

DIN EN ISO 16890-2



ICS 91.140.30

Entwurf

Einsprüche bis 2020-09-30
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 16890-2:2017-08

**Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik
Teil 2: Ermittlung des Fraktionsabscheidegrades und des
Durchflusswiderstandes (ISO/DIS 16890-2:2020);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16890-2:2020**

Air filters for general ventilation

Part 2: Measurement of fractional efficiency and air flow resistance (ISO/DIS 16890-2:2020);
German and English version prEN ISO 16890-2:2020

Filtres à air de ventilation générale

Partie 2: Mesurage de l'efficacité spectrale et de la résistance à l'écoulement de l'air
(ISO/DIS 16890-2:2020);

Version allemande et anglaise prEN ISO 16890-2:2020)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-07-31 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-
Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
sofern dort wiedergegeben;

oder als Datei per E-Mail an nam@vdma.org möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann
im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-
Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;

- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main,
Postfach 71 08 64 oder 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 145 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

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

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

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 5167-1	siehe	DIN EN ISO 5167-1
ISO 16890-1:2016	siehe	DIN EN ISO 16890-1:2017-08
ISO 16890-3:2016	siehe	DIN EN ISO 16890-3:2017-08
ISO 16890-4:2016	siehe	DIN EN ISO 16890-4:2017-08
ISO 29463	siehe	DIN EN ISO 29463
ISO 29464:2017	siehe	E DIN EN ISO 29464:2019-06

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 16890-2:2017-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Definition des Zählers für lichtstreuende luftgetragene Partikel (LSAPC) wird in Abschnitt 3 hinzugefügt;
- b) in 6.3.3 wird ein Satz hinzugefügt, um besser klarzustellen, dass Prüfgeräte mit einer Mediengeschwindigkeit über 20 cm/s (39,4 ft/min) mit Festphasenaerosol geprüft werden müssen;
- c) in Bild 3 wird der fälschlicherweise als 350 mm angegebene Abstand zwischen Druckabfall-Hähnen und Prüfeinrichtung (7-8) in "≥350 mm" geändert;
- d) in 7.1.6 und in 8.3.3.4 wird ein Satz hinzugefügt, der angibt, dass die D/S-Mischblende während der Messung des Widerstandes gegen den Luftstrom nicht installiert werden darf;
- e) Aerosolpartikelzähler (APC) und Lichtstreuungs-Aerosolpartikelzähler (LSAPC) wurden in 7.2.1 als gängige Beispiele für Aerosolpartikelzähler hinzugefügt;
- f) in 7.2.5 wird der falsche Verweis auf ISO 21501-4 in ISO 21501-1 korrigiert;
- g) in 10.3.2 wird "Korrelation" in "Effizienz" geändert, um mit dem Titel des Unterabschnitts konsistent zu sein;
- h) in 11.2.3 unter 6)- iv) wird das Wort "Zusatzstoff" in "Klebstoff" geändert, um mit der Vorlage in Bild 11 übereinzustimmen;
- i) das Beispiel des Prüfberichts in Bild A.1 wird aktualisiert, um mit der Berichtsvorlage von Bild 11 übereinzustimmen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN ISO 16890-1:2017-08, *Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik — Teil 1: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem, basierend auf dem Feinstaubabscheidegrad (ePM) (ISO 16890-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 16890-1:2016*

DIN EN ISO 16890-3:2017-08, *Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik — Teil 3: Ermittlung des gravimetrischen Wirkungsgrades sowie des Durchflusswiderstandes im Vergleich zu der aufgenommenen Masse von Prüfstaub (ISO 16890-3:2016); Deutsche Fassung EN ISO 16890-3:2016*

DIN EN ISO 16890-4:2017-08, *Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik — Teil 4: Konditionierungsverfahren für die Ermittlung des Fraktionsabscheidegradminimums (ISO 16890-4:2016) ; Deutsche Fassung EN ISO 16890-4:2016*

E DIN EN ISO 16890-4:2020-04, *Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik — Teil 4: Konditionierungsverfahren für die Ermittlung des Fraktionsabscheidegradminimums (ISO/DIS 16890-4:2020); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16890-4:2020*

DIN EN ISO 29463, *Schwebstofffilter und Filtermedien zur Abscheidung von Partikeln aus der Luft — Teil 2: Aerosolerzeugung, Messgeräte und Partikelzählstatistik*

E DIN EN ISO 29464:2019-06, *Reinigung von Luft und anderen Gasen — Terminologie (ISO 29464:2017); Deutsche Fassung EN ISO 29464:2019*

— Leerseite —

Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik — Teil 2: Ermittlung des Fraktionsabscheidegrades und des Durchflusswiderstandes (ISO/DIS 16890-2:2020)

Filtres à air de ventilation générale — Partie 2 : Mesurage de l'efficacité spectrale et de la résistance à l'écoulement de l'air (ISO/DIS 16890-2:2020)

Air filters for general ventilation — Part 2: Measurement of fractional efficiency and air flow resistance (ISO/DIS 16890-2:2020)

ICS:

Deskriptoren:

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

STD Version 2.10b

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	11
4 Symbole und Abkürzungen	14
4.1 Symbole	14
4.2 Abkürzungen	16
5 Allgemeine Prüfanforderungen	16
5.1 Anforderungen an die Probe	16
5.2 Einbau der Probe	17
5.3 Anforderungen an den Prüfstand	17
6 Prüfmaterialien	17
6.1 Gasförmiges Aerosol	17
6.1.1 Prüfaerosol DEHS	17
6.1.2 DEHS/DES/DOS – Formel:	17
6.1.3 DEHS-Eigenschaften:	17
6.1.4 Erzeugung von gasförmigem Aerosol	18
6.2 Festes Aerosol	19
6.2.1 Prüfaerosol Kaliumchlorid (KCl)	19
6.2.2 KCl-Formel	19
6.2.3 KCl-Eigenschaften	19
6.2.4 Erzeugung von festem Aerosol	19
6.3 Referenzaerosole	21
6.3.1 Referenzaerosol für 0,3 µm bis 1,0 µm	21
6.3.2 Referenzaerosol für 1,0 µm bis 10,0 µm	21
6.3.3 Andere Referenzaerosole	21
6.3.4 Übereinstimmungskriterien	21
6.4 Aerosolbeladung	21
7 Prüfmittel	21
7.1 Prüfstand	21
7.1.1 Abmessungen	21
7.1.2 Prüfstandmaterial	22
7.1.3 Form des Prüfstands	22
7.1.4 Luftversorgung des Prüfstands	23
7.1.5 Isolation des Prüfstands	23
7.1.6 Abströmseitige Mischblende	23
7.1.7 Aerosol-Probenahme	24
7.1.8 Messung des Volumenstroms im Prüfstand	26
7.1.9 Messung des Strömungswiderstands	26
7.1.10 Proben mit von 610 mm × 610 mm (24,0 inch × 24,0 inch) abweichenden Abmessungen	27
7.1.11 Prüfen mit Aufgabestaub	27
7.2 Aerosolpartikelzähler	28

7.2.1	Allgemeines	28
7.2.2	Größenbereich der OPC-Probenahme	28
7.2.3	OPC-Partikelgrößenbereiche	28
7.2.4	Größenauflösung	29
7.2.5	Kalibrierung	29
7.2.6	Volumenstrom	29
7.2.7	Nullzählung	29
7.2.8	Duale Partikelzähler	30
7.3	Temperatur, relative Luftfeuchte	30
8	Qualifikation des Prüfstands und der Prüfvorrichtung	30
8.1	Anforderungen an Qualifikationsprüfungen	30
8.1.1	Allgemeines	30
8.1.2	Qualifikationsprüfung	30
8.1.3	Dokumentierung der Qualifikation	30
8.2	Qualifikationsprüfung	32
8.2.1	Prüfstand — Drucksystemprüfung	32
8.2.2	OPC — Volumenstrom-Stabilitätsprüfung	32
8.2.3	OPC — Nullprüfung	33
8.2.4	OPC — Genauigkeit der Größenbestimmung	33
8.2.5	OPC — Überlastungsprüfung	34
8.2.6	Aerosolgenerator — Antwortzeit	34
8.2.7	Aerosolgenerator — Neutralisierer	35
8.2.8	Prüfstand — Prüfung auf Luftundichtigkeiten	36
8.2.9	Prüfstand — Gleichmäßigkeit der Luftgeschwindigkeit	37
8.2.10	Prüfstand — Aerosolgeichmäßigkeit	38
8.2.11	Prüfstand — abströmseitige Mischung	39
8.2.12	Prüfstand — Druck im leeren Probenabschnitt	41
8.2.13	Prüfstand — Prüfung auf 100 % Abscheidegrad und Spülzeit	41
8.2.14	Prüfstand — Korrelationsverhältnis	41
8.3	Instandhaltung	42
8.3.1	Allgemeines	42
8.3.2	Prüfstand — Hintergrundzählungen	43
8.3.3	Prüfstand — Referenzfilterprüfung	43
8.3.4	Prüfstand — Druckreferenzprüfung	44
8.3.5	Prüfstand — Endfilterwiderstand	45
9	Prüfverfahren	45
9.1	Volumenstrom	45
9.2	Ermittlung des Strömungswiderstands	45
9.3	Ermittlung des Fraktionsabscheidegrads	45
9.3.1	Protokoll für die Aerosolprobenahme	45
9.3.2	Hintergrundprobenahme	45
9.3.3	Prüffolge für einen einzelnen OPC	46
9.3.4	Prüffolge für Prüfungen mit dualen OPCs	49
10	Datenreduzierung und Berechnungen	51
10.1	Korrelationsverhältnis	51
10.1.1	Allgemeines Korrelationsverhältnisses	51
10.1.2	Datenreduzierung des Korrelationsverhältnisses	52
10.2	Durchlassgrad und Fraktionsabscheidegrad	54
10.2.1	Allgemeiner Durchlassgrad und Fraktionsabscheidegrad	54
10.2.2	Datenreduzierung des Durchlassgrads	54
10.3	Datenqualitätsanforderungen	56
10.3.1	Korrelationshintergrundzählungen	56
10.3.2	Abscheidegradhintergrundzählungen	57
10.3.3	Korrelationsverhältnis	57

10.3.4	Durchlassgrad.....	58
10.4	Ermittlung des Fraktionsabscheidegrads	59
11	Prüfberichte.....	59
11.1	Allgemeines	59
11.2	Erforderliche Inhalte.....	59
11.2.1	Allgemeiner Bericht.....	59
11.2.2	Angabe von Werten.....	59
11.2.3	Berichtzusammenfassung	60
11.2.4	Detailangaben	61
Anhang A (informativ)	Beispiel.....	64
Anhang B (informativ)	Ermittlung des Strömungswiderstands	72
Literaturhinweise.....		74

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 16890-2:2020) 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 von UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 16890-2:2020 wurde von CEN als prEN ISO 16890-2:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 142, *Cleaning equipment for air and other gases* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 16890-2:2016), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Definition des Zählers für lichtstreuende luftgetragene Partikel (LSAPC) wird in Abschnitt 3 hinzugefügt;
- in 6.3.3 wird ein Satz hinzugefügt, um besser klarzustellen, dass Prüfgeräte mit einer Mediengeschwindigkeit über 20 cm/s (39,4 ft/min) mit Festphasenaerosol geprüft werden müssen;
- in Bild 3 wird der fälschlicherweise als 350 mm angegebene Abstand zwischen Druckabfall-Hähnen und Prüfeinrichtung (7-8) in "> 350 mm" geändert;
- in 7.1.6 und in 8.3.3.4 wird ein Satz hinzugefügt, der angibt, dass die D/S-Mischblende während der Messung des Widerstandes gegen den Luftstrom nicht installiert werden darf;
- Aerosolpartikelzähler (APC) und Lichtstreuungs-Aerosolpartikelzähler (LSAPC) wurden in 7.2.1 als gängige Beispiele für Aerosolpartikelzähler hinzugefügt;
- in 7.2.5 wird der falsche Verweis auf ISO 21501-4 in ISO 21501-1 korrigiert;

- in 10.3.2 wird "Korrelation" in "Effizienz" geändert, um mit dem Titel des Unterabschnitts konsistent zu sein;
- in 11.2.3 unter 6)- iv) wird das Wort "Zusatzstoff" in "Klebstoff" geändert, um mit der Vorlage in Bild 11 übereinzustimmen;
- das Beispiel des Prüfberichts in Bild A.1 wird aktualisiert, um mit der Berichtsvorlage von Bild 11 übereinzustimmen.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 16890 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Die Auswirkungen von Feinstaub (PM) auf die menschliche Gesundheit wurden in den vergangenen Jahrzehnten intensiv erforscht. Die Erkenntnis ist, dass Feinstaub die Gesundheit ernsthaft gefährdet und zu Atemwegs- sowie Herz-Kreislauf-Erkrankungen beiträgt oder sie sogar auslösen kann. Entsprechend dem Partikelgrößenbereich können Partikel verschiedenen Klassen zugeordnet werden. Die wichtigsten sind PM₁₀, PM_{2,5} und PM₁. Die U.S. Environmental Protection Agency (EPA), die World Health Organization (WHO, de: Weltgesundheitsorganisation) und die Europäische Union definieren PM₁₀ als den Feinstaub, der einen grössenselektiven Abscheider passiert, welcher Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm zu 50 % abscheidet. PM_{2,5} und PM₁ werden ähnlich definiert. Diese Definition ist nicht präzise, wenn es keine weitere Definition des Probenahmeverfahrens und des Probeneinflusses mit einer klar definierten Abscheidekurve gibt. Das in Europa verwendete Referenzverfahren zur Probenahme und Messung von PM₁₀ wird in EN 12341 beschrieben. Das Messverfahren basiert auf der Sammlung der PM₁₀-Partikelfraktion aus der Umgebungsluft in einem Filter und der gravimetrischen Massenbestimmung (siehe Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999).

Da die genaue Definition von PM₁₀, PM_{2,5} und PM₁ sehr komplex und nicht einfach zu ermitteln ist, verwenden Behörden, wie z. B. die U.S.-amerikanische EPA oder das deutsche Umweltbundesamt, in ihren Publikationen zunehmend die einfachere Bestimmung von PM₁₀ als die Partikelgrößenfraktion kleiner oder gleich 10 µm. Da diese Abweichung von der oben genannten komplexen „offiziellen“ Definition keine signifikante Auswirkung auf den Partikelabscheidegrad eines Filters hat, wird diese vereinfachte Definition von PM₁₀, PM_{2,5} und PM₁ in der Normenreihe ISO 16890 angewandt.

