

DIN EN ISO 21083-1



ICS 91.140.30

**Prüfverfahren zur Messung der Effizienz von Luftfiltrationsmedien gegen
sphärische Nanomaterialien –
Teil 1: Partikelgrößenbereich von 20 nm bis 500 nm (ISO 21083-1:2018);
Deutsche Fassung EN ISO 21083-1:2018**

Test method to measure the efficiency of air filtration media against spherical nanomaterials –
Part 1: Size range from 20 nm to 500 nm (ISO 21083-1:2018);
German version EN ISO 21083-1:2018

Méthode d'essai pour mesurer l'efficacité des médias de filtration d'air par rapport aux
nanomatériaux sphériques –
Partie 1: Spectre granulométrique de 20 nm à 500 nm (ISO 21083-1:2018);
Version allemande EN ISO 21083-1:2018

Gesamtumfang 66 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 21083-1:2018) 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 Raumlufttechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI (Italien) gehalten wird.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Arbeitsausschuss NA 060-09-21 AA „Luftfilter“ im Fachbereich „Allgemeine Lufttechnik“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Luftfiltern sowie aus Forschungs- und Prüfinstituten waren an der Erarbeitung beteiligt.

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

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

ISO 5725-2	siehe	DIN ISO 5725-2
ISO 16890-1	siehe	DIN EN ISO 16890-1
ISO 16890-2	siehe	DIN EN ISO 16890-2
ISO 29461-1	siehe	DIN EN ISO 29461-1
ISO 29464	siehe	DIN EN 14799

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 5725-2, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen — Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens*

DIN EN 14799, *Luftfilter für die allgemeine Luftreinigung — Terminologie*

DIN EN ISO 16890-1, *Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik — Teil 1: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem basierend auf Feinstaub (PM)*

DIN EN ISO 16890-2, *Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik — Teil 2: Ermittlung des Fraktionsabscheidegrades und des Durchflusswiderstandes*

DIN EN ISO 29461-1, *Luftfiltereinlasssysteme von Rotationsmaschinen — Prüfverfahren — Teil 1: Statische Filterelemente*

Deutsche Fassung

Prüfverfahren zur Messung der Effizienz von
Luftfiltrationsmedien gegen sphärische Nanomaterialien —
Teil 1: Partikelgrößenbereich von 20 nm bis 500 nm
(ISO 21083-1:2018)

Test method to measure the efficiency of air filtration
media against spherical nanomaterials —
Part 1: Size range from 20 nm to 500 nm
(ISO 21083-1:2018)

Méthode d'essai pour mesurer l'efficacité des médias de
filtration d'air par rapport aux nanomatériaux sphériques —
Partie 1: Spectre granulométrique de 20 nm à 500 nm
(ISO 21083-1:2018)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 19. November 2018 angenommen.

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

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

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole und Abkürzungen	8
4 Kurzbeschreibung	10
5 Prüfmaterialien	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Flüssigphasen-Aerosol	11
5.2.1 DEHS-Prüfaerosol	11
5.2.2 Erzeugung von Flüssigphasen-Aerosol	11
6 Prüfaufbau	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Festlegungen des Prüfaufbaus	14
6.2.1 Aerosolerzeugungssystem	14
6.2.2 Rohre	14
6.2.3 Trockner	14
6.2.4 DEMC	15
6.2.5 Ausgeglichene Ladungsverteilung und Neutralisierung von Aerosolpartikeln	17
6.2.6 Neutralisierung von Aerosolpartikeln	17
6.2.7 Zuluftleitung	20
6.2.8 Zusammenbau der Prüffiltermediumhalterung	20
6.2.9 CPC	21
6.2.10 Endfilter	24
6.3 Ausführlicher Prüfaufbau für die Verwendung von DEHS-Partikeln	24
6.4 Bestimmung der Filtermediumgeschwindigkeit	25
7 Qualifizierung des Prüfstands und des Geräts	26
7.1 CPC-Prüfungen	26
7.1.1 CPC — Stabilitätsprüfung des Volumenstroms	26
7.1.2 CPC — Nullprüfung	26
7.1.3 CPC — Überlastprüfung	27
7.1.4 Kalibrierung der Zählgenauigkeit	27
7.2 DEMC-Prüfungen	29
7.3 Qualifizierung der Aerosolneutralisierung	30
7.3.1 Allgemeines	30
7.3.2 Qualifizierung der Neutralisierung durch Prüfung der durch den Neutralisator strömenden Fraktion der Partikel mit mehrfacher Ladung	30
7.3.3 Qualifizierung des Aerosolneutralisators unter Verwendung des Ausgangs mit Koronaentladungsausgleich	30
7.3.4 Qualifizierung der Neutralisierung nach ISO/TS 19713-1	31
7.4 Systemleckprüfungen	31

7.4.1	Luftleckprüfungen.....	31
7.4.2	Sichterkennung durch Kaltrauch	31
7.4.3	Druckbeaufschlagung des Prüfsystems	31
7.4.4	Anwendung von Filtermedien mit hohem Wirkungsgrad.....	31
7.5	Gleichmäßigkeit der Prüfaerosolkonzentration	31
8	Durchführung der Prüfung	32
8.1	Bestimmung des Korrelationsverhältnisses/Nullwirkungsgradprüfung	32
8.2	Protokoll der Filtrationswirkungsgradmessung.....	33
8.2.1	Vorbereitende Prüfungen	33
8.2.2	Gerätevorbereitung.....	33
8.2.3	Aerosolgenerator	33
8.2.4	Aerosolgenerator — Neutralisator	34
8.2.5	Neutralisierung des Filtermediums.....	35
8.2.6	Neutralisierung des Filtermediums nach ISO 29461-1	36
8.2.7	Messung des Luftdurchflusses.....	38
8.2.8	Messung des Druckabfalls.....	38
8.2.9	Nullzählprüfung	38
8.2.10	Luftleckprüfung	39
8.2.11	Lastwirkungsprüfung	39
8.2.12	Angegebene Werte	39
8.2.13	Messung des Filtrationswirkungsgrads — DEHS-Partikel.....	39
8.3	Auswertung der Prüfung	41
8.4	Messprotokoll für eine Probe — Zusammenfassung	41
8.4.1	Anwendung eines CPC zur Messung der Partikelkonzentrationen vor und hinter dem Filter	41
8.4.2	Anwendung von zwei CPC zur Messung der Partikelkonzentrationen vor und hinter dem Filter	43
9	Instandhaltungsaspekte	44
10	Messunsicherheiten	45
11	Angabe der Ergebnisse.....	46
11.1	Allgemeines	46
11.2	Erforderliche Berichtselemente	46
11.2.1	Allgemeines	46
11.2.2	Berichtszusammenfassung.....	46
11.2.3	Berichtsdetails.....	48
Anhang A (informativ) Instrumentenspezifikationen.....		52
Anhang B (informativ) Statistische Analyse der Genauigkeit eines Experiments (nach ISO 5725-2)		56
B.1	Allgemeines	56
B.2	Terminologie.....	57
B.3	Verfahren.....	57
B.3.1	Allgemeines	57
B.3.2	Untersuchung der Prüfergebnisse auf Konsistenz und Ausreißer	57
B.3.3	Berechnung des allgemeinen Mittelwerts und der Varianz	59
Anhang C (informativ) Sichere Anwendung von IPA.....		61
Anhang D (informativ) Sichere Handhabung radioaktiver Geräte		62
Literaturhinweise.....		63

