

DIN EN ISO 29461-1

ICS 27.020; 27.040

Einsprüche bis 2011-03-24

Entwurf

**Luftfiltereinlasssysteme von Rotationsmaschinen –
Prüfverfahren –
Teil 1: Statische Filterelemente (ISO/DIS 29461-1:2010);
Deutsche Fassung prEN ISO 29461-1:2010**

Air intake filter systems for rotary machinery –

Test methods –

Part 1: Static filter elements (ISO/DIS 29461-1:2010);

German version prEN ISO 29461-1:2010

Systèmes de filtration d'air d'admission pour machines tournantes –

Méthodes d'essai –

Partie 1: Éléments filtrants pour filtres statiques (ISO/DIS 29461-1:2010);

Version allemande prEN ISO 29461-1:2010

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-01-24 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 oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- 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 relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 79 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält die Deutsche Fassung des vom Technischen Komitee ISO/TC 142 „Cleaning equipment for air and other gases“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 195 „Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik“ ausgearbeiteten Entwurfes prEN ISO 29461-1:2010.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Arbeitssausschuss „Luftfilter (SpA CEN/TC 195 und ISO/TC 117/WG 8)“ im Fachbereich Allgemeine Lufttechnik des Normenausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen.

Vertreter der interessierten Kreise, darunter Hersteller von Schwebstofffiltern, Anwender, Forschungs- und Prüfinstitute waren an der Erarbeitung beteiligt.

Hinweis: Einige der Bilddateien der Referenzfassung dieses Entwurfs sind nicht sprachneutral. Diesem Umstand wird im Rahmen der Kommentierung zum Entwurf Rechnung getragen und ein entsprechender Deutscher Kommentar hierzu abgegeben.

Luftfiltereinlasssysteme von Rotationsmaschinen — Prüfverfahren — Teil 1: Statische Filterelemente (ISO/DIS 29461-1:2010)

Systèmes des filtration d'air d'admission pour machines tournantes — Méthodes d'essai pour les éléments filtrants — Partie 1 : De filtres dit statique (ISO/DIS 29461-1:2010)

*Air intake filter systems for rotary machinery — Test methods — Part 1: Static filter elements
(ISO/DIS 29461-1:2010)*

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	13
5 Allgemeine Anforderungen.....	15
6 Prüfstand und Geräte	15
6.1 Prüfbedingungen	15
6.2 Prüfstand	15
6.3 Erzeugung des DEHS-Prüfaerosols.....	20
6.4 Aerosol-Probenahmesystem	21
6.5 Messung des Volumenstroms.....	22
6.6 Partikelzähler.....	23
6.7 Geräte zur Druckdifferenzmessung	23
6.8 Staubaufgabevorrichtung	24
6.9 Verdünnungseinrichtung	27
6.9.1 Betrieb.....	27
6.9.2 Parameter für die Mindestleistung.....	27
6.9.3 Fehlerquellen und Grenzwerte für die Fehler	27
6.9.4 Wartung und Inspektion.....	27
7 Qualifikationsanforderungen an Prüfstand und Geräte	28
7.1 Allgemeines	28
7.2 Gleichmäßigkeit der Luftgeschwindigkeit im Prüfkanal.....	28
7.3 Gleichmäßigkeit der Aerosolverteilung im Prüfkanal.....	28
7.4 Klassifizierungsgenauigkeit des Partikelzählers	29
7.5 Prüfung der Nullzählrate des Partikelzählers	30
7.6 Prüfung des Koinzidenzbereichs des Partikelzählers	30
7.7 Prüfung auf 100 % Wirkungsgrad	30
7.8 Prüfung auf 0 % Wirkungsgrad	31
7.9 Reaktionszeit des Aerosolgenerators	31
7.10 Verdünnungsverhältnis.....	31
7.11 Korrelationsverhältnis.....	32
7.12 Überprüfung der Druckdifferenz	32
7.13 Volumenstrom des Staubaufgabegeräts.....	33
7.14 Überprüfung des Referenzfilters.....	34
7.15 Zusammenfassung der Qualifikationsanforderungen	35
7.16 Gerätewartung.....	36
8 Prüfmaterialien.....	36
8.1 Prüfluft	36
8.2 Prüfaerosol	37
8.2.1 DEHS-Prüfaerosol.....	37
8.2.2 PAO-Prüfaerosol	37
8.3 Aufgabestaub; synthetischer Prüfstaub	37
8.3.1 Synthetischer ISO-Feinstaub (ISO 12103-A2).....	37
8.4 Endfilter	38

9	Prüfungsablauf	38
9.1	Vorbereitung des zu untersuchenden Filters	39
9.2	Anfangsdruckdifferenz	39
9.3	Messung des Anfangswirkungsgrads	39
9.3.1	Prüfung des Partikelwirkungsgrads für Filter mit niedrigem und mittlerem Wirkungsgrad (≥ 85 % bei 0,4 µm)	39
9.3.2	Prüfung des Partikelwirkungsgrads für Filter mit hohem Wirkungsgrad (> 85 % bei 0,4 µm)	40
9.4	Konditionierungsprüfung	42
9.5	Staubaufgabe	43
9.5.1	Verfahren für Filter mit mittleren und hohen Wirkungsgraden (Anfangswirkungsgrad ≥ 35 % bei 0,4 µm)	43
9.5.2	Verfahren für Filter mit niedrigem Wirkungsgrad (Anfangswirkungsgrad < 35 % bei 0,4 µm)	43
9.5.3	Staubaufgabeverfahren	43
9.5.4	Wirkungsgrad des mit Staub beladenen Filters	44
10	Unsicherheitsberechnung der Prüfergebnisse	45
10.1	Partikelwirkungsgrad — Filter mit mittlerem Wirkungsgrad (Anfangswirkungsgrad: 35 % ≤ E ≤ 85 % bei 0,4 µm)	45
10.2	Partikelwirkungsgrad — Filter mit hohem Wirkungsgrad (Anfangswirkungsgrad: > 85 % bei 0,4 µm)	46
10.3	Abscheidegrad (gravimetrischer Wirkungsgrad)	47
11	Prüfbericht	47
11.1	Allgemeines	47
11.2	Auswertung der Prüfergebnisse	48
11.3	Zusammenfassung	48
11.4	Wirkungsgrad	50
11.5	Druckdifferenz und Volumenstrom	50
11.6	Kennzeichnung	50
Anhang A (normativ) Konditionierungsverfahren		
	(Verfahren zur Prüfung der elektrostatischen Entladung)	57
A.1	Allgemeines	57
A.2	Prüfverfahren zur Konditionierung (Entladung) von Filtermedien	57
A.2.1	Prüfgeräte	57
A.2.2	Vorbereitung der Prüfproben	59
A.2.3	Messung des Wirkungsgrads des Filtermediums	59
A.2.4	Isopropanol-Prüfung	59
A.3	Darstellung der Ergebnisse	59
Anhang B (informativ) Ablösung von den Filterelementen		61
B.1	Ablösung	61
B.1.1	Wiederablösen von Partikeln	61
B.1.2	Abprallen von Partikeln	61
B.1.3	Freisetzung von Fasern oder Partikeln aus dem Filtermedium	62
B.2	Prüfung der Ablöseeffekte	62
Anhang C (informativ) Kommentar		63
C.1	Allgemeines	63
C.2	Prinzip des Prüfverfahrens	63
C.2.1	Grundlage	63
C.2.2	Größenbereich	63
C.2.3	Prüfaerosol	64
C.2.4	Aufgabestaub	64
C.2.5	Konditionierungsprüfung	64
C.3	Auswertung der Prüfergebnisse	65
C.4	Prüfung ebener Filtermedien (im Prüfkanal)	66

Anhang D (normativ) Berechnung der Druckdifferenz.....	68
Anhang E (normativ) Berechnung der freien Filterfläche	70
E.1 Taschenfilter.....	70
E.2 Plissierte Filter	72
E.3 Filterpatronen.....	75
E.4 Sonstige Bauformen.....	76
Literaturhinweise	77

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 29461-1:2010) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 142 „Cleaning equipment for air and other gases“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 195 „Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

EN ISO 29461 mit dem Haupttitel „Luftfiltereinlasssysteme von Rotationsmaschinen — Prüfverfahren“ besteht aus folgenden Teilen:

- Teil 1: Statische Filterelemente;
- Teil 2: Abreinigbare (Puls-Jet-Filter) und Oberflächenfilter;
- Teil 3: Mechanische Funktionszuverlässigkeit der Filterelemente;
- Teil 4: Vor-Ort-Prüfung;
- Teil 5: Filtersysteme für Marine- und Offshore-Umgebungen.