Unter Feinstaub ist im Kontext der Normenreihe ISO 16890 eine Größenfraktion der in der Umgebungsluft enthaltenen natürlichen Aerosole (flüssige und feste Partikel) zu verstehen. Das Zeichen ePM_x beschreibt den Abscheidegrad eines Luftreinigers hinsichtlich Partikeln mit einem optischen Durchmesser zwischen 0,3 µm und x µm. Die folgenden Partikelgrößenbereiche werden in der Normenreihe ISO 16890 für die aufgeführten Abscheidegradwerte verwendet.

Tabelle 1 — Durchmesserbereiche optischer Partikel zur Definition des Abscheidegrades, ePM_x

Abscheidegrad	Größenbereich, µm
ePM_{10}	$0,3 \leq x \leq 10$
$ePM_{2,5}$	$0,3 \leq x \leq 2,5$
ePM_1	$0,3 \leq x \leq 1$

Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik werden häufig für Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage in Gebäuden verwendet. Bei dieser Art der Anwendung beeinflussen Luftfilter maßgeblich die Luftqualität von Innenräumen und somit auch die Gesundheit der Menschen, da sie die Feinstaubkonzentration in der Luft verringern. Um den Konstrukteuren und dem Wartungspersonal die Auswahl des richtigen Filters zu ermöglichen, sind sowohl der internationale Handel als auch die Produktion an einem klar definierten, allgemein gültigen Prüf- und Klassifizierungsverfahren für Luftfilter entsprechend ihres Abscheidegrades interessiert, insbesondere in Hinsicht auf die Abscheidung von Feinstaub. Die aktuellen regionalen Normen wenden grundverschiedene Prüf- und Klassifizierungsverfahren an, bei denen keinerlei Vergleich miteinander möglich ist und die daher den globalen Handel mit gemeinsamen Produkten behindern. Zudem sind aktuelle Branchennormen bekanntermaßen begrenzt, indem sie Ergebnisse liefern, die oftmals fernab der Leistung von Filtern in der Praxis sind, beispielsweise werden die Abscheidegrade von vielen Produkten

überbewertet. Mit dieser neuen Normenreihe ISO 16890 wird eine ganz neue Herangehensweise an ein Klassifizierungssystem angenommen, die zu besseren und aussagekräftigeren Ergebnissen führt als es die aktuellen Normen vermögen.

Die Normenreihe ISO 16890 beschreibt die Gerätschaften, Materialien, technischen Bestimmungen, Anforderungen, Qualifikationen und Verfahren zur Gewinnung von Laborleistungsdaten und einer Abscheidegradklassifizierung auf Grundlage des ermittelten Fraktionsabscheidegrades, der zu einem Berichtssystem für den Feinstaubabscheidegrad (ePM) verarbeitet wird.

Nach der Normenreihe ISO 16890 erfolgt im Labor die Bewertung der Luftfilterelemente nach ihrer Fähigkeit, die Aerosolpartikel abzuscheiden, ausgedrückt als Werte für den Abscheidegrad ePM_1 , $ePM_{2,5}$ und ePM_{10} . Die Luftfilterelemente können dann nach den in ISO 16890-1 festgelegten Verfahren klassifiziert werden. Der Abscheidegrad des Filterelements wird nach den in diesem Teil der ISO 16890 festgelegten Verfahren als Funktion der Partikelgröße im Bereich von $0,3\ \mu m$ bis $10\ \mu m$ des unbeladenen und unkonditionierten Filterelements gemessen. Nach der anfänglichen Prüfung des Abscheidegrades wird das Luftfilterelement dann nach den in ISO 16890-4 beschriebenen Verfahren konditioniert und der Abscheidegrad an diesem konditionierten Filterelement erneut ermittelt. Dieses Verfahren wird angewandt, um Informationen über die Intensität elektrostatischer Abscheidemechanismen zu erhalten, die am zu prüfenden Filterelement vorhanden sein können. Der mittlere Abscheidegrad des Filters wird durch Berechnung des Mittels zwischen Anfangsabscheidegrad und konditioniertem Abscheidegrad für jeden Größenbereich bestimmt. Aus dem mittleren Abscheidegrad werden die ePM_x -Abscheidegrade berechnet, indem diese Werte mit der standardisierten und normalisierten Partikelgrößenverteilung der zugehörigen Aerosolfraktion in der Umgebung gewichtet werden. Beim Vergleich von Filtern, die nach Normenreihe ISO 16890 geprüft worden sind, müssen die Werte für den Fraktionsabscheidegrad immer innerhalb derselben ePM_x -Klasse verglichen werden (z.B. ePM_1 des Filters A mit ePM_1 des Filters B). Das Staubspeichervermögen und der gravimetrische Anfangsabscheidegrad eines Filterelements werden mit einem Prüfverfahren nach ISO 16890-3 bestimmt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 16890 legt die Aerosolherstellung, die Prüfmittel und Prüfverfahren fest, die zur Ermittlung des Fraktionsabscheidegrads und des Strömungswiderstands von Luftfilter für die allgemeine Raumtechnik verwendet werden.

Er ist für die Anwendung in Verbindung mit ISO 16890-1, ISO 16890-3 und ISO 16890-4 vorgesehen.

Das in diesem Teil der ISO 16890 beschriebene Prüfverfahren ist für Volumenströme zwischen 0,25 m³/s (900 m³/h, 530 ft³/min) und 1,5 m³/s (5 400 m³/h, 3 178 ft³/min) anwendbar, bei einem Prüfstand mit einer nominellen Anströmfläche von 610 mm × 610 mm (24 inch × 24 inch).

ISO 16890 (alle Teile) bezieht sich auf Partikelluftfilterelemente für die allgemeine Raumlufttechnik mit einem ePM₁-Abscheidegrad von weniger als oder gleich 99 % und einem ePM₁₀-Abscheidegrad von mehr als 20 % bei der Prüfung nach den in ISO 16890 (alle Teile) festgelegten Verfahren.

ANMERKUNG Die untere Grenze für dieses Prüfverfahren liegt bei einem ePM₁₀-Mindest-Abscheidegrad von 20 %, da es für ein Prüffilterelement unterhalb dieses Niveaus schwer wird, die Anforderungen an die statistische Gültigkeit von diesem Verfahren zu erreichen.

Luftfilterelemente, die sich nicht in dieser Aerosolfraction befinden, werden nach anderen anwendbaren Prüfverfahren bewertet (siehe ISO 29463 (alle Teile)).

Filterelemente, die in tragbaren Raumluftreinigern verwendet werden, sind vom Anwendungsbereich dieses Teils der ISO 16890 ausgeschlossen.

Die Leistungsergebnisse, die entsprechend ISO 16890 (alle Teile) ermittelt wurden, können nicht für sich allein dazu verwendet werden, den Abscheidegrad und die Lebensdauer im realen Betrieb quantitativ vorzubestimmen.

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 16890-1, *Air filter for general ventilation — Part 1: Technical specifications, requirements and efficiency classification systems based upon Particulate Matter (PM)*

ISO 16890-3, *Air filter for general ventilation — Part 3: Determination of the gravimetric efficiency and the air flow resistance versus the mass of test dust captured*

ISO 16890-4, *Air filter for general ventilation — Part 4: Conditioning method to determine the minimum fractional test efficiency*

ISO 5167-1, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements*

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

ISO 29463, *High-efficiency filters and filter media for removing particles in air*

ISO 29464:2017, *Cleaning equipment for air and other gases — Terminology*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 29464 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1 Luftstrom und Widerstand

3.1.1

Volumenstrom

den Filter je Zeiteinheit durchströmendes Luftvolumen

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.1.24]

3.1.2

Nennvolumenstrom

vom Hersteller angegebener *Volumenstrom* (3.1.1)

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.1.25]

3.1.3

Strömungswiderstand

Differenz des Drucks zwischen zwei Punkten in einem durchströmten System unter festgelegten Bedingungen, insbesondere bei der Messung am Filterelement (3.2)

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.1.36]

3.2 Probe

3.2.1

Probe

zu prüfendes *Filterelement* (3.2.2)

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.1.38]

3.2.2

Filterelement

bauliche Einheit, bestehend aus Filtermaterialien, Rahmen und Elementen zur Verbindung an das Filtergehäuse

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.77]

3.2.3

Anströmseite

U/S

Bereich im Prozesssystem, welcher durch ein strömendes Fluid passiert wird, bevor dieses in jenen Teil der *Probe* (3.2.1) eintritt

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.1.39]

3.2.4

Abströmseite

D/S

Bereich in welchen das Fluid strömt, nachdem es die *Probe* (3.2.1) verlassen hat

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.1.11]

3.3 Aerosol

3.3.1

Flüssigkeitsaerosol

flüssige Partikel, suspendiert in einem Gas

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.2]

3.3.2

Feststoffaerosol

feste Partikel, suspendiert in einem Gas

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.8]

3.3.3

Referenzaerosol

festgelegtes, zugelassenes Aerosol für Prüfungen in einem bestimmten Größenbereich

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.7]

3.3.4

Neutralisierung

Verfahren, bei dem das Aerosol mit bipolaren Ionen in eine Boltzmann-Ladungsverteilung gebracht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Vorgang wird häufiger als "Entladung" bezeichnet.

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.1.110]

3.4 Partikelzähler

3.4.1

Partikelzähler

Gerät für das Erkennen und Zählen diskreter luftgetragener Partikel einer Luftprobe

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.2.114]

3.4.2

optischer Partikelzähler

OPC

Partikelzähler (3.4.1), der die in einem Probenluftstrom enthaltenen Partikel beleuchtet. Die dabei entstehenden Lichtimpulse werden in elektrische Impulse umgewandelt. Die Impulshöhe gibt Aufschluss über den Partikeldurchmesser und die Anzahl der Impulse über die Partikelkonzentration bei bekanntem und konstantem Probenahmevolumenstrom.

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ISO 21501-4.

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.2. 119]

3.4.3

Probenahmevolumenstrom

durch das Messgerät strömender Volumenstrom

3.4.4

Partikelgröße

p_s

geometrischer Durchmesser der Partikel eines Aerosols (je nach Kontext der sphärische, optische oder aerodynamische Äquivalenzdurchmesser)

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.2.133]

3.4.5

Partikelgrößenverteilung

Darstellung der Ergebnisse eines Experiments als Tabellen, Zahlen oder Diagramme, die mit Hilfe eines Verfahrens oder einer Einrichtung gewonnen wurden, das/die aus einer Probe den äquivalenten Partikeldurchmesser ermittelt oder das Partikelverhältnis angeben kann, für das der Äquivalentdurchmesser innerhalb festgelegter Grenzen liegt

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.2.135]

3.4.6

isokinetische Entnahme

Technik zur Entnahme der Luft, bei der die Sondeneinströmgeschwindigkeit der Luft die gleiche ist wie die Geschwindigkeit der Luft an der Entnahmestelle

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.2.105]

3.4.7

Zähler für lichtstreuende luftgetragene Partikel

LSAPC

Instrument, das die Anzahl der in der Luft schwebenden Partikel misst, indem es die Impulse zählt, wenn die Partikel das Messvolumen durchlaufen, sowie die Partikelgröße anhand der Streulichtintensität

Anmerkung 1 zum Begriff: Die vom LSAPC gemessene optische Partikelgröße ist die lichtstreuäquivalente Partikelgröße und nicht die geometrische Größe.

[QUELLE: ISO 21501-4:2018, 3.4]

3.5 Abscheidegrad

3.5.1

Abscheidegrad

Anteil oder Prozentsatz einer Prüfverunreinigung, die von einer *Probe* (3.2.1) abgeschieden wird

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.1.12]

3.5.2

Fraktionsabscheidegrad

Fähigkeit einer Luftreinigungseinrichtung, Partikel einer bestimmten Größe oder eines bestimmten Größenbereichs abzuscheiden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der als Funktion der Partikelgröße aufgetragene Abscheidegrad ergibt das auf die Partikelgröße bezogene Abscheidegradspektrum.

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.2.59]

3.5.3

Durchlassgrad

P

Verhältnis der Partikelanzahl auf der Abströmseite zur Partikelanzahl auf der Anströmseite eines Filters

3.5.4

Korrelationsverhältnis

R

Ermittlung potenzieller Abweichungen zwischen den anströmseitigen und abströmseitigen Probenahmesystemen

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.2.33]

3.6 Weitere Begriffe

3.6.1

HEPA-Filter

Filter mit einer Leistung, die den Anforderungen der Filterklasse ISO 35 H bis ISO 45 H nach ISO 29463-1 entsprechen

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.2.84]

3.6.2

Referenzfilter

Primärelement mit genau bekannten Parametern, mit dem das zu prüfende Sekundärelement verglichen wird

[QUELLE: ISO 29464:2017, 3.1.35]

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

DEHS	(DiEthylHexylSebacate)
KCl	Kaliumchlorid-Aerosol (KCl) in Feststoffphase
R_a	momentane Radioaktivität der Quelle
R_{a0}	Radioaktivität der Quelle zum Zeitpunkt der Herstellung
t	Zeit (Jahre)
$t_{0,5}$	Halbwertszeit (Jahre)
CV	Variationskoeffizient (en: coefficient of variation)
δ	Standardabweichung der Datenpunkte
$mean$	Mittelwert der Datenpunkte
$U_{c,i,ps}$	anströmseitige Korrelationszählung für Probe i und Partikelgröße ps
$D_{c,i,ps}$	abströmseitige Korrelationszählung für Probe i und Partikelgröße ps

