

DIN EN ISO 29461-1

ICS 29.160.99

**Luftfiltereinlasssysteme von Rotationsmaschinen –
Prüfverfahren –****Teil 1: Statische Filterelemente (ISO 29461-1:2013);
Deutsche Fassung EN ISO 29461-1:2013**

Air intake filter systems for rotary machinery –

Test methods –

Part 1: Static filter elements (ISO 29461-1:2013);

German version EN ISO 29461-1:2013

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

Méthodes d'essai –

Partie 1: Éléments filtrants pour filtres statiques (ISO 29461-1:2013);

Version allemande EN ISO 29461-1:2013

Gesamtumfang 80 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

Nationales Vorwort

Diese Norm beinhaltet die Deutsche Fassung der 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“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN ISO 29461-1:2013.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Arbeitsausschuss NA 060-09-21 AA „SpA CEN/TC 195 und ISO/TC 142“ im Fachbereich „Allgemeine Lufttechnik“ des Normenausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Luftfilter sowie Forschungs- und Prüfinstitute waren an der Erarbeitung beteiligt.

Ab dem Zeitpunkt ihrer Bezeichnung als Harmonisierte Norm im Amtsblatt der Europäischen Union kann der Hersteller bei ihrer Anwendung davon ausgehen, dass er die von der Norm behandelten Anforderungen der Maschinenrichtlinie eingehalten hat (so genannte Vermutungswirkung).

Die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Internationalen Normen sind, sofern diese gleichzeitig als Europäische Normen übernommen worden sind, als DIN EN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Für die zitierten Internationalen Normen und Dokumente, sofern sie nicht als DIN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, gibt es keine nationalen Entsprechungen.

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

— *Teil 1: Statische Filterelemente*

Abreinigbare (Puls-Jet-Filter) und Oberflächenfilter, mechanische Funktionszuverlässigkeit der Filterelemente, Vor-Ort-Prüfung, Filtersysteme für Marine- und Offshore-Umgebungen, und abreinigbare Elemente bilden Gegenstand zukünftiger Normteile.

Diese Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheiten „°F“, „inch“ und „inch WG“, die in Deutschland nicht zugelassen sind. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheiten im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen nicht zulässig ist. Die Angabe dieser Einheiten dient lediglich als Hilfe im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die diese Einheiten anwenden.

Deutsche Fassung

**Luftfiltereinlasssysteme von Rotationsmaschinen —
Prüfverfahren —
Teil 1: Statische Filterelemente (ISO 29461-1:2013)**

Air intake filter systems for rotary machinery —
Test methods —
Part 1: Static filter elements (ISO 29461-1:2013)

Systèmes de filtration d'air d'admission pour machines
tournantes —
Méthodes d'essai —
Partie 1: Éléments filtrants pour filtres statiques
(ISO 29461-1:2013)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 1. März 2013 angenommen.

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

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

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



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
0 Einleitung.....	6
0.1 Filter für Anwendungen in Energieerzeugungsmaschinen/Kompressoren	6
0.2 Filtrationskennwerte.....	7
0.3 Aufbau von ISO 29461	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe und Definitionen	10
3.2 Geschwindigkeit	10
3.3 Wirkungsgrad	10
3.5 Druckverlust (Druckdifferenz)	11
3.6 Filterfläche	11
3.7 Filter	11
3.8 Prüfaerosol	12
3.9 Prüfstaub	13
3.10 Partikelentnahme	13
3.11 Partikelablösung	13
4 Symbole und Abkürzungen	14
5 Allgemeine Anforderungen.....	16
6 Prüfstand und Geräte	16
6.1 Prüfbedingung	16
6.2 Prüfstand	16
6.3 Erzeugung des DEHS-Prüfaerosols	20
6.4 Aerosol-Probenahmesystem	21
6.5 Messung des Volumenstroms.....	22
6.6 Partikelzähler.....	22
6.7 Geräte zur Druckdifferenzmessung	23
6.8 Staubaufgabevorrichtung	23
6.9 Verdünnungseinrichtung	26
6.9.1 Betrieb.....	26
6.9.2 Parameter für die Mindestleistung.....	26
6.9.3 Fehlerquellen und Grenzwerte für die Fehler	26
6.9.4 Wartung und Inspektion.....	26
7 Qualifikationsanforderungen an Prüfstand und Geräte	26
7.1 Allgemeines	26
7.2 Gleichmäßigkeit der Luftgeschwindigkeit im Prüfkanal.....	27
7.3 Gleichmäßigkeit der Aerosolverteilung im Prüfkanal	27
7.4 Klassifizierungsgenauigkeit des Partikelzählers	28
7.5 Prüfung der Nullzählrate des Partikelzählers	29
7.6 Prüfung des Koinzidenzbereichs des Partikelzählers	29
7.7 Prüfung auf 100 % Wirkungsgrad	29
7.8 Prüfung auf 0 % Wirkungsgrad	30
7.9 Reaktionszeit des Aerosolgenerators	30
7.10 Verdünnungsverhältnis.....	30
7.11 Korrelationsverhältnis.....	31
7.12 Überprüfung der Druckdifferenz	31