Die zur Prüfung des Partikelwirkungsgrads und der Druckdifferenz angegebenen Prüfverfahren und Werte gelten für alle Filter mit Ausnahme der Aufgabekennwerte und Reinigungsverfahren für abreinigbare Oberflächenfilter (Teil 2). Der dritte Teil, Teil 3, beschreibt die Prüfung der mechanischen Integrität der Filter unter verschiedenen Bedingungen, die in bestimmten Betriebsumgebungen von Interesse sein dürften. In Teil 4 werden die Verfahren zur Prüfung von Filtern unter den tatsächlichen Betriebsbedingungen (Prüfung vor Ort) festgelegt, und Teil 5 erfasst Prüfverfahren, bei denen die spezifischen Anforderungen für Anwendungen in Offshore- und in marinen Bereichen beschrieben und Prüfungen des Wirkungsgrads bei Beseitigung von Meer-salzabscheidungen auf einem Filter und/oder auf kompletten Filtersystemen vorgeschlagen werden.

Der vorliegende Teil dieser ISO-Norm-Reihe „Luftfiltereinlasssysteme von Rotationsmaschinen — Prüfverfahren — Teil 1: Statische Filterelemente“ beschreibt Prüfverfahren für statische Filterelemente, in der Regel für Tiefenfilter, siehe Definitionen 3.43 und 3.44. Alle Filter können auf die gleiche Weise geprüft werden, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Für Filtersysteme, die nicht als statische Filterelemente anzusehen sind, sowie für Oberflächenfilter, Puls-Jet-Filter, Marine- und Offshore-Filtersysteme gilt jedoch Teil 2.

Für mehrstufige Filtersysteme mit mehreren Komponenten (Reinigungseinrichtung, Filter usw.) kann diese Norm angewendet werden, sofern die Qualifizierungsprüfung für den Prüfstand zutreffend ist. Das heißt, dass Verbindungsleitungen und zusätzliche Kanäle, die zum Anschließen des Luftreinigungssystems an den Prüfkanal benötigt werden, so angewendet werden müssen, dass die Qualifizierungsanforderungen erfüllt werden. In Abhängigkeit von der Größe und der technischen Lösung des zu untersuchenden Systems können dabei Schwierigkeiten auftreten. In Fällen, in denen es nicht möglich ist, Anpassungen in der Weise durchzuführen, dass die Qualifizierung des Prüfkanals akzeptabel ist, wird die Anwendung von Teil 4: Vor-Ort-Prüfung vorgeschlagen.

Die Anhänge A, D und E sind normative Bestandteile dieser Norm.

Die Anhänge B und C dienen nur zur Information.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 29461-1:2010 wurde vom CEN als prEN ISO 29461-1:2010 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Filter für Anwendungen in Energieerzeugungsmaschinen/Kompressoren

Bei Anwendungen für Rotationsmaschinen ist das Filtersystem, das im Allgemeinen aus einem Satz geeignet angeordneter Filterelemente besteht, ein wesentlicher Bestandteil des gesamten Turbinen-/Kompressor-systems. Durch die Weiterentwicklung der zur Energieerzeugung oder für andere Zwecke verwendeten Turbinen sind die Maschinen komplizierter geworden, und ein guter Schutz für sie hat den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Es ist bekannt, dass Verunreinigungen durch Partikel ein Turbinenkraftwerk signifikant beeinträchtigen können, sofern nicht entsprechende Gegenmaßnahmen getroffen wurden. Die Beeinträchtigung wird häufig als „Erosion“, „Fouling“ und „Heißkorrosion“ beschrieben, wobei Salz und andere korrosive Partikel möglicherweise Probleme bereiten können. Auch andere Materieteilchen können zu einer merklichen Verringerung des Wirkungsgrads der Systeme führen. Dabei ist unbedingt zu berücksichtigen, dass Luftfilter in diesen Systemen sehr verschiedenartigen Umgebungsbedingungen ausgesetzt sind. Der Bereich der Verunreinigung durch Partikel ist sehr breit gefächert, allein bedingt durch die in Wüsten und Regenwäldern bis hin zu arktischen Umgebungen sehr unterschiedlichen Klimabedingungen. Die Anforderungen an Filtersysteme sind folglich in Abhängigkeit von ihrem Einsatzort sehr unterschiedlich.

In dieser Norm wird die Leistung der Lufteinlassfiltersysteme nicht nur auf die Abscheidung von grobem Staub bezogen, sondern auch auf den Partikelwirkungsgrad, und zwar in dem Größenbereich, der für diese Anwendungen als problematisch anzusehen ist. Bei der Bewertung des Anwuchses (Fouling) auf Turbinen sollten sowohl Ultrafein- und Feinpartikel als auch größere Partikel beachtet werden. In der Außenluft bewirken im Allgemeinen Ultrafein- und Feinpartikel im Größenbereich von $0,01\text{ }\mu\text{m}$ bis $1\text{ }\mu\text{m}$ $> 99\%$ der Partikelkonzentration und $> 90\%$ der Oberflächenverunreinigungen. Den größten Massenanteil machen im Allgemeinen die größeren Partikel ($> 1,0\text{ }\mu\text{m}$) aus.

Für die in Turbomaschinen angewendeten Filter gibt es einen breiten Produktbereich, der Filter für sehr große Partikel und Filter für sehr feine Partikel im Submikrometerbereich umfasst. Der Bereich überdeckt Filtersysteme mit Selbstreinigungsfähigkeit sowie Systeme zur Tiefen- und/oder Oberflächenfiltration. Diese Filter und Filtersysteme müssen für einen breiten Temperatur- und Feuchtigkeitsbereich, für sehr geringe bis sehr hohe Staubkonzentrationen und mechanische Beanspruchungen geeignet sein. Die gegenwärtig existierenden Produkte können in vielen verschiedenen Bauformen vorliegen, die unterschiedliche Funktionen zu erfüllen haben, z. B. als Tröpfchenabscheider, Koaleszenzfilter, Filtereinsätze, Metallfilter, Trägheitsfilter, Filtrationszellen, Taschenfilter, Filterpaneele, sowie Filterpatronen mit Selbstreinigung und Tiefenfiltration, sowie plissierte Filtermedien als Oberflächenfilter.

In dieser Normenreihe werden geeignete Vergleichsmöglichkeiten für diese Produkte angegeben, und es wird festgelegt, welche Kriterien für Luftfiltereinlasssysteme wichtig sind, damit sie Rotationsmaschinen in einer Weise schützen, die zur Beibehaltung der Leistungsfähigkeit der Maschinen dient. Für den Leistungsvergleich der Produkte in diesem weit gefassten Bereich ist eine geeignete Basis anzuwenden. Für den Vergleich unterschiedlicher Filter und Filtertypen sind die Betriebsbedingungen bei der für sie vorgesehenen Anwendung zu berücksichtigen. Wenn beispielsweise davon auszugehen ist, dass ein Filter oder ein Filtersystem in einer extrem staubigen Umgebung arbeiten muss, wird die reale Leistung dieser Filter durch ihren Anfangs- und Endwirkungsgrad angezeigt, wobei der dem Filter aufgegebenen Staub eine bedeutende Rolle spielt. Wird das gleiche Filter oder Filtersystem jedoch in einer üblichen, weniger extremen Umgebung mit überwiegend kleinen Partikeln in der Luft eingesetzt, die durch Verbrennung usw. erzeugt wurden, ist als der wichtigste Einflussfaktor der „konditionierte“ Wirkungsgrad (Wirkungsgrad des entladenen Filters) zu beachten.