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 21083-1:2018) 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.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandates erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 21083-1:2018 wurde von CEN als EN ISO 21083-1:2018 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen 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 CEN/TC 195 „Luftfilter für die allgemeine Luftreinigung“ des Europäischen Komitees für Normung (CEN) in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 142 „Cleaning equipment for air and other gases“ in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Wiener Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen der ISO und der CEN erstellt.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 21083 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

Nanoobjekte sind einzelne Stücke Material mit einem, zwei oder drei Außenmaßen im Nanomaßstab (siehe ISO/TC 80004-2) und Bausteine aus Nanowerkstoffen. Der Begriff „Nanopartikel“ bezeichnet Partikel mit mindestens einer Größe unter 100 nm und im Allgemeinen einer höheren Mobilität als größere Partikel. Aufgrund ihrer höheren Mobilität und größeren spezifischen Oberfläche, die Raum für chemische Oberflächenreaktionen bietet, können sie ein schwerwiegenderes Gesundheitsrisiko darstellen als größere Partikel. Partikuläre Luftverschmutzung mit einer hohen Nanopartikelkonzentration kann daher zu einer erhöhten schädlichen Wirkung auf die menschliche Gesundheit und einer erhöhten Mortalitätsrate führen (siehe Literaturhinweis [17]).

Mit der zunehmenden Bedeutung von Nanomaterialien und Nanopartikeln kommt auch der Filtration von Nanoschwebstoffpartikeln eine größere Bedeutung zu. Die Aerosolfiltration kann für verschiedene Anwendungen wie etwa Luftverschmutzungskontrolle, Emissionsreduzierung, Atemschutz für Menschen und die Verarbeitung von Gefahrstoffen eingesetzt werden. Der Filterwirkungsgrad kann durch Messungen der Prüfpartikelkonzentrationen vor und hinter dem Filter bestimmt werden. Die Partikelkonzentration kann auf der Masse, der Oberfläche oder der Anzahl basieren. Unter diesen ist die Zahlenkonzentration der empfindlichste Parameter für Nanopartikelmessung. Moderne Instrumente ermöglichen genaue Messungen der Partikelzahlkonzentration in der Luft und daher eine genaue Bestimmung des fraktionalen Filtrationswirkungsgrads. Das Verständnis des Filtrationswirkungsgrads bei Nanopartikeln ist wichtig in Programmen zur Beseitigung von Nanopartikeln und verbessert daher in einem größeren Zusammenhang die allgemeine Qualität der Umgebung, einschließlich der Arbeitsumgebung.

Es gibt eine große Anzahl an Normen für die Luftfilterprüfung, etwa die Normenreihen ISO 29463 oder ISO 16890. Der Größenbereich der Prüfpartikel in der Normenreihe ISO 29463 liegt zwischen 0,04 µm und 0,8 µm. Der Fokus liegt auf der Messung des Mindestwirkungsgrads bei der Partikelgröße im Abscheidegradminimum (MPPS). Der Größenbereich der Prüfpartikel in der Normenreihe ISO 16890 liegt zwischen 0,3 µm und 10 µm. Das Ziel der Normenreihe ISO 21083 ist es, die Verfahren zur Bestimmung des Wirkungsgrads von in den häufigsten Luftfiltrationsprodukten verwendeten Filtermedien aller Klassen zu standardisieren und legt den Fokus auf den Filtrationswirkungsgrad von Nanoschwebstoffpartikeln, besonders im einstelligen Nanometer-Größenbereich.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Prüfinstrumente und Prüfverfahren für die Bestimmung des Filtrationswirkungsgrads von planen Filtermedien gegen Nanoschwebstoffpartikel im Größenbereich zwischen 20 nm und 500 nm fest. Die Prüfverfahren in diesem Dokument sind auf kugelförmige oder fast kugelförmige Partikel beschränkt, um Unsicherheiten aufgrund der Partikelform zu vermeiden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 5167 (alle Teile), *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full*

ISO 5725-2, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*

ISO 15900, *Determination of particle size distribution — Differential electrical mobility analysis for aerosol particles*

ISO 27891, *Aerosol particle number concentration — Calibration of condensation particle counters*

ISO 29463-1, *High-efficiency filters and filter media for removing particles in air — Part 1: Classification, performance, testing and marking*

ISO 29464, *Cleaning of air and other gases — Terminology*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5725-2, ISO 15900, ISO 27891 und ISO 29464.