$U_{B,b,ps}, U_{B,f,ps}$	erste oder letzte anströmseitige Durchschnittshintergrundzählen für eine bestimmte Partikelgröße ps
$D_{B,b,ps}, D_{B,f,ps}$	erste oder letzte abströmseitige Durchschnittshintergrundzählen für eine bestimmte Partikelgröße ps
$D_{B,ps}$	abströmseitige Durchschnittshintergrundzählung des Abscheidegrads der Probe i und für Partikelgröße ps
$D_{B,c,ps}$	abströmseitige Durchschnittshintergrundzählung der Korrelation der Probe i und für Partikelgröße ps
$B_{b,i,ps}, B_{f,i,ps}$	erste oder letzte gemessene anströmseitige Hintergrundzählung für die Probe i und eine Partikelgröße ps
b_{ps}, f_{ps}	erste oder letzte gemessene abströmseitige Hintergrundzählung für eine Partikelgröße ps
$U_{B,ps}, U_{B,c,ps}$	anströmseitige Durchschnittshintergrundzählung des Abscheidegrads oder der Korrelation bei einer bestimmten Partikelgröße ps
$N_{i,ps}$	gemessene anströmseitige Abscheidegradzählung für die Probe i und Partikelgröße ps
$U_{i,ps}$	anströmseitiger Abscheidegraddurchschnitt für Probe i und für eine Partikelgröße ps
$U_{tot,ps}$	Summe der anströmseitigen Partikelzählungen für Partikelgröße ps
$D_{i,ps}$	abströmseitiger Abscheidegraddurchschnitt für Probe i und für eine Partikelgröße ps
$R_{i,ps}$	Korrelationsverhältnis für Probe i und für eine Partikelgröße ps
$\overline{R}_{ps}, \overline{R}$	Korrelationsverhältnis für eine bestimmte Partikelgröße ps
N	Anzahl der Proben
$e_{c,ps}$	95 %-Unsicherheit des Korrelationswertes für eine bestimmte Partikelgröße ps
St	Studentsche t -Verteilungsvariable
V	Anzahl der Freiheitsgrade der Variable t der Studentischen Verteilung
$\overline{R}_{lcl,ps}$	untere Vertrauensgrenze des Korrelationsverhältnisses für eine bestimmte Partikelgröße ps
$\overline{R}_{ucl,ps}$	obere Vertrauensgrenze des Korrelationsverhältnisses für eine bestimmte Partikelgröße ps
$\delta_{c,ps}$	Standardabweichung des Korrelationswertes für eine bestimmte Partikelgröße ps
$U_{c,tot,ps}$	Summe der während der Korrelation anströmseitig entnommenen Partikel für eine bestimmte Partikelgröße ps
$U_{c,i,ps}$	Korrelationsteilchen für die Probe i und für die Partikelgröße ps
P	Durchlassgrad oder Fraktion der Partikel, welche durch die Probe durchdringen

$\bar{P}_{o,ps}$	festgestellter Durchlassgrad für eine bestimmte Partikelgröße ps
$\bar{P}_{ps}$	Enddurchlassgrad für eine bestimmte Partikelgröße ps
$\bar{P}_{lcl,ps}$	untere Vertrauensgrenze der Durchdringung für eine bestimmte Partikelgröße ps
$\bar{P}_{ucl,ps}$	obere Vertrauensgrenze der Durchdringung für eine bestimmte Partikelgröße ps
e_{ps}	95 %-Unsicherheit des Durchdringungswertes für eine bestimmte Partikelgröße ps
δ_{ps}	Standardabweichung des Durchdringungswertes für eine bestimmte Partikelgröße ps
e_i	statische oder dynamische Unsicherheit
$U_{tot,ps}$	Summe der während der Durchlassgradprüfung anströmseitig entnommenen Partikel für eine bestimmte Partikelgröße ps
E_{ps}	Fraktionsabscheidegrad für eine bestimmte Partikelgröße ps

4.2 Abkürzungen

ASHRAE	American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers
CEN	European Committee for Standardization
CL	Konzentrationsgrenze (en: concentration limit)
NIST	National Institute of Standards and Technology
PSL	Polystyrenkugeln (en: polystyrene latex spheres)
RH	Relative Luftfeuchte, %
TR	Prüfstand

5 Allgemeine Prüfanforderungen

5.1 Anforderungen an die Probe

Die Probe muss so beschaffen sein, dass bei korrekter Montage im Prüfstandluftkanal keine Luft-/Staubverluste um den äußeren Probenrahmen und an den Dichtkanten des Prüfstandes durch Undichtigkeiten auftreten. Die Probe muss so beschaffen oder gekennzeichnet sein, dass eine inkorrekte Montage nicht möglich ist.

Die ganze Probe (Filter und Rahmen) muss aus Material bestehen, das geeignet ist, dem normalen Gebrauch und der Belastung durch die Bandbreite an Temperaturen, Luftfeuchte und korrosiven Umgebungen, denen es im Betrieb voraussichtlich ausgesetzt ist, standzuhalten.

Die ganze Probe muss so beschaffen sein, dass sie den mechanischen Beanspruchungen, denen sie während des üblichen Gebrauchs voraussichtlich ausgesetzt ist, standhält. Stäube oder Fasern, die aus der Probe durch den sie durchströmenden Luftstrom freigesetzt werden, dürfen die Personen (oder Geräte), die der gefilterten Luft ausgesetzt sind, nicht gefährden oder beeinträchtigen.

5.2 Einbau der Probe

Die Montage der Probe muss nach den Empfehlungen des Herstellers erfolgen, nachdem sie mit der auf das nächste Gramm gewogenen Prüfluft ins Umgebungsgleichgewicht gebracht wurde. Vorrichtungen, bei denen externes Zubehör erforderlich ist, sind während der Prüfung mit Zubehör mit ähnlichen Charakteristika zu bedienen, wie das in der Praxis verwendete. Die Probe, einschließlich jeglicher normaler Montagerahmen, ist so im Prüfstand zu montieren und abzudichten, dass keine Undichtigkeiten auftreten können. Die Dichtheit ist durch visuelle Kontrolle zu überprüfen; visuell erkennbare Undichtigkeiten sind nicht zulässig. Wenn die Maße aus irgendeinem Grund eine Prüfung der Probe unter üblichen Prüfumständen nicht zulassen, sind aus zwei oder mehr Filtern bestehende Baugruppen des gleichen Typs oder Modells unter der Voraussetzung gestattet, dass in der entstandenen Baugruppe keine Undichtigkeiten auftreten. Die Betriebsbedingungen solcher Behelfsvorrichtungen sind zu dokumentieren.

5.3 Anforderungen an den Prüfstand

Die entscheidenden Maße und Anordnungen der Prüfvorrichtung sind in den Bildern dieses Teils der ISO 16890 dargestellt. Sie sind als Leitfaden zur Unterstützung bei der Konstruktion eines den Leistungsanforderungen dieses Teils der ISO 16890 entsprechenden Prüfstands vorgesehen. Alle angegebenen Maße sind obligatorisch, sofern nicht anders angegeben. Toleranzen sind ebenfalls in den Bildern dieser Norm angegeben. Die dargestellten Einheiten sind mm (Inch), sofern nicht anders angegeben. Die Gestaltung der nicht bestimmten Ausrüstung (unter anderem Gebläse, Ventile und externe Rohrleitungen) ist nach eigenem Ermessen vorzunehmen, die Ausrüstung muss jedoch geeignet sein, um die Leistungsanforderungen dieses Teils der ISO 16890 zu erfüllen.

6 Prüfmaterialien

6.1 Gasförmiges Aerosol

6.1.1 Prüfaerosol DEHS

Das von einer Laskin-Düse erzeugte, gasförmige Prüfaerosol DEHS (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat) wird bei der Prüfung von Filtern mit hohem Abscheidegrad häufig verwendet. DEHS ist identisch mit DES Di(2-ethylhexyl)Sebacat oder Bis(2-ethylhexyl)Sebacat, da ihre aerodynamischen, geometrischen und Lichtstreuungsgrößen bei der Messung mit optischen Partikelzählern (OPC) nah beieinander liegen. Das Aerosol DEHS ist in unbehandelter Form zu verwenden und direkt in den Prüfstand einzuleiten.

6.1.2 DEHS/DES/DOS – Formel:

$C_{26}H_{50}O_4$ oder $CH_3(CH_2)_3CH(C_2H_5)CH_2OOC(CH_2)_8COOCH_2CH(C_2H_5)(CH_2)_3CH_3$

6.1.3 DEHS-Eigenschaften:

Molekulargewicht	426,69 g/mol
Dichte	912 kg/m ³ (57 lb/ft ³)
Schmelzpunkt	225 K
Siedepunkt	505 K bis 522 K
Flammpunkt	> 473 K
Dampfdruck	< 1 Pa bei 293 K
Brechungsindex	1,452 bei 600 nm Wellenlänge

Dynamische Viskosität 0,022 Pa s (0,015 lb/ft s) bis 0,024 Pa s (0,016 lb/ft s)

CAS-Nummer 122-62-3

6.1.4 Erzeugung von gasförmigem Aerosol

Das Prüfaerosol muss aus unbehandeltem und unverdünntem DEHS oder anderen gasförmigen Prüfaerosolen bestehen, die den in 6.3 genannten Bestimmungen zu Referenzaerosolen entsprechen.

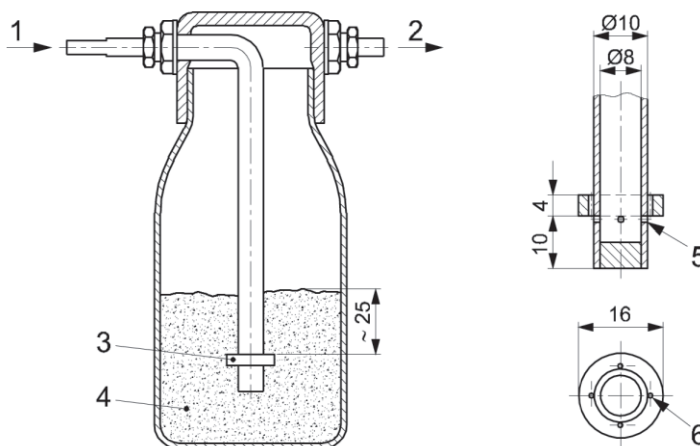
In Bild 1 ist beispielhaft ein System für die Erzeugung des Aerosols dargestellt. Es besteht aus einem kleinen Behälter mit DEHS-Flüssigkeit und einer Laskin-Düse. Das Aerosol wird erzeugt, indem partikelfreie Druckluft durch die Laskin-Düse geblasen wird. Die zerstäubten Tröpfchen werden dann direkt in den Prüfstand geleitet. Der Druck und der Luftstrom durch die Düse werden dem Prüfluftstrom und der erforderlichen Aerosolkonzentration entsprechend angepasst.

ANMERKUNG Bei einem Prüfluftvolumenstrom von $0,944 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2\,000 \text{ ft}^3/\text{min}$) beträgt der Druck in etwa 17 kPa ($2,5 \text{ lb/in}^2$), entsprechend einem Luftstrom von $0,39 \text{ dm}^3/\text{s}$ [$1,4 \text{ m}^3/\text{h}$, ($0,82 \text{ ft}^3/\text{min}$)] durch die Düse.

Es können auch alle anderen Aerosolgeneratoren verwendet werden, die in ausreichender Konzentration Tröpfchen des Partikelgrößenbereichs $0,3 \text{ }\mu\text{m}$ bis $1,0 \text{ }\mu\text{m}$ erzeugen können.

Vor der Prüfung ist die anströmseitige Konzentration so zu regulieren, dass ein stabiler Zustand erreicht wird und eine Konzentration unter dem Koinzidenzniveau des OPC vorhanden ist.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Partikelfreie Luft (Druck etwa 17 kPa) ($2,5 \text{ lb/in}^2$)
- 2 Aerosol zum Prüfstand
- 3 Laskin-Düse
- 4 Flüssiges Prüfaerosol
- 5 Vier $1,0\text{-mm}$ -Bohrungen um jeweils 90° versetzt, genau an der Unterseite des Bundrings
- 6 Vier $2,0\text{-mm}$ -Bohrungen neben dem Rohr, auf einer Höhe mit den $\varnothing 1,0\text{-mm}$ -Bohrungen (Nr. 5)

Bild 1 — Generator für flüssiges Aerosol

6.2 Festes Aerosol

6.2.1 Prüfaerosol Kaliumchlorid (KCl)

Das Prüfaerosol KCl muss aus polydispersen, festen (trockenen) Kaliumchlorid-Partikel (KCl) bestehen, die aus einer wässrigen Lösung erzeugt wurden. Eine KCl-Lösung kann beispielsweise durch die Mischung von 120 g Reagenz-KCl mit 1 l destilliertem Wasser (Reinheitsgrad) hergestellt werden. Die Lösung wird mittels einer Dosierpumpe mit etwa 1,2 ml/min (0,04 oz/min) in die Zerstäuberdüse geblasen. Durch Veränderung des Betriebsluftdrucks des Generators und des Lösungsvolumenstroms kann die Prüfaerosolkonzentration reguliert werden.

ANMERKUNG 1 Analysenreines Wasser wie in ASTM D1193 festgelegt.

ANMERKUNG 2 Die hier gezeigten 120 g KCl mit 1 l Wasser dienen als Beispiel. Das tatsächliche Verhältnis kann in Abhängigkeit der verwendeten Einrichtungen abweichen.

6.2.2 KCl-Formel

KCl

6.2.3 KCL-Eigenschaften

Molekulargewicht	74,55 g/mol
Dichte	1 984 kg/m ³ (123,86 lb/ft ³)
Schmelzpunkt	1 049 K
Siedepunkt	1 686 K
Löslichkeit	347 kg/m ³ bei 293 K
Brechungsindex	1,490 bei 600 nm Wellenlänge
CAS-Nummer	7447-40-7

6.2.4 Erzeugung von festem Aerosol

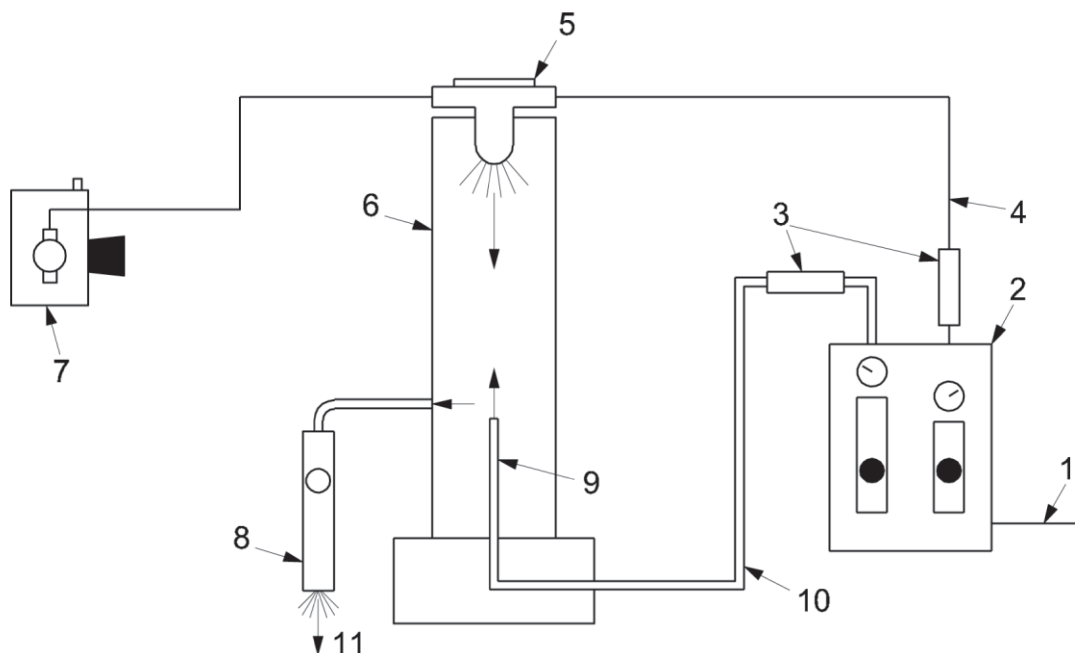
Der Generator für feste Prüfaerosole muss Bild 2 zu entsprechen. Der Aerosolgenerator muss in ausreichender Konzentration ein stabiles Prüfaerosol für den Partikelgrößenbereich von über 0,30 µm bis 10 µm erzeugen, das entsprechend diesem Teil der ISO 16890 die Mindestanforderungen an Aerosole erfüllt, ohne den OPC zu überlasten.

