

DIN EN ISO 29462



ICS 91.140.30

Entwurf

Einsprüche bis 2020-05-20
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 29462:2013-11

**Betriebserprobung von Filtereinrichtungen und -systemen für die
allgemeine Lüftung hinsichtlich ihrer Abscheideeffizienz im eingebauten
Zustand bezogen auf die Partikelgröße und den Druckverlust
(ISO/DIS 29462:2020);**

Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 29462:2020

Field testing of general ventilation filtration devices and systems for in situ removal efficiency
by particle size and resistance to airflow (ISO/DIS 29462:2020);
German and English version prEN ISO 29462:2020

Essais in situ de filtres et systèmes de ventilation générale pour la mesure de l'efficacité en
fonction de la taille des particules et de la perte de charge (ISO/DIS 29462:2020);
Version allemande et anglaise prEN ISO 29462:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-03-20 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@din.de 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, 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 107 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

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

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.

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

ISO 7726	siehe	DIN EN ISO 7726
ISO 14644-3	siehe	DIN EN ISO 14644-3

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 29462:2013-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Anpassungen (zum Beispiel in Abschnitt 7 „Auswertung“);
- b) neue Definition 3.1.5 „Koinzidenzfehler“;
- c) Quellenhinweis auf ISO 29464:2017 (zu mehreren Definitionen);
- d) redaktionell überarbeitete Bilder und Legenden (alle).

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7726, *Umgebungs-klima — Instrumente zur Messung physikalischer Größen (ISO 7726)*

DIN EN ISO 14644-3, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 3: Prüfverfahren (ISO/DIS 14644-3)*

**Betriebserprobung von Filtereinrichtungen und -systemen für die
allgemeine Lüftung hinsichtlich ihrer Abscheideeffizienz im eingebauten
Zustand bezogen auf die Partikelgröße und den Druckverlust
(ISO/DIS 29462:2020)**

Essais in situ de filtres et systèmes de ventilation générale pour la mesure de l'efficacité en fonction de la taille des particules et de la perte de charge (ISO/DIS 29462:2020)

Field testing of general ventilation filtration devices and systems for in situ removal efficiency by particle size and resistance to airflow (ISO/DIS 29462:2020)

ICS:

Deskriptoren:

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

STD Version 2.10b

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Abkürzungen	10
4 Prüfausrüstung und Prüfaufbau	10
4.1 Partikelzähler	10
4.2 Verdünnungseinrichtung	10
4.3 Pumpe	10
4.4 Probenahmesystem	10
4.4.1 Allgemeines	10
4.4.2 Probenahmesonden	11
4.4.3 Probenahmeleitungen	11
4.4.4 Probenahmestellen	11
4.4.5 Ventil (manuell oder automatisch)	12
4.4.6 Stutzen für die isoaxiale Probenahme	12
4.4.7 Strömungsmessgerät	13
4.5 Messgerät für die Luftgeschwindigkeit	13
4.6 Messgerät für die relative Luftfeuchte	13
4.7 Temperaturmessgerät	13
4.8 Messgerät für den Strömungswiderstand	14
4.9 Wartung und Kalibrierung der Prüfausrüstung	14
5 Bewertung des Standorts	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Inspektion der Filteranlage vor der Prüfung	15
5.3 Zulassung zur Prüfung	15
6 Durchführung der Prüfung	15
6.1 Luftgeschwindigkeit	15
6.2 Relative Luftfeuchte	16
6.3 Temperatur	16
6.4 Strömungswiderstand	16
6.5 Abscheidegrad	17
6.5.1 Prüfungen des Abscheidegrads	17
6.5.2 Probenahmeverfahren	17
6.6 Probenahmesonden	21
7 Auswertung	22
7.1 Allgemeine Angaben	22
7.2 Datenerfassung	23
8 Fehler und Datenanalysen	24
8.1 Allgemeines	24

8.2	Relative Luftfeuchte.....	25
8.3	Lufttemperatur.....	25
8.4	Aerosolzusammensetzung.....	25
8.5	Gleichförmigkeit der Aerosolkonzentration.....	25
8.6	Koinzidenzfehler — Partikelzähler.....	25
8.7	Partikelverluste.....	25
9	Berechnung der Ergebnisse.....	26
9.1	Berechnung des Abscheidegrads.....	26
9.1.1	Durchschnitt des Proben-Datensatzes.....	26
9.1.2	Mindestkonzentration auf der Anströmseite.....	27
9.1.3	Wirkungsgrad für den Partikelgrößenbereich.....	27
9.1.4	Mittlerer Wirkungsgrad bezogen auf die Partikelgröße.....	27
9.2	Berechnung der Unsicherheit.....	28
9.2.1	Allgemeines.....	28
9.2.2	95%-Vertrauensniveau.....	28
9.3	Variationskoeffizient, CV.....	28
10	Wahlweise erweitertes Prüfsystem.....	30
10.1	Anwendung der erweiterten Prüfung.....	30
10.2	Grundsatz des erweiterten Prüfsystems.....	30
10.3	Bestimmung der korrigierten Partikelgröße.....	31
10.4	Angabe der Ergebnisse.....	32
Anhang A (informativ) Formular für die Inspektion der Filteranlage vor der Prüfung.....		33
A.1	Luftbehandlungssystem.....	33
A.2	Vor Ort vorliegende Geräte.....	34
A.3	Filter/Rahmen.....	34
A.4	Versorgungseinrichtungen.....	34
A.5	Formular für die Inspektion der Filteranlage vor der Prüfung — Anmerkungen.....	35
Anhang B (informativ) Formular für die Zulassung zur Prüfung.....		36
Anhang C (informativ) Beispiel zur Vervollständigung der Prüfung.....		38
C.1	Allgemeines.....	38
C.2	Vorläufige Formulare.....	38
C.2.1	Formular für die Inspektion der Filteranlage vor der Prüfung.....	39
C.2.2	Formular für die Zulassung zur Prüfung.....	41
C.3	Qualifizierungsprüfung.....	42
C.3.1	Allgemeines.....	42
C.3.2	Geschwindigkeitsdaten.....	42
C.3.3	Isokinetische Probenahme.....	43
C.3.4	Temperatur und relative Luftfeuchte.....	43
C.3.5	Strömungswiderstandsdaten.....	43
C.3.6	Prüfung der Nullzählrate des Partikelzählers.....	44
C.3.7	Partikelkonzentrationen auf der Anströmseite.....	44
C.3.8	Prüfung der Nullzählrate des Systems.....	47
C.4	Daten zum Filterwirkungsgrad.....	47
C.4.1	Abströmseitige Daten.....	47
C.4.2	Anströmseitige Daten.....	48
C.4.3	Daten zu den Partikelzahlen.....	49
C.4.4	Berechnung des Filterwirkungsgrads.....	49
C.5	Probenahmebericht.....	50
Literaturhinweise.....		57

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 29462:2020) 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.