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/>

3.2 Symbole und Abkürzungen

3.2.1 Symbole

Symbol	Definition
A	Quellenstärke der radioaktiven Quelle
A_0	ursprüngliche Quellenstärke der radioaktiven Quelle
A_f	Effektive Filtrationsoberfläche
C_{up}	Partikelkonzentration vor dem Filtermedium
$C_{up,i}$	Konzentration von Partikeln mit der i -ten monodispersen Größe vor dem Filtermedium
C_{down}	Partikelkonzentration hinter dem Filtermedium
$C_{down,i}$	Konzentration von Partikeln mit der i -ten monodispersen Größe hinter dem Filtermedium
C_{ni}	Partikelkonzentration nach dem zweiten DEMC für Partikeln mit i Ladung(en)
d_d	Durchmesser des Anfangströpfchens einschließlich des Lösungsmittels
d_p	Durchmesser des Prüfpartikels nach vollständiger Verdampfung des Lösungsmittels
E	Filtrationswirkungsgrad des Prüffiltermediums
E_i	Filtrationswirkungsgrad des Prüffiltermediums gegen Partikel mit der i -ten monodispersen Größe
e	Elektronenladung
φ_v	Volumenfraktion des DEHS in der Lösung
$t_{0,5}$	Halbwertszeit der radioaktiven Quelle
N_{up}	Gesamtzahl der Partikel vor dem Filtermedium innerhalb eines bestimmten benutzerdefinierten Zeitintervalls
$N_{up,i}$	Zahl der Partikelzählungen mit der i -ten monodispersen Größe vor dem Filtermedium innerhalb eines bestimmten benutzerdefinierten Zeitintervalls
N_{down}	Gesamtzahl der Partikel hinter dem Filtermedium innerhalb eines bestimmten benutzerdefinierten Zeitintervalls
$N_{down,i}$	Zahl der Partikelzählungen mit der i -ten monodispersen Größe hinter dem Filtermedium innerhalb eines bestimmten benutzerdefinierten Zeitintervalls
N_{ni}	Gesamtzahl der Partikel nach dem zweiten DEMC für Partikel mit i Ladung(en)
n_p	Anzahl der Elementarladungen
P	Teilpenetration des Prüffiltermediums
P_i	Teilpenetration von Partikeln mit der i -ten monodispersen Größe für das Prüffiltermedium
P_m	Penetration mit dem Filtermedium vor Anwendung des Korrelationsverhältnisses
$P_{m,i}$	gemessene Penetration gegen Partikel mit der i -ten monodispersen Größe bei in dem Filtermediumhalter installiertem Filtermedium und vor Anwendung des Korrelationsverhältnisses

Symbol	Definition
q	Durchflussmenge durch das Filtermedium
q_e	Volumenstrom durch das Elektrometer
R	Korrelationsverhältnis
R_i	Korrelationsverhältnis für die i -te monodisperse Partikelgröße, ermittelt als Penetration ohne Filtermedium
R_{es}	Widerstand des Widerstandskörpers
t	Zeit
v_f	Filtermediumgeschwindigkeit
V	Spannung
x	Volumen der Prüfluft
α	Winkel für den Übergangsabschnitt im Filtermediumhalter
Δp	Druckabfall über das Filtermedium
E_0	Anfangspartikelwirkungsgrad der Medienprobe
ΔE_c	Differenz des Partikelwirkungsgrads zwischen E_0 und konditionierte Wirkungsgrad der Medienprobe
λ	radioaktive Zerfallskonstante von $0,693/t_{0,5}$

3.2.2 Abkürzungen

AC	Wechselstrom (en: Alternating Current)
CAS	Chemical Abstracts Service
CL	Konzentrationsgrenzwert (en: Concentration Limit)
CPC	Kondensationspartikelzähler (en: Condensation Particle Counter)
DEHS	Di(2-ethylhexyl)-Sebacat
DEMC	differentieller elektrischer Mobilitätsklassierer (en: Differential Electrical Mobility Classifier)
DMAS	differentielles Mobilitätsanalysator-System (en: Differential Mobility Analysing System)
HEPA	Hochleistungsschwebstofffilter (en: High Efficiency Particulate Air)
KR	Krypton
IPA	Isopropanol
MPPS	Partikelgröße im Abscheidegradminimum (en: Most Penetrating Particle Size)
Po	Polonium
PSL	Polystyrol-Latex
RH	Relative Feuchte (en: Relative Humidity)
SRM	Normreferenzmaterial (en: Standard Reference Material)

4 Kurzbeschreibung

Der Filtrationswirkungsgrad des Filtermediums wird durch die Messung der Partikelzahlkonzentration vor und hinter dem Filtermedium bestimmt. Die Teilpenetration P steht für den Teil der Aerosole, der den Filter passieren kann, definiert als:

$$P = C_{\text{down}}/C_{\text{up}} \quad (1)$$

dabei sind C_{down} und C_{up} die Partikelkonzentrationen respektive vor und hinter dem Filtermedium. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Partikelzahlen vor und hinter dem Filtermedium über ein bestimmtes benutzerdefiniertes Zeitintervall und Probenahmenvolumen zu messen. In diesem Fall entspricht die Penetration dem Verhältnis zwischen der Zahl N_{down} und der Zahl N_{up} vor dem Filter:

$$P = N_{\text{down}}/N_{\text{up}} \quad (2)$$

Der Filtermediumwirkungsgrad E ist die durch den Filter entfernte Fraktion der Aerosolpartikel:

$$E = 1 - P \quad (3)$$

Der Wirkungsgrad des Filtermediums hängt von der Größe des Belastungspartikels ab. Wenn die Prüfung mit einer Anzahl monodisperser Partikel unterschiedlicher Größe durchgeführt wird, kann der Ausdruck für die Penetration von Partikeln mit der i -ten monodispersen Größe P_i geschrieben werden als:

$$P_i = C_{\text{down},i}/C_{\text{up},i} \quad (4)$$

dabei sind $C_{\text{up},i}$ und $C_{\text{down},i}$ die Konzentration der Partikel mit der i -ten monodispersen Größe respektive vor und nach dem Filtermedium. Wenn die Messung mit der Partikelzahl durchgeführt wird, kann P_i geschrieben werden als:

$$P_i = N_{\text{down},i}/N_{\text{up},i} \quad (5)$$

dabei sind $N_{\text{up},i}$ und $N_{\text{down},i}$ die Zahl der Partikelzählungen mit der i -ten monodispersen Größe respektive vor und nach dem Filtermedium im selben benutzerdefinierten Zeitintervall und Probenahmenvolumen. Dementsprechend ist der Filtrationswirkungsgrad E_i des Prüffiltermediums gegen die Partikel mit der i -ten monodispersen Größe:

$$E_i = 1 - P_i \quad (6)$$

Das Prüfaerosol aus dem Aerosolgenerator wird konditioniert (z. B. Verdampfung des Lösungsmittels) und anschließend neutralisiert. Die Partikel werden gegebenenfalls homogen mit der gefilterten Prüfluft gemischt, um die gewünschte Konzentration und die gewünschte Durchflussmenge zu erzielen, bevor die Partikel zur Belastung des Prüffilters verwendet werden.