Die Düse befindet sich am oberen Ende eines transparenten Acrylsprühturms mit einem Durchmesser von 305 mm (12,0 Inch) und einer Höhe von 1 300 mm (51,0 inch). Der hohe Turm erfüllt zwei Zwecke: Er erlaubt es den KCl-Tröpfchen, durch eine durchschnittlich etwa 40 s dauernde Verweilzeit zu trocknen; größere Partikel können aus dem Aerosol herausfallen.

Das Aerosol ist in eine Boltzmann-Ladungsverteilung zu bringen, indem ein Alpha- oder Beta-Ionisationsgenerator mit einer Aktivität von mindestens 185 MBq (5 mCi) oder ein Koronaentladungsisolator eingesetzt wird. Der Koronaentladungsisolator muss eine Koronastromstärke von mindestens 3 µA aufweisen und so eingestellt sein, dass er gleiche Mengen positiver und negativer Ionen erzeugt.

ANMERKUNG 1 Eine Boltzmann-Ladungsverteilung ist die durchschnittliche in der Umgebungsluft vorhandene Ladung. Elektrostatische Aufladung ist eine unvermeidbare Folge der meisten Aerosolerzeugungsverfahren für feste Aerosole.

ANMERKUNG 2 Das Aktivitätsniveau einer radioaktiven Quelle nimmt mit der Zeit ab. Die Quellenaktivität von 185 MBq (5 mCi) ist der Mindestwert der Quellenkraft am Ende der Lebensdauer. Wenn also die Quellenkraft einer neuen Quelle 370 MBq (10 mCi) beträgt, beträgt sie nach der Halbwertszeit noch 185 MBq (5 mCi).



Legende

- 1 reine, trockene Druckluftquelle
- 2 Bedienvorrichtung für den Luftstrom (Schwebekörper-Durchflussmesser mit Nadelventil und Ausgangsdruckmessgerät)
- 3 Schwebstofffilter, mindestens HEPA-Niveau
- 4 zu zerstäubende Luft 0,5 dm³/s (1 ft³/min) nominell (angepasste Geschwindigkeit)
- 5 Zerstäuberdüse
- 6 Sprühturm mit 305 mm (12,0 inch) Durchmesser und 1 300 mm (51,0 inch) Höhe
- 7 Dosierpumpe mit Geschwindigkeit 20 cm/s, wässrige KCl-Lösung
- 8 radioaktiver Aerosolneutralisierer am Aerosolaustritt, sofern verwendet
- 9 Koronaentladung-Neutralisierer in der Lufttrocknungsleitung, sofern verwendet
- 10 trocknende Luft 1,9 dm³/s (0,040 ft³/min)
- 11 Auslass 38 mm (1,5 inch) Innendurchmesser (kann sich am Boden des Sprühturms befinden)

Bild 2 — Schematische Darstellung eines Partikelgeneratorsystems für feste Partikel

6.3 Referenzaerosole

6.3.1 Referenzaerosol für 0,3 µm bis 1,0 µm

Für das Prüfverfahren zur Ermittlung der Filterleistung für Partikel von 0,3 µm bis 1,0 µm ist das in 6.1 genannte flüssige Aerosol als Referenzmaterial zu verwenden.

6.3.2 Referenzaerosol für 1,0 µm bis 10,0 µm

Für das Prüfverfahren zur Ermittlung der Filterleistung für Partikel von 1,0 µm bis 10,0 µm ist das in 6.2 genannte feste Aerosol als Referenzmaterial zu verwenden.

6.3.3 Andere Referenzaerosole

Zur Prüfung von Vorrichtungen nach diesem Teil der ISO 16890 dürfen nur die in 6.1 und 6.2 genannten Aerosole verwendet werden. Ein Aerosol, das nicht im Referenzbereich erfasst ist, kann dann verwendet werden, wenn es mit den Ergebnissen des Referenzaerosols für den zu prüfenden Partikelgrößenbereich nach 6.3.4 in akzeptabler Weise übereinstimmt. Flüssige Aerosole können nur zur Ermittlung der Filtrationsleistung im Partikelgrößenbereich von 1,0 µm bis 10,0 µm verwendet werden, wenn die Mediumgeschwindigkeit der Probe weniger als 20 cm/s (39,4 ft/min) beträgt. Prüfeinrichtungen mit einer Mediengeschwindigkeit über 20 cm/s (39,4 ft/min) müssen mit Festphasenaerosol geprüft werden.

6.3.4 Übereinstimmungskriterien

Um eine akzeptable Aerosolübereinstimmung vorzuweisen, muss ein Referenzprüffilter, wie in 8.3.2 beschrieben, vom Referenzaerosol und anschließend auf gleiche Weise vom Ersatzaerosol durchströmt werden. Wenn die Abscheidegradergebnisse der Filtration in jedem gemessenen Kanal innerhalb von zwei Prozentpunkten liegen, kann das Ersatzaerosol für diesen Partikelgrößenbereich verwendet werden. Von der Prüfstelle ist ein schriftlicher Bericht aufzubewahren, der diese Übereinstimmung nachweist. Diese Prüfung ist als Teil jeglicher Qualifikationsprüfungen für Prüfstände und Instandhaltungsprüfungen nach 8.3.3 durchzuführen.

6.4 Aerosolbeladung

Jedes Aerosol, das zur Prüfung der Filtrationsleistung nach diesem Teil der ISO 16890 verwendet wird, muss lange genug in das Filterelement eingeleitet werden, damit die Prüfung durchgeführt werden kann, jedoch nicht so lange, dass die Filtrationsleistungseigenschaften der Probe dadurch verändert werden.

7 Prüfmittel

7.1 Prüfstand

7.1.1 Abmessungen

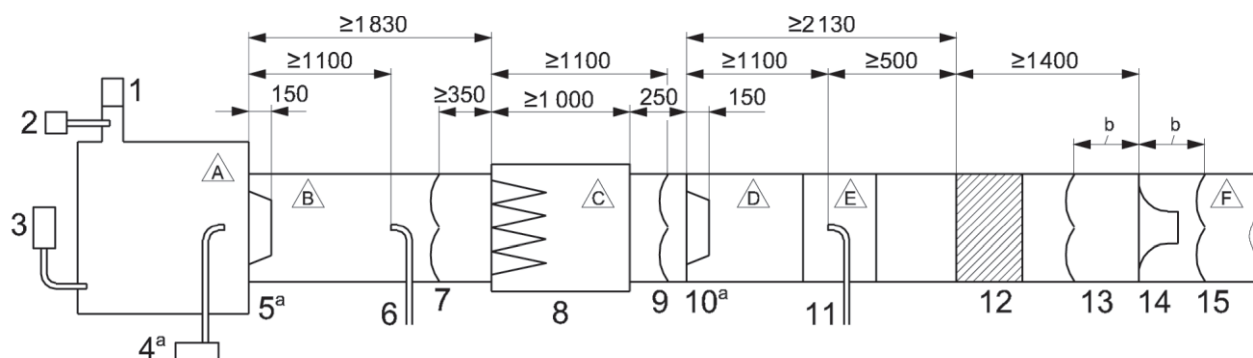
7.1.1.1 Querschnittsfläche

Der Prüfstand (siehe Bild 3) besteht aus verschiedenen quadratischen Abschnitten mit den nominellen Innenmaßen von 610 mm × 610 mm (24 inch × 24 inch), mit Ausnahme des Probenabschnitts. Die Probe befindet sich in Abschnitt C, dessen nominelle Innenmaße zwischen 610 mm (24,0 inch) und 622 mm (24,5 inch) betragen können.

7.1.1.2 Längen, Abstände und Positionen

Die Mindestmaße oder erforderlichen Längenmaße für die Prüfstandsabschnitte und die Positionen der Vorrichtungen sind in Bild 3 angegeben.

Maße in Millimeter



Legende

- | | | | |
|---|-------------------------------------|----|---|
| A | TR-Abschnitt – U/S-Einlasskammer | 8 | Probe |
| B | TR-Abschnitt – U/S-Probenahme | 9 | D/S-Proben-Druckentnahmebohrung |
| C | TR-Abschnitt – Probe | 10 | D/S-Mischblende (Abscheidegradprüfung)
Bei Staubbelastung, D/S-Endfilter |
| D | TR-Abschnitt – D/S-Misch-/Endfilter | 11 | D/S-Aerosol-Probenahmekopf |
| E | TR-Abschnitt – D/S-Probenahme | 12 | D/S-HEPA-Filtration (wenn vorhanden) |
| F | TR-Abschnitt – Volumenstrommessung | 13 | Beispiel der oberen Druckentnahmebohrung-
Messdüsen (wenn vorhanden) |
| 1 | U/S-HEPA-Filtration | 14 | Beispiel der Position des Volumenstrom-
messgeräts |
| 2 | Einleitung Flüssigaerosol | 15 | Beispiel der unteren Druckentnahmebohrung-
Messdüsen (wenn vorhanden) |
| 3 | Einleitung Festaerosol | a | nur bei Vorrichtungen mit Prüfstaub |
| 4 | Staubeinleitungsdüse | b | Druckentnahmebohrungen für die Luftdüsen
müssen in Übereinstimmung mit den
Montageanforderungen des Geräteherstellers
angeordnet sein. |
| 5 | U/S-Mischblende | | |
| 6 | U/S-Aerosol-Probenahmekopf | | |
| 7 | U/S-Proben-Druckentnahmebohrung | | |

Bild 3 — Schematische Darstellung eines Prüfstands

7.1.2 Prüfstandmaterial

Der Prüfstand muss aus elektrisch leitfähigem Material bestehen, geerdet sein, über glatte Innenwände verfügen und ausreichend starr sein, um sich nicht zu verformen, wenn er dem Prüfdruck ausgesetzt ist. Kleinere Teile des Prüfstands könnten in Glas oder Kunststoff gefasst werden, damit die Probe und die Prüfmittel sichtbar sind. Schaugläser, durch die der Prüfverlauf beobachtet werden kann, sind akzeptabel.

7.1.3 Form des Prüfstands

Die Positionen der Schwebstofffilter und Aerosoleinleitung in der Einlasskammer sind frei wählbar; ein Bogen im Prüfstand, der sowohl eine gerade als auch eine U-förmige Prüfstandanordnung ermöglicht, ist optional. Mit Ausnahme des Bogens an sich sind alle Abmessungen und Komponenten bei einer geraden und einer U-förmigen Prüfstandanordnung identisch. Hinter dem Bogen ist im Prüfstand eine abströmseitige Mischblende zu installieren. Die Länge des Prüfstandes und der einzelnen Abschnitte ist frei wählbar, der Prüfstand muss jedoch alle in Abschnitt 8 beschriebenen Qualifikationsprüfungen für Prüfstände erfüllen.

7.1.4 Luftversorgung des Prüfstands

7.1.4.1 Positionierung des Ventilators

Im Prüfstand kann entweder mit einem Luftstrom mit negativem oder positivem Druck geprüft werden.

ANMERKUNG Wenn mit positivem Druck geprüft wird (d. h. der Ventilator befindet sich auf der Anströmseite des anströmseitigen HEPA-Filters), können das Prüfaerosol und der Aufgabestaub in den Raum gelangen; bei der Prüfung mit negativem Druck (d. h. der Ventilator befindet sich auf der Abströmseite des abströmseitigen HEPA-Filters) können Partikel in den Prüfstand dringen.

7.1.4.2 Umgebung

Als Prüfluft ist die Raumluft oder Umluft zu verwenden. Die Lufttemperatur an der Probe muss $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ [$(73 \pm 9) ^\circ\text{F}$], die relative Luftfeuchte $(45 \pm 10) \%$ betragen. Die Abluft kann in den Außen- oder Innenbereich abgeleitet oder rezirkuliert werden.

ANMERKUNG Die relative Luftfeuchte kann die Ergebnisse beim Zählen der Partikel von Festaerosolen, wie in ASHRAE 1287-RP gezeigt, beeinflussen. Daraus resultiert ein enger Messbereich für die relative Luftfeuchte.

7.1.4.3 HEPA-Filtration im Prüfstand

Auf der Anströmseite des Prüfstand-Abschnitts A sind HEPA-Filter mit hohem Abscheidegrad einzusetzen. Der Zweck dieser anströmseitigen Filtration ist es, eine sehr geringe Hintergrundpartikelkonzentration während der Prüfung bereitzustellen.

Eine HEPA-Filtration der Abluft wird empfohlen, jedoch nicht gefordert. Durch einen HEPA-Filter am Abluftauslass können Prüfaerosole, die in der Abluft enthalten sein können, abgeschieden werden. Wird ein HEPA-Filter am Abluftauslass verwendet, so muss dieser mindestens 500 mm (20 inch) vom abströmseitigen Probenahmekopf entfernt sein.

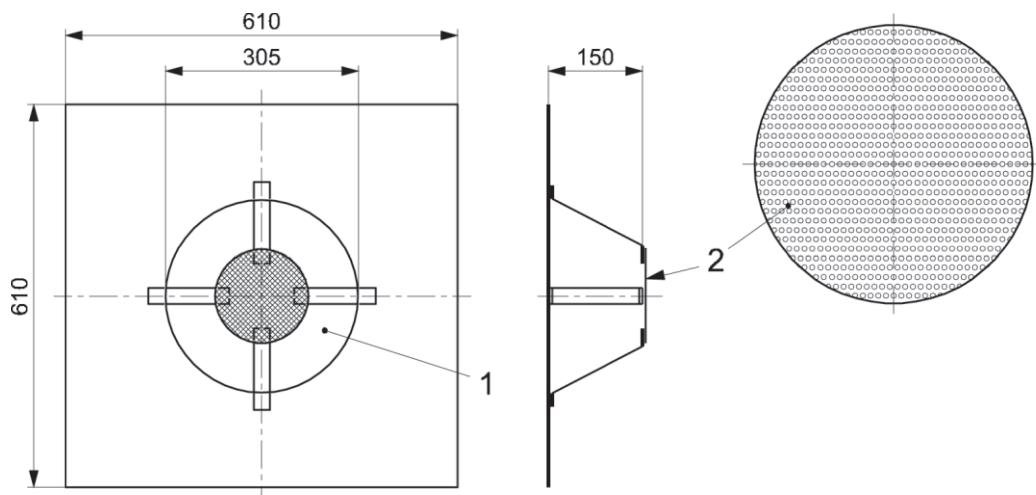
7.1.5 Isolation des Prüfstands

Der Prüfstand ist gegen vom Gebläse oder anderen Vorrichtungen verursachte Vibrationen zu isolieren.