7.13	Volumenstrom des Staubaufgabegeräts	32
7.14	Überprüfung des Referenzfilters	33
7.15	Zusammenfassung der Qualifikationsanforderungen	34
7.16	Gerätewartung	35
8	Prüfmaterialien	36
8.1	Prüfluft	36
8.2	Prüfaerosol	36
8.2.1	DEHS-Prüfaerosol	36
8.2.2	PAO-Prüfaerosol	36
8.3	Aufgabestaub; synthetischer Prüfstaub	36
8.3.1	Synthetischer ISO-Feinstaub (ISO 12103-A2)	37
8.4	Endfilter	37
9	Prüfungsablauf	37
9.1	Vorbereitung des zu untersuchenden Filters	37
9.2	Anfangsdruckdifferenz	38
9.3	Messung des Anfangswirkungsgrads	38
9.3.1	Prüfung des Partikelwirkungsgrads für Filter mit niedrigem und mittlerem Wirkungsgrad ($\leq 85\%$ bei $0,4\ \mu\text{m}$)	38
9.3.2	Prüfung des Partikelwirkungsgrads für Filter mit hohem Wirkungsgrad ($> 85\%$ bei $0,4\ \mu\text{m}$)	39
9.4	Konditionierungsprüfung	42
9.5	Staubaufgabe	42
9.5.1	Verfahren für Filter mit mittleren und hohen Wirkungsgraden (Anfangswirkungsgrad $\geq 35\%$ bei $0,4\ \mu\text{m}$)	42
9.5.2	Verfahren für Filter mit niedrigem Wirkungsgrad (Anfangswirkungsgrad $< 35\%$ bei $0,4\ \mu\text{m}$)	42
9.5.3	Staubaufgabeverfahren	42
9.5.4	Wirkungsgrad des mit Staub beladenen Filters	44
10	Unsicherheitsberechnung der Prüfergebnisse	44
10.1	Partikelwirkungsgrad — Filter mit mittlerem Wirkungsgrad (Anfangswirkungsgrad: $35\% \leq E \leq 85\%$ bei $0,4\ \mu\text{m}$)	44
10.2	Partikelwirkungsgrad — Filter mit hohem Wirkungsgrad (Anfangswirkungsgrad: $> 85\%$ bei $0,4\ \mu\text{m}$)	45
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	Isopropanoldampf-Prüfung	60
A.2.5	Isopropanolbedampfungs-Verfahren	60
A.3	Darstellung der Ergebnisse	61
Anhang B (informativ) Ablösung von den Filterelementen		62
B.1	Ablösung	62
B.1.1	Wiederablösen von Partikeln	62
B.1.2	Abprallen von Partikeln	63

	Seite
B.1.3 Freisetzung von Fasern oder Partikeln aus dem Filtermedium	63
B.2 Prüfung der Ablöseeffekte	63
Anhang C (informativ) Kommentar	64
C.1 Allgemeines	64
C.2 Prinzip des Prüfverfahrens	64
C.2.1 Grundlage	64
C.2.2 Größenbereich	65
C.2.3 Prüfaerosol	65
C.2.4 Aufgabestaub	65
C.2.5 Konditionierungsprüfung	66
C.3 Auswertung der Prüfergebnisse	66
C.4 Prüfung ebener Filtermedien (im Prüfkanal)	67
Anhang D (normativ) Berechnung der Druckdifferenz	69
Anhang E (normativ) Berechnung der freien Filterfläche	71
E.1 Taschenfilter	71
E.2 Plissierte Filter	73
E.3 Filterpatronen	76
E.4 Sonstige Bauformen	77
Literaturhinweise	78

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 29461-1:2013) 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.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2013, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2013 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können, ohne dass diese vorstehend identifiziert wurden. CEN und/oder CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 29461-1:2013 wurde vom CEN als EN ISO 29461-1:2013 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

0 Einleitung

0.1 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 ISO 29461 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 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 ISO 29461 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, kann der reale Partikelwirkungsgrad eines solchen Filters nicht vorhergesagt werden, da die Staubbeladung des Filters eine wichtige Rolle spielt. ISO 29461-2 wird sich mit der Leistung von abreinigbaren Filtern und Oberflächenfiltern befassen.