Eine Probe des planen Filtermediums wird in einer Prüffilterbaugruppe befestigt und dem Prüfluftstrom mit der vorgeschriebenen Strömungsgeschwindigkeit des Filtermediums ausgesetzt. Proben der Teilflüsse des Prüfaerosols (Strom, mit dem die CPS arbeitet) werden vor und hinter dem Filtermedium entnommen und die Teilpenetration wird anhand der Partikelzahlkonzentrationen vor und hinter dem Filter oder der Gesamtzahl in benutzerdefinierten Zeitintervallen bestimmt. Darüber hinaus erfolgt die Messung des Spannungsabfalls über das Filtermedium mit der vorgeschriebenen Filtermediumgeschwindigkeit.

Zusätzliche Geräte sind erforderlich, um den absoluten Druck, die Temperatur und die relative Feuchte der Prüfluft zu ermitteln. Es wird auch für die Messung und Kontrolle des Prüfvolumenstroms benötigt.

5 Prüfmateriellen

5.1 Allgemeines

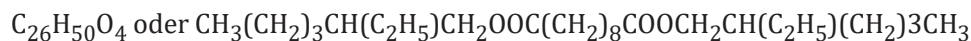
Jedes zur Prüfung der Filterleistung nach diesem Prüfverfahren verwendete Aerosol darf nur so lange über einen Prüfabschnitt eingeführt werden, wie für die Prüfung der Filtrationsleistungseigenschaften des Prüffiltermediums benötigt wird, ohne die Filtrationsleistungseigenschaften des betreffenden Filtermediums aufgrund der Belastung, der Ladungsneutralisierung oder anderer physikalischer oder chemischer Reaktionen zu verändern.

5.2 Flüssigphasen-Aerosol

5.2.1 DEHS-Prüfaerosol

Flüssiges DEHS-Prüfaerosol wird beispielsweise weithin zur Prüfung von Filtern angewendet. DEHS-Aerosole sind kugelförmig. Experimente, die durch den Vergleich von DEHS-Tröpfchen und massiven Silbernanopartikeln im Größenbereich von 20 nm bis 30 nm durchgeführt wurden, zeigten vergleichbare Filtrationswirkungsgrade mit den Unterschieden unter 8 % auf [19].

DEHS/DES/DOS – Formel:



DEHS-Eigenschaften:

Dichte	912 kg/m ³
Schmelzpunkt	225 K
Siedepunkt	529 K
Flammpunkt	> 473 K
Dampfdruck	1,9 × 10 ⁻⁶ Pa bei 273 K
Refraktionsindex	1,450 bei 600 · 10 ⁻⁹ m Wellenlänge
Dynamische Viskosität	0,022 Pa·s bis 0,024 Pa s
CAS-Nummer	122-62-3

5.2.2 Erzeugung von Flüssigphasen-Aerosol

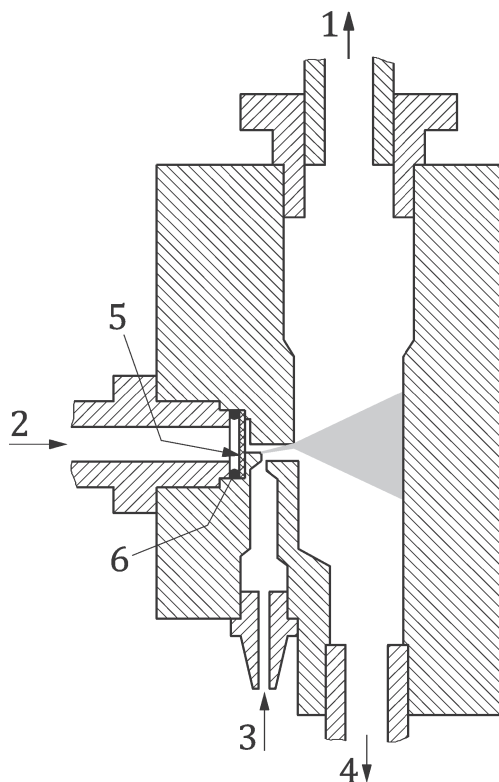
5.2.2.1 Kurzbeschreibung und Festlegungen

Das Prüfaerosol muss aus unbehandeltem DEHS in einem geeigneten Lösungsmittel (z. B. IPA) oder anderen Flüssigphasen-Prüfaerosolen in Übereinstimmung mit den Festlegungen des Herstellers bestehen.

Bild 1 zeigt ein Beispiel für ein System zur Aerosol-Erzeugung. Im Einzelnen dehnt sich hier Druckluft durch eine Drosselblende zu einem Strahl mit hoher Geschwindigkeit aus. Die Flüssigkeit wird durch einen vertikalen Durchgang in den Zerstäuber gezogen und durch den Strahl zerstäubt. Große Tröpfchen werden durch Aufprall auf die Wand gegenüber dem Strahl entfernt und überschüssige Flüssigkeit am Boden des Zerstäuberblocks abgeleitet. Feines Spray tritt durch eine auf der Oberseite angebrachte Armatur aus dem Zerstäuber aus.

Jeder andere Generator, der in der Lage ist, Tröpfchen mit einer Mindestkonzentration von ungefähr 1 000 Partikeln je Kubikzentimeter im Partikelgrößenbereich zwischen 20 nm und 500 nm zu erzeugen, kann verwendet werden. Die Festlegungen der verschiedenen Zerstäuber sind als Beispiele in Anhang A, Tabelle A.1 angegeben.

Vor der Prüfung muss die Konzentration vor dem Filter auf einen stabilen Zustand mit einer Konzentration in dem von dem Partikelzähler messbaren Bereich eingestellt werden.



