

Typprüfung von Schwebstofffiltern

DIN
24 184

Type test of high efficiency submicron particulate airfilter

Maße in mm

1. Geltungsbereich und Zweck

Diese Norm behandelt die Typprüfung von Filtern zum Abscheiden von Schwebstoffen (einschließlich radioaktiver Stäube, Nebel, Bakterien und Viren) aus Luft und anderen Gasen. Sie gilt vornehmlich für die Typprüfung von durch die Baumusterbeschreibung typidentisch gekennzeichneten Schwebstofffilter-Elementen, aber auch von schwebstofffilternden Materialien (im folgenden kurz filterndes Material genannt).

Diese Norm soll eine ausreichend gesicherte Angabe der zu erwartenden Durchlaßgrade in den wichtigsten Teilchendurchmesser-Bereichen ermöglichen und durch die vereinheitlichten Prüfverfahren zu vergleichbaren Ergebnissen führen.

Diese Norm gilt nicht für Filter in Atemschutzgeräten (siehe DIN 3179 Blatt 1).

Die Prüfung auf chemische und thermische Beständigkeit der Schwebstofffilter fällt nicht in den Geltungsbereich dieser Norm.

2. Kennzeichnende Beschreibung

Die kennzeichnende Beschreibung enthält die Angaben nach den Abschnitten 2.1 und 2.2.

2.1. Zum filternden Material

2.1.1. Materialbeschreibung

Zur Materialbeschreibung gehören die Angaben:

- a) Art des Materials
- b) Flächengewicht in g/m^2 nach DIN 53 104 Blatt 1 „Prüfung von Papier und Pappe; Bestimmung des Flächengewichtes“
- c) Schichtdicke in mm nach DIN 53 105 „Prüfung von Papier und Pappe; Bestimmung der mittleren Dicke von Einzelblättern, der Rohdichte und des spezifischen Volumens“

- 1) Wenn Schwebstofffilter-Elemente mit gleicher Bautiefe in Luftstromrichtung und mit gleichen Baumusterbeschreibungen sich nur in den anderen Abmessungen unterscheiden, so gelten diese auch als typidentisch. Typidentische Schwebstofffilter-Elemente haben bei gleichem Verhältnis aus Volumenstrom und Fläche des filternden Materials gleiche Druckdifferenz.

2.1.2. Spezifischer Volumenstrom

Volumenstrom in $m^3/m^2 \cdot h$ der erforderlich ist, um eine Druckdifferenz am filternden Material von $100 N/m^2$ und von $200 N/m^2$ ($1 N/m^2 = 0,102 kp/m^2$) zu erreichen. Die Prüfung wird in Anlehnung an DIN 53 120 „Bestimmung der Luftdurchlässigkeit“ durchgeführt.

2.1.3. Spezifischer Nenn-Volumenstrom

Vom Hersteller empfohlener Volumenstrom je Flächeneinheit in $m^3/m^2 \cdot h$.

2.1.4. Nenn-Druckdifferenz

Druckdifferenz in N/m^2 bei spezifischem Nenn-Volumenstrom des nicht vorbeladenen filternden Materials.

2.1.5. Bei Antragstellung zur Prüfung Hinweise auf bereits durchgeführte Prüfungen.

2.2. Zum Schwebstofffilter-Element

2.2.1. Baumusterbeschreibung

Die Baumusterbeschreibung enthält die Materialbeschreibung nach Abschnitt 2.1.1 sowie Angaben über Fläche und räumliche Anordnung des filternden Materials und den konstruktiven Aufbau des Schwebstofffilter-Elementes¹⁾.

2.2.2. Nenn-Volumenstrom

Vom Hersteller empfohlener Volumenstrom in m^3/h

2.2.3. Nenn-Druckdifferenz

Druckdifferenz in N/m^2 bei Nenn-Volumenstrom des nicht vorbeladenen Schwebstofffilter-Elementes.

