
10.3.2 Messung des Wirkungsgrades	34
10.4 Staubaufgabe	35

	Seite
10.4.1 Staubaufgabeverfahren	35
10.4.2 Abscheidegrad.....	36
10.4.3 Wirkungsgrad	37
10.4.4 Mittlerer Wirkungsgrad	37
10.4.5 Staubspeicherfähigkeit.....	38
11 Unsicherheitsberechnung der Prüfergebnisse	38
12 Prüfbericht	40
12.1 Allgemeines	40
12.2 Zusammenfassung.....	40
12.3 Wirkungsgrad	42
12.4 Druckdifferenz und Volumenstrom	42
12.5 Abscheidegrad und Staubspeicherfähigkeit	43
12.6 Kennzeichnung.....	43
Anhang A (normativ) Verfahren zur Prüfung der elektrostatischen Entladung	53
A.1 Allgemeines	53
A.2 Prüfmethode für das Entladen von Filtermedien	53
A.2.1 Geräte	53
A.2.2 Vorbereitung der Prüfproben	55
A.2.3 Messung des Wirkungsgrades des Filtermediums	55
A.2.4 Isopropanolprüfung	55
A.3 Darstellung der Ergebnisse.....	55
A.4 Bericht	56
Anhang B (informativ) Ablösung vom Filter.....	57
B.1 Allgemeines	57
B.2 Ablösung	57
B.2.1 Abprallen von Partikeln	57
B.2.2 Freisetzung von Fasern oder Partikeln aus dem Filtermedium.....	57
B.2.3 Wiederablösung von Partikeln	58
B.3 Prüfung.....	58
B.4 Literaturhinweise	59
Anhang C (informativ) Kommentar	60
C.1 Allgemeines	60
C.2 Klassifizierung	60
C.3 Prüfung.....	60
C.3.1 Prüfaerosol.....	60
C.3.2 Aufgabestaub.....	61
C.3.3 Verteilung und Entnahme von Aerosolen.....	61
C.3.4 Kennwerte der Partikelzähler	61
C.3.5 Prüfung des planen Filtermediums	61
C.4 Filtrationskennwerte	62
C.4.1 Allgemeines	62
C.4.2 Druckdifferenz	62
C.4.3 Wirkungsgrad im entladenen Zustand	62
Anhang D (informativ) Berechnung der Druckdifferenz	64
Anhang E (informativ) Beispiel eines ausgefüllten Prüfberichts	66
E.1 Beispiel eines Prüfberichts	66
E.2 Berechnungsbeispiele	75
E.3 Endergebnisse bei 450 Pa	78
Literaturhinweise	79

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 779:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 195 „Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 779:2002 ersetzen.

Einleitung

Allgemeines

Die in dieser Norm beschriebenen Verfahrensweisen wurden aus denen entwickelt, die in EN 779:2002 festgelegt sind. Die in EN 779:2002 beschriebene Bauweise des Prüfstandes wird beibehalten. In dem Kanal wird anströmseitig des zu prüfenden Filters ein Testaerosol aus DEHS (oder gleichwertig) gleichmäßig verteilt. Anströmseitig und abströmseitig werden repräsentative Proben entnommen und durch einen optischen Partikelzähler (OPC) analysiert, um den Wirkungsgrad des Filters zu erhalten.

Klassifizierung

Das Klassifizierungssystem von EN 779:2002 (das die Filtergruppen G und F umfasst) wurde geändert und in drei Filtergruppen eingeteilt (in die Filtergruppen F, M und G). Die Einstufung erfolgt aufgrund des mittleren Wirkungsgrades in Bezug auf flüssige DEHS-Partikel von 0,4 µm Durchmesser.

Filter mit einem mittleren Wirkungsgrad von weniger als 40 % werden in Filtergruppe G eingeteilt und der Wirkungsgrad wird mit „< 40%“ angegeben. Die Klassifizierung von Filtern der Gruppe G (G1–G4) basiert auf dem mittleren Abscheidegrad mit Aufgabestaub.

Filter mit einem mittleren Wirkungsgrad zwischen 40 % und weniger als 80 % werden in Filtergruppe M (M5 und M6) eingeteilt; die Klassifizierung basiert auf dem mittleren Wirkungsgrad. Die Filterklassen F5 und F6 wurden in M5 und M6 umgewandelt, die Anforderungen des alten Klassifizierungssystems finden jedoch weiterhin Anwendung.

Filter mit einem mittleren Wirkungsgrad von 80 % oder mehr werden in Filtergruppe F (F7–F9) eingeteilt. Die Klassifizierung basiert auf dem mittleren Wirkungsgrad und dem Mindestwirkungsgrad.

Prüfaerosol

Ein Testaerosol aus DEHS (oder gleichwertig) wurde aus den folgenden Gründen für die Wirkungsgradprüfung ausgewählt:

- durch Anwender der Prüfmethode nach EN 779:2002 und Eurovent 4/9 sind schon Erfahrungen gesammelt worden, so dass viele geeignete Prüfanlagen bereits vorhanden sind;
- flüssige Aerosole sind im Hinblick auf Konzentrationen, Größenbereich und Konsistenzgrad leicht so zu erzeugen, wie sie gebraucht werden;
- das DEHS kann sowohl als neutrales, ungeladenes Testaerosol verwendet als auch bis zur Boltzmann-Gleichgewichts Ladungsverteilung aufgeladen werden. Das Aerosol muss in die Boltzmann-Ladungsverteilung gebracht werden;
- sphärische Latexpartikel werden zur Kalibrierung von Partikelzählern verwendet. Die Bestimmung der Partikelgröße sphärischer flüssiger Partikel mittels optischer Partikelzähler ist genauer, als das bei festen Partikeln nicht sphärischer Salz- und Teststäube der Fall wäre.

Das Aerosol ist in die Boltzmann-Ladungsverteilung zu bringen, um die Ladungsverteilung gealterten Aerosols aus der Umgebungsluft wiederzugeben.

Filtrationskennwerte

Initiativen im Hinblick auf potentielle Probleme der Wiederablösung von Partikeln, der Ablösung von Filterpartikeln und des Entladungsverhaltens bestimmter Typen von Filtermedien in ihrer Anwendung sind in die Anhänge A und B aufgenommen worden.

Bestimmte Arten von Filtermedien nutzen elektrostatische Effekte, um hohe Wirkungsgrade bei niedrigen Luftströmungswiderständen zu erreichen. Bestimmte Expositionen, beispielsweise gegenüber Verbrennungspartikeln in normaler Umgebungsluft oder gegenüber Ölnebel, können solche Ladungen neutralisieren, welches eine Beeinträchtigung der Filterleistung zur Folge hat. Es ist wichtig, dass die Anwender sich der

möglichen Leistungsminderung durch einen Ladungsverlust bewusst sind. Ebenso ist es wichtig, dass es Methoden zur Überprüfung dieser Fälle gibt. Das in Anhang A beschriebene normative Prüfverfahren bietet ein Verfahren zum Ermitteln dieser Art von Verhalten. Mittels dieses Verfahrens wird bestimmt, ob der Wirkungsgrad des Filters auf elektrostatischer Abscheidung beruht, und es werden quantitative Informationen über die Bedeutung der elektrostatischen Abscheidung geliefert.