Dieses Dokument wird EN ISO 29462:2013 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 29462:2020 wurde von CEN als prEN ISO 29462:2020 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 ISO/TC 142 [*Cleaning equipment for air and other gases*] erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 29462:2013), die technisch überarbeitet wurde.

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

Der Zweck der vorliegenden Internationalen Norm besteht darin, ein Prüfverfahren für die Bewertung der Leistung von Filtervorrichtungen und -systemen für die allgemeine Raumlufttechnik im eingebauten Zustand bereitzustellen. Obwohl theoretisch jedes Filter mit einem Abscheidegrad von mindestens 99 % oder höchstens 30 % bei 0,4 µm nach dieser Internationalen Norm geprüft werden könnte, ist es möglicherweise schwierig, für diese Art von Filtervorrichtungen statistisch annehmbare Ergebnisse zu erzielen.

Die Zuluft der raumlufttechnischen Anlagen enthält sowohl lebensfähige als auch nicht lebensfähige Partikel eines breiten Bereichs von Größen. Über die Zeit verursachen diese Partikel Probleme an Ventilatoren, Wärmeaustauschern und weiteren Systemteilen, wodurch deren Funktionsfähigkeit abnimmt und der Energieverbrauch sowie der Wartungsaufwand zunehmen. In Hinblick auf die Gesundheit sind die feinen Partikel (<2,5 µm) am nachteiligsten.

Partikel im Größenbereich von 0,3 µm bis 5,0 µm werden typischerweise mithilfe von Partikelzählern gemessen, die die Konzentration der Partikel in spezifischen Größenbereichen bestimmen können. Diese Geräte sind im Handel erhältlich und können unter Einsatz verschiedener Verfahrensweisen (z. B. Lichtstreuung, elektrische Mobilitätsanalyse oder aerodynamischer Widerstand) die Partikelgröße sowie auch die Konzentration bestimmen. Geräte auf der Grundlage der Lichtstreuung stellen derzeit die praktischsten und am häufigsten eingesetzten Geräte für diese Art der Messung dar und werden daher für die Zwecke dieser Internationalen Norm angewendet.

Partikel im Größenbereich von 1,0 µm bis 5,0 µm liegen in der Außen- und der Zuluft in geringen Zahlen (weniger als 1 % der Zählungen) vor und führen in Bezug auf die Probenahmesysteme zu höheren Verlusten. Ergebnisse im Bereich >1,0 µm weisen daher eine geringere Genauigkeit auf, und die Ergebnisse sollten unter Berücksichtigung dieser Tatsache ausgewertet werden.

Unter Bedingungen von Messungen im eingebauten Zustand können die optischen Eigenschaften der dort vorliegenden Partikel, von denen der Partikel abweichen, die bei der Kalibrierung des Partikelzählers und dessen Prüfung im Labor eingesetzt werden. Das kann dazu führen, dass der Partikelzähler eine unterschiedliche Größeneinteilung der Partikel vornimmt, die Gesamtzahl der Partikel jedoch korrekt bestimmt.

Durch Hinzufügen eines zusätzlichen Referenzfilters können die Auswirkungen variierender Messbedingungen verringert werden. Darüber hinaus können bei Anwendung dieses erweiterten Prüfverfahrens die Ergebnisse angewendet werden, um die gemessenen Wirkungsgrade in Bezug auf den Wirkungsgrad des Referenzfilters zu korrigieren, der unter Einsatz eines genormten Prüfaerosols im Labor gemessen wurde.

Die Ergebnisse des genormten bzw. des erweiterten Verfahrens liefern sowohl den Anwendern als auch den Herstellern ein breiteres Wissen zu den tatsächlichen Eigenschaften von Filtern und Filteranlagen.

Es muss beachtet werden, dass Vor-Ort-Messungen im Allgemeinen zu größeren Unsicherheiten bei den Ergebnissen führen als Labormessungen. Die Unsicherheit bei Vor-Ort-Messungen kann durch die zeitliche und räumliche Variabilität der Partikelkonzentrationen, durch die Konfigurationen der Luftbehandlungssysteme bedingte Einschränkungen in Bezug auf die Probenahmestellen und die eingesetzten Geräte verursacht sein. Diese Faktoren können im Vergleich zu Labormessungen zu einer geringeren Genauigkeit und Präzision bei den berechneten Fraktionsabscheidegraden führen. Diese Internationale Norm soll ein praktisches Verfahren bereitstellen, bei dem die Genauigkeit und Präzision des Ergebnisses auf ein Höchstmaß heraufgesetzt werden (und die Präzision des Ergebnisses quantitativ bestimmt wird), indem angemessene Probenahmestellen, Probenahmemengen und Geräte empfohlen werden. Diese Internationale Norm ist nicht als Verfahren zur Leistungsbemessung der Filter vorgesehen.

Die mit dem in der vorliegenden Norm beschriebenen Verfahren erhaltenen Ergebnisse stellen keinen Ersatz für die bei Laborprüfungen erhaltenen Ergebnisse dar.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt ein Verfahren zur Messung der Leistung von Vorrichtungen für die allgemeine Luftreinigung in deren endgültigem Einbauzustand. Die Leistungsmessungen umfassen den Abscheidegrad bezogen auf die Partikelgröße und den Strömungswiderstand. Die Prüfverfahren umfassen die Definition und die Angabe des Systemluftstroms.

Es wird eine Verfahrensweise beschrieben, bei der Partikel der Umgebungsluft mit einer Größe zwischen 0,3 µm und 5,0 µm auf der An- und der Abströmseite der an ihrem Ort befindlichen Luftreiniger in einem ordnungsgemäß arbeitenden Luftbehandlungssystem gezählt werden. Beschrieben wird das Verfahren zur Verringerung der durch den Zähler ermittelten Partikel zum Zwecke der Berechnung des Abscheidegrads bezogen auf die Partikelgröße.

Da Filteranlagen sich hinsichtlich Auslegung und Form beträchtlich voneinander unterscheiden, ist ein Protokoll zur Bewertung der Eignung eines Standorts für die Bewertung des Filters und die Systembewertung enthalten. Sofern die bewerteten Standortbedingungen den für die Systembewertung festgelegten Mindestkriterien entsprechen, kann die Leistungsbewertung des Systems ebenfalls nach diesem Verfahren vorgenommen werden.