2.2.4. Maximal zulässige statische Druckdifferenz in N/m^2 .

2.2.5. Schwebstofffilter-Klasse nach Abschnitt 6

2.2.6. Bei Antragstellung zur Prüfung Hinweise auf bereits durchgeführte Prüfungen.

3. Prüfanlagen und Prüfmittel

3.1. Prüfanlagen

Die Prüfanlagen dürfen in ihrem konstruktiven Aufbau unterschiedlich ausgeführt sein. Es muß jedoch gewährleistet sein, daß die in dieser Norm genannten Prüfbedingungen (Art der Prüfaerosole, Konzentration, gleichmäßige Verteilung, relative Verteilung der Teilchenhäufigkeit) eingehalten und die Prüfaerosole dem Luftstrom gleichmäßig beigemischt werden.

Fortsetzung Seite 2 bis 7
Erläuterungen Seite 5

3.2. Prüfmittel

Die Typprüfung der Schwebstofffilter nach dieser Norm geschieht mit Hilfe von drei Prüfaerosolen 1, 2 und 3. Die Verteilung der relativen Teilchenhäufigkeit dieser Aerosole ist in Abhängigkeit vom Teilchendurchmesser in Bild 1 dargestellt.

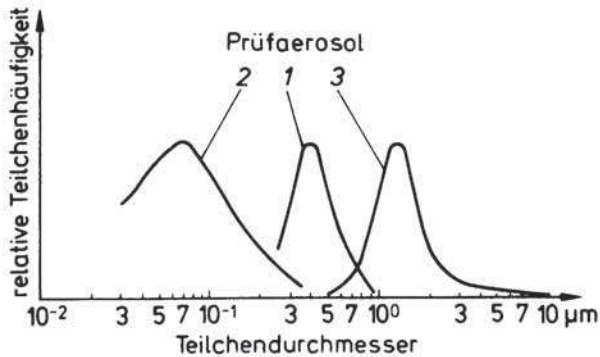


Bild 1. Verteilung der relativen Teilchenhäufigkeit in Abhängigkeit vom Teilchendurchmesser der Prüfaerosole 1 (Paraffinölnebel), 2 (radioaktiv indiziertes, natürliches atmosphärisches Aerosol) und 3 (Quarzstaub)

3.2.1. Prüfaerosol 1

Prüfaerosol 1 ist Paraffinölnebel, der aus Teilchendurchmessern kleiner als 1 µm und größtem Teilchenanteil mit Durchmessern zwischen 0,3 und 0,5 µm besteht. Der Paraffinölnebel wird durch den in Bild 2 schematisch dargestellten Nebelentwickler hergestellt. Das Paraffinöl hat folgende physikalische Eigenschaften:

Dichte ρ (bei 20 °C) = 0,853 g/cm³

Viskosität η (bei 20 °C) = 30 bis 38 cSt (mm²/s)²⁾

Flammpunkt t_F = + 180 °C

Stockpunkt t_S = - 14 °C

Das mit dem Öl gefüllte Vernebelungsgefäß (1) befindet sich in einem Gefäß (3) mit einer Heizvorrichtung (4), die das Öl auf einer Temperatur von 100 °C hält.

In dem Vernebelungsgefäß wird gefilterte Druckluft von mindestens 5 bar (5 atü) durch das Ventil (5) auf einen Vordruck von 2,4 bar (2,4 atü) reduziert und durch einen Düsenstock (2) geblasen. Der Düsenstock enthält 3 Einzelvernebelungsdüsen, die so gewählt sind, daß bei dem vorgegebenen Druck der Druckluft ein Nebelluftstrom von 0,81 m³/h entwickelt wird.

Durch das Auslaßrohr (6) wird das Gemisch aus Luft, Öldampf und Ölnebel in das Mischgefäß (9) geleitet. Im Mischgefäß wird das Gemisch mit etwa 1 l/s entspannter kalter Druckluft (Raumtemperatur) verdünnt. Dabei kondensiert der Dampf. Die entstehenden Aerosole bilden den Nebel. An der Meßblende (7) und an der Rohrschlange (8) scheiden sich die mitgerissenen groben Ölteilchen ab.