Bei einem idealen Filtrationsvorgang würde jeder Partikel beim ersten Kontakt mit einer Filterfaser dauerhaft abgeschieden. Partikel können jedoch auf bereits abgeschiedene Partikel treffen und sie somit wieder in den Luftstrom ablösen. Ebenfalls können Fasern oder Partikel vom Filter selbst durch mechanische Kräfte abgelöst werden. Durch das in dieser Norm beschriebene Partikelzählsystem wird ein solches Verhalten wahrscheinlich nicht angezeigt.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik. Diese Filter werden entsprechend ihrer Leistung klassifiziert, die nach diesem Prüfverfahren gemessen wird.

Diese Europäische Norm enthält Anforderungen für Partikel-Luftfilter. Sie beschreibt Prüfverfahren und den Prüfstand zur Messung der Filterleistung.

Um Ergebnisse zu Vergleichs- und Klassifizierungszwecken zu erhalten, müssen Partikel-Luftfilter mit zwei synthetischen Aerosolen geprüft werden, und zwar mit einem feinen Aerosol zur Messung des Wirkungsgrades in Abhängigkeit von der Partikelgröße in einem Partikelgrößenbereich von 0,2 µm bis 3,0 µm und einem groben Aerosol, um Informationen über die Staubspeicherfähigkeit und bei Grobstaubfiltern auch über den Abscheidegrad hinsichtlich groben Staubes (Abscheidung) zu erhalten.

Diese Europäische Norm gilt für Luftfilter, die mit einem Volumenstrom im Bereich von 0,24 m³/s (850 m³/h) bis 1,5 m³/s (5 400 m³/h) geprüft werden müssen und deren Anfangswirkungsgrad (mit feinem Aerosol) für Partikel von 0,4 µm geringer als 98 % ist.

Die gemäß dieser Norm erhaltenen Leistungsergebnisse können nicht unmittelbar zur quantitativen Vorhersage von Wirkungsgrad und Lebensdauer für den Anwendungsfall des Filters benutzt werden. Andere sich auf die Leistung auswirkende Faktoren, die berücksichtigt werden müssen, werden in Anhang A (normativ) und Anhang B (informativ) beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

ANSI/ASHRAE 52.1:1992; *Gravimetric and dust-spot procedures for testing air-cleaning devices used in general ventilation for removing particulate matter*

EN 1822-1, *Schwebstofffilter (HEPA und ULPA) — Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung*

EN ISO 5167-1:1995, *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*

ISO 2854:1976, *Statistische Auswertung von Daten — Schätz- und Prüfverfahren für Mittelwerte und Varianzen*

ISO 12103-1:1997, *Straßenfahrzeuge — Prüfstaub zur Bewertung von Filtern — Teil 1:*

3 Begriffe und Definitionen

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen.

3.1

Abscheidegrad

gravimetrische Bestimmung der Abscheidung des aufgegebenen synthetischen Prüfstaubes (ausgedrückt in %)

3.2

mittlerer Abscheidegrad A_m

Verhältnis der Gesamtmenge des durch den Prüfling zurückgehaltenen synthetischen Prüfstaubes zur Gesamtmenge des aufgegebenen synthetischen Prüfstaubes bis zur Enddruckdifferenz des Prüflings. Der mittlere Abscheidegrad dient zur Klassifizierung von G-Filtern (ausgedrückt in %)

3.3

mittlerer Wirkungsgrad E_m

gewichtetes Mittel der Wirkungsgrade für Partikel von $0,4 \mu\text{m}$ für die verschiedenen festgelegten Staubaufgabeniveaus bis zur Enddruckdifferenz. Der mittlere Wirkungsgrad dient zur Klassifizierung von M- und F-Filtern (ausgedrückt in %)

3.4

mittlerer Wirkungsgrad $E_{i,j}$

mittlerer Wirkungsgrad für einen Größenbereich „i“ bei verschiedenen Staubaufgabeintervallen „j“ (ausgedrückt in %)

3.5

mittlerer Wirkungsgrad des entladenen Filters $\bar{E}_{D,i}$

mittlerer Wirkungsgrad für einen Größenbereich „i“ nach Entladung von Filtermaterialproben (ausgedrückt in %)

3.6

mittlerer Wirkungsgrad des unbehandelten Filters $\bar{E}_{U,i}$

mittlerer Wirkungsgrad für einen Größenbereich „i“ von unbehandelten Filtermaterialproben (ausgedrückt in %)

3.7

geladenes Filter

Filter, dessen Filtermedium elektrostatisch geladen oder polarisiert ist

3.8

Grobstaubfilter

Filter, das in die Filterklassen G1 bis G4 eingestuft ist

3.9

Zählrate

Zahl der Zählereignisse je Zeiteinheit

3.10

DEHS

Flüssigkeit (DiEthylHexylSebacat) für das Erzeugen des Prüfaerosols

3.11

Wirkungsgrad des entladenen Filters

Wirkungsgrad eines Filtermediums nach der Entladung mit Isopropanol (ausgedrückt in %)

3.12

Staubspeicherfähigkeit

durch den Prüfling bis zur Enddruckdifferenz zurückgehaltene Masse des aufgegebenen synthetischen Prüfstaubes (ausgedrückt in Gramm)

3.13

Wirkungsgrad

siehe Anfangswirkungsgrad, Wirkungsgrad des entladenen Filters, Mindestwirkungsgrad und mittlerer Wirkungsgrad

3.14

Anströmfläche

innere Querschnittsfläche des Prüfkanals direkt vor dem Prüfling (Nennweite $0,61\text{ m} \times 0,61\text{ m} = 0,37\text{ m}^2$)

3.15

Anströmgeschwindigkeit

Quotient aus Volumenstrom und Anströmfläche (ausgedrückt in m/s)

3.16

Endfilter

Luftfilter zum Abscheiden des Staubes, der den Prüfling passiert hat

3.17

Enddruckdifferenz - empfohlene

maximale Betriebsdruckdifferenz des Prüflings gemäß der Empfehlung des Herstellers bei Nennvolumenstrom (ausgedrückt in Pa)

3.18

Enddruckdifferenz

Druckdifferenz, bis zu der die Filtrationsleistung für Klassifizierungszwecke gemessen wird (ausgedrückt in Pa)

3.19

Feinstaubfilter

Filter, das in die Filterklassen F7 bis F9 eingestuft ist

3.20

HEPA-Filter

Schwebstofffilter (High Efficiency Particulate Air Filter), das in die Gruppen H13 oder H14 nach EN 1822-1 eingestuft ist. Ein Filter, das zur Reduzierung der anströmseitigen Partikelanzahl der Luft in der Prüfstrecke dienen soll

3.21

ULPA-Filter

Hochleistungsschwebstofffilter (Ultra Low Penetration Air Filter), das in eine der Gruppen U15 bis U17 nach EN 1822-1 eingestuft ist

3.22

Anfangsabscheidegrad

der Abscheidegrad der ersten 30 g des aufgegebenen synthetischen Prüfstaubes (ausgedrückt in %)