Diese Internationale Prüfnorm beschreibt auch die Leistungsspezifikationen für die Prüfausrüstung und definiert Verfahren für die Berechnung und Angabe der Ergebnisse. Diese Norm ist nicht dafür vorgesehen, die Leistung tragbarer oder ortsveränderlicher Raumlufthereiniger zu messen oder Filteranlagen mit einem bei einer 0,4 µm zu erwartenden Abscheidegrad von mindestens 99 % oder höchstens 30 % zu bewerten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 7726, *Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities*

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

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

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Luftfilter-Bypass

ungefilterte Luft, die die AHU-Filteranlage durchströmt hat, jedoch nicht gefiltert wurde, da sie an den eingebauten Luftfiltern vorbeigeströmt ist

3.1.2

Luftgeschwindigkeit

Geschwindigkeit der Luftbewegung am Filter

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Geschwindigkeit der Luftbewegung wird in m/s (fpm) mit drei signifikanten Stellen angegeben.

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.1.2]

3.1.3

zulässige messbare Konzentration am Partikelzähler

fünfzig Prozent der durch den Hersteller des *Partikelzählers* (3.2.12) angegebenen höchsten messbaren Konzentration

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.115]

3.1.4

Variationskoeffizient

CV

(en: coefficient of variation)

Standardabweichung einer Gruppe von Messungen geteilt durch den Mittelwert

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.31]

3.1.5

Koinzidenzfehler

Fehler, der dadurch entsteht, dass sich zur gleichen Zeit mehr als ein Partikel im Messvolumen eines Partikelzählers befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Koinzidenzfehler führt zu einer gemessenen *Anzahlkonzentration* (3.1.7), die zu gering ist, und einem zu großen *Partikeldurchmesser* (3.2.124).

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.32]

3.1.6

Verdünnungseinrichtung

Verdünnungssystem

System zur Reduzierung der beprobten Konzentration, um Koinzidenzfehler im Partikelzähler zu vermeiden

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.46]

3.1.7

Filterwirkungsgrad

Abscheidegrad eines Filters, der nach dieser Internationalen Norm bestimmt wird, indem dicht am geprüften Filter auf jeweils der An- und der Abströmseite Messungen der Partikelzahl vorgenommen werden

3.1.8

Filteranlage

Filtrationseinrichtungen und -systeme wie etwa ein einzelnes Filter oder eine Filtergruppe, die mit demselben Lufteintritt und Luftaustritt zusammengebaut sind

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.85]

3.1.9

allgemeine Raumluftechnik

Prozess des Bewegens von Luft von außerhalb des Raumes in einen Raum hinein, das Re-Zirkulieren oder eine Kombination dieser, in oder durch einen Raum oder Abführen aus dem Raum

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.100]

3.1.10

isoaxiale Probenahme

Probenahme, bei der sich die Strömung am Einlass der Probenahmeverrichtung in dieselbe Richtung bewegt wie die beprobte Strömung

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.104]

3.1.11

isokinetische Probenahme

Technik der Probenahme von Luft, bei der die Luftgeschwindigkeit an der Probenahmeverrichtung der Luftgeschwindigkeit um den Probenahmepunkt entspricht

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.105]

3.1.12

Partikelzähler

Gerät für das Anzeigen und Zählen diskreter in der Luft einer Probe mitgeführter Partikeln

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.114]

3.1.13

Partikelgrößenbereich

festgelegter Partikelzählerkanal

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.137]

3.1.14

Referenzfilter

kleines Filter für trockene Filtermedien, das im Laboratorium auf seinen Abscheidegrad bezogen auf die Partikelgröße geprüft wurde

3.1.15

Abscheidegrad bezogen auf die Partikelgröße

Abscheidegrad

Verhältnis der Anzahl der durch das Filter festgehaltenen Partikel zu der Anzahl der auf der Anströmseite des Filters gemessenen Partikelzahl für einen gegebenen Partikelgrößenbereich

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.149]

3.1.16

Strömungswiderstand

durch das Filter und dessen Beladung verursachter Verlust an statischem Druck, welcher gemessen wird, wenn das Filter bei der gemessenen Luftgeschwindigkeit arbeitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Angegeben in Pa (Inches WG) auf zwei signifikante Stellen.

3.1.17

Systemwirkungsgrad

Reinigungsleistung eines Filtersystems, bei dem Messungen der Partikelzahl auf der Anströmseite und Abströmseite über mehrere Filterbänke oder andere Systemkomponenten erfolgen können

[QUELLE: ISO 29464:2017; 3.2.163]

3.2 Abkürzungen

AHU	Luftbehandlungssystem
CV	Variationskoeffizient
D/S	abströmseitig des Prüflings
HEPA	Hochleistungs-Schwebstofffilter/HEPA-Filter (entsprechend ISO 29463-1)
HVAC	raumluftechnische Anlage
MERV	Angabewert des Mindestwirkungsgrads
OPC	optischer Partikelzähler
RH	relative Luftfeuchte
U/S	anströmseitig des Prüflings
ULPA	ULPA-Hochleistungs-Schwebstofffilter/ULPA-Filter
VAV	variables Luftvolumen
VFD	Frequenzumrichter

4 Prüfausrüstung und Prüfaufbau

4.1 Partikelzähler

Der Partikelzähler sollte in der Lage sein, Partikel im Größenbereich $0,3\ \mu\text{m}$ bis $5,0\ \mu\text{m}$ für mindestens vier Bereiche zu messen, wobei mindestens zwei Bereiche unterhalb $1,0\ \mu\text{m}$ liegen (beispielsweise $0,3\ \mu\text{m}$ bis $0,5\ \mu\text{m}$, $0,5\ \mu\text{m}$ bis $1,0\ \mu\text{m}$, $1,0\ \mu\text{m}$ bis $2,0\ \mu\text{m}$ und $2,0\ \mu\text{m}$ bis $5,0\ \mu\text{m}$). Für die Wartung und Kalibrierung des Partikelzählers siehe 4.9.