0.2 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 und relativ schnell durchführbar 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 ($0,4\text{ }\mu\text{m}$), 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 $1,0\text{ }\mu\text{m}$. Wenn die Aerosole jedoch überwiegend größere Partikel enthalten, können Filter mit geringen Wirkungsgraden für Partikel im Submikrometerbereich in späteren Filterphasen einen Schutz bieten, und bei einer Partikelgröße von $0,5\text{ }\mu\text{m}$ 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 Speicherkapazität und zum gravimetrischen Wirkungsgrad der Filter gewonnen werden. Für Lufteinlassfiltersysteme von Rotationsmaschinen wird im Allgemeinen empfohlen, dass der Gesamtfiltrationsgrad bei Partikelgrößen von $0,4\text{ }\mu\text{m}$ mindestens 35% betragen sollte, sofern die Aerosolbeladung der Filter nicht zu einer merklichen Erhöhung des Wirkungsgrads während des Betriebs beiträgt.

0.3 Aufbau von ISO 29461

Die Verfahren und Abläufe zur Ermittlung des Partikelwirkungsgrades, des Druckverlustes und die dazugehörigen Prüfberichte sind für alle Arten von statischen Filtern identisch.

Die Prüfverfahren zur Ermittlung des Partikelwirkungsgrades, des Druckverlustes und die berichteten Werte sind für alle Filter identisch, ausgenommen die Beladungscharakteristik und Reinigungsverfahren, welche sich von denen abreinigbarer Beladungsfilter unterscheiden. Diese Filter beinhalten Abreinigungsvorgänge und haben abweichende Beladungscharakteristiken, weswegen sie entsprechend abgewandelten Prüfverfahren bedürfen, die in Teil 2 definiert sind.

Teil 3 wird Verfahren zur Ermittlung der mechanischen Integrität der Filterelemente unter Konditionen zur Verfügung stellen, die unter abnormalen Betriebsumgebungen vorkommen.

Teil 4 wird Verfahren zur Prüfung von installierten Filtern unter Betriebsbedingungen (in-situ testing) beschreiben.

Teil 5 wird Prüfverfahren für die spezifische Bedingungen von Marine- und Offshore-Anwendungen, und besondere Verfahren zur Ermittlung der Rückhalteeffizienz von Meersalz für individuelle Filter und/oder gesamten Filtersystemen beinhalten.

Teil 6 wird Verfahren für abreinigbare Filterelemente umfassen, nicht jedoch die in Teil 2 beschriebene Systemprüfung.

Dieser Teil von ISO 29461 beschreibt das Prüfverfahren für statische Filtereinheiten, typischerweise von Tiefenfiltern (siehe Definition 3.43 und 3.44). Alle Filter können in derselben Art und Weise getestet werden, wobei vergleichbare Resultate erhalten werden. Hingegen bei Oberflächenfiltern, rückabreinigbaren Filtern, Marine- und Offshore-Filtersystemen, sowie auch anderen Filtersystemen, welche nicht zu den statischen Filtereinheiten gezählt werden, müssen die entsprechenden Normteile angewandt werden.

Im Fall von mehrstufigen Filtersystemen, in denen eine Reihe von Komponenten zur Anwendung kommen (z. B. Einrichtungen zur Abreinigung von Filtern) kann dieser Teil von ISO 29461 solange Anwendung finden, wie die Qualifizierungsanforderungen des Prüfstandes erfüllt werden können. In Fällen, in denen dies unmöglich ist, können die im Teil 4 (*in-situ testing*) beschriebenen Verfahren angewendet werden.

1 Anwendungsbereich

In ISO 29461 werden Prüfverfahren für die Ermittlung der Leistung von Partikelluftfiltern und -filtereinlasssysteme festgelegt, die Rotationsmaschinen, z. B. stationäre Gasturbinen, Kompressoren und andere stationäre Verbrennungskraftmaschinen. Die Norm gilt für Luftfilter mit einem Anfangswirkungsgrad bis 99,9 % bei Partikelgrößen von 0,4 µm. Filter mit höheren Wirkungsgraden werden nach anderen Normen (z. B. EN 1822) geprüft und klassifiziert. Diese Verfahren sind vorgesehen für Filter, die bei Volumenströmen im Bereich von 0,25 m³/s (900 m³/h) bis zu 1,67 m³/s (6000 m³/h) betrieben werden.