3.23

Anfangswirkungsgrad

der Wirkungsgrad des unbestaubten Prüflings bei Betrieb mit dem Prüfvolumenstrom (ausgedrückt in % für jeden ausgewählten Partikelgrößenbereich)

3.24

Anfangsdruckdifferenz

die Druckdifferenz des unbestaubten Prüflings bei dem Prüfvolumenstrom (ausgedrückt in Pa)

3.25

isokinetische Entnahme

Entnahme der Luft innerhalb eines Kanals dermaßen, dass die Sondeneinströmgeschwindigkeit der Luft die gleiche ist wie die Geschwindigkeit im Kanal an der Entnahmestelle

3.26

Aufgabestaub

speziell zusammengesetzter synthetischer Prüfstaub zur Bestimmung der Staubspeicherfähigkeit und des Abscheidegrades des Filters

3.27

mittlerer Durchmesser

geometrisches Mittel der Durchmesser des Größenbereiches aus der unteren und oberen Intervallgrenze (ausgedrückt in μm)

3.28

Filtermediumgeschwindigkeit

Quotient aus Volumenstrom und freier Filterfläche (ausgedrückt in m/s, mit drei Stellen nach dem Komma)

3.29

Mediumfilter

Filter, das in die Filterklassen M5 oder M6 eingestuft ist

3.30

Mindest-Wirkungsgrad

niedrigster Wirkungsgrad ermittelt aus dem Wirkungsgrad des entladenen Filters, des Anfangswirkungsgrades und dem niedrigstem Wirkungsgrad, der während des Beladungsvorganges gemessen wird

3.31

freie Filterfläche

die Staub aufnehmende Fläche des Filtermediums im Filter (ausgedrückt in m^2)

3.32

Neutralisierung

Herbeiführen einer Boltzmann-Ladungsverteilung im Aerosol (gleich viele positive und negative Ionen im Aerosol)

3.33

Partikelabprallen

beschreibt das Verhalten von Partikeln, die auf den Filter prallen, ohne abgeschieden zu werden

3.34

Partikelgröße

äquivalenter optischer Durchmesser eines Partikels

3.35

Partikelzahlkonzentration

Zahl der Partikel je Volumeneinheit der Prüfluft

3.36

Durchlassgrad (Penetration)

Verhältnis der abströmseitigen zur anströmseitigen Partikelkonzentration am Prüfling (ausgedrückt in %)

3.37

Wiederablösung

Freisetzung von zuvor vom Filter abgeschiedenen Partikeln in den Luftstrom

3.38

Ablösung

Freisetzung von Partikeln in den Luftstrom infolge von Partikelaufrall- und Wiederablösungseffekten und der Freisetzung von Fasern oder Partikeln aus dem Filter oder dem Filtermedium

3.39

synthetischer Prüfstaub

speziell zusammengesetzter Staub zur Bestimmung der Staubspeicherfähigkeit und des Abscheidegrades des Prüflings

3.40

Prüfvolumenstrom

Luft-Volumenstrom durch den Prüfling (ausgedrückt in m^3/s , bezogen auf eine Luftdichte von $1,20 \text{ kg}/\text{m}^3$)

3.41

Prüfaerosol

Aerosol, das zur Bestimmung des Wirkungsgrades des Prüflings benutzt wird

3.42

Prüfluft

Luft, die für Prüfzwecke benutzt wird

3.43

Wirkungsgrad des unbehandelten Filters

Wirkungsgrad des unbehandelten Prüflings (ausgedrückt in %)

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen:

A	Abscheidegrad
A_j	Abscheidegrad für das Staubaufgabeintervall „j“, %
A_m	Mittlerer Abscheidegrad für die Prüfung bis zur Enddruckdifferenz, %
CL	Konzentrationsgrenzwert des Partikelzählers
CV	Variationskoeffizient
CV_i	Variationskoeffizient für einen Größenbereich „i“
DHC	Staubspeicherfähigkeit, g
d_i	Mittlerer Durchmesser für einen Größenbereich „i“, μm
d_l	Untere Durchmessergerne für einen Größenbereich, μm
d_u	Obere Durchmessergerne für einen Größenbereich, μm
E_i	Mittlerer Wirkungsgrad für einen Größenbereich „i“, %
$E_{i,j}$	Mittlerer Wirkungsgrad für den Größenbereich „i“ nach dem Staubaufgabeintervall „j“, %
$E_{m,i}$	Mittlerer Wirkungsgrad des Größenbereichs „i“ für die Prüfung bis zur Enddruckdifferenz, %
E_m	Mittlerer Wirkungsgrad für Partikel von $0,4 \mu\text{m}$ für die Prüfung bis zur Enddruckdifferenz (dient zur Klassifizierung), %
$\bar{E}$	Mittlerer Wirkungsgrad, %
$\bar{E}_{D,i}$	Mittlerer Wirkungsgrad der konditionierten (entladenen) Prüffiltermedien für einen Größenbereich „i“

$\bar{E}_{s,i}$	Mittlerer Wirkungsgrad der konditionierten (entladenen) Prüffiltermedien „s“ für einen Größenbereich „i“
$\bar{E}_{U,i}$	Mittlerer Wirkungsgrad der unbehandelten Prüffiltermedien für einen Größenbereich „i“
$\bar{E}_{U,s,i}$	Mittlerer Wirkungsgrad der unbehandelten Prüffiltermedien „s“ für einen Größenbereich „i“
F7 bis F9	Feinstaubfilterklassen
G1 bis G4	Grobstaubfilterklassen
M5, M6	Mediumfilterklassen
M_j	Masse des dem Prüfling während des Staubaufgabeintervalls „j“ aufgegebenen Staubes, g
$mean$	Mittelwert
$mean_i$	Mittelwert für den Größenbereich „i“
m_d	Staub im Kanal hinter dem Prüfling, g
m_j	Masse des den Prüfling passierenden Staubes bei dem Staubaufgabeintervall „j“, g
m_{tot}	Gesamtmasse des dem Prüfling aufgegebenen Staubes, g
m_1	Masse des Endfilters vor der Staubaufgabe, g
m_2	Masse des Endfilters nach der Staubaufgabe, g
N_i	Partikelanzahl für den Größenbereich „i“ auf der Anströmseite des Filters
n	Zahl der Messpunkte
n_i	Partikelanzahl für den Größenbereich „i“ auf der Abströmseite des Filters
OPC	Optischer Partikelzähler
p	Druck, Pa
p_a	Absoluter Luftdruck auf der Anströmseite, kPa
$p_{D,s}$	Druckdifferenz des konditionierten (entladenen) Prüflings „s“
p_{sf}	Statischer Druck am Volumenstrommessgerät, kPa
$p_{U,s}$	Druckdifferenz des unbehandelten Prüflings „s“
q_m	Massevolumenstrom am Volumenstrom-Messgerät, kg/s
q_v	Volumenstrom am Prüfling, m ³ /s
q_{vf}	Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät, m ³ /s
s	Index für die Nummer des Prüflings (1, 2, 3, ...)
t	Temperatur auf der Anströmseite, °C
t_f	Temperatur am Volumenstrom-Messgerät, °C
$t_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}$	Distributionsvariable
U	Unsicherheit, %-Wert
δ	Standardabweichung
δ_i	Standardabweichung für den Größenbereich „i“
ν	Anzahl der Freiheitsgrade
ρ	Luftdichte, kg/m ³
φ	Relative Luftfeuchtigkeit auf der Anströmseite des Prüflings, %
Δm	Staubaufgabe, g
Δm_{ff}	Massezunahme des Endfilters, g