4.2 Verdünnungseinrichtung

Es darf ein Verdünnungssystem angewendet werden, das in der Lage ist, die Aerosolkonzentration so zu verdünnen, dass die Partikelkonzentration innerhalb der zulässigen Grenzen der Konzentration liegt. Hierbei ist ein geeignetes Verdünnungsverhältnis zu wählen, sodass die gemessene Partikelkonzentration vollständig innerhalb der zulässigen messbaren Konzentrationsgrenzen des Partikelzählers liegt, um zuverlässige statistische Daten zu erhalten (siehe 9.1.2). Wird ein Verdünnungssystem eingesetzt, muss es sowohl für die an- als auch die abströmseitige Probenahme genutzt werden. Das Verdünnungssystem darf den Luftstrom zum Partikelzähler nicht verändern.

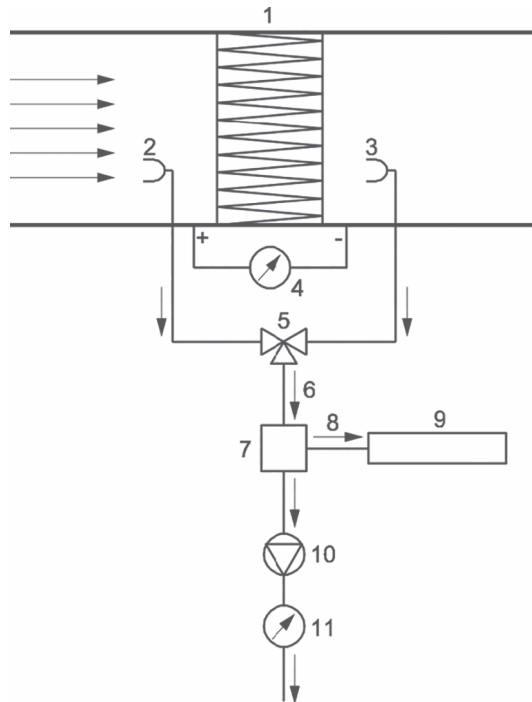
4.3 Pumpe

Eine Pumpe darf angewendet werden, um die Geschwindigkeit des Probenstroms (q_s) durch die Probenahmesonden zu regeln. Eine Pumpe ist nicht erforderlich, wenn der Zählerstrom (q_{pc}) zum Zähler oder zur Verdünnungseinrichtung für die isokinetische Probenahme ausreichend ist. In diesem Fall sind Probenstrom (q_s) und Zählerstrom (q_{pc}) gleich.

4.4 Probenahmesystem

4.4.1 Allgemeines

Bild 1 zeigt die Elemente eines typischen Probenahmesystems.



Legende

- | | | | |
|---|----------------------------------|----|-------------------------------------|
| 1 | Prüfling | 7 | isokinetische Probenahmeverrichtung |
| 2 | Probenahme U/S | 8 | q_{pc} — Strom zum Partikelzähler |
| 3 | Probenahme D/S | 9 | Partikelzähler |
| 4 | Manometer | 10 | Pumpe |
| 5 | Ventil der Probenahmeverrichtung | 11 | Strömungsmessgerät |
| 6 | q_s — Primärstrom | | |

Bild 1 — Probenahmesystem

4.4.2 Probenahmesonden

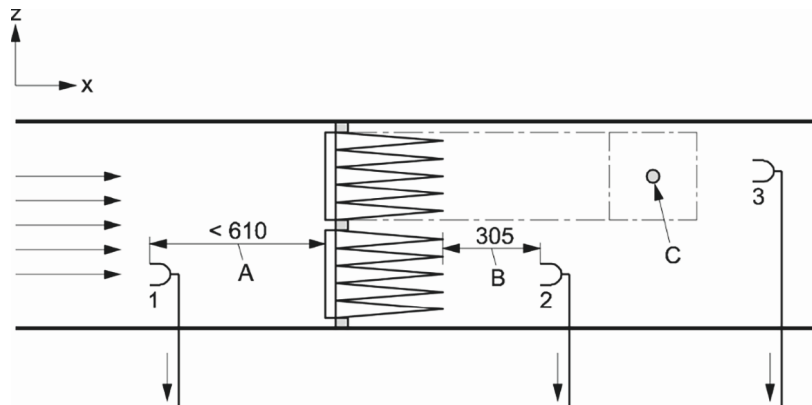
Die Probenahmesonde sollte aus einem scharfkantigen Stutzen bestehen, der mit der Probenahmeleitung verbunden ist, die zur Hilfspumpe oder zum Partikelzähler führt. Der Durchmesser des Stutzens hängt vom Probenstrom (q_s) ab, der erforderlich ist, um die isokinetische Probenahme zu ermöglichen. Der Durchmesser sollte nicht unterhalb von 8 mm liegen.

4.4.3 Probenahmeleitungen

Die an- und die abströmseitigen Probenahmeleitungen sollten gleich lang und so kurz wie möglich sein, um Verluste zu vermeiden. Der Werkstoff sollte vorzugsweise von einer Art sein, bei der bei Filteranlagen ein geringstmöglicher Partikelverlust auftritt. Zur Berechnung der Leitungsverluste ist entsprechende Software verfügbar^[2].

4.4.4 Probenahmestellen

Die Probenahmestellen sollten nahe am Filter liegen, wie in Bild 2 dargestellt. Sofern der Systemwirkungsgrad geprüft werden soll, sollten die Probenahmestellen weiter entfernt liegen, um eine gute Durchmischung des Luftstroms durch Filter, Rahmen, Türen usw. zu erreichen. Die Messung des Systemwirkungsgrads ist schwieriger, daher ist es empfehlenswert, die Messung sorgfältig zu planen und die Durchführung ausführlich zu beschreiben.



Legende

- A Mindestabstand zwischen Probenahmesonde und Filter
- B Abstand zwischen dem Ende des Filters und der Probenahmesonde
- C Lage der Probenahmepunkte in der y - z -Ebene für Prüfungen des Filterwirkungsgrads
- 1 Lage der U/S-Probenahme
- 2 Lage der U/S-Probenahme für eine Filterwirkungsgradprüfung
- 3 Lage der D/S-Probenahmesonde für die Prüfungen des Systemwirkungsgrads

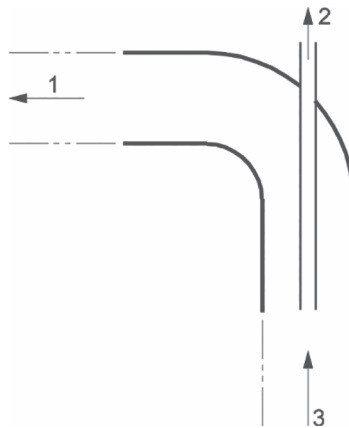
Bild 2 — Probenahmestellen

4.4.5 Ventil (manuell oder automatisch)

Um zwischen den an- und den abströmseitigen Probenahmestellen hin- und herzuschalten, darf ein Ventil eingesetzt werden. Das Ventil sollte so konstruiert sein, dass die Partikelverluste bei den Messungen auf der An- und der Abströmseite jeweils gleich sind. Die Ventilkonstruktion darf keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad haben (eingesetzt werden dürfen beispielsweise Vierwege-Kugelhähne mit ausreichendem Durchmesser).