Filtrationskennwerte

Initiativen im Hinblick auf potenzielle Probleme durch Wiederablösung von bereits abgeschiedenen Partikeln, durch andere Ablöseeffekte und durch das Entladungsverhalten bestimmter Filtermedien im Verlauf ihrer Anwendung werden in den Anhängen A und B erfasst.

Bestimmte Arten von Filtermedien nutzen elektrostatische Effekte, um bei geringen Widerständen gegen die durchströmende Luft hohe Wirkungsgrade zu erreichen. Unter bestimmten Beanspruchungsbedingungen können beispielsweise Verbrennungspartikel oder andere feine Teilchen diese elektrostatischen Ladungen neutralisieren, was eine Beeinträchtigung der Filterleistung zu Folge hat. Das normative Prüfverfahren in Anhang A bietet Verfahrensweisen an, mit denen mögliche Beeinträchtigungen der elektrostatischen Ladung zu identifizieren sind. Mit diesem Prüfverfahren wird bestimmt, ob der Wirkungsgrad des Filters vom Abbau einer elektrostatischen Ladung abhängig ist, und es werden quantitative Informationen über die Bedeutung dieses elektrostatischen Ladungsabbaus geliefert. Das beschriebene Verfahren wurde ausgewählt, weil es gut eingeführt, reproduzierbar, einfach und relativ schnell durchführbar ist und gegenwärtig kein anderes akzeptables Verfahren verfügbar ist.

Bei einem idealen Filtrationsvorgang würde jedes Partikel beim ersten Kontakt mit einer Filterfaser dauerhaft abgeschieden werden; real können jedoch eintretende Partikel auf bereits abgeschiedene Partikel so auf-treffen, dass diese wieder abgelöst und zurück in den Luftstrom geführt werden. Durch mechanische Kräfte können auch Fasern oder Teilchen vom Filter abgelöst werden. Aus Sicht des Anwenders könnte es wichtig sein, Kenntnis von diesen Vorgängen zu haben; siehe Anhang B.

Filter mit einem niedrigen Wirkungsgrad oder einem Wirkungsgrad nach erfolgter Entladung ($< 35\%$) bei Partikelgrößen im Submikrometerbereich ($0,4\ \mu\text{m}$), deren Wirkungsgrad sich während ihres Einsatzes nicht steigert, bieten im Allgemeinen für Arbeitsmaschinen keinen speziellen Schutz, wenn sie mit den typischen atmosphärischen Aerosolen konfrontiert werden, bei denen die Mehrheit aller Partikel kleiner ist als $1,0\ \mu\text{m}$. Wenn die Aerosole jedoch überwiegend größere Partikel enthalten, können Filter mit geringen Wirkungs-graden für Partikel im Submikrometerbereich in späteren Filterphasen einen Schutz bieten, und bei einer Partikelgröße von $0,5\ \mu\text{m}$ kann sich der mittlere Wirkungsgrad der Filter durch die Staubbeladung sogar erhöhen (z. B. Oberflächenfilter). In diesen Fällen können durch eine gravimetrische Prüfung der betreffenden Aerosole Informationen zur Speicherfähigkeit und zum Wirkungsgrad der Filter gewonnen werden. Für Luft-einlassfiltersysteme von Rotationsmaschinen wird im Allgemeinen empfohlen, dass der Gesamtfiltrationsgrad bei Partikelgrößen von $0,4\ \mu\text{m}$ mindestens 35% betragen sollte, sofern die Aerosolbeladung der Filter nicht zu einer merklichen Erhöhung des Wirkungsgrads während des Betriebs beiträgt.

1 Anwendungsbereich

In dieser Norm werden Prüfverfahren für Luftfilter und Luftfiltereinlasssysteme festgelegt, die Rotationsmaschinen, z. B. Gasturbinen, Kompressoren und stationäre Verbrennungskraftmaschinen, gegen Verunreinigungen durch Partikel schützen. Die Prüfvolumenströme liegen in einem Bereich von 0,25 m³/s (900 m³/h) bis 1,67 m³/s (6 000 m³/h). Die vorliegende Internationale Norm gilt für Luftfilter mit einem Anfangswirkungsgrad bis 99,5 % bei Partikelgrößen von 0,4 µm. Für die Prüfung und Klassifizierung von Filtern mit Wirkungsgraden im oberen Bereich und über 99,95 % gelten andere Normen.

Der vorliegende Teil (Teil 1) der Norm bezieht sich auf statische Filtersysteme (Sperrfilter), kann aber, wenn zutreffend, auch auf andere Filterarten und -systeme angewendet werden. In dieser Norm werden zwei Verfahren zur Bestimmung des Wirkungsgrades angewendet:

- Messung des Partikelwirkungsgrads (unter Bezug auf Partikelanzahl und -größe);
- Messung des gravimetrischen Wirkungs- oder Abscheidegrads (mit Entnahme und Wägung der aufgegebenen Staubmasse).

Um Aussagen über die Wirksamkeit des Abbaus elektrostatischer Ladungen zu ermöglichen, muss eine Probe aus einem planen Filtermedium oder aus einem Filtermedienpaket eines identischen Filters konditioniert (elektrostatisch entladen) werden. Nach Bestimmung des Anfangswirkungsgrads des unbehandelten Filters wird bis zum Erreichen der Enddruckdifferenz stufenweise Staub auf das Filter aufgegeben. Daraus sind dann Angaben über einen bestaubten Filter zu bestimmen.

Die nach dieser Norm für die Leistung ermittelten Ergebnisse können nicht unmittelbar zur quantitativen Vorhersage der Leistung bezogen auf Wirkungsgrad und Lebensdauer für den jeweiligen Anwendungsfall des Filters verwendet werden. Andere Faktoren, die sich auf die Leistung auswirken und berücksichtigt werden müssen, werden in den Anhängen A, D (normativ) und B, C (informativ) beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

ASHRAE 52.2:1999, *Method of testing general ventilation air-cleaning devices for removal efficiency by particle size*

EN 779:2002, *Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik — Bestimmung der Filterleistung*

EN 1822:2007, *Schwebstofffilter (HEPA- und ULPA)*

IEST – RP – CC001.4, *HEPA and ULPA filters*

ISO 5167:2003, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices — Part 1: Orifice plates, nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full (ISO 5167-1:1991)*

IEST-RP-014:2006, *Equipment calibration or validation procedure*

ISO 2854, *Statistical interpretation of data — Techniques of estimation and tests relating to means and variances*

ISO 12103-1:1997, *Road vehicles — Test dust for filter evaluation — Part 1: Arizona test dust*

ISO 14644-3:2005, *Metrology & Test Methods*

ISO 21501-4, *Determination of particle size distribution — Single particle light-interaction methods — Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces*

ISO/CD 21501-1, *Light scattering aerosol spectrometer*

JIS Z 8901:2006, *Test powders and test particles*

JACA No.37:2001, *Guideline of Substitute Materials for DOP*

ISO 12103-A2 – test dust

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

gravimetrischer Wirkungsgrad Abscheidegrad

A_{50}

gravimetrische Bestimmung der Abscheidung nach Aufgabe von 50 g synthetischem Prüfstaub

3.2

mittlerer gravimetrischer Wirkungsgrad mittlerer Abscheidegrad

A_m

(gewichtetes) Verhältnis der Gesamtmenge des von dem zu untersuchenden Filter (Prüfling) zurückgehaltenen synthetischen Prüfstaubs zur Gesamtmenge des bis zur Enddruckdifferenz des Prüflings aufgegebenen synthetischen Prüfstaubs

3.3

geladenes Filter

Filter, dessen Filtermedium elektrostatisch geladen oder polarisiert ist

3.4

„konditionierter“ Wirkungsgrad

Wirkungsgrad des konditionierten (entladenen) Filters

Wirkungsgrad des (nach Anhang A) konditionierten Filtermediums, das bei einer mittleren Filtermediumgeschwindigkeit arbeitet, die dem Prüfvolumenstrom im Filter entspricht