Δp	Druckdifferenz des Prüflings, Pa
Δp_f	Druckdifferenz des Volumenstrommessgeräts, Pa
$\Delta p_{1,20}$	Druckdifferenz des Prüflings bei einer Luftdichte von 1,20 kg/m ³ , Pa
ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAS	Chemical Abstracts
CEN	Europäisches Komitee für Normung
EN	Europäische Norm
EUROVENT	European Committee of Air Handling and Refrigeration Equipment Manufacturers
ISO	International Standards Organisation

5 Anforderungen

Das Filter ist so zu konstruieren oder zu kennzeichnen, dass ein unsachgemäßer Einbau verhindert wird und dass bei korrekter Montage keine Leckagen an der Dichtung auftreten.

Das komplette Filter (Filter und Rahmen) muss aus Materialien hergestellt sein, die geeignet sind, im vorgesehenen Anwendungsfall den üblichen Einflüssen von Temperatur, Feuchtigkeit sowie korrosiven Umgebungseinflüssen zu widerstehen.

Das komplette Filter muss so konstruiert sein, dass es der im Normalbetrieb zu erwartenden mechanischen Beanspruchung standhält. Staub oder Fasern, die vom Filtermedium abgelöst und vom gefilterten Luftstrom mitgenommen werden, dürfen keine Gefahr oder Beeinträchtigung für Menschen (oder Geräte) darstellen.

6 Klassifizierung

Filter werden nach ihrem Wirkungsgrad (Abscheidegrad) unter den folgenden Prüfbedingungen klassifiziert:

- Der Volumenstrom muss 0,944 m³/s (3 400 m³/h) sein, wenn der Hersteller nicht einen Nennvolumenstrom festlegt;
- 250 Pa maximale Enddruckdifferenz bei Grobstaubfiltern (G);
- 450 Pa maximale Enddruckdifferenz bei Medium (M) und Feinstaubfiltern (F).

Wenn Filter bei 0,944 m³/s und bei maximalen Enddruckdifferenzen geprüft werden, sind sie nach Tabelle 1 zu klassifizieren. Zum Beispiel: G3, F7.

Wenn Filter bei Volumenströmen und Enddruckdifferenzen geprüft werden, die von den oben genannten abweichen, müssen sie nach Tabelle 1 klassifiziert werden, wobei die Prüfbedingungen in Klammern anzufügen sind, z.B. G4 (0,7 m³/s, 200 Pa), F7 (1,25 m³/s).

Tabelle 1 — Klassifizierung von Luftfiltern¹⁾

Gruppe	Filter- klasse	Enddruck- differenz	Mittlerer Abscheidegrad (A_m) des synthetischen Prüfstaubes	Mittlerer Wirkungsgrad (E_m) bei Partikel von 0,4 μ m	Mindest- Wirkungsgrad ²⁾ bei Partikeln von 0,4 μ m
		Pa	%	%	%
Grob	G1	250	$50 \leq A_m < 65$	—	—
	G2	250	$65 \leq A_m < 80$	—	—
	G3	250	$80 \leq A_m < 90$	—	—
	G4	250	$90 \leq A_m$	—	—
Medium	M5	450	—	$40 \leq E_m < 60$	—
	M6	450	—	$60 \leq E_m < 80$	—
Fein	F7	450	—	$80 \leq E_m < 90$	35
	F8	450	—	$90 \leq E_m < 95$	55
	F9	450	—	$95 \leq E_m$	70

ANMERKUNG

- 1) Die Merkmale atmosphärischen Staubes weisen im Vergleich zu denen des in der Prüfung verwendeten synthetischen Prüfstaubes eine große Variationsbreite auf. Deshalb bieten die Prüfergebnisse keine Grundlage für die Vorhersage der Betriebsleistung oder der Lebensdauer. Ladungsverlust des Filtermediums und das Ablösen von Partikel oder Fasern können ebenfalls den Wirkungsgrad beeinträchtigen (siehe Anhänge A und B).
- 2) Der Mindest-Wirkungsgrad ist der niedrigste Wirkungsgrad ermittelt aus dem Wirkungsgrad des entladenen Filters, des Anfangswirkungsgrades und dem niedrigstem Wirkungsgrad, der während des Beladungsvorgangs gemessen wird.

7 Prüfstand und Geräte

7.1 Prüfbedingungen

Als Prüfluftquelle kann Raumluft oder Außenluft verwendet werden. Die relative Luftfeuchtigkeit muss kleiner sein als 75 %. Die Abluft kann in die Außenluft oder in die Raumluft abgegeben oder erneut verwendet werden. Anforderungen an bestimmte Prüfgeräte können Grenzwerte für die Temperatur der Prüfluft bedingen.

Die Filterung der Abluft wird empfohlen, wenn Prüfaerosol oder Aufgabestaub enthalten sein kann.

7.2 Prüfstand

Der Prüfstand (siehe Bild 1) besteht aus mehreren Kanalstücken quadratischen Querschnitts mit 610 mm × 610 mm Nenninnenmaß. Eine Ausnahme bildet das Kanalstück, in dem der Prüfling angebracht wird. Dieses Kanalstück hat Nenninnenmaße zwischen 616 mm und 622 mm. Die Länge dieses Kanalstücks muss mindestens das 1,1 fache der Länge des Prüflings betragen; die Mindestlänge beträgt 1 m.

Das Material des Kanals muss elektrisch leitend und elektrisch geerdet sein, eine glatte innere Oberfläche haben und steif genug sein, um seine Form bei dem Betriebsdruck aufrechtzuerhalten. Kleine Teile des Prüfkanals können aus Glas oder Kunststoff gefertigt sein, damit Prüfling und Geräte sichtbar sind. Das Vorsehen von Fenstern zur Überwachung des Prüfverlaufs ist wünschenswert.

Schwebstofffilter (HEPA-Filter) dürfen anströmseitig vor dem Kanalstück 1 angebracht werden, in dem das Aerosol für die Prüfung des Wirkungsgrades vernebelt und gemischt wird, um eine einheitliche Konzentration auf der Anströmseite des Prüflings zu erzeugen.

Kanalstück 2 befindet sich anströmseitig des Prüflings und enthält die Mischöffnung (10), in deren Mitte die Staubeintragdüse angeordnet ist. Auf der Abströmseite der Staubeintragvorrichtung befindet sich eine Lochplatte (11) zur Vergleichmäßigung der Staubverteilung. Im letzten Drittel dieses Kanalstücks befindet sich die anströmseitige Aerosolentnahmesonde. Bei Prüfungen des Abscheidgrades muss diese Entnahmesonde verschlossen oder entfernt werden.