Legende

- 1 Aerosolaustritt
- 2 Drucklufteintritt
- 3 Flüssigkeitseintritt
- 4 überschüssige Flüssigkeit in geschlossenem Behälter
- 5 Loch
- 6 O-Ring

Bild 1 — Schematische Darstellung der Zerstäuberbaugruppe

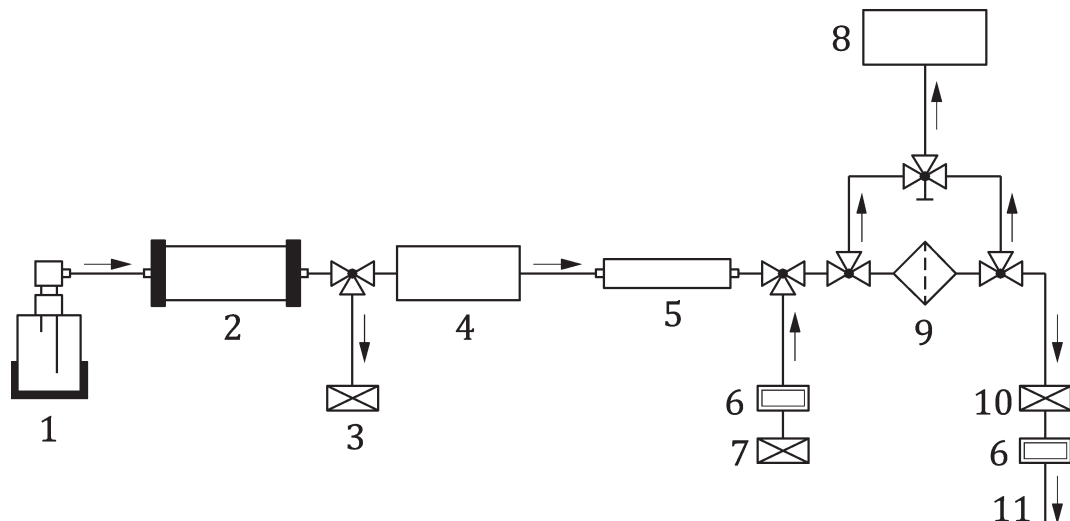
5.2.2.2 Instandhaltung des Zerstäubers

Der Zerstäuber muss sauber und frei von Rost gehalten werden. Auch wenn die meisten Zerstäuberteile aus Edelstahl bestehen, werden diese durch Lösungen wie etwa Natriumchlorid korrodiert. In diesem Fall wird empfohlen, die Zerstäuberbaugruppe zu reinigen und zu trocknen.

6 Prüfaufbau

6.1 Allgemeines

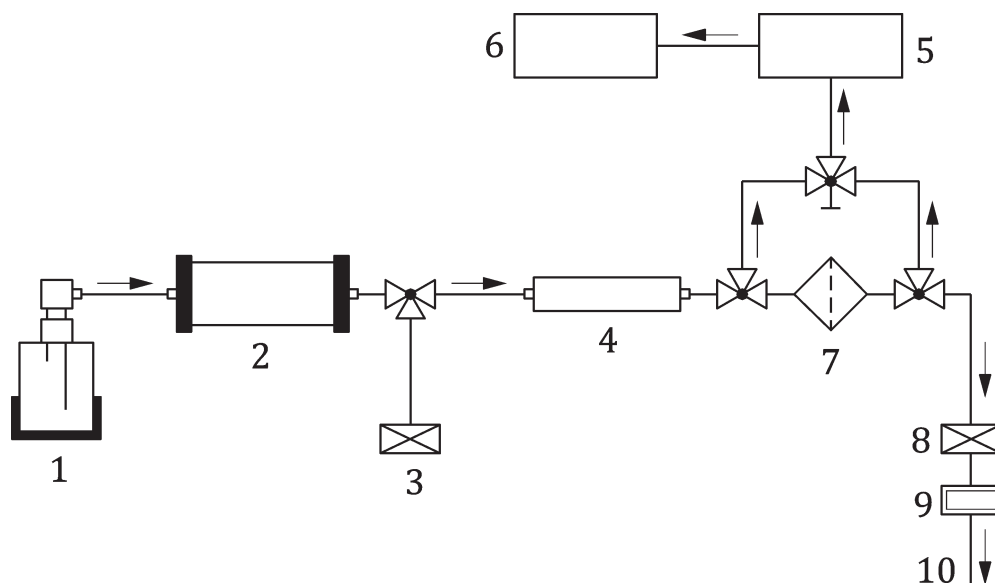
Der Prüfaufbau für monodisperse Belastungspartikel wird in Bild 2 und für polydisperse Belastungspartikel in Bild 3 wiedergegeben. Im Fall monodisperser Belastungspartikel besteht der Prüfaufbau aus drei Abschnitten: dem Abschnitt, der die Aerosolpartikel erzeugt (der den Aerosolgenerator enthält), dem Partikelklassierungsabschnitt (der den DEMC enthält) und dem Partikelmessabschnitt (der den CPC enthält). Im Fall polydisperser Belastungspartikel muss die Partikelklassierung nach der Probenahme des Aerosols aus dem Abschnitt vor und hinter dem Filter erfolgen.



Legende

1 Zerstäuber	7 Zuluft mit HEPA-Filter
2 Diffusionstrockner	8 CPC
3 überschüssiger Durchfluss mit HEPA-Filter	9 Filtermediumhalter
4 DEMC	10 HEPA-Filter auf der Abblaseleitung
5 Neutralisator	11 Vakuum
6 Durchflussregler	

Bild 2 — Prüfaufbau für monodisperse Belastungspartikel



Legende

1	Zerstäuber	6	CPC
2	Diffusionstrockner	7	Filtermediumhalter
3	Durchflussmengenkompensation durch HEPA-Filter	8	HEPA-Filter auf der Abblaseleitung
4	Neutralisator	9	Durchflussregler
5	DEMC	10	Vakuum

Bild 3 — Prüfaufbau unter Anwendung polydisperser Partikel, um einen größen aufgelösten Filtrationswirkungsgrad zu erhalten

6.2 Festlegungen des Prüfaufbaus

6.2.1 Aerosolerzeugungssystem

Das Aerosolerzeugungssystem wird in 5.2.2 angegeben.