7.1.6 Abströmseitige Mischblende

Bei allen Fraktionsabscheidegradmessungen muss die abströmseitige Mischblende wie in Bild 3 angegeben auf der Abströmseite der Probe und auf der Anströmseite des abströmseitigen Probenahmekopfes installiert werden. Die D/S-Mischblende darf während der Messung des Luftwiderstands nicht installiert werden. Die Mischblende besteht aus einer Blende (1) und einer perforierten Platte als Transportflügel (2), wie in Bild 4 dargestellt.

Die perforierte Platte muss einen Durchmesser von $152 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ ($5,9 \text{ inch} \pm 0,8 \text{ Inch}$) haben gleichmäßig große, runde Öffnungen in versetzter Anordnung und mit gleichmäßigen Abständen zueinander aufweisen, so dass sie zu 40 % durchlässig ist. Sie ist so zu montieren, dass sich ihr Mittelpunkt genau in einer Linie mit dem Mittelpunkt der Mischblendenöffnung befindet. Der Durchmesser der einzelnen Öffnungen muss so nah wie möglich an 3,175 mm (0,125 inch) liegen; der Abstand der Mittelpunkte der Öffnungen muss 4,76 mm (0,1875 inch) betragen.



Legende

- 1 Blende
- 2 perforierte Platte, identisch große Öffnungen, 40 %-Öffnungen, versetzte Anordnung

Bild 4 — Mischblende

7.1.7 Aerosol-Probenahme

7.1.7.1 Probenahmeleitungen

Die an- und abströmseitigen Probenahmeleitungen (sowohl primäre als auch sekundäre, wenn vorhanden) müssen aus starren, elektrisch leitfähigen und geerdeten Metallleitungen mit glatten Innenwänden bestehen. Sie müssen zudem fest gesichert sein, sodass Bewegungen während der Prüfung ausgeschlossen sind. Die an- und abströmseitigen Probenahmeleitungen müssen hinsichtlich ihrer Geometrie nominell identisch sein (Länge von Biegungen und geraden Abschnitten). Der Anteil der im Prüfstand durch Probenahmeleitungen eingenommenen Fläche muss weniger als 10 % der Querschnittsfläche des Prüfstandes betragen. Die Verwendung kurzer (maximal 50 mm [2,0 inch]), flexibler, elektrisch dissipativer Leitungen als Endverbindung zum OPC ist zulässig.

ANMERKUNG 1 Im Prüfstand, den Aerosolleitungen und im OPC treten Partikelverluste auf, die jedoch möglichst minimiert werden sollten, da eine niedrigere Anzahl gezählter Partikel zu größeren statistischen Abweichungen und somit zu weniger akkuraten Ergebnissen führt. Der Einfluss der Partikelverluste auf das Ergebnis kann minimiert werden, wenn die an- und abströmseitigen Probenahmeverluste auf ein nahezu identisches Niveau angeglichen werden.

ANMERKUNG 2 Der Einsatz von kurzen und beweglichen Leitungen verringert oftmals die Spannung, die auf den Einfluss des Messgeräts wirkt.

7.1.7.2 Probenahmesonden

Im Mittelpunkt der an- und abströmseitigen Messabschnitte sind konische, scharfkantige Probenahmesonden zu positionieren. Die Probenahmeköpfe müssen zentral auf der Leitung positioniert werden, wobei die Sondeneinlassöffnung in Richtung des Prüfstandeinlasses und parallel zum Luftstrom ausgerichtet sein muss. Der Durchmesser der Sondeneinlassöffnung muss so bemessen sein, dass in 10 % des Prüfstands isokinetische Entnahmen bei einem Prüfvolumenstrom von $0,944 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2\,000 \text{ ft}^3/\text{min}$) durchgeführt werden können. Die Anpassung des Durchmessers der Sondeneinlassöffnung wird empfohlen, um bei der Nutzung anderer Prüfvolumenströme die isokinetische Entnahme im Prüfstand weiter zu gewährleisten. Der Sondendurchmesser muss mindestens 6 mm (0,25 inch) betragen.

ANMERKUNG Dies bezieht sich auf die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit im Prüfstand und nicht die örtliche Geschwindigkeit in Abhängigkeit des Geschwindigkeitsmusters.

7.1.7.3 Probenahmeluftstrom

Wenn der OPC über eine Pumpe verfügt und der Luftstrom durch die Pumpe hinreichend aufrecht erhalten werden kann, so dass die isokinetische Entnahme nach den Anforderungen von 7.1.7.2 möglich ist, kann der Probenahmestrom durch die OPC-Pumpe erzeugt werden. Der an- und abströmseitige Probenahmestrom muss jeweils $<2\%$ des Volumenstroms des Prüfstands betragen.

7.1.7.4 Sekundäre Probenahme

Der Einsatz einer Primär und Sekundärprobenahmeeinrichtung zur Optimierung der Partikelbeförderung von der Einlasssonde zum OPC ist unter folgenden Bedingungen gestattet:

- a) Der Luftvolumenstrom durch die Primärprobenahmeeinrichtung muss mit Durchflussmessgeräten bis 5% gemessen werden;
- b) Die isokinetische Entnahme bis 10% muss sowohl an der Primär als auch der Sekundärsonde erfolgen;
- c) Die an- und abströmseitigen sekundären Probenahmeeinrichtungen müssen gleich lang und geometrisch äquivalent sein;
- d) Der an- und abströmseitige primäre Probenahmestrom muss jeweils $<2\%$ des Volumenstroms der Prüfeinrichtung betragen;

ANMERKUNG Die Primärleitungen (eine von der Anströmseite, eine von der Abströmseite) führen die Proben vom Prüfstand in die Nähe des/der OPC(s). Teil der Primäreinrichtung sind eine Hilfspumpe und eine Volumenstrommesseinrichtung, sodass mit einem höheren Volumenstrom gearbeitet werden kann, als es mit dem/den OPC(s) allein möglich wäre. Der höhere Volumenstrom und die Probenahmeleitungen mit größerem Durchmesser führen zu einer besseren Partikelbeförderung. Der/die OPC(s) bezieht/beziehen einen niedrigeren Probenahmestrom aus dem Primärsystem. Die Probenahmeleitungen vom/von den OPC(s) zu den primären Probenahmeleitungen werden sekundäre Probenahmeleitungen genannt.

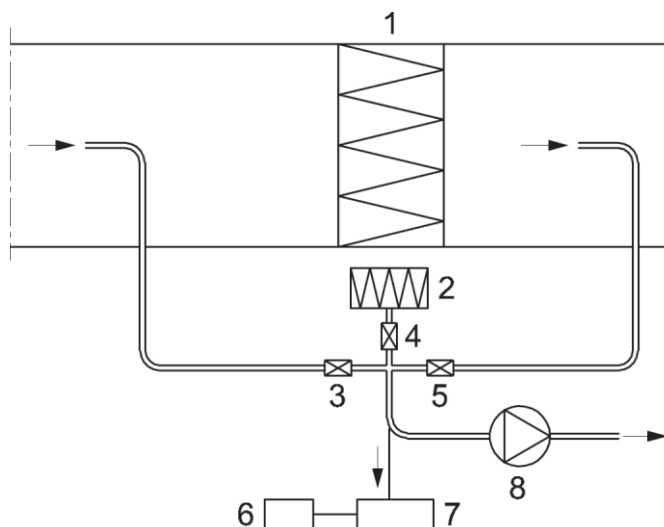
- e) Die Hilfspumpe und die entsprechenden Volumenstromregulierungen und Volumenstrommessgeräte der primären Probenahmeleitungen müssen sich auf der Abströmseite der sekundären Probenahmesonden befinden.

7.1.7.5 Aerosol-Verdünnungseinrichtungen

Wenn eine Aerosolkonzentration im Prüfstand die Grenzen der Partikelzähleinrichtung überschreitet, kann nach diesem Teil der ISO 16890 keine Prüfung durchgeführt werden. Eine Aerosol-Verdünnungseinrichtung (Verdünnungseinrichtung) darf zur Verringerung dieser Konzentration nicht verwendet werden, da die Verdünnung größerer Partikel durch das Verdünnungssystem ungleichmäßig erfolgt.

7.1.7.6 Anforderungen an die Ventile

Drei Rückschlagventile (siehe Bild 5) ermöglichen die Probenahme des Aerosols an der An- und Abströmseite der Probe oder das „leere“ Ansaugen durch einen HEPA-Filter. Wenn sie verwendet werden, müssen die Ventile geradlinig sein, um die Impaktion oder andere Verluste im Ventil zu minimieren. Aufgrund der möglichen Partikelverluste aus der Probenahmeeinrichtung sollte die erste Messung nach dem Umschalten eines Ventils vernachlässigt werden.



Legende

- 1 Probe
- 2 HEPA-Filter (reine Luft)
- 3 Ventil, Anströmseite
- 4 Ventil, reine Luft
- 5 Ventil, Abströmseite
- 6 Computer
- 7 OPC
- 8 Pumpe

Bild 5 — Schematische Darstellung der Aerosol Probenahmeeinrichtung

7.1.8 Messung des Volumenstroms im Prüfstand

Der Volumenstrom ist nach ISO 5167-1 mit genormten Volumenstrommessgeräten zu ermitteln. Die Messunsicherheiten dürfen 5 % des Messwertes nicht überschreiten.

7.1.9 Messung des Strömungswiderstands

Die Messungen des Strömungswiderstands sind zwischen den Messpunkten in der Prüfstandwand, wie in Bild 3 dargestellt, vorzunehmen. Jeder Messpunkt muss aus vier mit ihm verbundenen Druckentnahmebohrungen (siehe Bild 6) bestehen, die gleichmäßig um den Rand des Prüfstandquerschnitts verteilt sind. Bild 6 zeigt ein Beispiel für eine Druckentnahmebohrung. Der Durchmesser der Druckentnahmebohrung muss $2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ ($0,08 \text{ inch} \pm 0,02 \text{ inch}$) betragen. Das Gesamtsystem sollte die Qualifikationsprüfung nach 8.2 bestehen.

Die verwendeten Druckmessgeräte müssen fähig sein, im Bereich von 0 Pa bis 70 Pa ($0,28 \text{ inch H}_2\text{O}$) Druckdifferenzen auf $\pm 2 \text{ Pa}$ ($0,01 \text{ inch H}_2\text{O}$) zu ermitteln. Bei Werten von über 70 Pa ($0,28 \text{ inch H}_2\text{O}$) muss die Genauigkeit $\pm 3 \%$ des Messwertes betragen.

Maße in Millimeter

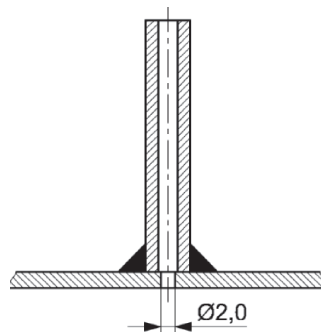
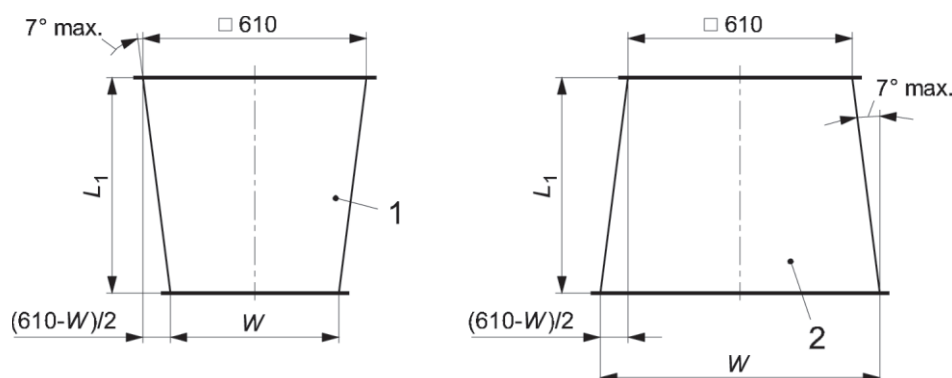


Bild 6 — Druckentnahmebohrung

7.1.10 Proben mit von 610 mm × 610 mm (24,0 inch × 24,0 inch) abweichenden Abmessungen

Die in Bild 3 dargestellte Prüfeinrichtung ist für Proben mit nominellen Oberflächenabmessungen von 610 mm × 610 mm (24,0 inch × 24,0 inch) vorgesehen. Änderungen entsprechend Bild 7 sind für Proben mit Oberflächenabmessungen von 60 % bis 150 % der normalen Prüfstandquerschnittsfläche von 0,37 m² (4 ft²) anzuwenden. Das Prüfen einer Reihe verschiedener Proben ist zulässig, wenn die Oberflächenabmessungen einer einzelnen Probe weniger als 60 % der Prüfstandfläche betragen. Das Prüfen von Proben mit speziellen Abmessungen, die durch Verdopplung einen Standardfilter nachbilden, ist ebenso zulässig, wenn die Größenanforderungen anders nicht erfüllt werden können.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Probenabmessungen kleiner als der Prüfstand (asymmetrische Abmessungen zulässig)
- 2 Probenabmessungen größer als der Prüfstand (asymmetrische Abmessungen zulässig)

Bild 7 — Änderungen von Proben

7.1.11 Prüfen mit Aufgabestaub

7.1.11.1 Allgemeines

Die in Bild 3 dargestellte Einrichtung zum Einleiten von Staub, die anströmseitige Mischblende und der abströmseitige Endfilter sind zu verwenden, wenn die Probe nach ISO 16890-3 mit Prüfstaub beladen wird oder andere Verfahren zur Staubbelaugung durchgeführt werden. Die Positionierung der Vorrichtungen und die an sie gestellten Anforderungen sind nachstehend angegeben. Zusätzliche Bestimmungen und Anforderungen werden detailliert in ISO 16890-3 dargelegt. In diesem Teil der ISO 16890 werden solche Einrichtungen zur Ermittlung des Partikelabscheidegrads nicht verwendet.

ANMERKUNG Diese Vorrichtungen werden nicht zur Ermittlung des Abscheidegrads eingesetzt, sie finden jedoch bei der Ermittlung der Leistung des Filterelements nach dem Prüfverfahren nach ISO 16890-3 Anwendung. Eine Auflistung der Einrichtungen und Anforderungen ist in ISO 16890-2 enthalten, um dem Anwender bei der Zusammenstellung des Prüfstandes für ISO 16890-2 und ISO 16890-3 zu helfen.