Der aus dem Nebelentwickler austretende Nebel hat eine Konzentration von etwa 3000 mg/m³. Über den Dreiwegehahn (10) kann der der Meßanlage zugeführte Ölnebel dosiert werden.

Die Konzentration des Ölnebels wird durch Verdünnen mit Luft, die durch Schwebstofffilter Klasse S (siehe Tabelle 2) gefiltert wurde, auf mindestens 10 mg/m³ eingestellt. Falls erforderlich, darf die Konzentration auch erhöht werden, jedoch nicht über 80 mg/m³. Die gewählte Konzentration ist im Prüfzeugnis anzugeben.

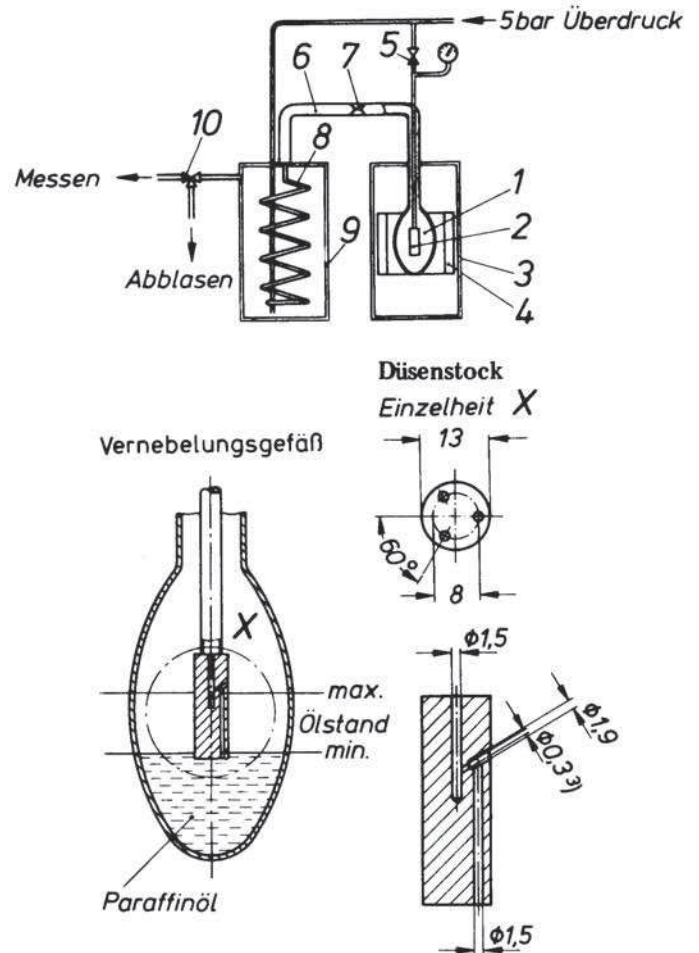


Bild 2. Schematischer Aufbau des Nebelentwicklers für die Erzeugung des Prüfaerosols 1 (Paraffinölnebel)

3.2.2. Prüfaerosol 2⁴⁾

Prüfaerosol 2 ist natürliches atmosphärisches Aerosol, das durch Thorium B radioaktiv indiziert wird. Die Teilchen haben einen größten Durchmesser von 0,3 µm und einen größten Teilchenanteil mit Durchmessern zwischen 0,05 und 0,08 µm. Zur Herstellung wird atmosphärische Luft mit dem in ihr enthaltenen natürlichen Aerosol (gegebenenfalls getrocknet und vorgefiltert) über ein hochemanierendes Radiothorpräparat (Th 228) geleitet. Das Gemisch aus Luft, kleinen Teilchen (Kondensationskernen) und Thoron (Thorium-Emanation) (Ra 220) bleibt dann mindestens 10 Minuten lang sich selbst überlassen, damit das Thoron (Halbwertszeit 54 s) bis auf einen Rest von 1 ‰ zu Th-B zerfallen kann, das die Teilchen durch Anlagerung radioaktiv markiert. (Entsprechend der Herstellungsdauer des Aerosols und der Stärke der Quelle sollte man so lange warten bis das Ra 220 zerfallen ist.) Erst nach dieser Zeit darf das Prüfaerosol dem Luftstrom zugemischt werden, mit dem die Prüfung durchgeführt wird. Der Luftstrom entspricht dem spezifischen Nennvolumenstrom des ebenen, filternden Materials (siehe Abschnitt 2).