Zur Turbulenzvermeidung sollten die Mischöffnung und die Lochplatte während der Prüfung des Wirkungsgrades entfernt werden. Zur Vermeidung systematischer Fehler wird auch empfohlen, diese Teile bei Druckdifferenzprüfungen zu entfernen.

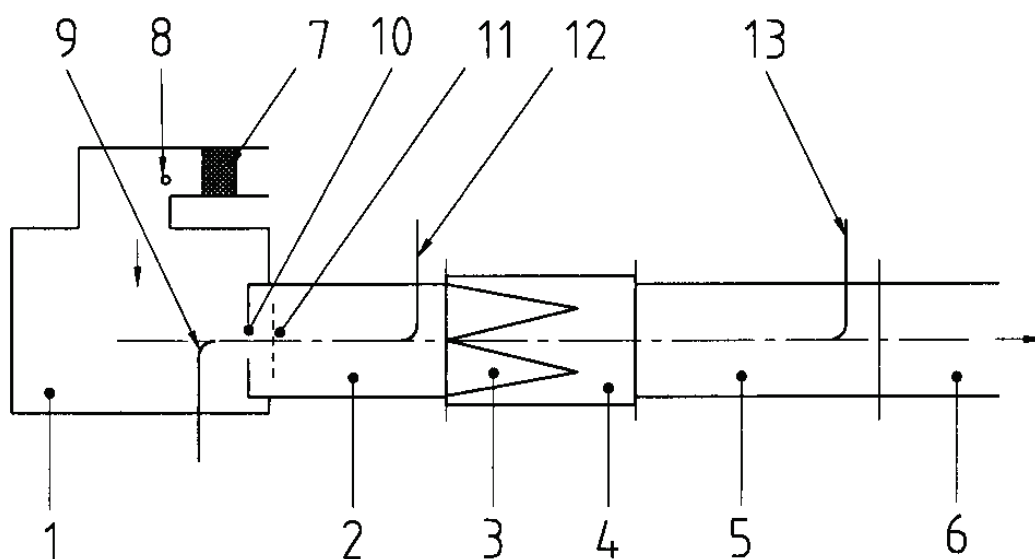
Kanalstück 5 darf bei Messungen des Wirkungsgrades und bei Messungen des Abscheidgrades benutzt werden. Es ist mit einem Endfilter für die Abscheidgradprüfung und mit der abströmseitigen Entnahmesonde für die Wirkungsgradprüfung ausgestattet. Kanalstück 5 kann auch in doppelter Ausfertigung bereitgestellt werden, wodurch ermöglicht wird, ein Kanalstück für die Abscheidgradprüfung und das andere für die Wirkungsgradprüfung zu benutzen.

Der Prüfstand kann mit Überdruck oder mit Unterdruck betrieben werden. Bei Betrieb mit Überdruck (also mit dem Ventilator auf der Anströmseite des Prüfstandes) könnten das Prüfaerosol und der aufgegebene synthetische Prüfstaub durch Leckagen in den Prüfraum gelangen, wohingegen bei Unterdruck Partikel durch Leckagen in das Prüfsystem gelangen und die Zahl der gemessenen Partikel beeinflussen könnten.

Die Maße des Prüfstands und die Position der Druckentnahmestellen sind in Bild 2 dargestellt.

Die Druckdifferenz des Prüflings muss unter Verwendung statischer Druckentnahmestellen gemessen werden, die wie in Bild 2 dargestellt angeordnet sein müssen. Druckentnahmestellen müssen an vier Stellen an der Peripherie des Kanals vorhanden und durch eine Ringleitung verbunden sein.

Kanalstück 6 ist mit einer genormten Volumenstrom-Messvorrichtung ausgestattet. Wird eine alternative Volumenstrom-Messvorrichtung verwendet, kann dieses Kanalstück verkürzt werden.



Legende

- 1 Kanalstück des Prüfstands
- 2 Kanalstück des Prüfstands
- 3 Prüfling
- 4 Kanalstück mit Prüfling
- 5 Kanalstück des Prüfstands
- 6 Kanalstück des Prüfstands
- 7 HEPA-Filter (mindestens H13)
- 8 Eintragsstelle für DEHS-Partikel
- 9 Staubeintragsrohr
- 10 Mischöffnung
- 11 Lochplatte
- 12 Anströmseitige Entnahmesonde
- 13 Abströmseitige Entnahmesonde