Der vorliegende Teil der ISO 29461 bezieht sich auf statische Filtersysteme (Sperrfilter), kann aber, wenn zutreffend, unter bestimmten Umständen auch auf andere Filterarten und -systeme angewendet werden.

In diesem Normteil der ISO 29461 werden zwei Verfahren zur Bestimmung des Wirkungsgrades angewendet:

- Messung des Partikelwirkungsgrads (unter Bezug auf Partikelanzahl und -größe);
- Messung des gravimetrischen Wirkungs- oder Abscheidegrads (gewichteter Massenanteil des abgeschiedenen Beladungsstaubes).

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 diesem Teil der ISO 29461 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 beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

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

ISO 5167 (all parts), *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full*

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

ISO 14644-3:2005, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 3: Test methods*

ISO 21501-1, *Determination of particle size distribution — Single particle light interaction methods — Part 1: Light scattering aerosol spectrometer*

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

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

IEST – RP – CC0014, *Calibration and Characterization of optical Airborne Particle Counters*

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

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

3 Begriffe und Definitionen

3.1

Prüfvolumenstrom

Volumendurchsatz des Luftstroms der für die Prüfung verwendet wird

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.106]

3.2 Geschwindigkeit

3.2.1

Filteranströmgeschwindigkeit

Quotient aus Volumenstrom und Filteranströmfläche

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.84]

3.2.2

Filtermediumgeschwindigkeit

Quotient aus Volumenstrom und freier Filterfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Ausgedrückt mit einer Genauigkeit von drei signifikanten Stellen.

3.3 Wirkungsgrad

3.3.1

Partikelwirkungsgrad

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

3.3.2

Anfangswirkungsgrad

Wirkungsgrad des unbestaubten Filters bei Betrieb mit dem Prüfvolumenstrom

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein unbestaubtes Filter ist ein Filter, das vor Prüfung des Wirkungsgrads weder einem Prüfaerosol noch einer anderen Substanz ausgesetzt wurde.

3.3.3

Mindest-Wirkungsgrad

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

3.3.4

„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

3.3.5

gravimetrischer Wirkungsgrad

A_{50}

gravimetrische Bestimmung der Abscheidung nach Aufgabe von 50 g synthetischem Prüfstaub

3.3.6

mittlerer gravimetrischer Wirkungsgrad

A_{avg}

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

3.3.7

Staubbelastungswirkungsgrad

Wirkungsgrad des Filters nach Staubaufgabe

Wirkungsgrad eines Filters beim Prüfvolumenstrom und nach Staubaufgaben bis zur Enddruckdifferenz

3.4

Durchlassgrad

Penetration

Quotient aus der abströmseitigen und der anströmseitigen Partikelkonzentration am Filter

3.5 Druckverlust (Druckdifferenz)

3.5.1

Anfangsdruckdifferenz

Druckdifferenz des unbestaubten Filters bei Betrieb mit dem Prüfvolumenstrom

3.5.2

Enddruckdifferenz

Druckdifferenz des Filters, bis zu der die Filtrationsleistung gemessen wird

3.5.3

Enddruckdifferenz — empfohlene

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

3.6 Filterfläche

3.6.1

Filteranströmfläche

Fläche der Stirnseite des Filters einschließlich des Filterrahmens

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.83]

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Nennwerte 0,610 m × 0,610 m (24 inch × 24 inch).

3.6.2

freie Filtermediumfläche

die Fläche des im Filter vorhandenen Filtermediums, die Staub aufnimmt

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.79]

3.7 Filter

3.7.1

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

3.7.2

Puls-Jet-Filter

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

3.7.3

Oberflächenfilter

Filter das Verunreinigungen an der Vorderfläche eines Filtermediums abgefangen werden

3.7.4

Tiefenfilter

Filter, durch welche Partikel ins Filtermedium durchgelassen werden und an der Faser in der Tiefe des Filtermediums festgehalten werden

3.7.5

Filter mit niedrigem Wirkungsgrad

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

3.7.6

Filter mit mittlerem Wirkungsgrad

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

3.7.7

Filter mit hohem Wirkungsgrad

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

3.7.8

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, en: most penetrating particle size)

3.7.9

Endfilter

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

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.86]

3.7.10

geladenes Filter

Filter, dessen Filtermedium elektrostatisch geladen oder polarisiert ist

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.75]