7.1.11.2 Staubdispergierer

Der Staubdispergierer ist wie in Bild 3 dargestellt positioniert und fungiert als Düse für die Staubeinleitung. Die spezielle Einrichtung, Qualifikation sowie Wartungsverfahren dieser Einrichtung sind in ISO 16890-3 dargelegt.

7.1.11.3 Anströmseitige Mischblende

Bei allen Prüfungen mit Aufgabestaub ist die Mischblende, wie in Bild 3 dargestellt, auf der Anströmseite der Probe und auf der Anströmseite des anströmseitigen Probenahmekopfs zu installieren. Ihre Abmessungen und Gestaltung müssen mit der in 7.1.6 beschriebenen und in Bild 4 dargestellten abströmseitigen Mischblende identisch sein. Wenn eine Einlasskammer am Prüfstand montiert wird, dann kann die Blende im Bild 4 weggelassen werden. Die Mischblende mit perforierter Platte muss so wie in Bild 4 bemessen montiert werden.

ANMERKUNG Mit einer Einlasskammer wird die Luft adäquat durchgemischt und der Einsatz der perforierten Platte erlaubt eine Mischung der Luft mit einem einheitlichen Luftstrom, was zu einer gleichmäßigen Staubverteilung an der Vorderseite der Probe führt.

7.1.11.4 Endfilter

Der Endfilter scheidet den Aufgabestaub ab, der die Probe während des Staubbelaadungsverfahrens passiert. Er wird bei Prüfungen mit Aufgabestaub anstelle der D/S-Mischblende verwendet. Die D/S-Mischblende muss wieder eingesetzt werden, wenn die Staubbeladung abgeschlossen ist und bevor Abscheidegradprüfungen durchgeführt werden.

7.2 Aerosolpartikelzähler

7.2.1 Allgemeines

Der Aerosolpartikelzähler muss auf der optischen Partikelgrößenermittlung und Partikelzählung (d. h. Lichtstreuung) beruhen. Diese Messgeräte sind als optische Partikelzählerspektrometer (OPC) und als optische Aerosolspektrometer, Aerosolpartikelzähler (APC) oder Lichtstreuungszähler für luftgetragene Partikel bekannt.

7.2.2 Größenbereich der OPC-Probenahme

Der/die OPC(s) hat/haben die Aufgabe, einzelne Aerosolpartikel im Bereich von 0,3 µm bis 3,0 µm als Mindestprüfdatensatz oder 0,3 µm bis 10,0 µm als vollen Datensatz zu zählen und zu vermessen. Der Zählabscheidegrad des OPC muss bei 0,3 µm großen Partikel $\geq 50\%$ betragen.

7.2.3 OPC-Partikelgrößenbereiche

Der OPC muss über mindestens acht logarithmisch angeordnete Partikelgrößenkanäle für den Mindestprüfdatensatz oder zwölf logarithmisch angeordnete Partikelgrößenkanäle für den vollen Prüfdatensatz verfügen. Für jeden der folgenden Größenbereiche müssen mindestens drei Partikelgrößenkanäle vorhanden sein: 0,3 µm bis 1,0 µm, 1,0 µm bis 3,0 µm und 3,0 µm bis 10,0 µm. Die Grenzen der Partikelgrößenkanäle müssen bei 0,3 µm, 1,0 µm, 3,0 µm und 10,0 µm liegen. Die empfohlenen Grenzen der Partikelgrößenkanäle werden in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 — Empfohlene OPC-Partikelgrößenbereichsgrenzen

Größenbereich	Untere Grenze μm	Obere Grenze μm	Geometrische mittlere Partikelgrößengrenze μm
1	0,30a	0,40	0,35
2	0,40	0,55	0,47
3	0,55	0,70	0,62
4	0,70	1,00a	0,84
5	1,00a	1,30	1,14
6	1,30	1,60	1,44
7	1,60	2,20	1,88
8	2,20	3,00a	2,57
9	3,00a	4,00	3,46
10	4,00	5,50	4,69
11	5,50	7,00	6,20
12	7,00	10,0a	8,37
^a Obligatorische Kanalgrenzen			

7.2.4 Größenauflösung

Die Größenauflösung des OPC muss $\leq 8\%$ betragen (Standardabweichung/Mittelwert) und nach ISO 21501-1 ermittelt werden. Die Auflösung ist mit einer Partikelgröße des Größenbereichs $0,5\ \mu\text{m}$ bis $0,7\ \mu\text{m}$ zu ermitteln.

7.2.5 Kalibrierung

Der OPC ist nach ISO 21501-1 zu kalibrieren. Die Kalibrierung ist mit monodispersen NIST-rückführbaren PSL durchzuführen. Die Kalibrierung muss mit mindestens einem Partikeldurchmesser aus jedem der Bereiche $0,3\ \mu\text{m}$ bis $0,4\ \mu\text{m}$, dem größten Kanal des zu prüfenden Bereichs (entweder $2,20\ \mu\text{m}$ bis $3,00\ \mu\text{m}$ für den Mindestprüfdatensatz oder $7,00\ \mu\text{m}$ bis $10,00\ \mu\text{m}$ für den vollen Prüfdatensatz) und mit mindestens vier anderen zwischenliegenden Größen erfolgen. Die Partikelgrößenkalibrierung des OPC muss mindestens einmal jährlich durchgeführt werden.

7.2.6 Volumenstrom

Bei einer Änderung des Probenluftdrucks um $1\ 000\ \text{Pa}$ ($4,0\ \text{Inch H}_2\text{O}$) dürfen Änderungen des Einlassvolumenstroms 2% nicht überschreiten.

7.2.7 Nullzählung

Die insgesamt ermittelte Partikelzählrate muss weniger als 10 Partikel je Minute betragen, wenn die Probenentnahme durch den OPC mit einem HEPA-Filter mit hohem Wirkungsgrad an der Probenaufnahme erfolgt.

7.2.8 Duale Partikelzähler

Wenn duale Partikelzähler (einer an der anströmseitigen Probenentnahme und einer an der abströmseitigen Probenentnahme) verwendet werden, müssen sie identische Modelle sein, so dass sie in ihrer Gestaltung und ihrem Probenahmeverfahrenstrom nahezu gleich sind.

7.3 Temperatur, relative Luftfeuchte

Das Temperaturmessgerät muss eine Fehlergrenze von ± 1 °C (1,8 °F) aufweisen. Das Messgerät für die relative Luftfeuchte muss eine Fehlergrenze von ± 2 % aufweisen. Die Messgeräte für die Temperatur und die relative Luftfeuchte sind jährlich zu kalibrieren.

8 Qualifikation des Prüfstands und der Prüfvorrichtung

8.1 Anforderungen an Qualifikationsprüfungen

8.1.1 Allgemeines

Die Qualifikationsprüfungen der Vorrichtungen müssen quantitativ nachweisen, dass der Prüfstand und die Probenahmeverfahren geeignet sind, den Fraktionsabscheidegrad und Strömungswiderstand verlässlich zu ermitteln. Instandhaltungsprüfungen helfen, das System in einem guten Betriebszustand zu erhalten. Zusätzliche Reinigung und Instandsetzungsmaßnahmen, die bei jeder normalen Labortätigkeit nötig sind, sind über die Angaben in Abschnitt 8 hinaus ebenfalls erforderlich.

8.1.2 Qualifikationsprüfung

Eine Qualifikationsprüfung des gesamten Systems muss alle zwei Jahre erfolgen oder eher, wenn Veränderungen an dem System vorgenommen werden, die zu Leistungsveränderungen führen können, wie beispielsweise der Wechsel einer wesentlichen Komponente des Systems. Es wird empfohlen, die Qualifikationsprüfung nach der in Tabelle 3 aufgelisteten Reihenfolge vorzunehmen.

Eine Veränderung des Systems, die eine erneute Qualifizierung zur Folge hätte, wäre unter anderem: Austausch des Gebläses, Verändern der Prüfstandabmessungen, Umpositionierung des/der OPC(s), Generatoren etc. Auch sollte diese Reihenfolge dem Anwender erlauben, die Notwendigkeit potentieller Nachprüfungen aufgrund von Modifikationen zu reduzieren, die notwendig sein können, um bestimmte Teilbereiche der Qualifikationsprüfungen zu bestehen. Wenn beispielsweise die Antwortzeit des Aerosolgenerators unbekannt ist, können beim Versuch, die Einheitlichkeitsprüfung für Aerosole zu bestehen, Probleme entstehen.

8.1.3 Dokumentierung der Qualifikation

Der für den Prüfstand Verantwortliche muss jederzeit den Qualifikationsprüfbericht zur Verfügung haben, in dem die Ergebnisse der jüngsten Qualifikationsprüfung dokumentiert sind.

Tabelle 3 — Anforderungen an Qualifikationsprüfungen

Qualifikationsprüfung	Unter- abschnitt von diesem Teil der ISO 16890	Anforderung
Prüfstand — Drucksystemprüfung	8.2.1	Keine Druckveränderung
OPC — Volumenstrom-Stabilitätsprüfung	8.2.2	<5 % des festgelegten Probenahmevolumenstroms <2 % zwischen U/S und D/S
OPC — Nullprüfung	8.2.3	<10 Partikel von 0,30 µm bis 10,0 µm je Minute
OPC – Genauigkeit der Größenbestimmung	8.2.4	Relatives Maximum im entsprechenden Kanal
OPC — Überlastungsprüfung	8.2.5	Kein vorbestimmter Wert
Übereinstimmung Referenzaerosole ^a	6,3	< 2 %-Punkte in jedem Kanal
Aerosolgenerator — Antwortzeit	8.2.6	Kein vorbestimmter Wert
Aerosolgenerator — Neutralisierer	8.2.7.1	Radioaktivität muss erkannt werden
Aerosolneutralisierer — Zeitergebnisse	8.2.7.2	Bei Verringerung austauschen
Aerosolneutralisierer — Verifikation der radioaktiven Lebensdauer	8.2.7.3	Quellstärke der neuen Quelle dokumentieren, Restlebensdauer > 185 Mbq (5mCi)
Aerosolneutralisierer — Radioaktivität vorhanden	8.2.7.4	
Aerosolneutralisierer — Koronaentladungsstrom	8.2.7.6	≥3 µA
Aerosolneutralisierer — gleichgewichtige Ionenfreisetzung	8.2.7.7	Messwert von nahezu Null
Prüfstand — Prüfung auf Luftundichtigkeiten	8.2.8	<1 %
Prüfstand — Gleichmäßigkeit der Luftgeschwindigkeit	8.2.9	CV < 10 %
Prüfstand — Aerosolgleichmäßigkeit	8.2.10	CV < 15 %
Prüfstand — abströmseitige Mischung	8.2.11	CV < 10 %
Prüfstand — Druck im leeren Probenabschnitt	8.2.12	< 5 Pa (0,02 inch H ₂ O)
Prüfstand — Prüfung auf 100 % Abscheidegrad	8.2.13	> 99 % für alle Partikelgrößen
Prüfstand — Korrelationsverhältnis	8.2.14	0,30 µm bis 1,0 µm: 0,90 bis 1,10 1,0 µm bis 3,0 µm: 0,80 bis 1,20 3,0 µm bis 10,0 µm: 0,70 bis 1,30
^a Diese Prüfung ist erforderlich, wenn für einen Partikelgrößenbereich ein Aerosol verwendet wird, das kein Referenzaerosol ist.		

8.2 Qualifikationsprüfung

8.2.1 Prüfstand — Drucksystemprüfung

8.2.1.1 Protokoll für die Drucksystemprüfung

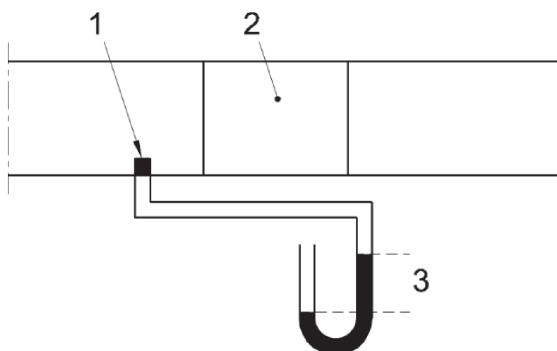
Die Prüfung muss mit kalibrierten Druckmessgeräten oder dem in Bild 8 beschriebenen System durchgeführt werden. Die Druckprobenahmestellen im Prüfstand müssen sehr sorgfältig verschlossen werden, damit sie einem negativen Druck von 5 000 Pa (20,0 inch H₂O) standhalten. Zudem muss/müssen der/die Drucksensor(en) ausgeschaltet werden. Jede Leitung der einzelnen Druckprobenahmestellen muss mit dem negativen Druck überprüft werden.

Zudem müssen alle mit dem System verbundenen Drucksensoren mit dem vom Hersteller zugelassenen Maximaldruck überprüft werden. Diese Prüfung muss nacheinander an allen Druckleitungen durchgeführt werden, die mit dem Prüfstand verbunden sind.

ANMERKUNG Mit der Drucksystemprüfung wird belegt, dass die zur Druckmessung im Prüfstand genutzten Leitungen, Verbinder und Vorrichtungen die Genauigkeit der Volumenstrom- oder Strömungswiderstandsermittlungen nicht wesentlich beeinflussen.

8.2.1.2 Ergebnisse der Drucksystemprüfung

Bei keiner Probenahmeleitung oder Sensoranschlussstelle darf nach 30 s der Prüfung eine Druckveränderung vom angewendeten Druckwert auftreten.



Legende

- 1 verschlossener Druckeinlass
- 2 Probenabschnitt
- 3 $\Delta p = 5\,000\text{ Pa}$ (20,0 inch H₂O)

Bild 8 — Drucksystemprüfung

8.2.2 OPC — Volumenstrom-Stabilitätsprüfung

8.2.2.1 Protokoll für die Volumenstrom-Stabilitätsprüfung

Zwischen dem anströmseitigen und abströmseitigen Partikelmesspunkt ist eine Filtrationsvorrichtung mit sehr hohem Strömungswiderstand oder eine perforierte Platte zu installieren, die einen Strömungswiderstand von mindestens 1 000 Pa (4,0 inch H₂O) erzeugt, wenn der Prüfstand mit einem Volumenstrom von 0,944 m³/s (2 000 ft³/min) durchströmt wird.

An der anströmseitigen und abströmseitigen Probenahmestelle ist der Probevolumenstrom aus dem Prüfstand zu ermitteln.