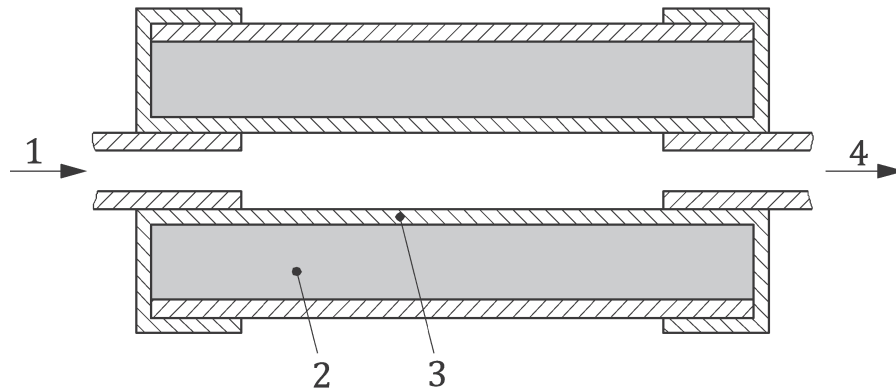
6.2.2 Rohre

Rohre müssen aus elektrisch leitfähigem Material (Edelstahl, Silikonrohr mit Carbonummantelung usw.) bestehen, um Partikelverluste durch elektrostatische Absetzung zu minimieren. Darüber hinaus muss die Länge der Rohre minimiert werden, um Partikelverluste durch Diffusion zu minimieren. Die vor- und nachgelagerten Probenahmeleitungen müssen die gleiche Nenngeometrie und das gleiche Material haben.

6.2.3 Trockner

6.2.3.1 Kurzbeschreibung

Wenn Aerosol durch Zerstäubung erzeugt wird, kann den aus dem Zerstäuber austretenden Partikeln Lösungsmittel anhaften, das verdampft werden muss. Ein Ansatz hierfür besteht darin, das Aerosol durch einen Diffusionstrockner zu leiten. Der Trockner in diesem Dokument bezieht sich auf ein Gerät, das den Dampfdruck des Lösungsmittels in dem durch das Zerstäubungsverfahren hergestellten Prüfaerosoldurchfluss reduzieren kann. Der Diffusionstrockner besteht aus einem porösen Rohr, in dem die Luft durch eine Bettung aus Adsorptionsmaterial wie etwa Kieselgel strömt. Der Lösungsmitteldampf in der Luft hat ein hohes Diffusionsvermögen und kann durch das Material in dem Diffusionstrockner adsorbiert werden. Beispielsweise kann Kieselgel IPA adsorbieren, das als Lösungsmittel für DEHS in Zerstäubern verwendet werden kann (siehe Literaturhinweis [26]). Ein Kieselgel-Trockner ist in Bild 4 dargestellt.



Legende

- 1 Aerosoleintritt
- 2 ringförmiger Raum mit adsorptiven Material, zur Reduzierung des Dampfdrucks des Lösungsmittels, z. B. Kieselgel
- 3 inneres Rohr aus Drahtsiebgewebe
- 4 Aerosoldurchfluss mit reduzierter Menge des Lösungsmitteldampfs

Bild 4 — Diffusionstrockner

6.2.3.2 Instandhaltung

Um eine Teildruckreduzierung des Lösungsmittels sicherzustellen, darf das adsorptive Material nicht gesättigt sein. Wenn Kieselgel angewendet wird, muss es regelmäßig regeneriert werden, bis durch umfassende Nutzung und Aufbereitungszyklen die Funktion verloren geht.

6.2.4 DEMC

6.2.4.1 Kurzbeschreibung und Festlegungen

Das DMAS besteht hauptsächlich aus einem bipolaren Ladegerät, das die Ladungen der Partikel neutralisiert, einem Regler, der den Durchfluss und die Hochspannung regelt, einem DEMC (siehe Bild 5), der die Partikel auf der Grundlage ihrer elektrischen Mobilität separiert, einem Partikeldetektor, der Rohre verbindet, einem Computer und geeigneter Software. Der DEMC muss in der Lage sein, Partikel im Größenbereich zwischen 20 nm und 500 nm zu klassifizieren und die in 7.2 festgelegten Qualifizierungsverfahren zu erfüllen. Im Fall eines unipolaren ladegerätbasierten Instruments muss der geeignete Größenbereich bei dem Hersteller erfragt werden, um Fehler durch multiple Ladungswirkung zu vermeiden. Die Verluste der kleinsten Partikel aufgrund von Diffusion innerhalb des Belastungsbereichs müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Weitere Informationen siehe ISO 15900.

DEMC Grundsätze sind die folgenden:

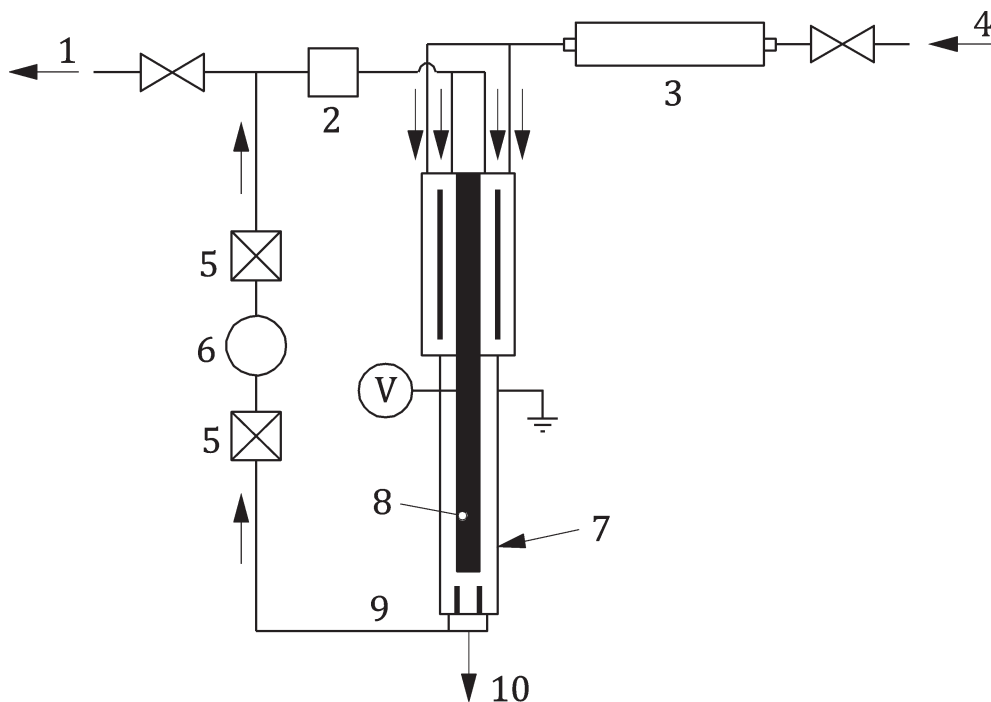
Partikel werden in die Öffnung eines Hohlrohrs eingeführt. Ein kreisförmiges elektrisches Feld wird über die Außenwände dieses Rohrs und eine zentrale Elektrode aufrechterhalten. Wenn die geladenen Partikel durch das Rohr strömen, werden sie aufgrund des elektrischen Felds von der zentralen Elektrode angezogen. Die Partikel werden durch Öffnungen in der zentralen Elektrode entfernt.