3.5

Zählrate

Zahl der Zählereignisse je Zeiteinheit

3.6

Korrelationsverhältnis

Verhältnis der abströmseitigen Partikelanzahl zur anströmseitigen Partikelanzahl, ohne das zu untersuchende Filter im Kanal

3.7

DEHS

Flüssigkeit (**Diethylhexylsebacat**) zum Erzeugen des DEHS-Prüfaerosols

3.8

Staubspeicherfähigkeit

Staubbeladungskapazität

diese Benennung wird ersetzt durch die Benennung „Prüfstaubspeicherfähigkeit“ oder „Prüfstaubbeladungskapazität“ (en: test dust capacity, TDC)

3.9

Staubbeladungswirkungsgrad

Wirkungsgrad des Filters nach Staubaufgabe

Wirkungsgrad eines Filters beim Prüfvolumenstrom und nach Staubaufgaben bis zur Enddruckdifferenz

3.10

freie Filtermediumfläche

die Fläche des im Filter vorhandenen Filtermediums, die Staub aufnimmt

3.11

Wirkungsgrad

siehe gravimetrischer Wirkungs- oder Abscheidegrad, Anfangswirkungsgrad, Partikelwirkungsgrad, Wirkungsgrad im entladenen Zustand („konditionierter“ Wirkungsgrad) oder Wirkungsgrad nach Feinstaubbeladung

3.12

Filteranströmfläche

Fläche der Stirnseite des Filters einschließlich des Filterrahmens¹⁾

3.13

Filteranströmgeschwindigkeit

Quotient aus Volumenstrom und Filteranströmfläche

3.14

Endfilter

Luftfilter zur Aufnahme des aufgegebenen Staubs, der das zu untersuchende Filter passiert oder sich vom Filter ablöst

3.15

Puls-Jet-Filter

abreinigbares Luftfilter, das zur Lebensdauerverlängerung gereinigt wird, im Allgemeinen mit Druckluftstößen

3.16

statisches Filter

Filter, das nach Erreichen seiner Enddruckdifferenz entfernt (ausgewechselt) und nicht mit Druckluftstößen oder auf andere Weise gereinigt wird, um seine Anfangsleistung (bezüglich der Druckdifferenz und des Wirkungsgrads) vollständig oder teilweise wieder zu erlangen

3.17

Enddruckdifferenz — empfohlene

maximale Betriebsdruckdifferenz des Filters, die vom Hersteller beim Nennvolumenstrom empfohlen wird

3.18

Enddruckdifferenz

Druckdifferenz des Filters, bis zu der die Filtrationsleistung gemessen wird

3.19

Anfangswirkungsgrad

Wirkungsgrad des unbestaubten²⁾ Filters bei Betrieb mit dem Prüfvolumenstrom

3.20

EPA-Filter

Filter mit einem Wirkungsgrad im Bereich von $85 \leq E < 99,95$ % bei Partikelgrößen (im Allgemeinen zwischen $0,05 \mu\text{m}$ und $0,3 \mu\text{m}$) im Abscheidegradminimum (MPPS)

3.21

Filter mit niedrigem Wirkungsgrad

Filter, dessen Anfangswirkungsgrad E bei einer Partikelgröße von $0,4 \mu\text{m}$ weniger als 35 % beträgt: $35 \% < E$

3.22

Filter mit mittlerem Wirkungsgrad

Filter, dessen Anfangswirkungsgrad E bei einer Partikelgröße von $0,4 \mu\text{m}$ zwischen 35 % und 85 % beträgt: $35 \% \leq E \leq 85 \%$

1) Typische Nennwerte sind $0,61 \text{ m} \times 0,61 \text{ m}$ (24 Zoll $\times$ 24 Zoll)

2) Filter, das vor Prüfung des Wirkungsgrads weder einem Prüfaerosol noch einer anderen Substanz ausgesetzt wurde

3.23

Filter mit hohem Wirkungsgrad

Filter, dessen Anfangswirkungsgrad E bei einer Partikelgröße von $0,4\ \mu\text{m}$ mehr als 85 % beträgt: $E > 85\ \%$

3.24

Anfangsdruckdifferenz

Druckdifferenz des unbestaubten Filters bei Betrieb mit dem Prüfvolumenstrom

3.25

isokinetische Entnahme

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

3.26

Aufgabestaub

synthetischer Prüfstaub

speziell zusammengesetzter synthetischer Prüfstaub, der zur Bestimmung der Staubbeladung des Filters aufgegeben wird

3.27

mittlerer Durchmesser

geometrischer Mittelwert für die Durchmesser in einem Größenbereich, bestimmt aus der oberen und der unteren Bereichsgrenze

3.28

Filtermediumgeschwindigkeit

Quotient aus Volumenstrom und freier Filterfläche³⁾

3.29

Mindest-Wirkungsgrad

niedrigster partieller Partikelwirkungsgrad, ermittelt aus Anfangswirkungsgrad, konditioniertem Wirkungsgrad und Staubbeladungswirkungsgrad

3.30

Neutralisierung

Entladung

Herbeiführen einer Boltzmann-Ladungsverteilung im Aerosol, bei der ein Gleichgewicht zwischen den bipolaren Ionen erreicht ist

3.31

Partikelabprallen

Verhalten von Partikeln, die auf das Filter auftreffen, aber nicht festgehalten werden

3.32

Partikelgröße

Partikeldurchmesser, der mit einem Gerät zur Messung der Lichtstreuung ermittelt wird (optischer Partikelzähler)

3.33

Partikelzahlkonzentration

Anzahl der Partikel je Volumeneinheit der Prüfluft

3) Angabe auf drei Dezimalstellen.

3.34

Durchlassgrad

Penetration

Quotient aus der abströmseitigen und der anströmseitigen Partikelkonzentration am Filter

3.35

Wiederablösung

Freisetzung von zuvor am Filter abgeschiedenen Partikeln in den Luftstrom

3.36

Ablösung

Abtragung

Freisetzung von Partikeln in den Luftstrom durch aufprallende und sich wieder ablösende Partikel, sowie durch die Freisetzung von Fasern oder Partikeln aus dem Filter oder dem Filtermedium

3.37

synthetischer Prüfstaub

siehe Aufgabestaub

3.38

Prüfvolumenstrom

Volumendurchsatz des Luftstroms durch das zu untersuchende Filter

3.39

Prüfaerosol

Aerosol, das zur Bestimmung des Wirkungsgrads des Filters verwendet wird

3.40

Prüfstaubspeicherfähigkeit

(en: test dust capacity)

TDC

Masse des bei der Prüfung aufgegebenen Staubs, die vom Filter bis zur Enddruckdifferenz zurückgehalten wird

3.41

Partikelwirkungsgrad

Wirkungsgrad eines Filters für unterschiedliche Partikelgrößen in einem Bereich von 0,3 µm bis 3,0 µm, der mit einem Partikelzähler gemessen wird

3.42

Wirkungsgrad nach Feinstaubbeladung

Wirkungsgrad, der gemessen wird, nachdem das Filter bei einer Prüfung mit ISO-Feinstaub beladen wurde

3.43

Oberflächenfilter

Filter, die so ausgelegt sind, dass Verunreinigungen an der Vorderfläche eines relativ dünnen Filtermediums abgefangen werden. Oberflächenfilter funktionieren so, dass die ankommenden Partikel an der Oberfläche festgehalten und nicht durchgelassen werden, so dass ein Eindringen in die Tiefe des Filtermediums verhindert wird. Der Anfangswirkungsgrad für Partikel beginnt für diese Filterbauform üblicherweise in einem Bereich von wenigen Submikrometern (0,4 µm), durch die Beladung mit Partikeln (Staub) erhöhen sich jedoch der Wirkungsgrad und die Druckdifferenz (in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Prüfaerosols). Daher kann trotz eines möglicherweise niedrigen Anfangswirkungsgrads durch die Staubbelaugung ein merklich höherer Mittelwert für den Wirkungsgrad erreicht werden, wodurch dann auch, besonders in den letzten Betriebsphasen, ein verbesserter Schutz der Maschinen erreicht wird