3.7.11

unbehandeltes Filter

nicht konditioniertes Filter

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

3.8 Prüfaerosol

3.8.1

Prüfaerosol

Aerosol, das zur Bestimmung des Wirkungsgrads des Filters verwendet wird

3.8.2

Partikelgröße

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

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.126]

3.8.3

mittlerer Durchmesser

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

3.8.4

Partikelzahlkonzentration

Anzahl der Partikel je Volumeneinheit der Prüfluft

3.8.5

Neutralisierung

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

3.9 Prüfstaub

3.9.1

Aufgabestaub

synthetischer Prüfstaub

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

3.9.2

Prüfstaubspeicherfähigkeit

Aufgabestaubspeicherfähigkeit

TDC

(en: test dust capacity)

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

3.10 Partikelentnahme

3.10.1

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

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.144]

3.10.2

Zählrate

Zahl der Zählereignisse je Zeiteinheit

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.41]

3.10.3

Korrelationsverhältnis

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

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.26]

3.11 Partikelablösung

3.11.1

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

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.150]

3.11.2

Partikelabprallen

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

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.121]

3.11.3

Wiederablösung

Freisetzung von zuvor am Filter abgeschiedenen Partikeln in den Luftstrom

[QUELLE: ISO 29464:2011; 3.1.142]

4 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
$C_{mean,i}$	Mittelwert der Messpunkte für einen Größenbereich i
CL_E	Untere Vertrauensgrenze für den Wirkungsgrad (Vertrauensniveau 95 %)
$\overline{CL_E}$	Mittelwert für die untere Vertrauensgrenze des Wirkungsgrads (für ein Vertrauensniveau von 95 %). Mittelwert aus wiederholten Messungen für die Berechnung des Wirkungsgrads
CL_{Nd}	Obere Vertrauensgrenze (95 %) für die Partikelanzahl auf der Abströmseite des Filters
CL_{Nu}	Untere Vertrauensgrenze (95 %) für die Partikelanzahl auf der Anströmseite des Filters
d_i	Geometrischer Mittelwert des Durchmessers für einen Größenbereich, μm
d_l	Untere Durchmessergrænze für einen Größenbereich, μm
d_u	Obere Durchmessergrænze für einen Größenbereich, μm
DR	Verdünnungsverhältnis, wenn ein Verdünner verwendet wird
$\overline{E_i}$	Mittlerer Wirkungsgrad für einen Größenbereich i
m	Masse, die das Filter passiert, g
m_d	Masse des Staubs hinter dem zu prüfenden Filter, 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_{tot}	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	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
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)
$t_{(1-\alpha/2)}$	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 (E_0) einer (mehrerer) Filtermediumprobe nach Annex A
OPC	Optischer Partikelzähler
DEHS	Flüssig, (DiEthylHexylSebacate) verwendet zur Erzeugung von DEHS Prüfaerosol
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

5 Allgemeine Anforderungen

Statische Filtersysteme wenden zum Schutz von Rotationsmaschinen im Allgemeinen mehrere Stufen von Filterelementen an, die Grobstaub und Feinstaub festhalten. Der Geltungsbereich dieses Teils der ISO 29461 beinhaltet Verfahren zur Leistungsprüfung individueller Filterelemente. Nicht enthalten sind Verfahren für die direkte Messung der Leistung von gesamten Systemen, wie sie im Betrieb installiert sind, ausgenommen die Fälle, in denen die Qualifikationskriterien für den Prüfaufbau erfüllt sind.

6 Prüfstand und Geräte

6.1 Prüfbedingung

Als Prüfluftquelle darf Raumluft oder Außenluft verwendet werden. Die relative Luftfeuchte muss während der Prüfungen zwischen 30 % und 70 % 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 inch × 24 inch) 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 inch) und 622 mm (24,50 inch). 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 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.

Endständige Filter zur Ermittlung des gravimetrischen Wirkungsgrades müssen auf der Anströmseite des Prüflings vor der Messdüse angeordnet sein.

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 Staubbeladung 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.