Wenn eine sekundäre Probenahmeeinrichtung eingesetzt wird, müssen der Volumenstrom aus dem Prüfstand und der Volumenstrom zum OPC einzeln überprüft werden. Der Probevolumenstrom durch den OPC kann entweder durch Messen des Volumenstroms am Abluftauslass oder am Einlass sowohl an der anströmseitigen als auch an der abströmseitigen Probenahmestelle ermittelt werden.

8.2.2.2 Ergebnisse der Volumenstrom-Stabilitätsprüfung

Der Volumenstrom aus dem Prüfstand muss an den anströmseitigen und abströmseitigen Positionen der Probenahme innerhalb von 5 % des festgelegten Probenahmestroms liegen. Die Differenz der Probenahmestroms aus dem Prüfstand an den an- und abströmseitigen Probenahmeleitungen darf nicht mehr als 2 % betragen.

Der Volumenstrom des OPC mit an- und abströmseitigen Messpunkten muss innerhalb von 5 % des festgelegten Volumenstroms des Messgeräts liegen. Die Differenz der Probevolumenströme in den OPC aus den an- und abströmseitigen Probenahmeleitungen darf nicht mehr als 2 % betragen.

ANMERKUNG Unterschiedliche Probenahmestroms durch den/die OPC(s) können die Messfähigkeiten während einer Prüfung erheblich verändern. Die Erhöhung des Strömungswiderstands im Prüfstand verstärkt dieses potenzielle Problem.

8.2.3 OPC — Nullprüfung

8.2.3.1 Protokoll für die Nullprüfung

Für jeden OPC im System ist ein Filter mindestens mit HEPA-Abscheidegrad direkt am Einlass des Messgeräts zu installieren und eine einminütige Zählung durchzuführen.

8.2.3.2 Ergebnisse der Nullprüfung

Die Nullzählung des/der OPC(s) muss im Größenbereich $0,30\ \mu\text{m}$ bis $10\ \mu\text{m} < 10,0$ Partikel je Minute ergeben.

ANMERKUNG Durch die OPC-Nullprüfung kann schnell ermittelt werden, ob Instandsetzungsmaßnahmen am OPC erforderlich sind.

8.2.4 OPC – Genauigkeit der Größenbestimmung

8.2.4.1 Protokoll für die Überprüfung der Genauigkeit der Größenbestimmung

Die Genauigkeit der Größenbestimmung durch den/die OPC(s) ist zu überprüfen, indem eine Probe eines Aerosols, das monodisperse Polystyrenlatexkugeln (PSL) mit bekannter Partikelgröße enthält, genommen wird.

ANMERKUNG OPC(s) ermitteln die Partikelanzahl und die entsprechende optische Partikelgröße. Die angezeigte Partikelgröße hängt stark von der Kalibrierung des OPC ab. Prüfungen mit PSL-Partikel an der Unter- und Obergrenze des Partikelgrößenbereichs des OPC sind besonders aufschlussreich.

8.2.4.2 Prüfergebnisse der Genauigkeit der Größenbestimmung

Im OPC-Kanal, der den PSL-Durchmesser erfasst, muss sich eine relative Maximalpartikelzählung ergeben. Dieses Ergebnis soll keine OPC-Kalibrierung darstellen, sondern nur eine einfache Genauigkeitsprüfung des OPC.

8.2.5 OPC — Überlastungsprüfung

8.2.5.1 Allgemeines

OPCs können die Partikelkonzentrationen zu gering angeben, wenn ihre Konzentrationsgrenze (CL) überschritten wird. Daher muss die CL des verwendeten OPC bekannt sein. Die bei den Prüfungen verwendete maximale Aerosolkonzentration muss dann ausreichend unter der CL gehalten werden, sodass aus der Koinzidenz resultierende Zählfehler 5 % nicht übersteigen.

ANMERKUNG Der ermittelte Fraktionsabscheidegrad im Partikelgrößenbereich von 0,30 µm bis 0,40 µm sinkt oft, wenn die Konzentration den OPC überlastet.

8.2.5.2 Protokoll für die Überlastungsprüfung

Mit einer Reihe Prüfaerosolkonzentrationen sind eine Reihe Anfangsfraktionsabscheidegradprüfungen durchzuführen, um für die Fraktionsabscheidegradprüfung ein Gesamtkonzentrationsniveau festzulegen, das den/die OPC(s) nicht überlastet. Wenn die anströmseitige Konzentration im Prüfstand nicht reduziert werden kann, kann eine Verdünnungseinrichtung verwendet werden, um die Aerosolkonzentration unter die CL des OPC zu senken. Über die Verdünnungseinrichtung müssen in diesem Fall an- und abströmseitige Proben genommen werden, um Fehler auszuschließen, die aus Unsicherheiten im Wert des Verdünnungsfaktors entstehen. Das niedrigste Gesamtkonzentrationsniveau muss weniger als 1 % des festgelegten Gesamtkonzentrationsniveaus des Messgeräts betragen. Die Prüfungen sind nach den in 9.3 angegebenen Verfahren an einem Mediumluftfilter mit einer Reihe anströmseitigen Aerosolkonzentrationen durchzuführen. Die Prüfungen sind bei 0,944 m³/s (2 000 ft³/min) durchzuführen. Die für diese Prüfung ausgewählten Filter müssen für den Partikelgrößenbereich von 0,30 µm bis 0,40 µm einen Anfangsfraktionsabscheidegrad im Bereich von 30 % bis 70 % und für den Partikelgrößenbereich von 7,0 µm bis 10 µm > 90 % aufweisen. Das Aerosol für diese Prüfungen ist mit der in 9.3 angegebenen Einrichtung und nach den genannten Verfahren zu erzeugen.

8.2.5.3 Ergebnisse der Überlastungsprüfung

Die Prüfungen sind über eine ausreichende Breite an Gesamtprüfkonzentrationen von Aerosolen durchzuführen, um nachzuweisen, dass der/die OPC(s) bei der vorgesehenen Prüfkonzentration nicht überlastet wird/werden. Die ermittelten Filtrationsabscheidegrade sollten über die Konzentrationsbreite, bei der es nicht zu Überlastung kommt, gleich sein.

8.2.6 Aerosolgenerator — Antwortzeit

8.2.6.1 Antwortzeit des Aerosolgenerators — Messprotokoll

Das Zeitintervall, das benötigt wird, damit die Aerosolkonzentration von einem Hintergrundniveau auf ein stabiles Prüfniveau gelangt, muss ermittelt werden. Die Prüfung ist mit einem Volumenstrom von 0,944 m³/s (2 000 ft³/min) durchzuführen; die Probenahme durch den OPC muss an der anströmseitigen Probenahmesonde erfolgen. Analog dazu ist das Zeitintervall zu ermitteln, das benötigt wird, damit das Aerosol nach Ausschalten des Generators wieder auf das Hintergrundniveau zurückkehrt.

ANMERKUNG Die Antwortzeit des Aerosolgenerators bestimmt die Länge der Zeitverzögerung, die zum Erreichen eines stabilen Prüfzustands benötigt wird. Um sicherzustellen, dass sich die Aerosolkonzentration vor dem Beginn der an-/abströmseitigen Probenahme während der Filterprüfung über einen ausreichend langen Zeitraum stabilisieren kann.

Zum Ermitteln der Antwortzeiten von Flüssigaerosol-Generatoren ist der Aerosolgenerator nach 6.1.4 und der OPC nach 7.2 zu verwenden. Diese Prüfung ist mit dem Generator für feste Aerosole nach 6.2.4 zu wiederholen.

8.2.6.2 Ergebnisse der Antwortzeiten des Aerosolgenerators

Diese Zeitintervalle sind als Mindestwartezeit zwischen (a) dem Einschalten des Aerosolgenerators und dem Beginn der OPC-Probenahme und (b) dem Ausschalten des Aerosolgenerators und dem Beginn der OPC-Probenahme für die Bestimmung der Hintergrundaerosolkonzentrationen zu verwenden.

8.2.7 Aerosolgenerator — Neutralisierer

8.2.7.1 Protokoll für die Prüfung der Aerosolneutralisierung

Die Aktivität der Alpha- oder Betastrahlungsquelle ist mit einem angemessenen Strahlungsdetektor zu überprüfen. Wenn ein Koronaentladungsisolator verwendet wird, sollte dieser mindestens über einen Koronastrom von 3 µA verfügen und er muss gleichgewichtig sein, so dass er gleiche Menge positiver und negativer Ionen erzeugen kann.

ANMERKUNG Bei der Prüfung von Filtern mit Fest aerosolen kann die elektrostatische Ladung der Aerosole die Prüfergebnisse beeinflussen. Daher muss das feste Aerosol neutralisiert werden.

8.2.7.2 Aerosolneutralisierer — Zeitergebnisse

Die Messung ist jährlich zu wiederholen und mit vorangegangenen Messungen zu vergleichen, um zu bestimmen, ob eine erhebliche Verringerung der Aktivität stattgefunden hat. Neutralisierer mit zu geringer Aktivität sind nach den Empfehlungen des Herstellers zu ersetzen.

8.2.7.3 Aerosolneutralisierer — Verifikation der radioaktiven Lebensdauer

Es muss basierend auf der ursprünglichen Radioaktivität der Quelle, der radioaktiven Halbwertszeit der Quelle und der Zeit, die seit der Herstellung vergangen ist, verifiziert werden, dass die momentane Radioaktivität der Quelle über 185 MBq (5 mCi) liegt.

$$Ra = Ra_0 \times 2^{-\frac{t}{t_{0,5}}} > 185 \text{ MBq (5 mCi)} \quad (1)$$

Dabei ist

Ra momentane Radioaktivität der Quelle, MBq (mCi);

Ra_0 ursprüngliche Radioaktivität der Quelle (zum Zeitpunkt der Herstellung), MBq (mCi);

t verstrichene Zeit seit Herstellung (Jahre);

$t_{0,5}$ Halbwertszeit der Quelle (Jahre).

8.2.7.4 Aerosolneutralisierer — Radioaktivität vorhanden

Ein Strahlungsdetektor ist einzusetzen, um zu bestätigen, dass eine Radioaktivität im Neutralisierer vorliegt.

8.2.7.5 Aerosolneutralisierer — Reinigung des Neutralisierers

Radioaktive Aerosolneutralisierer müssen mindestens alle 2 Wochen gereinigt werden. Bei KCl-Aerosol ist mit Wasser abzuspülen. Bei Ölaerosol ist ein geeignetes Lösemittel zu benutzen.

8.2.7.6 Aerosolneutralisierer — Koronaentladungsstrom

Die Aerosolneutralisierer-Stromstärke für die Koronaentladung ist als Teil der Qualifikation und als Teil jedes Tests zu messen. Die Koronastromstärke muss mindestens 3 µA betragen.

8.2.7.7 Aerosolneutralisierer — gleichgewichtige Ionenfreisetzung

Mindestens alle 2 Wochen muss überprüft werden, dass der Neutralisierer gleichgewichtig Ionen freisetzt. Dazu ist der Neutralisierer vom Sprühturm zu demontieren, die Zuleitung der trocknenden Luft darf jedoch nicht abgetrennt werden. Der Neutralisierer ist 300 mm von jeglichen Objekten entfernt zu positionieren, mit Ausnahme des kleinen Tragarms, der sich an der Seite oder Rückseite des Neutralisierers befindet. Es ist eine Lufttrocknung mit einem Volumenstrom von $1,9 \text{ dm}^3/\text{s}$ ($4 \text{ ft}^3/\text{min}$) durchzuführen. Ein statisches Voltmeter ist 305 mm (12,0 inch) vor den Neutralisierer, mittig in den Luftstrom zu halten, der aus dem Neutralisierer ausströmt. Falls einstellbar, dann ist die Freisetzung positiver und negativer Ionen so anzupassen, dass ein Messwert von nahezu Null erzielt wird. Wenn die Freisetzung positiver oder negativer Ionen eingestellt wurde, ist die Messung der Stromstärke für die Koronaentladung zu wiederholen, um zu bestätigen, dass die Mindestkoronaströmstärke noch erreicht wird.

8.2.7.8 Aerosolneutralisierer — Reinigung der Koronaentladungsquelle

Die Koronaentladungspunkte müssen mindestens alle 2 Wochen überprüft und gereinigt werden, falls notwendig.

ACHTUNG — Vor der Reinigung der Koronaentladungsquelle ist die Ionenquelle von der Stromversorgung zu trennen; die Sicherheitshinweise des Herstellers sind zu beachten.

8.2.8 Prüfstand — Prüfung auf Luftundichtigkeiten

8.2.8.1 Allgemeines

Im Prüfstand kann entweder mit einem Luftstrom mit negativem oder positivem Druck geprüft werden. Wenn mit positivem Druck geprüft wird (d. h. der Ventilator befindet sich auf der Anströmseite des HEPA-Filters im Prüfstand), können das Prüfaerosol und der Aufgabestaub in den Raum gelangen; bei der Prüfung mit negativem Druck (d. h. der Ventilator befindet sich auf der Abströmseite des abströmseitigen HEPA-Filters) können Partikel in das Prüfsystem dringen. Wenn die Leckrate des Prüfstands nicht äußerst gering ist, können beide Durchführungsvarianten die Prüfergebnisse beeinträchtigen.

8.2.8.2 Protokoll für die Prüfung auf Luftundichtigkeiten

Der Prüfstand muss am Anfang des $610 \text{ mm} \times 610 \text{ mm}$ ($24,0 \text{ inch} \times 24,0 \text{ inch}$) großen Abschnitts und anströmseitig unmittelbar vor dem Abluftfilter verschlossen werden, indem eine robuste Platte mit Dichtring oder eine andere geeignete Vorrichtung an der Prüfstandöffnung angebracht wird. Diese Dichtungen können auf einem weiteren Abstand im Prüfstand verteilt werden, jedoch nicht geringer als angegeben. Auch bei größeren Längen des Prüfstands muss das System die gleichen Bestimmungen zu Undichtigkeiten erfüllen. Um den Druck für die Prüfung auf Undichtigkeiten zu erzeugen, ist der Druck an der Stelle der Aerosoleinleitung zu ermitteln, wenn der Prüfstand mit Volumenströmen von $0,236 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,944 \text{ m}^3/\text{s}$, und $1,416 \text{ m}^3/\text{s}$ ($500 \text{ ft}^3/\text{min}$, $2\,000 \text{ ft}^3/\text{min}$ und $3\,000 \text{ ft}^3/\text{min}$) betrieben wird und keine Probe installiert ist. Um die Prüfdrücke zu ermitteln, sind 250 Pa ($1,0 \text{ inch H}_2\text{O}$) als zusätzlicher Widerstand eines Luftfilters zu den gemessenen Werten zu addieren.