3.44

Tiefenfilter

Filter, die so ausgelegt sind, dass sie während des Betriebs ohne Reinigung eine hohe Speicherfähigkeit für den aufgegebenen Staub haben (statische Filter). Tiefenfilter funktionieren so, dass die Verunreinigungen im

Innern (in der Tiefe) des Filtermediums abgeschieden und zurückgehalten werden. Fasergröße, Dichte und Tiefe des Filtermediums sind die wichtigsten Bemessungsparameter zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrads und einer hohen Kapazität (Betriebsdauer) bei niedrigen Druckverlusten. Der Anfangswirkungsgrad ist für Partikel im Submikrometerbereich ($0,4\ \mu\text{m}$) normalerweise höher als bei Oberflächenfiltern. Die Steigerung des Wirkungsgrads und der Druckdifferenz ist in den meisten Umgebungen proportional zur Betriebsdauer. Die Verbesserung des Wirkungsgrads während des Betriebs kann ähnlich wie bei Oberflächenfiltern oder kleiner sein (in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Prüfaerosols), wobei durch Tiefenfilter, wenn sie einen hohen Anfangswirkungsgrad (und Mindest-Wirkungsgrad) haben, das Schutzniveau für Maschinen garantiert ist.

3.45

unbehandeltes Filter

nicht konditioniertes Filter

ein Filter, das nicht der in Anhang A beschriebenen Konditionierung unterzogen wird

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten folgende Symbole und Abkürzungen.

A_{50}	Gravimetrischer Wirkungsgrad (Abscheidegrad) nach Aufgabe von 50 g Staub, %
A_{avg}	Mittlerer gravimetrischer Wirkungsgrad (mittlerer Abscheidegrad), %
CL	Konzentrationsgrenzwerte des Partikelzählers
C_V	Variationskoeffizient
$C_{V,i}$	Variationskoeffizient für einen Größenbereich i
$C_{\text{mean},i}$	Mittelwert der Messpunkte für einen Größenbereich i
CLE	Untere Vertrauensgrenze für den Wirkungsgrad (Vertrauensniveau 95 %)
$\overline{CLE}$	Mittelwert für die untere Vertrauensgrenze des Wirkungsgrads (für ein Vertrauensniveau von 95 %). Mittelwert aus wiederholten Messungen für die Berechnung des Wirkungsgrads
CLN_d	Obere Vertrauensgrenze (95 %) für die Partikelanzahl auf der Abströmseite des Filters
CLN_u	Untere Vertrauensgrenze (95 %) für die Partikelanzahl auf der Anströmseite des Filters
TDC	Prüfstaubspeicherfähigkeit, g
d_i	Geometrischer Mittelwert des Durchmessers für einen Größenbereich, μm
d_l	Untere Durchmessergränze für einen Größenbereich, μm
d_u	Obere Durchmessergränze für einen Größenbereich, μm
DR	Verdünnungsverhältnis, wenn ein Verdünner verwendet wird
E_0	Anfangswirkungsgrad
$\overline{E}_i$	Mittlerer Wirkungsgrad für einen Größenbereich i
m	Masse, die das Filter passiert, g
m_d	Masse des Staubs hinter dem zu prüfenden Filter (Prüfling), g
m_{50}	Masse des bei Prüfung des Abscheidegrads (50 g) dem Filter aufgegebenen Staubs, g
m_{p50}	Masse des Staubs, die das Filter passiert hat (Zunahme der Massen des Endfilters und des Staubs im Kanal zwischen Filter und Endfilter) nach Aufgabe von 50 g Staub
m_{ges}	Gesamtmasse des dem Filter aufgegebenen Staubs, g

m_1	Masse des Endfilters vor der Staubaufgabe, g
m_2	Masse des Endfilters nach der Staubaufgabe, g
N_u	Partikelanzahl auf der Anströmseite des Filters
$N_{u,i}$	Partikelanzahl für den Größenbereich i auf der Anströmseite des Filters
N	Anzahl der Messpunkte
N_d	Partikelanzahl auf der Abströmseite des Filters
$N_{d,i}$	Partikelanzahl für den Größenbereich i auf der Abströmseite des Filters
$\overline{N}_d$	Mittlere Partikelanzahl auf der Abströmseite des Filters
N_u	Partikelanzahl auf der Anströmseite des Filters
$N_{u,i}$	Partikelanzahl für den Größenbereich i auf der Anströmseite des Filters
$\overline{N}_u$	Mittlere Partikelanzahl auf der Anströmseite des Filters
N	Exponent
OPC	Optischer Partikelzähler
p	Druck, Pa
p_a	Absoluter Luftdruck auf der Anströmseite des Filters, kPa
p_{sf}	Statischer Druck am Volumenstrom-Messgerät, kPa
q_m	Massevolumenstrom, kg/s
q_V	Volumenstrom am Filter, m ³ /s
q_{Vf}	Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät, m ³ /s
R	Korrelationsverhältnis
R_i	Korrelationsverhältnis für einen Größenbereich i
T	Temperatur auf der Anströmseite des Filters, °C (°F)
T_f	Temperatur am Volumenstrom-Messgerät, °C (°F)
$t(1 - \frac{\alpha}{2})$	Distributionsvariable
U	Unsicherheit, %-Wert
v_{mean}	Mittelwert für die Geschwindigkeit
δ	Standardabweichung
ν	Anzahl der Freiheitsgrade
ρ	Luftdichte, kg/m ³
φ	Relative Luftfeuchte auf der Anströmseite des Filters, %
Δm	Staubinkrement; Staubaufgabe, g
Δm_{ff}	Massezunahme des Endfilters, g
Δp	Druckdifferenz des Filters, Pa
Δp_f	Druckdifferenz, Pa
$\Delta p_{1,20}$	Druckdifferenz des Filters bei einer Luftdichte von 1,20 kg/m ³ , Pa

ΔE_C	Unterschied zwischen dem Anfangswirkungsgrad und dem konditionierten Wirkungsgrad einer (mehrerer) Filtermediumprobe nach Annex A
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 Organization for Standardization (Internationale Normungsorganisation)

5 Allgemeine Anforderungen

Statische Filtersysteme wenden zum Schutz von Rotationsmaschinen im Allgemeinen mehrere Stufen von Filterelementen an, die Grobstaub und Feinstaub festhalten. Um die gesamte Filterleistung zu bestimmen, müsste eigentlich das komplette Filtersystem einer Prüfung unterzogen werden, was jedoch im Rahmen dieser Norm nicht gefordert ist. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass für die Fähigkeit zum Speichern von Prüfstaub in Grob- und Feinstaubfiltern bei Prüfungen des gesamten Systems andere Ergebnisse als bei einer Einzelprüfung ermittelt werden.

6 Prüfstand und Geräte

6.1 Prüfbedingungen

Als Prüfluftquelle darf Raumluft oder Außenluft verwendet werden. Die relative Luftfeuchte muss während der Prüfungen zwischen 20 % und 75 % liegen. Die Lufttemperatur muss zwischen 10 °C und 38 °C liegen. Die Abluft darf in die Außenluft oder in die Raumluft abgegeben oder erneut verwendet werden. Für bestimmte Prüfgeräte kann gefordert werden, dass Grenzwerte für die Temperatur der Prüfluft einzuhalten sind.

Eine Filtrierung der Abluft wird empfohlen, wenn Prüfaerosol, Aufgabestaub oder Geruch vom Filter vorhanden sein kann.