Kleine Partikel benötigen schwache elektrische Felder, um sie zu der zentralen Elektrode zu bewegen. Größere Partikel benötigen stärkere Felder. Durch die Einstellung des elektrischen Felds werden daher Partikel mit einer bekannten Größe zu der Öffnung in dem zentralen Stab gezogen und zur Messung entfernt. Auf diese Weise können Partikel in einem engen Größenbereich für jede Spannungseinstellung extrahiert werden. Die Enge des Größenbereichs wird hauptsächlich durch die Geometrie und die Gleichmäßigkeit der Luftströmung in der Vorrichtung bestimmt. Durch die schrittweise Veränderung der Spannung oder elektrischen Feldstärke in einem bestimmten Bereich kann die Anzahl der Partikel mit verschiedenen Größen in der Probe gemessen und die Partikelgrößenverteilung der Probe bestimmt werden.

Alternativ, da der DEMC Partikel nach ihrer elektrischen Mobilitäten klassiert, und wenn die Anzahl der Ladungen eines Partikels bekannt ist, kann dies genutzt werden, um monodisperse von polydispersen Partikeln zu trennen. In diesem Messverfahren werden Prüfpartikel zunächst generiert und dann durch einen Neutralisator geschickt. Anschließend haben die Prüfpartikel eine ausgeglichene Boltzmann-Ladungsverteilung. In diesem Fall stellen die einfach geladenen Partikel die größte Fraktion der geladenen Partikel dar (siehe 7.3.2 für ausführliche Informationen). Darüber hinaus kann die Größenverteilung so gesteuert werden, dass sich die monodisperse Zielpartikelgröße in dem rechten Bereich des Modus der Partikelgrößenverteilung befindet (siehe 8.2.13 für ausführliche Informationen). Unter diesen sorgfältig überwachten Bedingungen ist es möglich, ein DEMS zu verwenden, um monodisperse Partikel in einem Größenbereich von 20 nm bis 500 nm zu klassifizieren. (Siehe ISO 15900 für ausführliche Informationen.)

Ein für die in diesem Dokument vorgeschriebenen Verfahren geeigneter DEMC muss in der Lage sein, monodisperse Partikel in einem Größenbereich zwischen 20 und 500 nm mit einer geometrischen Standardabweichung von weniger als 1,10 zu separieren und zu liefern. Das Verhältnis zwischen der Manteldurchflussmenge und der Aerosoldurchflussmenge in den DEMC bestimmt grundsätzlich die Größenauflösung des DEMC. Ein höheres Verhältnis ermöglicht eine genauere Bemaßung und vermeidet eine übermäßige Diffusionsverbreiterung der Partikelgrößenverteilung, sodass eine bessere Monodispersität des aus dem DEMC austretenden Aerosols erreicht wird (siehe Literaturhinweis [11]). In der Praxis hat sich ein Verhältnis von mindestens 5 zwischen dem Manteldurchfluss und dem Aerosoldurchfluss als akzeptable Größenauflösung im betrachteten Größenbereich für die Filtrationsmessungszwecke erwiesen (siehe Literaturhinweis [18]). Die Festlegung von Spezifikationen für geeignete Geräte ist nicht vom Anwendungsbereich dieses Dokuments umfasst.

ANMERKUNG Für weitere Informationen zu DEMC-Grundsätze siehe ISO 15900.



Legende

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 Mantelluft | 7 Äußerer Zylinder |
| 2 Massendurchflussmessgerät | 8 Hochspannungsstab |
| 3 Neutralisator | 9 überschüssiger Durchfluss |
| 4 polydisperses Aerosol | 10 monodisperser Durchfluss |
| 5 HEPA-Filter | V Hochspannungsstromversorgung |
| 6 Pumpe | |

Bild 5 — Schematische DEMC-Darstellung

6.2.4.2 Instandhaltung

Der DEMC muss regelmäßig gereinigt werden, um sicherzustellen, dass er in Übereinstimmung mit den Festlegungen des Herstellers funktioniert. Wenn Aerosolablagerungen sich an den Elektroden oder anderen Komponenten des DEMC sammeln, kann dies zu einem elektrischen Ausfall der Hochspannung führen oder die Leistung der Einheit verändern. Das Instandhaltungsintervall muss den Empfehlungen des Herstellers für die Anwendung des Geräts folgen. Wenn das Instrument zur Lieferung des Aerosols verwendet wird, ist die Eingangsaerosolkonzentration üblicherweise hoch und der DEMC muss daher häufiger gereinigt werden. In Abwesenheit von Empfehlungen des Herstellers ist das Standardinstandhaltungsintervall in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Instandhaltungsaufgabe

	Betriebsstunden h
Reinigung des Aufprallgeräts	5 bis 50
Reinigung des Kollektorstabs und des äußeren Rohrs des DEMC	2 000
Reinigung des Dacron-Siebs des DEMC	2 000
Reinigung des bipolaren Ladegeräts	2 000
Austausch der Filterkerzen	2 000

6.2.5 Ausgeglichene Ladungsverteilung und Neutralisierung von Aerosolpartikeln

In der Atmosphäre sind Partikel aller Größen vorhanden. Die Ladung an der Population dieser Partikel erreicht durch den verlängerten Kontakt mit natürlich auftretenden bipolaren Ionen einen stabilen Zustand oder Ladungsgleichheit. Diese Partikel sind kollektiv nahezu neutral, d. h. die Anzahl der negativ und positiv geladenen Teilchen ist nahezu gleich. Tabelle 2 gibt die Ladungsverteilung für einige ausgewählte Partikelgrößen in diesem stabilen Zustand an. Die Ladungsverteilung im stabilen Zustand ist auch als Boltzmann-Ladungsverteilung bekannt.