8.2.8.3 Ergebnisse der Prüfung auf Luftundichtigkeiten

Die Menge an Luft, welche in den Prüfstand eintritt, muss vorsichtig gemessen werden, bis der niedrigste Prüfdruck erreicht ist. Der zur Aufrechterhaltung eines konstanten Drucks erforderliche Volumenstrom ist als Leckrate zu ermitteln und zu dokumentieren. Die Prüfung ist dann mit den beiden anderen Prüfdrücken zu wiederholen. Die ermittelten Leckraten dürfen 1,0 % des entsprechenden Prüfvolumenstroms nicht übersteigen. Der nach diesem Teil von ISO 16890 höchste erwartete Druck beträgt $3\,200 \text{ Pa}$ ($13 \text{ inch H}_2\text{O}$). Aus Gründen der persönlichen Sicherheit muss bei der Durchführung der Prüfung vorsichtig vorgegangen und der Prüfstand nicht mit einem zu hohen Druck belastet werden.

8.2.9 Prüfstand — Gleichmäßigkeit der Luftgeschwindigkeit

8.2.9.1 Parameter der Luftgeschwindigkeit

Die Gleichmäßigkeit der Prüfluftgeschwindigkeit über den Prüfstandquerschnitt ist durch eine 9-Punkt-Traverse zu ermitteln (Bild 9), die im 610 mm × 610 mm (24,0 inch × 24,0 inch) großen Prüfstand anströmseitig unmittelbar vor dem Probenabschnitt zu installieren ist, ohne dass sich darin eine Probe befindet. Die Gleichmäßigkeitsprüfung ist mit Volumenströmen von 0,236 m³/s, 0,944 m³/s und 1,416 m³/s (500 ft³/min, 2 000 ft³/min und 3 000 ft³/min) durchzuführen. Die Geschwindigkeiten müssen mit einem Messgerät mit einer Mindestgenauigkeit von 10 % und einer Mindestauflösung von 0,05 m/s (10 ft/min) ermittelt werden.

ANMERKUNG Wenn der Prüfstand nicht von einem Luftstrom mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durchströmt wird, können die Ergebnisse der Prüfungen des Strömungswiderstands und Fraktionsabscheidegrads eine höhere Variabilität aufweisen als erwartet.

8.2.9.2 Protokoll für die Luftgeschwindigkeitsmessung

An jedem Durchflussspunkt ist eine Minute lang die Durchschnittsgeschwindigkeit zu ermitteln (Bild 9). Der Durchschnitt muss auf mindestens zehn Messungen beruhen, die in gleichen Intervallen während des einminütigen Zeitabschnitts durchgeführt werden. Die Durchströmung ist zweimal zu wiederholen, um für jeden Punkt dreifach einminütige Durchschnittswerte für den festgelegten Volumenstrom zu erhalten. Der Durchschnitt der dreifachen Messungen an jedem Punkt ist zu errechnen.

8.2.9.3 Ergebnisse der Luftgeschwindigkeitsmessung

Der *CV* (wobei *CV* der Variationskoeffizient ist, errechnet als Standardabweichung/Mittel) der neun entsprechenden Durchschnittswerte der Luftgeschwindigkeit an den Durchflussspunkten muss für jeden Volumenstrom weniger als 10 % betragen.

Der Variationskoeffizient *CV* errechnet sich wie folgt:

$$CV = \frac{\delta}{mean} \quad (2)$$

Dabei ist

δ die Standardabweichung des Durchschnitts der neun Messpunkte;

mean der Mittelwert der neun Messpunkte.

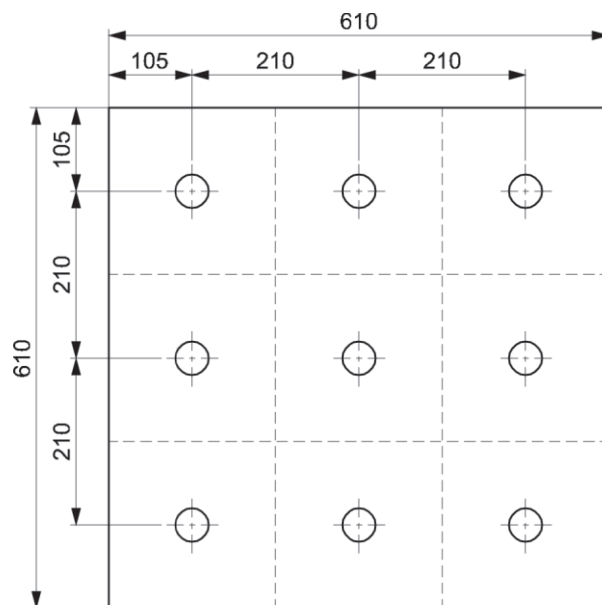


Bild 9 — Messpunkte für die Gleichmäßigkeitsprüfung von Luftgeschwindigkeit und Aerosol

8.2.10 Prüfstand — Aerosolgleichmäßigkeit

8.2.10.1 Parameter der Aerosolgleichmäßigkeit

Die Gleichmäßigkeit der Prüfaerosolkonzentration über den Prüfstandquerschnitt ist durch eine 9-Punkt-Traverse im 610 mm × 610 mm (24,0 inch × 24,0 inch) großen Prüfstand anströmseitig unmittelbar vor der Probenposition, wie in Bild 9 dargestellt, zu überprüfen.

Die Messungen an der Traverse sind mit Volumenströmen von 0,236 m³/s, 0,944 m³/s und 1,416 m³/s (500 ft³/min, 2 000 ft³/min und 3 000 ft³/min) durchzuführen. Die Durchströmungsprüfung ist durch Umpositionieren einer einzigen Sonde durchzuführen, sodass an jedem der neun Durchflusspunkte die Probenahmeleitungen gleich angeordnet bleiben. Die Einlassdüse der Probenahmesonde muss konisch und scharfkantig sein und die Bestimmungen in 7.1.7.2 für die isokinetische Entnahme bei 0,944 m³/s (2 000 ft³/min) erfüllen. Für alle Volumenströme ist der gleiche Durchmesser der Einlassdüse zu verwenden.

ANMERKUNG Wenn die Aerosolverteilung im Prüfstand nicht gleichmäßig ist, können die Ergebnisse der Prüfungen des Fraktionsabscheidegrads eine höhere Variabilität aufweisen als erwartet.

8.2.10.2 Protokoll für die Aerosolgleichmäßigkeit

An jedem Durchflusspunkt ist bei aktivem Aerosolgenerator mindestens eine Minute lang eine Probe zu nehmen. Wenn an allen neun Punkten Proben genommen wurden, ist die Durchströmung viermal zu wiederholen, um von jedem Punkt fünffache Proben zu erhalten. Aus den fünf Werten für jeden Punkt ist dann für jeden der 12 OPC-Größenkanäle der Durchschnittswert zu ermitteln. Die Messungen sind mit einem OPC durchzuführen, der die in 7.2 genannten Bestimmungen erfüllt. Die Anzahl der in einer einzigen Messung gezählten Partikel eines bestimmten Größenbereichs muss >100 betragen, um statistische Fehler zu reduzieren. Wenn bei einer Prüfung feste und flüssige Aerosole verwendet werden, müssen beide Aerosoleinrichtungen diese Qualifikationsanforderungen erfüllen.

8.2.10.3 Ergebnisse der Prüfung auf Aerosolgleichmäßigkeit

Der CV der entsprechenden Partikelkonzentrationen der neun Durchflussspunkte muss für jeden Volumenstrom in jedem der 12 OPC-Größenkanäle weniger als 15 % betragen.

Der Variationskoeffizient CV ist für jeden Partikelgrößenbereich für jeden Volumenstrom wie folgt zu errechnen:

$$CV_{ps} = \frac{\delta_{ps}}{mean_{ps}} \quad (3)$$

Dabei ist

δ_{ps} die Standardabweichung (der neun Messpunkte) für einen Partikelgrößenbereich ps ;

$mean_{ps}$ der Mittelwert der neun Messpunkte für einen Partikelgrößenbereich ps .

8.2.11 Prüfstand — abströmseitige Mischung

8.2.11.1 Parameter der abströmseitigen Mischung

Die Stelle der Aerosoleinleitung abströmseitig unmittelbar hinter dem Probenabschnitt ist durch die in Bild 10 dargestellten Durchflussspunkte zu durchströmen. Die abströmseitige Probenahmesonde muss fest an ihrer Probenahmestelle im Mittelpunkt des Prüfstands bleiben. Ein HEPA-Filter mit Oberflächenabmessungen von 610 mm × 610 mm (24,0 inch × 24,0 inch) ist zu installieren, damit an der Auslassöffnung des Probenabschnitts ein möglichst gleichmäßiger Luftstrom vorhanden ist.

Die Messungen der abströmseitigen Mischung sind bei Volumenströmen von 0,236 m³/s, 0,944 m³/s und 1,416 m³/s (500 ft³/min, 2 000 ft³/min und 3 000 ft³/min) durchzuführen. Ein Vernebler zerstäubt eine KCl-Wasser-Lösung (im Verhältnis von 300 g KCl zu 1 000 ml Wasser) zu einem Aerosol vorrangig mit der Größe von Mikrometerbruchteilen. Am Verneblerauslass ist eine starre Verlängerungsleitung anzubringen, die lang genug ist, um jeden der Einleitungspunkte erreichen zu können. Am Auslass der Leitung muss sich eine rechtwinklige Biegung befinden, sodass die Aerosoleinleitung in Richtung des Luftstroms erfolgen kann. Die Einleitungssonde muss zur Abströmseite hin ausgerichtet sein. Die Einleitung des Aerosols erfolgt innerhalb von 250 mm (10,0 inch) unmittelbar abströmseitig nach dem HEPA-Filter an vorausgewählten Punkten um den Querschnittsumfang des Prüfstandes herum, mittig im Prüfstand, wie in Bild 10 dargestellt. Der Volumenstrom durch den Vernebler und der Durchmesser des Auslasses der Zugabeleitung sind so anzupassen, dass die Luftgeschwindigkeit bei der Einleitung innerhalb ± 50 % der mittleren Prüfstandgeschwindigkeit liegt. Die abströmseitige Aerosolkonzentration muss als Gesamtaerosolkonzentration > 0,30 µm gemessen werden.

ANMERKUNG 1 Auf der Abströmseite ist eine Mischungsprüfung durchzuführen, um sicherzustellen, dass den Luftfilter (Medium oder Rahmen) durchdringendes Aerosol durch die abströmseitige Probenahmeeinrichtung erfassbar ist.

ANMERKUNG 2 Beim Vernebler ist ein beliebiges Gerät denkbar, welches ein stabiles Aerosol im Submikrometer-Bereich produziert. Dabei muss es sich nicht um denselben Aerosolgenerator handeln, der zur Erzeugung des 0,30-µm-bis 10,0-µm-Prüfaerosols für die Abscheidegradprüfung verwendet wird. Ein kleiner, tragbarer Vernebler vereinfacht den Durchflussprozess.

ANMERKUNG 3 Die Kombination aus (a) der Bewertung der abströmseitigen Konzentration als Gesamtkonzentration > 0,30 µm und (b) der Verwendung eines tragbaren Verneblers vereinfachen und beschleunigen die Durchführung der Prüfung erheblich; gleichzeitig können weiterhin inadäquate abströmseitige Mischungen festgestellt werden.

8.2.11.2 Protokoll für die abströmseitige Mischung

An der abströmseitigen Sonde ist bei eingeschaltetem Vernebler und der am ersten Einleitungspunkt angebrachten Zugabeleitung eine Minute lang eine Probe zu nehmen. Die Zugabeleitung ist dann am nächsten Einleitungspunkt zu positionieren. Eine neue einminütige Probe muss nach einer Wartezeit von mindestens 30 s genommen werden. Das Verfahren ist so lange zu wiederholen, bis an allen neun Einleitungspunkten insgesamt dreimal Proben genommen wurden, sodass für den festgelegten Volumenstrom an jedem Punkt dreifache Messwerte vorliegen. Der Durchschnitt der dreifachen Messungen an jedem Punkt ist zu errechnen.

8.2.11.3 Ergebnisse der abströmseitigen Mischung

Der CV der entsprechenden Partikelkonzentrationen der neun Einleitungspunkte muss für jeden Volumenstrom in jedem der zwölf OPC-Größenbereiche weniger als 10 % betragen. Wenn der erforderliche Mischungsgrad der abströmseitigen Aerosolmischung nicht erreicht wird, ist zu überprüfen, ob die abströmseitige Mischblende und die perforierte Platte korrekt gefertigt und zentriert sind. Zudem ist sicherzustellen, dass der Vernebler gleichmäßige Aerosolmengen ausgibt, indem das Aerosol in der Mitte des Prüfstands eingeleitet wird und auf der Abströmseite wiederholt Proben genommen werden. Die Aerosolausgabe des Verneblers ist ggf. zu stabilisieren und die Mischungsprüfung auf der Abströmseite zu wiederholen.

Der Variationskoeffizient CV ist für jeden Partikelgrößenbereich für jeden Volumenstrom wie folgt zu errechnen:

$$CV_{ps} = \frac{\delta_{ps}}{mean_{ps}} \quad (4)$$

Dabei ist

δ_{ps} die Standardabweichung (der neun Messpunkte) für einen Partikelgrößenbereich ps ;

$mean_{ps}$ der Mittelwert der neun Messpunkte für einen Partikelgrößenbereich ps .

Maße in Millimeter

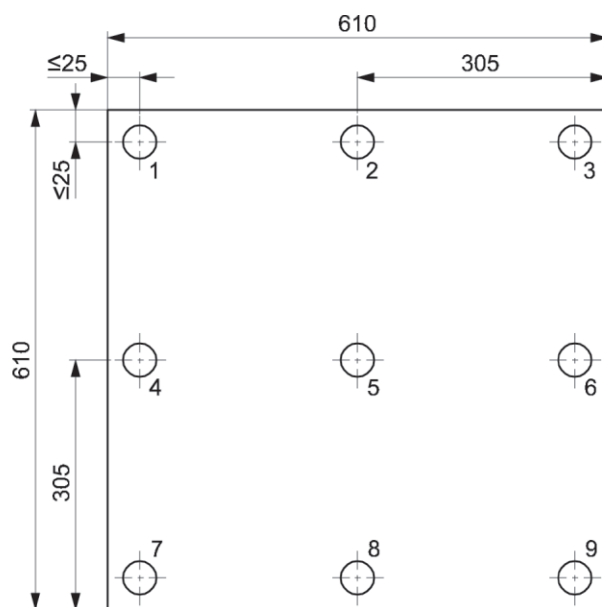


Bild 10 — Abströmseitige Einleitungspunkte der Aerosolmischung