4.4.6 Stutzen für die isoaxiale Probenahme

Wird eine Pumpe (siehe 4.3) eingesetzt, um eine isokinetische Probenahme zu ermöglichen, sollte die Probenahmeleitung mit einem Stutzen für die isoaxiale Probenahme ausgestattet sein, der direkt mit dem Partikelzähler oder der Verdünnungseinrichtung verbunden ist, wie in Bild 3 dargestellt.



Legende

- 1 Pumpenstrom
- 2 q_{pc} — Strom zum Partikelzähler
- 3 q_s — Probenstrom

Bild 3 — Probenahmeleitung zum Partikelzähler für die isoaxiale Probenahme

4.4.7 Strömungsmessgerät

Ein Strömungsmessgerät ist erforderlich, wenn eine Pumpe zum Probenahmesystem gehört. Das Strömungsmessgerät sollte mit dem Pumpenein- oder -auslass in Reihe angeordnet sein.

4.5 Messgerät für die Luftgeschwindigkeit

Das für die Messung der Luftgeschwindigkeit eingesetzte Gerät sollte ausreichende Betriebsgrenzen aufweisen um sicherzustellen, dass der Systemluftstrom innerhalb der Grenzen des Geräts liegt. Das Gerät sollte entsprechend ISO 7726 ausgewählt werden. Empfohlen wird ein Gerät, das Datenwerte aufzeichnet und diese Werte mittelt. Idealerweise sollte das Gerät in der Lage sein, die Messungen auf atmosphärische Standarddruckbedingungen auf Meereshöhe zu korrigieren.

4.6 Messgerät für die relative Luftfeuchte

Das für die Messung der relativen Luftfeuchte eingesetzte Gerät sollte ausreichende Betriebsgrenzen aufweisen um sicherzustellen, dass die relative Luftfeuchte im System innerhalb der Grenzen des Geräts liegt. Das Gerät sollte entsprechend ISO 7726 ausgewählt werden. Empfohlen wird ein Gerät, das Datenwerte aufzeichnet und diese Werte über die Zeit mittelt.

4.7 Temperaturmessgerät

Das für die Messung der Temperatur eingesetzte Gerät sollte ausreichende Betriebsgrenzen aufweisen um sicherzustellen, dass die Temperatur im System innerhalb der Grenzen des Geräts liegt. Das Gerät sollte entsprechend ISO 7726 ausgewählt werden. Empfohlen wird ein Gerät, das Datenwerte aufzeichnet und diese Werte über die Zeit mittelt.

4.8 Messgerät für den Strömungswiderstand

Das für die Messung des Widerstands der Filteranströmfläche eingesetzte Gerät sollte ausreichende Betriebsgrenzen aufweisen, um sicherzustellen, dass der Widerstand der Filteranströmfläche innerhalb der Grenzen des Geräts liegt. Das Gerät sollte entsprechend ISO 14644-3 ausgewählt werden. Empfohlen wird ein Gerät, das Datenwerte aufzeichnet und diese Werte über die Zeit mittelt.

4.9 Wartung und Kalibrierung der Prüfausrüstung

Die Wartungsaspekte und -zeitpläne sollten Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 — Zeitpläne für die Wartung der Prüfausrüstung

Wartungsaspekte	Bei jeder Prüfung	Jährlich	Nach einer Änderung, durch die die Leistung verändert werden kann	Kommentar
Prüfung der Nullzählrate des Partikelzählers	X			
Prüfung der Nullzählrate des Probenahmesystems	X			
Strömungswiderstand	X			
Luftgeschwindigkeit	X			
Temperatur und relative Luftfeuchte im Probenluftstrom und am Partikelzähler	X			
Prüfung der anströmseitigen Konzentration	X			
Prüfung des Referenzfilters (Feldversuch)	wahlfrei			
Prüfung des Referenzfilters (Laboratorium)		X	X	
Primärkalibrierung des Partikelzählers		X	X	
Kalibrierung der Geräte zur Messung von Temperatur, relativer Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Strömungswiderstand		X *	X	* oder wie durch den Hersteller der Geräte gefordert
Überprüfung des Verhältnisses des Verdünnungssystems		X	X	
Überprüfung der Probenahmesonden auf Schäden	X			

5 Bewertung des Standorts

5.1 Allgemeines

In diesem Teilabschnitt der Norm werden die empfohlenen Mindestanforderungen an den Standort für die Durchführung einer Prüfung des Abscheidegrads angegeben.

5.2 Inspektion der Filteranlage vor der Prüfung

Die Vorinspektion der Filter und Luftbehandlungssysteme ist erforderlich, um zu bestimmen, ob eine Filteranlage für die Bewertung nach dieser Internationalen Norm geeignet ist. Sie wird auch eingesetzt, um einzuschätzen, ob potentielle Gefährdungsbedingungen vorliegen, die den Zugang zum Luftbehandlungssystem ausschließen oder einschränken würden.

Die einer Inspektion zu unterziehenden Aspekte umfassen (ohne darauf beschränkt zu sein) die in Anhang A angegebenen Aspekte.

5.3 Zulassung zur Prüfung

Sobald die Inspektion vor der Prüfung abgeschlossen ist und die Eignung der Filteranlage für die Prüfung bestimmt wurde, sollte das „Formular für die Zulassung zur Prüfung“ ausgefüllt und durch Vertreter des Gebäudeeigentümers oder -verwalters sowie des die Prüfung durchführenden Unternehmens unterzeichnet werden. Ein geeignetes Formular ist in Anhang B angegeben.

6 Durchführung der Prüfung

6.1 Luftgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit der durch die Filteranlage strömenden Luft sollte über die Dauer der Prüfung konstant gehalten werden. Dies ist möglich, wenn die Ventilatorumdrehzahl mithilfe eines Frequenzumrichters (VFD) oder durch Volumenstromregler (VAV) regelbar ist und keine weiteren Regelklappen für die Einstellung zulässig sind. Darüber hinaus sollte der prozentuale Anteil der Außenluft an der Zuluft ebenfalls konstant gehalten werden, um Schwankungen in der Partikelzahl zu verringern, die die Prüfergebnisse beeinflussen würden.