Bild 1 — Schematische Darstellung des Prüfstands

Maße in Millimeter

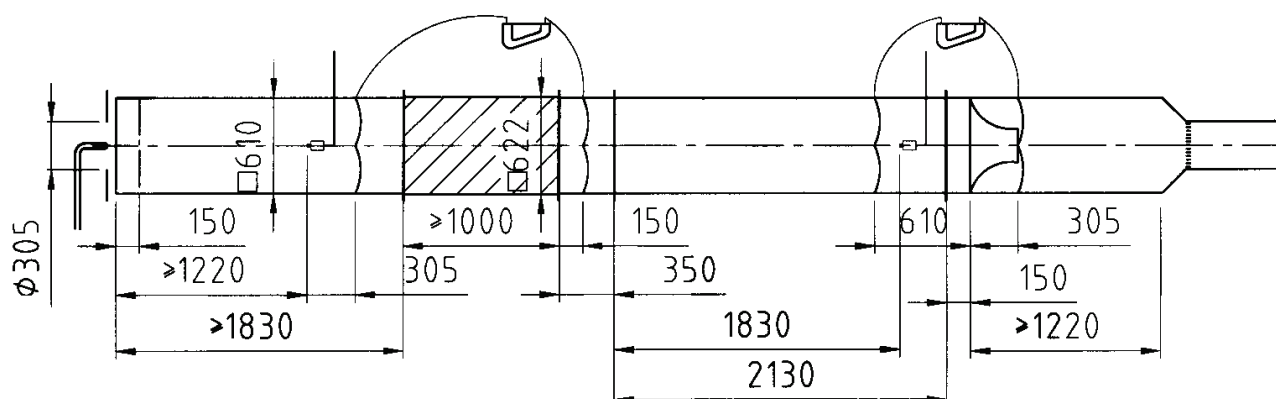
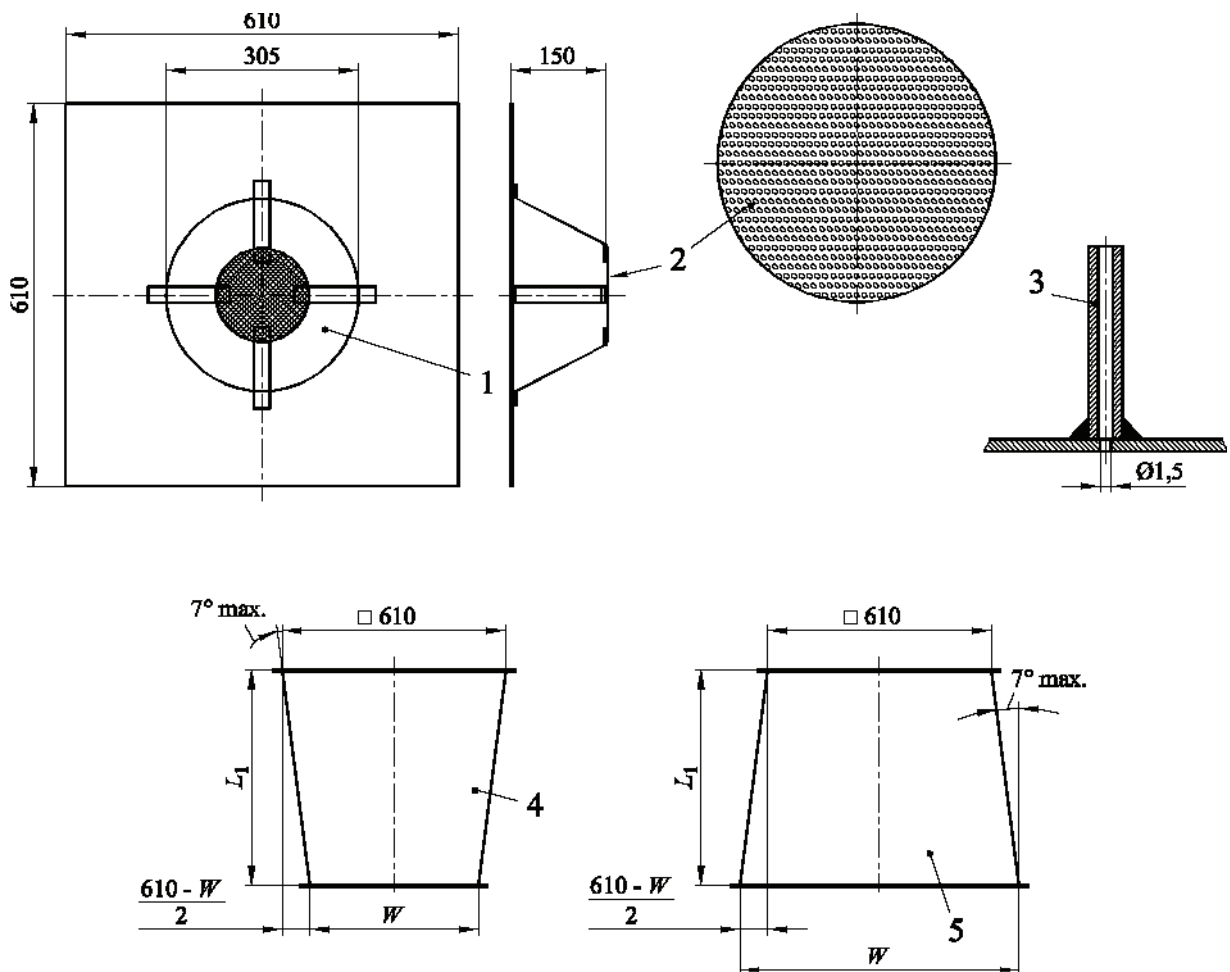


Bild 2 — Abmessungen des Prüfstands

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Mischöffnung
- 2 Lochplatte mit $\varnothing 152 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ und 40 % Öffnungsfläche
- 3 Druckentnahmesonde
- 4 Übergangsstück — Prüfling kleiner als Kanal
- 5 Übergangsstück — Prüfling größer als Kanal

Bild 3 — Details der Prüfkanaelteile

7.3 Aerosol-Erzeugung

7.3.1 DEHS-Prüfaerosol

Das beschriebene Prüfaerosol muss aus unbehandeltem und unverdünntem DEHS bestehen. Jedes andere Aerosol darf benutzt werden, von dem nachgewiesen ist, dass es gleichwertige Eigenschaften aufweist. Ein mit einer Laskin-Düse erzeugtes Prüfaerosol aus DEHS (DiEthylHexylSebacat) wird bei der Leistungsprüfung von HEPA- und ULPA-Filtern verbreitet genutzt.

Bild 4 zeigt ein Beispiel eines Systems zur Aerosolerzeugung. Es besteht aus einem kleinen Behälter mit flüssigem DEHS und einer Laskin-Düse. Das Aerosol wird erzeugt, indem eine kleine Menge partikelfreier Luft durch die Laskin-Düse geblasen wird. Die zerstäubten Tröpfchen werden dann direkt in den Prüfstand eingebracht. Der Druck und der Luftstrom durch die Düse sind abhängig von dem Prüfvolumenstrom und der

geforderten Aerosolkonzentration einzustellen. Bei einem Prüfvolumenstrom von $0,944 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt der Druck ungefähr 17 kPa, was einem Luftstrom von ungefähr $0,39 \text{ dm}^3/\text{s}$ ($1,4 \text{ m}^3/\text{h}$) durch die Düse entspricht.

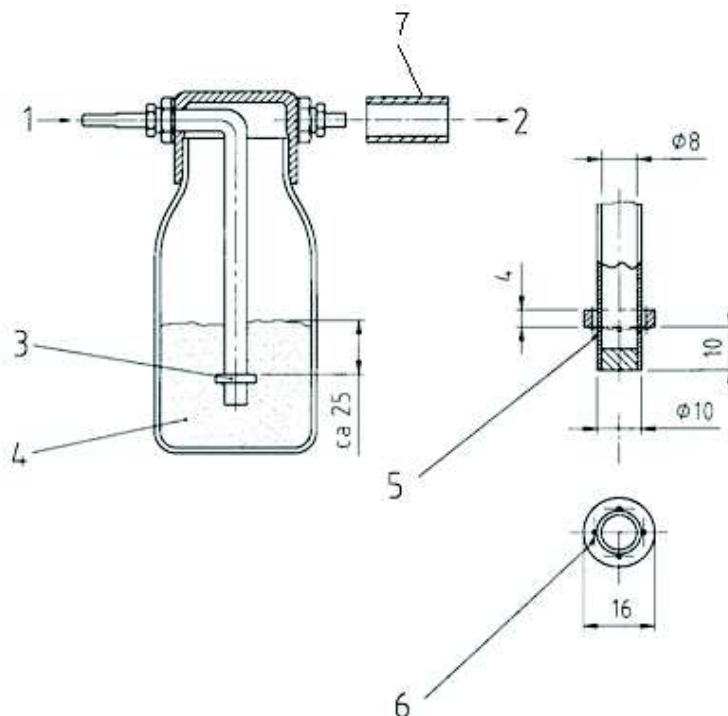
Jeder andere Aerosolerzeuger, der Tröpfchen im Größenbereich von $0,2 \text{ }\mu\text{m}$ bis $3,0 \text{ }\mu\text{m}$ in hinreichenden Konzentrationen erzeugt, kann ebenfalls verwendet werden. Ein solcher Erzeuger ist spezifiziert in der Französischen Norm NF X 44-060 und besteht aus zwei unter Druck gesetzten Behältern und einem durch Druckluft gespeisten Ultraschall-Zerstäuber.

Vor der Prüfung ist die anströmseitige Konzentration so einzuregeln, dass ein konstanter Zustand erreicht und eine Konzentration unter dem Konzentrationsgrenzwert des Partikelzählers erreicht wird.