6.2.6 Neutralisierung von Aerosolpartikeln

Der Prozess der Herstellung der ausgeglichenen Ladungsverteilung eines Aerosols oder Boltzmann-Verteilung wird oftmals auch als Neutralisierung des Aerosols bezeichnet. Der Begriff „neutralisiertes“ Aerosol bezieht sich in dem vorliegenden Dokument daher hauptsächlich auf Partikel mit ausgeglichener Ladungsverteilung und nicht auf vollständig ungeladene Partikel. Während einzelne Partikel eine oder mehrere Ladungen haben können, ist das Aerosol selbst neutral. Die Ladungsneutralisierung kann erreicht werden, indem das Aerosol einer hohen Konzentration bipolarer Ladungen über einen ausreichenden Zeitraum ausgesetzt wird, bis das Aerosol die ausgeglichene Ladungsverteilung erreicht hat. Es gibt verschiedene bipolare Ionenquellen einschließlich radioaktiver Quellen, die α -Partikel oder β -Strahlen produzieren, sowie Koronaentladungsquellen mit Wechselspannung und Röntgenstrahlen und weitere Quellen. Alternativ, wenn unipolare anstatt bipolarer Ionen verwendet werden, besteht der Prozess in der unipolaren Aufladung. Die unipolare Aufladung ist besonders nützlich bei der Weitergabe einer großen Anzahl von Ladungen der gewünschten Polarität an die Partikel.

Der Neutralisierungsprozess in dem bipolaren Ladegerät richtet sich nach dem Produkt aus der Ionenkonzentration und der Partikelverweilzeit. Wenn die Ionenkonzentration gering ist (z. B. aufgrund einer alten radioaktiven Quelle) oder die Verweildauer kurz ist (z. B. aufgrund einer hohen Durchflussmenge), erreichen die Partikel eventuell nicht die vollständige ausgeglichene Boltzmann-Ladungsverteilung. Aus diesem Grund ist es wichtig, den Wirkungsgrad der Neutralisierung zu prüfen.

Unterschiedliche Partikelerzeugungsverfahren erzeugen verschiedene Ladungsverteilungen. Ohne Neutralisierung kann sich der Unterschied in der Ladungsverteilung auf die Ergebnisse der Filtrationsprüfung auswirken. Aus diesem Grund muss der Neutralisator auf die Belastungspartikel angewendet werden, bevor diese in den Filtermediumhalter gelangen.

Tabelle 2 — Ausgegliche Verteilung (siehe Literaturhinweis [22])

Partikel- durchmesser nm	Mobilität (m ² /vs) x10 ⁻⁴	Anteil der Gesamtpartikelkonzentration mit dieser Ladungszahl (–6 bis +6)												
		–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6
2,21	4,22E-01	0	0	0	0	0	0,009 1	0,982 68	0,008 2	0	0	0	0	0
2,55	3,16E-01	0	0	0	0	0	0,010 5	0,980 07	0,009 4	0	0	0	0	0
2,94	2,38E-01	0	0	0	0	0	0,012 3	0,976 91	0,010 8	0	0	0	0	0
3,4	1,78E-01	0	0	0	0	0	0,014 4	0,973 1	0,012 5	0	0	0	0	0
3,92	1,34E-01	0	0	0	0	0	0,016 9	0,968 5	0,0146	0	0	0	0	0
4,53	1,01E-01	0	0	0	0	0	0,02	0,962 97	0,017	0	0	0	0	0
5,23	7,55E-02	0	0	0	0	0	0,023 7	0,956 34	0,019 9	0	0	0	0	0
6,04	5,68E-02	0	0	0	0	0	0,028 2	0,948 42	0,023 4	0	0	0	0	0
6,98	4,27E-02	0	0	0	0	0	0,033 5	0,939	0,027 5	0	0	0	0	0
8,06	3,21E-02	0	0	0	0	0	0,039 8	0,927 87	0,032 3	0	0	0	0	0
9,31	2,41E-02	0	0	0	0	0	0,047 2	0,914 8	0,038	0	0	0	0	0
10,75	1,82E-02	0	0	0	0	0	0,055 9	0,899 58	0,044 5	0	0	0	0	0
12,41	1,37E-02	0	0	0	0	0	0,065 9	0,882 02	0,052	0	0	0	0	0
14,33	1,03E-02	0	0	0	0	0	0,077 4	0,861 98	0,060 6	0	0	0	0	0
16,55	7,77E-03	0	0	0	0	0	0,090 3	0,839 38	0,070 3	0	0	0	0	0
19,11	5,86E-03	0	0	0	0	0	0,104 7	0,814 25	0,081	0	0	0	0	0
22,07	4,43E-03	0	0	0	0	0,000 4	0,120 5	0,786 18	0,092 8	0,000 2	0	0	0	0
25,48	3,35E-03	0	0	0	0	0,000 8	0,137 5	0,755 88	0,105 4	0,000 4	0	0	0	0
29,43	2,54E-03	0	0	0	0	0,001 5	0,155 4	0,723 34	0,118 8	0,000 9	0	0	0	0
33,98	1,93E-03	0	0	0	0	0,002 9	0,173 9	0,688 83	0,132 7	0,001 7	0	0	0	0
39,24	1,47E-03	0	0	0	0	0,005 1	0,192 6	0,652 72	0,146 7	0,002 9	0	0	0	0
45,32	1,12E-03	0	0	0	0	0,008 4	0,210 9	0,615 45	0,160 5	0,004 8	0	0	0	0
52,33	8,53E-04	0	0	0	0	0,013 1	0,228 2	0,577 55	0,173 7	0,007 5	0	0	0	0