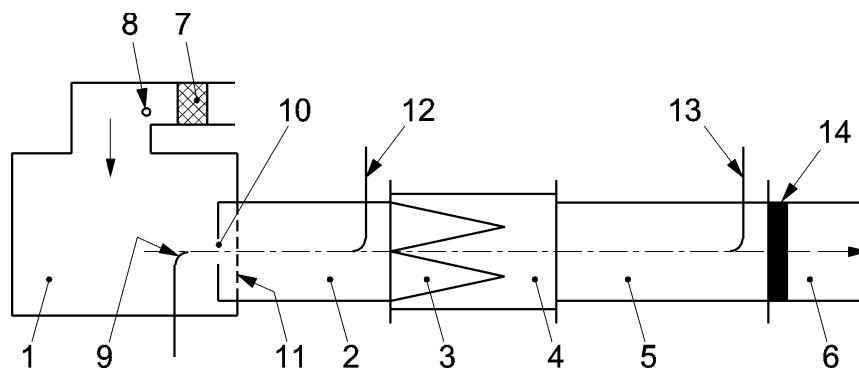
Der Prüfstand kann mit Unterdruck oder mit Überdruck des Luftstroms betrieben werden. Bei Betrieb mit Überdruck (d. h. mit dem Ventilator auf der Anströmseite des Prüfstands) könnten Prüfaerosol und auf-gegebener Prüfstaub durch Leckagen in den Prüfraum gelangen, während bei Unterdruck Partikel durch 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.

ANMERKUNG 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
- 14 Entständiges Filter, gravimetrischer Wirkungsgrad

Bild 1 — Schematische Darstellung des Prüfstands

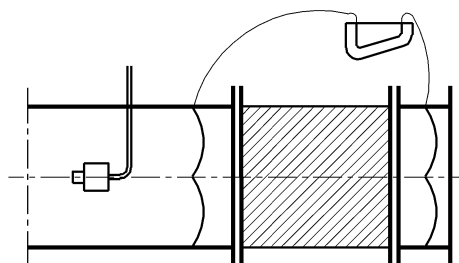


**Bild 2 — Kanalabschnitt einschließlich des zu untersuchenden Filters.
Druckentnahmestellen, Filter (4)**

Maße in Millimeter

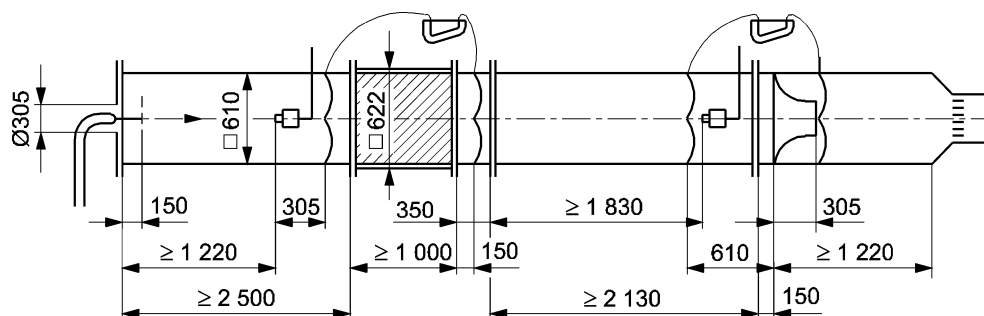
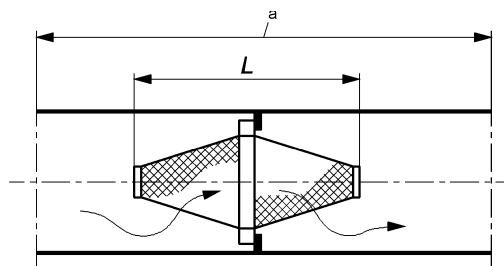
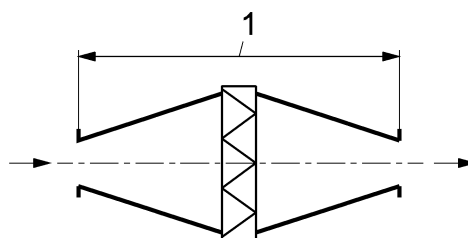


Bild 3 — Maße des Prüfstands



a > 1 000 mm und/oder $1,1 \times L$

Bild 4 — Kanalabschnitt des zu untersuchenden Filters. Filterabschnitt und Filterlänge (L)



Legende

1 Filterabschnitt

Bild 5 — Beispiel für einen Filterabschnitt mit Übergangsstück für Sonderbauformen