Die Filteranströmgeschwindigkeit der Luft sollte unter Anwendung des unter 4.5 angegebenen Geräts gemessen werden. Messungen der Luftgeschwindigkeit dürfen entweder auf der An- oder der Abströmseite der Filter vorgenommen werden, empfohlen wird jedoch die Messung auf der Abströmseite. Da die Luftgeschwindigkeit über die Fläche einer Filteranlage signifikant schwanken kann, sollten die Probenahmepunkte so gewählt werden, dass die Messungen an mindestens 25 % der Filter erfolgen und gleichmäßig über die Fläche der Filteranlage verteilt sind. Der Messbereich des Messgeräts sollte so erweitert werden, dass durch das Personal und sonstige Hindernisse verursachte Turbulenzen keinen Einfluss haben. Der Variationskoeffizient (CV) für die Geschwindigkeit (siehe 9.3) sollte geringer als 25 % sein.

Messungen der Luftgeschwindigkeit sollten zeitlich so dicht wie möglich an den Prüfungen des Strömungswiderstands und des Abscheidegrads durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Luftgeschwindigkeit des Systems sich zwischen den Geschwindigkeitsmessungen und den Prüfungen des Strömungswiderstands und des Abscheidegrads nicht signifikant ändert. Vorzugsweise sollten die Messungen der Luftgeschwindigkeit vor und nach den Prüfungen des Strömungswiderstands und des Abscheidegrads durchgeführt und die Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen gemittelt werden.

BEISPIEL

1. Prüfung: Geschwindigkeitsmessung [mittlere Geschwindigkeit = 2,0 m/s (394 ft/min)]
2. Prüfung: Messungen des Strömungswiderstands
3. Prüfung: Prüfung des Abscheidegrads
4. Prüfung: Geschwindigkeitsmessungen [mittlere Geschwindigkeit = 2,2 m/s (433 ft/min)]

In diesem Beispiel wäre die angegebene mittlere Geschwindigkeit 2,1 m/s (414 ft/min).

Häufigere Geschwindigkeitsmessungen dürfen bei Systemen vorgenommen werden, bei denen die Geschwindigkeit über die Zeit stark schwankt.

6.2 Relative Luftfeuchte

Für diese Messungen sollten die Geräte nach 4.6 eingesetzt werden. Für die relative Luftfeuchte (RH) der durch die Filteranlage strömenden Luft wird empfohlen, dass sie über die Dauer der Prüfung innerhalb des Betriebsbereichs des eingesetzten Partikelzählers und/oder Messgeräts für die RH liegt. Wird der Systemwirkungsgrad bestimmt, sollte die RH an den Positionen der Sonden auf der An- und der Abströmseite gemessen und aufgezeichnet werden. Bei der Messung des Filterwirkungsgrads sollte die RH an einer der Positionen der Sonden auf der An- oder Abströmseite gemessen und aufgezeichnet werden. Darüber hinaus sollte die RH an der Position des Partikelzählers aufgezeichnet werden. Anstelle der Messungen der RH dürfen Messungen der Feuchtkugeltemperatur durchgeführt werden.

6.3 Temperatur

Für diese Messungen sollten die Geräte nach 4.7 eingesetzt werden. Die Temperatur der durch die Filteranlage strömenden Luft sollte innerhalb des Betriebsbereichs des Partikelzählers liegen. Wird der Systemwirkungsgrad bestimmt, sollte die Temperatur (d. h. die Trockenkugeltemperatur) an den Positionen der Sonden auf der An- und der Abströmseite gemessen und aufgezeichnet werden. Bei der Messung des Filterwirkungsgrads sollte die Temperatur an einer der Positionen der Sonden auf der An- oder Abströmseite gemessen und aufgezeichnet werden. Darüber hinaus sollte die Temperatur an der Position des Partikelzählers aufgezeichnet werden. Vorsichtig sollte vorgegangen werden, wenn extreme und/oder außerhalb des normalen Betriebsbereichs der Geräte liegende Temperaturen gegeben sind. Partikelzahlen sollten nicht bestimmt werden, wenn die Temperaturen unterhalb des Gefrierpunkts liegen. Siehe Abschnitt 8.

6.4 Strömungswiderstand

Der Strömungswiderstand über die Filteranlage sollte mit den Geräten nach 4.8 gemessen werden. Sofern bereits Druckmessgeräte eingebaut sind, dürfen die Messgeräte für den Strömungswiderstand so angeschlossen werden, dass die eingebauten Druckmessstutzen genutzt werden. Sollen bestehende Druckmessstutzen genutzt werden, muss sichergestellt werden, dass diese ordnungsgemäß eingebaut sind, sodass nur der statische Druck und keine Komponenten des Geschwindigkeitsdrucks abgelesen werden. Für die Ablesung des statischen Drucks sollte die Öffnung im Messstutzen senkrecht zur Strömung ausgerichtet sein, und es dürfen keine Hindernisse vor dem Messstutzen gegeben sein, die einen Wirbel verursachen würden. Erfolgt eine erzwungene Luftzufuhr am Messstutzen, wird anstelle des statischen Drucks der Geschwindigkeitsdruck abgelesen. Vorhandene Messstutzen dürfen nicht genutzt werden, sofern sie gebogen, gebrochen, verstopft, nicht funktionsbereit oder nicht ordnungsgemäß eingebaut erscheinen, damit nur genaue Ablesewerte des Strömungswiderstands der Filter erhalten werden. Kann an den bestehenden Messstutzen vor der Prüfung kein annehmbarer Funktionsgrad wiederhergestellt werden, sollten sie nicht genutzt werden.

Idealerweise wird der Strömungswiderstand für jede Filteranströmfläche separat aufgezeichnet. In einigen Fällen sind die aufgezeichneten Widerstandswerte jedoch eine Kombination mehrerer in Reihe angeordneter Filter, da es physikalisch unmöglich ist, separate Werte des Strömungswiderstands zu messen.

Es stellt eine gute Praxis dar, über mindestens zwei vollständige Minuten mindestens 25 Werte des Strömungswiderstands zu messen und diese Werte anschließend zu mitteln, um den Strömungswiderstand zu bestimmen. Für diese Daten sollte der CV berechnet und aufgezeichnet werden.

6.5 Abscheidegrad

6.5.1 Prüfungen des Abscheidegrads

In diesem Dokument werden drei Arten von Prüfungen beschrieben.