2) Entspricht $\eta = 4$ bis 5 E

3) Der Durchmesser ist erforderlichenfalls so aufzureiben, daß der in Abschnitt 3.2.1 angegebene Nebelluftstrom von 0,81 m³/h hindurchgeht.

4) Bei der Anwendung von Prüfaerosol 2 sind die Bestimmungen der Ersten Strahlenschutzverordnung in der Fassung vom 15. Oktober 1965 zu beachten.

3.2.3. Prüfaerosol 3

Prüfaerosol 3 ist in einer Mühle gemahlener, frisch erzeugter Quarzstaub. Zur Herstellung wird Quarzsand in der Mühle so vermahlen und anschließend so gesichtet, daß die in der Tabelle 1 angeführte Teilchenzahlverteilung bei einer Konzentration von $6 \cdot 10^3$ bis $10 \cdot 10^3$ Teilchen je cm^3 vorliegt. Bezugsort für diese Daten ist die Beaufschlagungsstelle für das Filter. Die Überwachung der Teilchenzahlverteilung bezüglich des Teilchendurchmessers geschieht mit dem Thermalpräzipitator (siehe VDI 2266 Blatt 1 „Messung der Staubkonzentration am Arbeitsplatz; Messung der Teilchenzahl“). Die Auswertung wird lichtmikroskopisch im Hellfeld unter einem Projektionsmikroskop mit ≈ 1000 facher Gesamtvergrößerung unter Verwendung eines Objektivs 40 : 1 mit einer numerischen Apertur von 0,65 und einem Okular 20fach ausgeführt. Der Prüfraum und der Luft-Volumenstrom sollten gerade so groß sein, daß die Staubkonzentration während der Prüfung um nicht mehr als 30 % absinkt und das angegebene Teilchengrößenspektrum sich nicht verändert.

Tabelle 1. Relative Teilchenhäufigkeit des Prüfaerosols 3 in Abhängigkeit vom Teilchendurchmesser

Relative Teilchenhäufigkeit %	Teilchendurchmesser μm	
	über	bis
90 bis 94		2
6 bis 9	2	5
0 bis 1	5	10

4. Meßmethoden

4.1. Messung des Durchlaßgrades

Mit den verwendeten Meßgeräten müssen die in Tabelle 2 angegebenen Durchlaßgrade mit hinreichender Genauigkeit meßbar sein. Die Meßgeräte sind im Prüfzeugnis (siehe Abschnitt 7) aufzuführen.

4.1.1. Gegenüber Prüfaerosol 1

Zur Bestimmung des Durchlaßgrades werden die Konzentrationen des Prüfaerosols 1 roh- und reinluftseitig als Intensität (rohluftseitig mit I_1 , reinluftseitig mit I_2 bezeichnet) des gestreuten Lichtes gemessen.

Der Streuwinkelbereich beträgt bei der Messung zwischen 30 und 45° in Vorwärtsrichtung. Der Durchlaßgrad D

$$\text{wird errechnet als } D = \frac{I_2}{I_1}$$

Die Streulichtintensität muß durch Vergleich mit der Intensität der eingebauten Lichtquelle ermittelt werden.

4.1.2. Gegenüber Prüfaerosol 2

Zur Bestimmung des Durchlaßgrades werden die Konzentrationen des Prüfaerosols 2 roh- und reinluftseitig, direkt oder indirekt als Radioaktivität gemessen. Beide Methoden sind als gleichwertig anzusehen. Welche Methode anzuwenden ist, hängt von der Größe des zu erwartenden Durchlaßgrades, der Homogenität des Filtermaterials, den zur Verfügung stehenden Aktivitäten und der Empfindlichkeit der Strahlennachweisgeräte (großflächige Proportionalzählrohre, Durchflußzählrohre, Ionisationskammern usw.) ab.