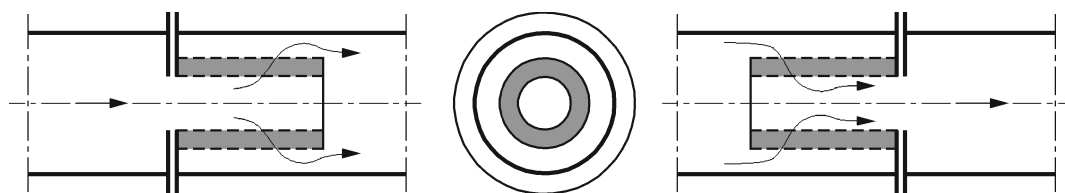
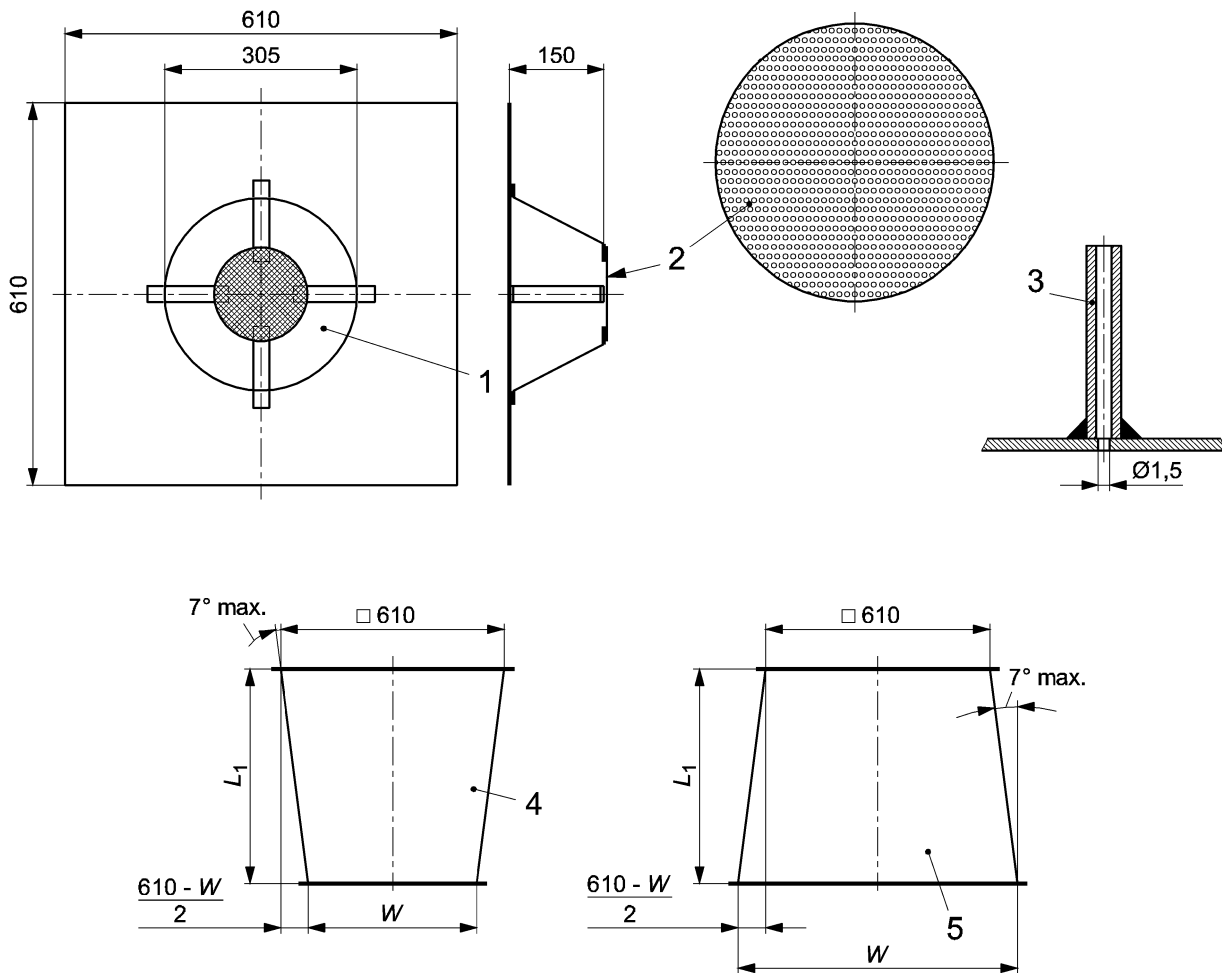


Bild 6 — Beispiele für die Anbringung von Rundfilterpatronen im Prüfkanal



Legende

- 1 Mischöffnung
- 2 Lochplatte mit 152 mm $\pm$ 2 mm Durchmesser 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