Filterwirkungsgrad

Der Zweck dieser Prüfung besteht darin, den Wirkungsgrad der Filter bei der Entfernung luftgetragener Partikel zu bestimmen. Die abströmseitigen Probenahmestellen sollten so gewählt werden, dass repräsentative Proben der durch die Filter strömenden Luft erhalten werden.

Systemwirkungsgrad

Der Zweck dieser Prüfung besteht darin, den Wirkungsgrad des Filtersystems bei der Entfernung luftgetragener Partikel zu bestimmen. Das Filtersystem umfasst die Filter und deren Aufnahmerahmen. Die abströmseitigen Probenahmestellen und/oder die Verfahren sollten so gewählt werden, dass repräsentative Proben des gesamten durch das Filtersystem hindurchgehenden Luftstroms erhalten werden. Dies umfasst die durch die Filter hindurch- und die um diese herumströmende Luft (d. h. Luftfilter-Bypass).

Weitere „System“-Prüfungen

Diese Internationale Prüfnorm darf auch angewendet werden, um die Konzentration an luftgetragenen Partikeln in verschiedenen Abschnitten eines Luftbehandlungssystems miteinander zu vergleichen.

ANMERKUNG In dieser Internationalen Norm werden die Ergebnisse von Prüfungen an „weiteren Systemen“ nicht als „Wirkungsgrade“ bezeichnet, da der Begriff „Wirkungsgrad“ impliziert, dass nur Prozesse der Partikelentfernung (und nicht solche des Hinzufügens von Partikeln) beteiligt sind. Da die Definition eines „Systems“ aufgrund der Einbeziehung weiterer Bauteile der raumlufttechnischen Anlage zwischen den an- und den abströmseitigen Positionen umfassender wird, können die abströmseitigen Partikelkonzentrationen durch signifikante Partikelquellen (z. B. durch Undichtheiten im Gehäuse des Luftbehandlungssystems) beeinflusst werden.

Als Beispiel kann folgendes Lüftungsgerät betrachtet werden:

1. Bauteil: Vorfilteranlage
2. Bauteil: Kühlregister
3. Bauteil: Zuluftventilator
4. Bauteil: endgültige Filteranlage

In diesem Beispiel dürfen die Proben auf der Anströmseite der Vorfilteranlage und auf der Abströmseite der endgültigen Filteranlage entnommen werden, um die Differenz zwischen den Konzentrationen an luftgetragenen Partikeln über die vier Bauteile des Luftbehandlungssystems als Gruppe zu bestimmen. In diesem Fall besteht das „System“ aus allen Bauteilen zwischen den an- und den abströmseitigen Probenahmestellen.

6.5.2 Probenahmeverfahren

6.5.2.1 Partikelzähler

Partikelkonzentrationen sollten unter Anwendung des Partikelzählers nach 4.1 gemessen werden. Für die an- und die abströmseitigen Zählungen muss derselbe Partikelzähler eingesetzt werden, da eine Übereinstimmung der Zähler nicht sichergestellt werden kann, sofern sich die bei den Feldversuchen vorliegenden Partikel von den im Laboratorium zur Kalibrierung verwendeten unterscheiden.

6.5.2.2 Probenvolumen

Die Proben für alle Prüfungen (einschließlich der Prüfung der Nullzählrate) müssen über den Zeitraum entnommen werden, der erforderlich ist, um 1,0 l (0,035 ft³) Luft zu beproben oder über 20 Sekunden, je nachdem, welcher Zeitraum länger ist. Für das empfohlene Probenvolumen wird erwartet, dass es ausreichend Partikelzählungen ermöglicht, um statistisch annehmbare Ergebnisse entsprechend Abschnitt 9 zu erhalten. Um einen Wert des Abscheidegrads zu berechnen, sollte die mittlere Konzentration auf der Anströmseite für eine einzelne Partikelgröße mindestens 37 Zählungen/l (1 048 Zählungen/ft³) betragen.

Bei einigen Systemen ergibt das erforderliche Mindest-Probenvolumen möglicherweise nicht für alle Partikelgrößen statistisch annehmbare Zahlen. In diesem Fall kann eine längere Probenahmezeit angesetzt werden, um die statistische Gültigkeit der Messung zu verbessern. Möglicherweise können nicht für alle Bereiche der Partikelgröße statistisch annehmbare Ergebnisse erzielt werden.

Sobald die Partikelzählung zum Zwecke der Bestimmung des Wirkungsgrads begonnen hat, dürfen Probenvolumen und Probenahmezeit nicht mehr geändert werden. Ist eine Änderung von Probenvolumen oder Probenahmezeit erforderlich, um die statistische Gültigkeit zu verbessern, muss die Prüfung erneut begonnen werden, damit alle Proben mit demselben Probenvolumen und derselben Probenahmezeit gemessen werden.

6.5.2.3 Spülen der Probenahmeleitungen

Das Spülen sollte jeweils einmal zu Beginn jedes an- und jedes abströmseitigen Datensatzes durchgeführt werden. Die Spüldauer muss mindestens dem fünffachen der berechneten Zeit entsprechen, die ein Partikel benötigt, um sich von der Probenahmesonde zum Partikelzähler zu bewegen.

6.5.2.4 Prüfung der Nullzählrate des Partikelzählers

Vor der Prüfung des Wirkungsgrads sollte die Nullzählrate des Partikelzählers überprüft werden, indem ein HEPA-Filter direkt an den Partikelzähler angeschlossen und für eine Dauer von mindestens 1 Minute gemessen wird. Die Summe der Konzentrationen der Partikel in allen Größenbereichen muss unter 10 Zählungen/l (280 Zählungen/ft³) liegen.

6.5.2.5 Konzentrationsgrenze

Nach der erfolgreichen Durchführung der Prüfung der Nullzählrate des Partikelzählers sollte verifiziert werden, ob die an- und die abströmseitigen Aerosolkonzentrationen innerhalb des Betriebsbereichs des Messgeräts (Partikelzähler, Verdünnungseinrichtung) liegen und ausreichend hoch sind, um eine annehmbare statistische Genauigkeit der Ergebnisse zu erzielen (wie in Abschnitt 9 bestimmt). Die Probenahme in Bezug auf die Konzentration kann nach 6.5.2.9 erfolgen. Bei Konzentrationen oberhalb der durch den Partikelzähler höchstens messbaren Konzentration entsprechend der Definition unter 3.1.3 dürfen keine unverdünnten Proben entnommen werden. Die Verdünnungseinrichtung nach 4.2 sollte für die Prüfung angewendet werden, wenn die Partikelzahlen auf der Anströmseite oberhalb dieses Niveaus liegen. Die tatsächliche Konzentration wird dann aus der gemessenen Konzentration und dem Verdünnungsverhältnis berechnet.