6.2 Prüfstand

Der Prüfstand (siehe Bild 1) besteht aus mehreren Kanalabschnitten, die einen quadratischen Querschnitt und in der Regel ein Nenn-Innenmaß von 610 mm × 610 mm (24 Zoll × 24 Zoll) haben, was jedoch nicht für den Kanalabschnitt zutrifft, in dem das zu untersuchende Filter angebracht wird. Dieser Kanalabschnitt hat Nenn-Innenmaße zwischen 616 mm (24,25 Zoll) und 622 mm (24,50 Zoll). Die Länge dieses Kanalabschnitts muss mindestens das 1,1-fache der Länge des zu prüfenden Filters betragen, wobei die Mindestlänge 1 m beträgt, siehe Bild 3 und Bild 4. Das Filter muss so in den Kanal eingebaut sein, dass es weder auf der Ab- noch auf der Anströmseite über den Kanal hinausragt. Wenn sehr große Filter und/oder ein in ein Filtersystem integriertes Filterelement zu prüfen ist, kann es sein, dass der Prüfkanal größere Maße haben muss. In diesen Fällen sind andere Maße unter der Voraussetzung zulässig, dass die in Abschnitt 8 beschriebenen Qualifikationsanforderungen erfüllt werden. Ein Beispiel für ein spezielles Kanalübergangsstück für (große) Filter kann in Bild 5 betrachtet werden.

Für Rundfilterpatronen muss die Prüfanordnung (Anbringung der zu prüfenden Filter im Prüfkanal) möglichst exakt den bei der Anwendung vorliegenden Bedingungen entsprechen. Für große Rundfilter kann eine Montageplatte mit einer zusätzlichen Öffnung für den Lufteintritt/Luftaustritt ausreichend sein. Für sehr viel kleinere Rundfilter kann ein zusätzliches Kanalübergangsstück eingebaut werden, siehe Bild 6. Diese Möglichkeit ist jedoch für jede Anordnung speziell unter Berücksichtigung möglicher Strahleffekte zu untersuchen, die im Querschnitt des Prüfkanals die Geschwindigkeit und die Aerosolkonzentration beeinflussen können.

Der Werkstoff für den Kanal muss elektrisch leitend und elektrisch geerdet sein; der Kanal muss eine glatte Innenfläche haben und steif genug sein, um seine Form beim Betriebsdruck aufrecht zu erhalten. Kleinere Abschnitte des Prüfkanals können auch aus Glas oder ähnlichen Werkstoffen hergestellt werden, damit das zu untersuchende Filter und die Prüfgeräte sichtbar sind. Empfohlen wird der Einbau von Fenstern, die eine Überwachung des Prüffortschritts zulassen.

Filter mit hohem Wirkungsgrad müssen vor dem Kanalabschnitt 1 (anströmseitig) angebracht werden, in dem das Aerosol für die Prüfung des Wirkungsgrads vernebelt und gemischt wird, um auf der Anströmseite des Prüflings eine einheitliche Konzentration zu erzeugen.

Kanalabschnitt 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), die dazu dient, eine gleichmäßige Staubverteilung zu erreichen. Im letzten Drittel dieses Kanalabschnitts befindet sich die anströmseitige Aerosolproben-Entnahmesonde. Bei Prüfungen der Staubbelastung muss diese Entnahmesonde verschlossen oder entfernt werden.

Zur Turbulenzvermeidung sollten die Mischöffnung und die Lochplatte entfernt werden, während die Druckdifferenz (Anfangs- und Enddruckdifferenz) abgelesen und der Wirkungsgrad geprüft wird. Zur Vermeidung systematischer Fehler wird auch empfohlen, diese Teile bei Druckdifferenzprüfungen zu entfernen. Gleichmäßige Luftgeschwindigkeit und Aerosolverteilung im Messquerschnitt sind nach 7.2 und 7.3 sicherzustellen.

Kanalabschnitt 5 darf sowohl für die Prüfung des Wirkungsgrads als auch für Messungen der Staubbelastung angewendet werden; dieser Abschnitt ist mit einem Endfilter für die Beladungsprüfung und mit der abströmseitigen Entnahmesonde für die Prüfung des Wirkungsgrads ausgestattet. Kanalabschnitt 5 kann auch in doppelter Ausfertigung bereitgestellt werden, wodurch ermöglicht wird, einen Kanalabschnitt für die Beladungsprüfung und den anderen für die Prüfung des Wirkungsgrads anzuwenden.

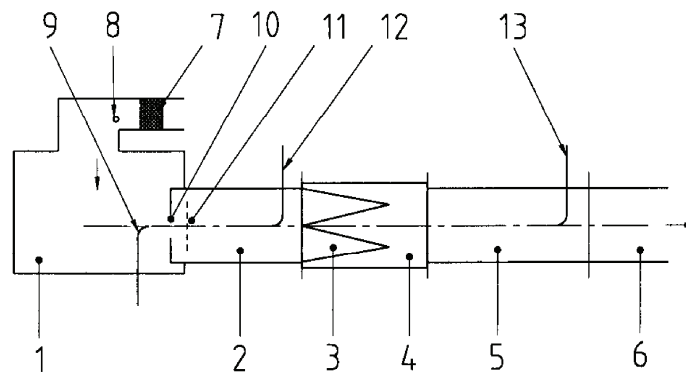
Der Prüfstand kann mit Unterdruck oder mit Überdruck des Luftstroms betrieben werden. Bei Betrieb mit Überdruck (d. h. mit dem Ventilator auf der Anströmseite des Prüfstands) könnten Prüfaerosol und aufgegebener Prüfstaub durch Leckagen in den Prüfraum gelangen, während bei Unterdruck Partikel durch Leckagen in das Prüfsystem gelangen und die Anzahl der gemessenen Partikel beeinflussen könnten. Diese möglichen Luftlecks müssen vor den Prüfungen des Filters lokalisiert und abgedichtet werden.

Die Maße des Prüfstands und die Position der Druckentnahmestellen werden in Bild 3 gezeigt. In Bild 2 werden die Druckentnahmestellen für den Prüfling (das Filter) angegeben.

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

Der Luftkasten für die Eintrittsluft, die relative Lage der Filter mit hohem Wirkungsgrad und die Aerosoleinspritzungen sind beliebig auszuwählen; der Einbau eines Rohrbogens im abströmseitigen Teil des Kanals ist nicht zwingend vorgeschrieben, wobei sowohl eine gerade Kanalanordnung als auch eine U-förmige Kanalanordnung zulässig sind. Außer für diesen Bogen sind alle Maße und Komponenten für beiden Anordnungen die gleichen. Hinter dem Rohrbogen ist im Kanal eine abströmseitige Misch-Trennwand vorzusehen.⁴⁾

⁴⁾ Die Misch-Trennwand dient dazu, den Luftstrom auszurichten und das Aerosol hinter dem eingebauten Bogen zu mischen.



Legende

- 1 Kanalabschnitt des Prüfstands (Luftkasten für die Eintrittsluft)
- 2 Kanalabschnitt des Prüfstands
- 3 Zu untersuchendes Filter (Prüfling)
- 4 Kanalabschnitt einschließlich des zu untersuchenden Filters
- 5 Kanalabschnitt des Prüfstands
- 6 Kanalabschnitt des Prüfstands
- 7 Hochleistungsschwebstofffilter (mindestens 99,97 % für Partikelgrößen von 0,3 µm)
- 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