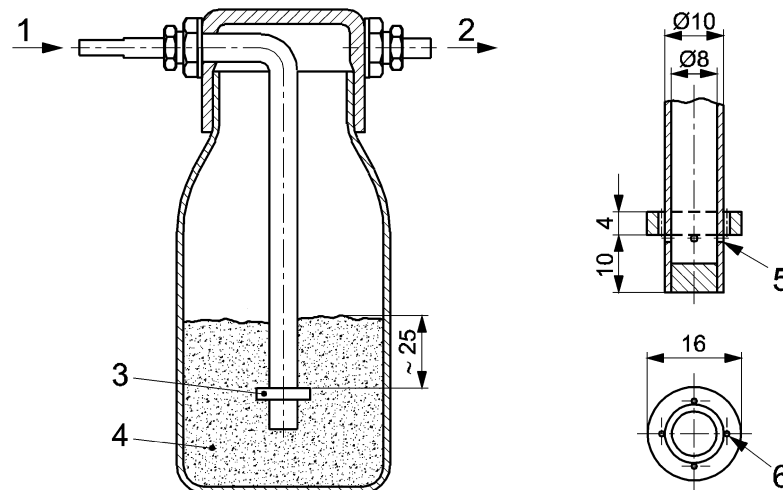
Das Prüfaerosol muss aus unverdünntem DEHS oder einem anderen Aerosol nach 8.2 „Prüfaerosol“ bestehen. Ein mit einer Laskin-Düse erzeugtes Prüfaerosol aus DEHS (DiEthylHexylSebacate) wird bei der Leistungsprüfung von Schwebstofffiltern weit verbreitet genutzt. Das Aerosol muss quasi ungeladen sein, was 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 m³/s beträgt der Druck etwa 17 kPa, was einem Luftstrom von etwa 0,39 dm³/s (1,4 m³/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 1,0 mm Durchmesser, 90° versetzte Oberkante der Löcher, die gerade eben den Boden des Kragens berühren
- 6 Vier Löcher mit 2,0 mm Durchmesser 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, Tygon¹⁾ usw.).

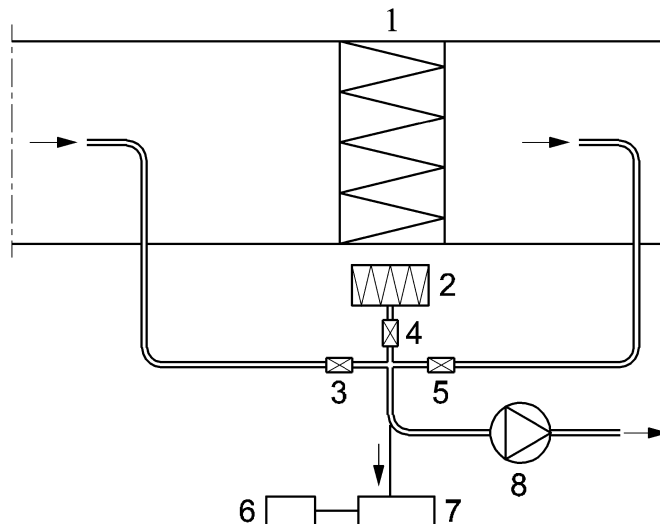
Die Entnahmesonden müssen über einem scharfen, zur Außenseite hin konischen Durchmesser verfügen. Die Entnahmesonden werden mittig in den anström- und abströmseitigen Kanalabschnitten angebracht. Dabei müssen die Eintrittsöffnungen in der Richtung zum Einlass des Prüfstands parallel zum Luftstrom mittig 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.

¹⁾ Tygon ist ein Beispiel aus der Familie geeigneter und kommerziell erhältlicher Produkte. Diese Information wird den Anwendern dieser Norm zur Erleichterung und stellt keine Unterstützung dieses Produktes durch ISO dar.

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 Leitung von den Ventilen zur Pumpe 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 erfolgen. Beispiele sind Messblenden, Düsen, Venturi-Rohre usw.

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

6.6 Partikelzähler

ANMERKUNG Beachten sie ISO 21501-4 in Referenz für diesen Abschnitt.

Das beschriebene Verfahren erfordert die Verwendung eines optischen Partikelzählers (OPC) für einen Partikelgrößenbereich von mindestens $0,3 \mu\text{m}$ bis $3 \mu\text{m}$. Der Zählwirkungsgrad des OPC muss $50 \% \pm 20 \%$ für Kalibrier-Partikel mit einer Größe in der Nähe der kleinsten nachweisbaren Größe sein, und der Zählwirkungsgrad muss $100 \% \pm 10 \%$ für Kalibrier-Partikel betragen, die 1,5- bis 2-fach größer sind als die kleinste nachweisbare Partikelgröße. Der Größenbereich muss in mindestens fünf Größengruppen unterteilt sein, deren Intervallgrenzen auf einer logarithmischen Skala ungefähr gleiche Abstände haben sollten.