4.1.2.1. Direkte Methode

Zwei ebene Probestücke F_1 und F_2 des zu prüfenden Filtermaterials (siehe Abschnitt 5) werden unmittelbar

nacheinander von Prüfaerosol 2 (siehe Abschnitt 3.2.2) enthaltender Luft durchströmt. Anschließend werden nach einer Wartezeit von mindestens 6 Stunden, in welcher sich das radioaktive Gleichgewicht zwischen dem Thorium B und seinen Folgeprodukten eingestellt hat, die Aktivitäten N_{F_1} und N_{F_2} nach geeigneten physikalischen Methoden gemessen (siehe Abschnitt 4.1.2).

Nach Abklingen der Aktivität auf beiden Probestücken wiederholt man den Versuch, wobei jedoch die Filter in ihrer Reihenfolge vertauscht werden und Filter F_2 in Richtung des Luftstromes gesehen diesmal vor Filter F_1 liegt. Bezeichnet man die nach diesem Versuch gemessenen Aktivitäten N'_{F_2} und N'_{F_1} , so errechnen sich die Durchlaßgrade für F_1 und F_2 nach folgenden Gleichungen:

$$D_{F_1} = 1 \frac{N_{F_1} \cdot N'_{F_2} - N_{F_2} \cdot N'_{F_1}}{N_{F_1} \cdot N'_{F_2} + N_{F_2} \cdot N'_{F_1}}$$

$$D_{F_2} = 1 \frac{N_{F_1} \cdot N'_{F_2} - N_{F_2} \cdot N'_{F_1}}{N_{F_1} \cdot N'_{F_2} + N_{F_1} \cdot N'_{F_1}}$$

Hat das zu prüfende Filtermaterial bei der Prüfung gegenüber dem Prüfaerosol 1 den Grenzwert des Durchlaßgrades der Schwebstofffilterklasse S nach Tabelle 2 unterschritten, so genügt es, jedes Probenpaar nur einmal zu beaufschlagen. In diesem Fall wird die Berechnung nach der vereinfachten Formel

$$D = \frac{N_{F_2}}{N_{F_1}}$$

durchgeführt.

4.1.2.2. Indirekte Methode

Bei der indirekten Methode wird eine Filterrunde des zu prüfenden filternden Materials, mit Prüfaerosol 2 enthaltender Luft durchströmt. Vor und hinter dieser Filterrunde wird strömungsgerecht je ein Teilstrom entnommen. Die Aktivität beider Teilluftströme N_{F_1} und N_{F_2} werden über je eine Testfilterrunde F_1 und F_2 gleichen Durchlaßgrades im Teilstrom nach einer geeigneten physikalischen Methode gemessen und nach der vereinfachten Formel

$$D = \frac{N_{F_2}}{N_{F_1}}$$

bestimmt (siehe Abschnitt 4.1.2).

4.1.3. Gegenüber Prüfaerosol 3

Die roh- und reinluftseitige Konzentration des Prüfaerosols 3 werden mit den unter Abschnitt 4.1.1 beschriebenen Verfahren gemessen.

4.2. Nachweis der Leckfreiheit

Die Leckfreiheit wird durch einen Ölnebel nachgewiesen, der entweder dem Paraffinölnebel in Abschnitt 3.2.1 entspricht oder durch kalte Vernebelung von Paraffinöl erzeugt wird.

Das zu prüfende Schwebstofffilter-Element wird dazu auf einem Diffusor oder Kasten abgedichtet und mit etwa $42 \text{ m}^3/\text{h}$ Öltropfen-Luftgemisch je m^2 Anströmfläche in einer Konzentration von etwa $1500 \text{ mg}/\text{m}^3$ beaufschlagt. Die Abströmseite des Filters wird senkrecht von oben mit einer Lampe angestrahlt. Die Umgebung des Filters ist abzudunkeln, der Beobachtungshintergrund ist zu schwärzen. Unkontrollierte Luftströmungen sind abzuschirmen.

Leckfreiheit besteht dann, wenn keine visuell erkennbaren Ölfäden auftreten.