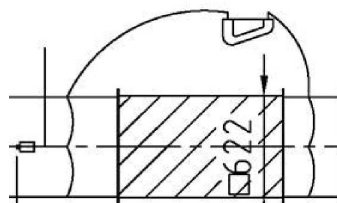


Bild 2 — Druckentnahmestellen, Filter

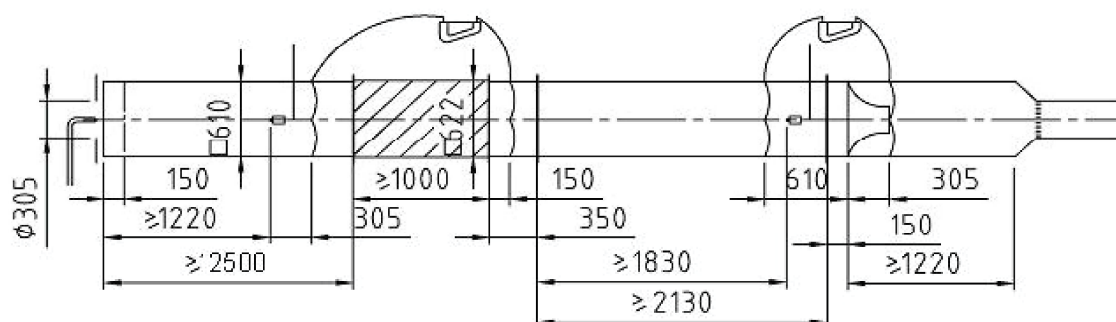


Bild 3 — Maße des Prüfstands

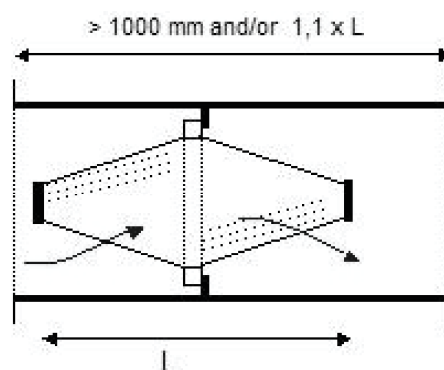


Bild 4 — Filterabschnitt und Filterlänge (L)

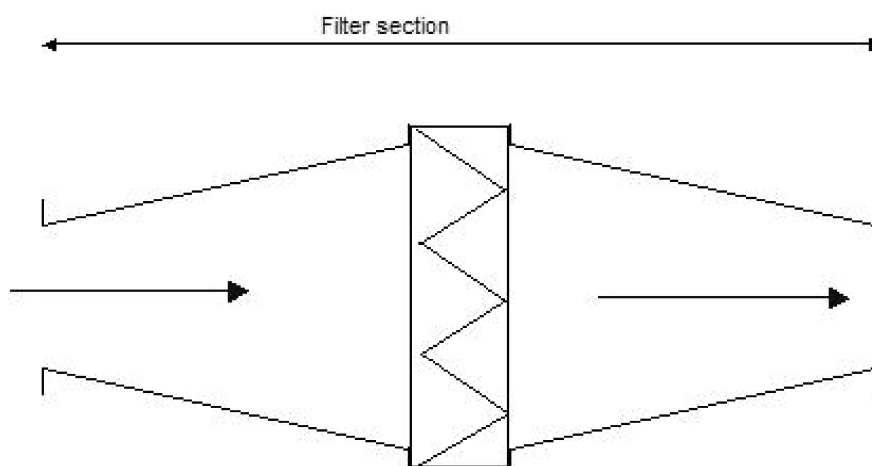


Bild 5 — Beispiel für einen Filterabschnitt mit Übergangsstück für Sonderbauformen

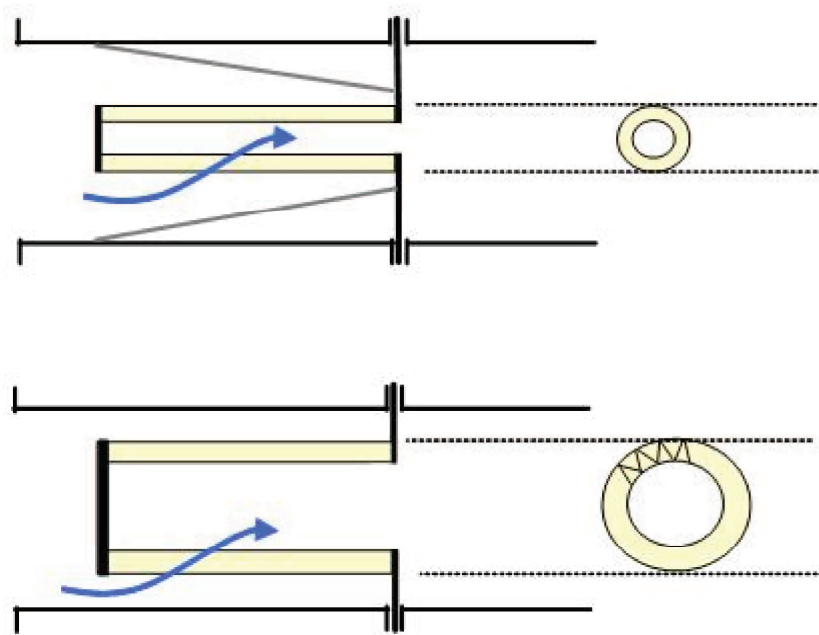
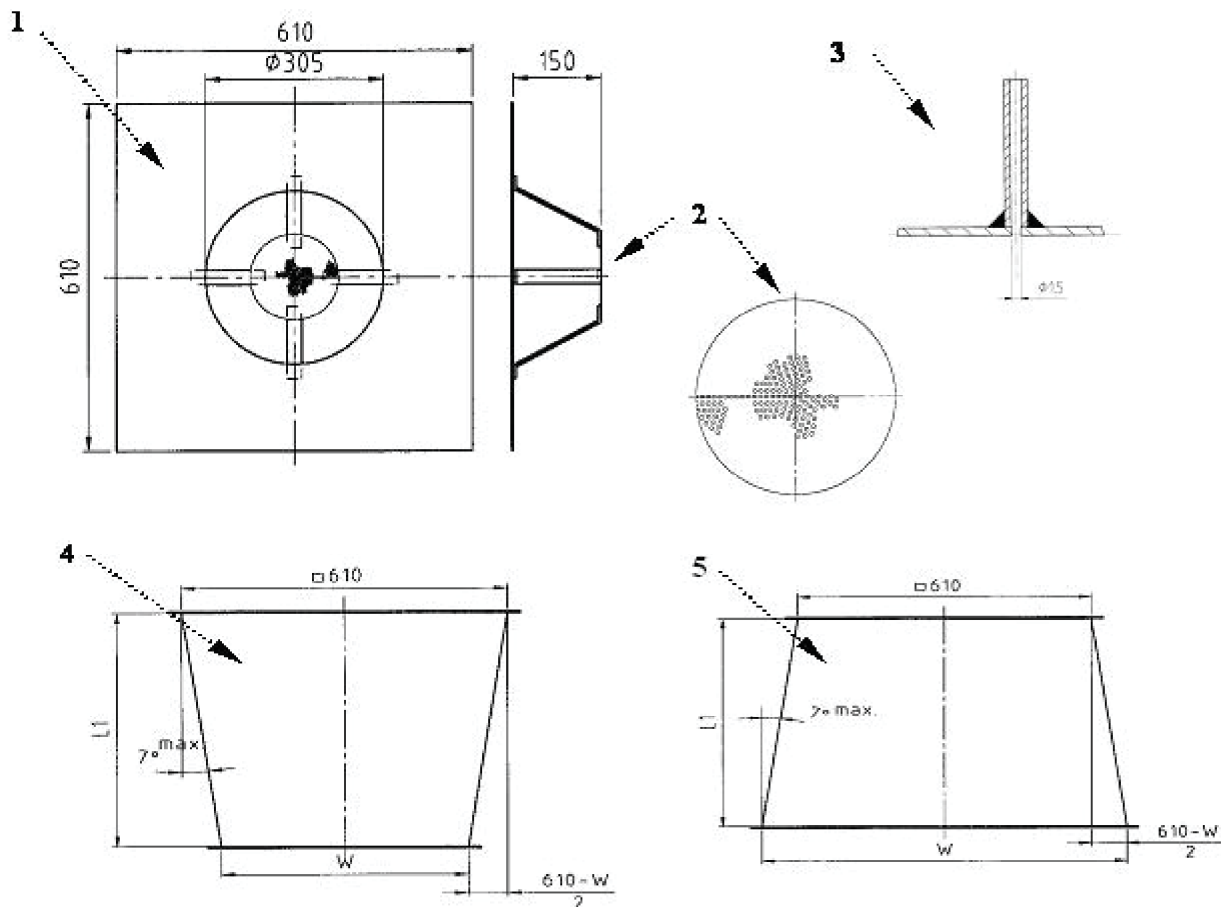


Bild 6 — Beispiele für die Anbringung von Rundfilterpatronen im Prüfkanal



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 7 — Details der Komponenten des Prüfkanals