7.3.2 Neutralisierung (Konditionierung) des Aerosols

Das Prüfaerosol muss in eine Boltzmann-Verteilung der elektrostatischen Ladungen gebracht werden, und zwar durch Kontakt mit einer Beta- oder Gamma-Strahlungsquelle mit einer Aktivität von mindestens 185 MBq (5 mCi) oder durch einen Koronaentladungsisolator. Der Koronaentladungsisolator muss einen Mindeststrom von $3 \text{ }\mu\text{A}$ aufweisen und gleiche Mengen positiver und negativer Ionen liefern.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Partikelfreie Luft (Druck ungefähr 17 kPa)
- 2 Aerosol zum Prüfstand
- 3 Laskin-Düse
- 4 Prüfaerosol (zum Beispiel DEHS)
- 5 Vier Löcher mit $\varnothing 1,0 \text{ mm}$, 90° versetzte Oberkante der Löcher und gerade eben den Boden des Kragens berührend
- 6 Vier Löcher mit $\varnothing 2,0 \text{ mm}$ neben dem Rohr in Linie mit radialen Löchern
- 7 Neutralisator

Bild 4 — DEHS-Partikelerzeugungssystem

7.4 Aerosol-Probenahmesystem

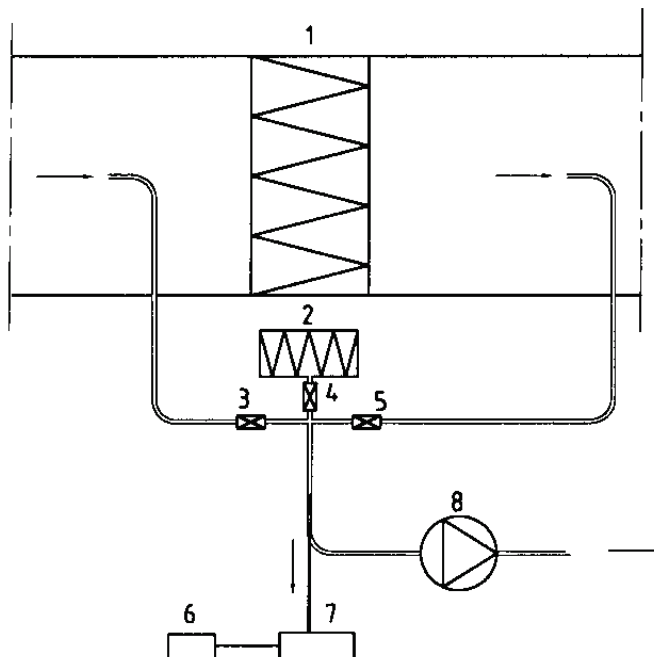
Zwei starre Probenahmeleitungen von gleicher Länge und gleicher Geometrie (Biegungen und gerade Strecken) müssen die anströmseitige und die abströmseitige Entnahmesonde mit dem Partikelzähler verbinden. Die Probenahmeleitungen müssen elektrisch leitend sein oder eine hohe Dielektrizitätskonstante besitzen und eine glatte innere Oberfläche aufweisen (Stahl, Tygon usw.).

Konische Entnahmesonden werden mittig in den anström- und abströmseitigen Kanalstücken angebracht, wobei die Eintrittsöffnung dem Einlass des Prüfstands entgegen parallel zum Luftstrom angeordnet sein muss. Die Entnahme muss isokinetisch im Bereich von 10 % bei einem Prüfvolumenstrom von 0,944 m³/s erfolgen. Isokinetische Entnahme wird auch bei anderen Prüfvolumenströmen empfohlen.

Drei Einwegventile geben die Möglichkeit, das Aerosol anströmseitig oder abströmseitig des Prüflings zu entnehmen oder durch ein HEPA-Filter partikelreduzierte Luft anzusaugen. Diese Ventile müssen einen geradlinigen Durchfluss besitzen. Wegen möglicher Partikelverluste durch das Probenahmesystem sollte die erste Messung nach einer Ventilumschaltung unberücksichtigt bleiben.

Bei Verwendung eines Partikelzählers mit hohem Probevolumenstrom (z. B. 0,47 dm³/s) kann der Probevolumenstrom durch die Pumpe im Zähler, bei Verwendung eines Partikelzählers mit kleinerem Probevolumenstrom durch eine Hilfspumpe aufrechterhalten werden. Die Probenahmeleitung muss dann mit einer direkt mit dem Partikelzähler verbundenen isokinetischen Entnahmesonde ausgestattet sein, um isokinetische Bedingungen innerhalb eines Toleranzbereichs von $\pm 10 \%$ zu erhalten.

Zu Partikelverlusten wird es im Prüfkanal, in den Probenahmeleitungen und im Partikelzähler kommen. Eine Minimierung der Partikelverluste ist anzustreben, weil eine kleinere Zahl gezählter Partikel größere statistische Fehler und somit ungenauere Ergebnisse verursacht. Der Einfluss der Partikelverluste auf das Ergebnis ist geringer, wenn die an- und abströmseitigen Probenahmeverluste gleich sind.



Legende

- 1 Prüfling
- 2 HEPA-Filter (partikelreduzierte Luft)
- 3 Ventil, anströmseitig
- 4 Ventil, partikelreduzierte Luft
- 5 Ventil, abströmseitig
- 6 Computer
- 7 Partikelzähler
- 8 Pumpe

Bild 5 — Schematische Darstellung des Aerosolprobenahmesystems

7.5 Messung des Volumenstroms

Die Messung des Volumenstroms muss durch genormte Volumenstrommessgeräte gemäß EN ISO 5167-1 erfolgen. Beispiele sind Messblenden, Düsen, Venturi-Rohre usw.

Die Messunsicherheit darf 5 % des gemessenen Wertes bei einem Vertrauensniveau von 95 % nicht überschreiten.

7.6 Partikelzähler

Diese Methode erfordert die Verwendung eines optischen Partikelzählers (en: Optical Particle Counter — OPC), der einen Partikelgrößenbereich von mindestens 0,2 µm bis 3,0 µm aufweist. Der Zählwirkungsgrad des OPC muss $\geq 50\%$ bei Partikel von 0,2 µm sein. Der Größenbereich sollte in mindestens fünf Größengruppen unterteilt sein, deren Intervallgrenzen auf einer logarithmischen Skala ungefähr gleichen Abstand haben sollten.

Abschnitt 8 enthält weitere Informationen und Einzelheiten über die Kalibrierung und den Betrieb von OPCs, die für diese Prüfung anzuwenden sind.

7.7 Geräte zur Druckdifferenzmessung

Messungen der Druckdifferenz müssen zwischen Messpunkten erfolgen, die, wie das in Bild 2 gezeigt ist, in der Kanalwand angeordnet sind. Jeder Messpunkt muss vier untereinander verbundene statische Druckentnahmestellen aufweisen, die gleichmäßig an der Peripherie des Kanalquerschnitts verteilt sind.

Das zur Druckdifferenzmessung verwendete Gerät muss in der Lage sein, Druckdifferenzen mit einer Genauigkeit von ± 2 Pa in dem Bereich von 0 Pa bis 70 Pa zu messen. Über 70 Pa muss die Genauigkeit ± 3 % des gemessenen Wertes betragen.