6.3 Erzeugung des DEHS-Prüfaerosols

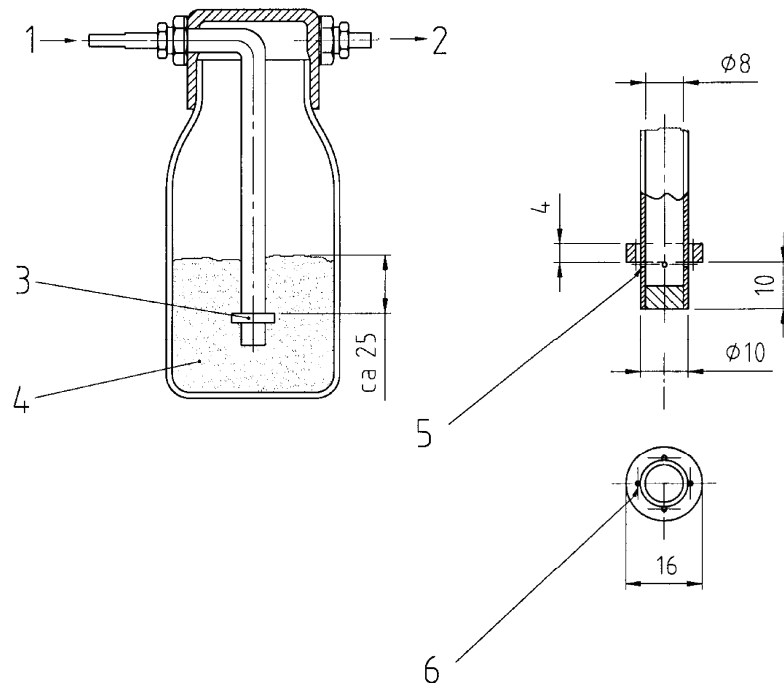
Das Prüfaerosol muss aus unverdünntem DEHS oder einem anderen Aerosol nach Unterabschnitt 8.2 „Prüfaerosol“ bestehen. Ein mit einer Laskin-Düse erzeugtes Prüfaerosol aus DEHS (Diethylhexylsebacat) wird bei der Leistungsprüfung von Schwebstofffiltern weit verbreitet genutzt. Das Aerosol muss quasi ungeladen sein, was bedeutet, dass keine weitere Behandlung des Aerosols zulässig ist (z. B. eine Neutralisation mit radioaktiven Quellen, Erzeugung einer elektrostatischen Ladung usw.).

Bild 8 zeigt ein Beispiel für ein System zur Aerosolerzeugung. Es besteht aus einem kleinen Behälter mit flüssigem DEHS und einer Laskin-Düse. Das Aerosol wird erzeugt, indem partikelfreie 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 in Abhängigkeit vom Prüfvolumenstrom und von der geforderten Aerosolkonzentration einzustellen. Bei einem Prüfvolumenstrom von $0,944 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt der Druck etwa 17 kPa, was einem Luftstrom von etwa $0,39 \text{ dm}^3/\text{s}$ ($1,4 \text{ m}^3/\text{h}$) durch die Düse entspricht.

Jeder andere Aerosolerzeuger, der Tröpfchen im Größenbereich von $0,3\ \mu\text{m}$ bis $3,0\ \mu\text{m}$ in hinreichenden Konzentrationen erzeugt, kann ebenfalls verwendet werden.

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

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Partikelfreie Luft (Druck etwa 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, die gerade eben den Boden des Krans berühren
- 6 Vier Löcher mit $\varnothing 2,0\ \text{mm}$ neben dem Rohr in einer Richtung mit den radial angeordneten Löchern

Bild 8 — DEHS Partikelerzeugungssystem

6.4 Aerosol-Probenahmesystem

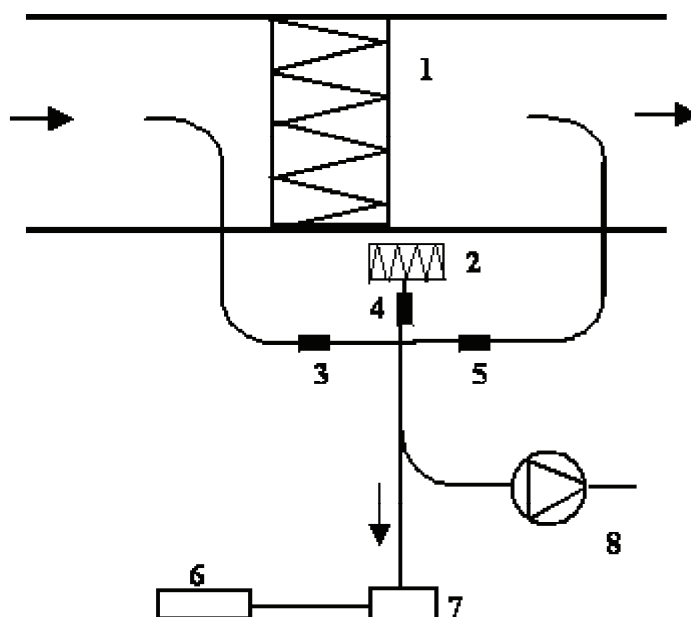
Bild 9 zeigt ein Beispiel für ein Aerosol-Probenahmesystem. Zwei Probenahmeleitungen von gleicher Länge und gleicher Geometrie (Biegungen und gerade Strecken) müssen die anströmseitige und die abströmseitige Entnahmesonde mit dem Partikelzähler verbinden. Die Probenahmeleitungen müssen elektrisch leitend sein oder eine hohe Dielektrizitätskonstante besitzen. Sie müssen eine glatte Innenfläche aufweisen (Stahl, Tygon usw.).

Konische Entnahmesonden werden mittig in den anström- und abströmseitigen Kanalabschnitten angebracht. Dabei müssen die Eintrittsöffnungen in der Richtung zum Einlass des Prüfstands parallel zum Luftstrom mittig angeordnet sein. Die Entnahme muss isokinetisch innerhalb von 10 % bei einem Prüfvolumenstrom von $0,944\ \text{m}^3/\text{s}$ erfolgen. Die Sonden können für alle Prüfvolumenströme (von $0,25\ \text{m}^3/\text{s}$ bis $1,67\ \text{m}^3/\text{s}$) verwendet werden.

Drei Einwegventile geben die Möglichkeit, das Aerosol aus der Anströmseite oder auf der Abströmseite des zu untersuchenden Filters zu entnehmen oder durch ein Schwebstofffilter 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 Volumenstrom (z. B. $0,47 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$) kann der Volumenstrom durch die Pumpe im Zähler oder bei Verwendung eines Partikelzähler mit kleinerem Probevolumenstrom durch eine Hilfspumpe aufrechterhalten werden. Die Probenahmeleitung muss dann mit einer direkt mit dem Partikelzähler verbundenen isokinetischen Entnahmesonde ausgestattet sein, um mit Abweichungen von $\pm 10 \%$ isokinetische Bedingungen zu erhalten.

Zu Partikelverlusten wird es im Prüfkanal, in den Leitungen zur Aerosolbeförderung und im Partikelzähler kommen. Eine Minimierung der Partikelverluste ist anzustreben, weil eine kleinere Zahl gezählter Partikel bedeutet, dass der statistische Fehler größer und damit die Ergebnisse ungenauer werden. Der Einfluss der Partikelverluste auf das Ergebnis ist geringer, wenn die an- und abströmseitigen Probenahmeverluste möglichst gleich gehalten werden.



Legende

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

Bild 9 — Schematische Darstellung des Aerosol Probenahmesystems

6.5 Messung des Volumenstroms

Die Messung des Volumenstroms muss durch genormte oder kalibrierte Volumenstrom-Messgeräte nach EN ISO 5167-1:2003 erfolgen. Beispiele sind Messblenden, Düsen, Venturi-Rohre usw.

Bei einem Vertrauensniveau von 95 % darf die Messunsicherheit 5 % des gemessenen Werts nicht überschreiten.