7.8 Staubaufgabevorrichtung

Es kann jede Staubaufgabevorrichtung gewählt werden, sofern sie das gleiche Prüfergebnis wie die nachfolgend beschriebene Staubaufgabevorrichtung liefert. Der Zweck der Staubaufgabevorrichtung besteht darin, während des Prüfzeitraums den synthetischen Prüfstaub mit konstantem Durchsatz zum Prüfling zu liefern. Eine bestimmte, zuvor gewogene Masse des synthetischen Prüfstaubes wird in die bewegliche Staubaufgabeschale gegeben. Die Schale bewegt sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, wobei der synthetische Prüfstaub durch eine Förderwalze aufgenommen und zu dem Schlitz des Staubansaugrohrs des Injektors gebracht wird.

Der Injektor zerstäubt den synthetischen Prüfstaub mit Druckluft und leitet ihn durch das Staubeintragsrohr in den Prüfstand. Das Staubeintragsrohr muss am Anfang des zweiten Kanalabschnittes positioniert werden und sich kollinear auf der Mittellinie des Prüfkanals befinden.

Die Druckluft muss trocken, sauber und ölfrei sein.

Der allgemeine Aufbau der Staubaufgabevorrichtung und deren kritische Abmessungen werden in Bild 6 und Bild 7 gezeigt. Der Winkel zwischen dem Staubaufnahmerohr und der Staubaufgabeschale beträgt auf dem Bild 90°, kann in der realen Anwendung aber auch kleiner sein.

Wenn die Staubaufgabevorrichtung nicht in Betrieb ist, muss verhindert werden, dass bedingt durch den Überdruck im Kanal keine Luft in umgekehrter Richtung durch das Staubansaugrohr strömen kann.

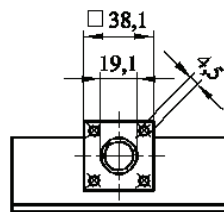
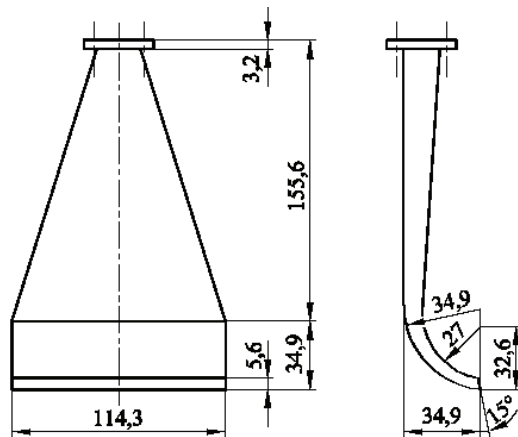
Der Grad der Zerstäubung durch die Aufgabevorrichtung ist abhängig von den Kennwerten der Druckluft, der Geometrie der Ansaugbaugruppe und dem Luftdurchsatz durch das Ansaugrohr. Die Venturi-Düse unterliegt durch den angesaugten Staub dem Verschleiß und wird in der Anwendung vergrößert. Ihre Abmessungen sollten periodisch überwacht werden, um zu gewährleisten, dass die in Bild 7 gezeigten Toleranzen eingehalten werden.

Der einem Luftstrom des Staubeintragsrohrs von $6,8 \text{ l/s} \pm 0,2 \text{ l/s}$ entsprechende Druck muss periodisch bei verschiedenen Druckdifferenzen im Kanal gemessen werden. Siehe Qualifikationsanforderungen der Staubaufgabevorrichtung.

- 1 Staubeintragsrohr (zum Eintritt in den Prüfkanal)
- 2 Dünnwandiges Rohr, verzinkt
- 3 Venturi-Düse
- 4 Injektor
- 5 Trockene Druckluft
- 6 Staubaufnahmerohr (0,25 mm von Staubaufgabeschale)
- 7 Staubbörderwalze, $\varnothing$ 88,9 mm (Außenmaß), 114,3 mm lang, mit 60,5 mm tiefen Zähnen
- 8 Zähne der Staubbörderwalze (60 Zähne)
- 9 Staubaufgabeschale
- 10 Infrarotreflektorlampe, 150 W

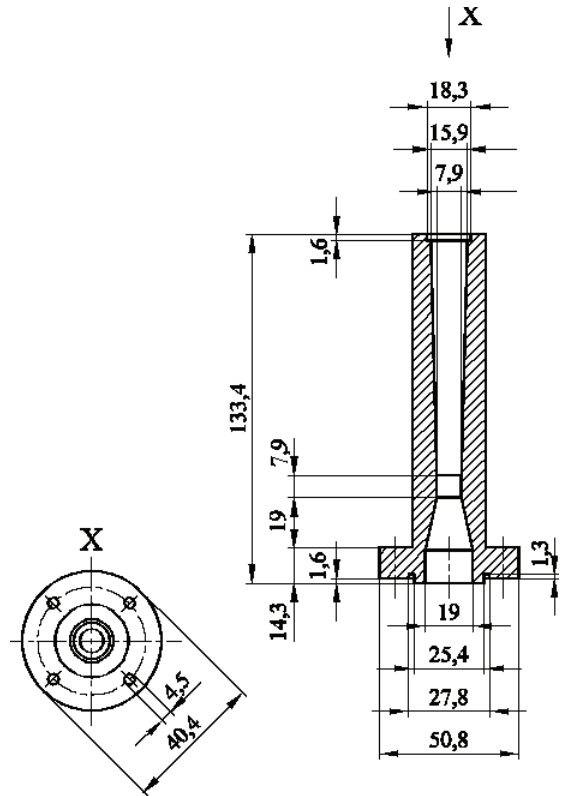
AVA Documents
Document Sharing Hub

Maße in Millimeter



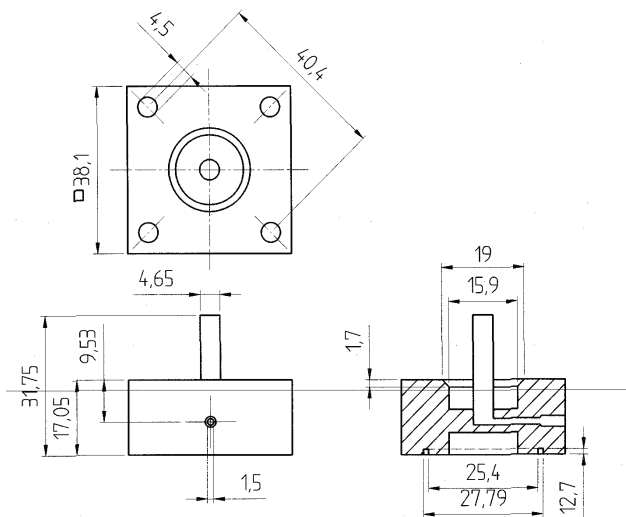
a)

a) Staubaufgabeevorrichtung



b)

b) Injektor



c) Venturi-Injektor

Toleranzen:

- für ganze Zahlen: 0,8 mm
- für Dezimalzahlen: 0,03 mm

Bild 7 — Injektor, Venturi-Injektor und Aufnahmedetails für die Staubaufgabeevorrichtung