Zusätzlich zur höchsten Konzentrationsgrenze sollte jeder Partikelgrößenkanal eine mittlere Mindestkonzentration aufweisen, wie in 9.1.2 beschrieben.

6.5.2.6 Prüfung der Nullzählrate des Systems

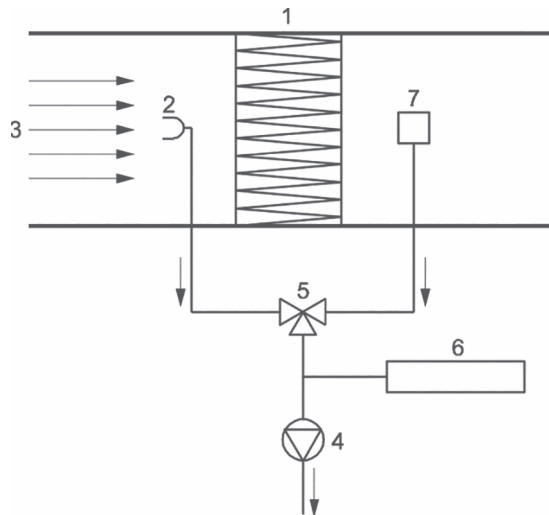
Im Anschluss an die Verifizierung der Konzentrationsgrenze sollte die Nullzählrate des Systems überprüft werden, indem ein HEPA-Filter an der abströmseitigen Sondenposition angeschlossen wird, wie in Bild 4 dargestellt. Die Zählung der sich durch das HEPA-Filter und die abströmseitigen Probenahmeleitungen bewegenden Partikel ist für mindestens 1 Minute durchzuführen. Die höchstens zulässige Konzentration an Partikeln in allen Größenbereichen ist entweder 0,05 % der Konzentration auf der Anströmseite oder 10 P/l (280 p/ft³), je nachdem, welcher Wert höher ist. Nachfolgend ist ein Beispiel angegeben:

BEISPIEL

gemessene Konzentration = 35 300 P/l (1 000 000 p/ft³)

höchste Leckrate = 0,05 %

zulässige Konzentration = 18 Zählungen/l (500 p/ft³)



Legende

- | | |
|--------------|-------------------------------|
| 1 Prüfling | 5 Ventil |
| 2 U/S- Sonde | 6 Partikelzähler |
| 3 Luftstrom | 7 abströmseitiger HEPA-Filter |
| 4 Pumpe | |

Bild 4 — Überprüfung der Nullzählrate an der abströmseitigen Probenahmeleitung

6.5.2.7 Isokinetische Probenahme

Probenahmefehler können auftreten, wenn die Luftgeschwindigkeit bei der Probenahme (d. h. in der Probenahmesonde) sich von der Geschwindigkeit der frei strömenden Luft (d. h. im Luftbehandlungssystem) unterscheidet. Um diese Fehler auf ein Mindestmaß zu verringern, ist sicherzustellen, dass die Probenahmesonde(n) direkt (parallel) zum Luftstrom ausgerichtet ist/sind und dass die Luftgeschwindigkeit bei der Probenahme an die der frei strömenden Luft angepasst ist. Diese Geschwindigkeit der Luft bei der Probenahme kann durch Änderung des Durchmessers und/oder der Anzahl der Probenahmesonden oder durch Änderung des Probenahmeverluststroms (Bild 1) angepasst werden. Erforderlichenfalls darf eine ergänzende Pumpe eingesetzt werden. Die isoaxiale Probenahme zum Partikelzähler ist annehmbar (Bild 3).

BEISPIEL

Es sind eine gemessene Luftgeschwindigkeit von 1,65 m/s (325 fpm) und ein Sondendurchmesser von 13 mm (0,51 Inch) anzunehmen.

Probenstrom (q_s) m³/s (cfm) =

$$\frac{[\text{dia}(\text{mm})]^2 \pi}{4} \times \frac{1 \text{ m}^2}{1 \times 10^6 \text{ mm}^2} \times \text{Vel m/s}$$

oder

$$\frac{[\text{dia(in)}]^2 \pi}{4} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} \times \text{Vel ft/min}$$

$$q_s = \frac{(13 \text{ mm})^2 \pi}{4} \times \frac{1 \text{ m}^2}{1 \times 10^6 \text{ mm}^2} \times 1,65 \text{ m/s}$$

$$q_s = 2,19 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (0,46 cfm)}$$

Der q_s -Strom sollte so genau wie möglich dem berechneten q_s -Wert entsprechen, wobei eine Abweichung von $\pm 20 \%$ gilt.

ANMERKUNG Seit langem wird davon ausgegangen, dass die isokinetische Probenahme erforderlich ist, um eine repräsentative Probenahme von Partikeln in Luft zu unterstützen. Für die isokinetische Probenahme wird die Geschwindigkeit in der Probenahmeleitung oder im Probenahmeanschluss an die Geschwindigkeit im Haupt-Gasstrom angepasst. Ist die Geschwindigkeit in der Probenahmeleitung geringer, treten durch die Probenahme bedingte Fehler auf, da nur ein Anteil des Luftstroms im projizierten Strömungsbereich beprobt wird. Darüber hinaus kann bei einem zu starken Gefälle und hohen Geschwindigkeiten des Hauptstroms ein Teil der dynamischen Förderhöhe die statische Förderhöhe in der Leitung erhöhen und so zu weiteren Fehlern führen. Ist die Probenahmegeschwindigkeit zu hoch, wird die Probe größer als der projizierte Strömungsbereich. In der Praxis wird im Allgemeinen empfohlen, dass die Probenahmeströme innerhalb von 20 % der Hauptvolumenströme liegen. Es hat sich herausgestellt, dass dieser Bereich ein gutes Gleichgewicht zwischen den vor Ort angetroffenen Strömungsschwankungen und der Notwendigkeit einer isokinetischen Probenahme darstellt. Darüber hinaus stellt es eine gute Praxis dar, zur Verhinderung von Aufprallverlusten, insbesondere bei größeren Partikeln, Probenahmesonden mit einem aerodynamisch gestalteten Eintrittsquerschnitt sowie ohne große flache Oberfläche zu nutzen.

6.5.2.8 Aufbau des Probenahmesystems

Sämtliche Probenahmepunkte sollten mit einer Probenahmeleitung verbunden werden, die zum Partikelzähler führt. Ein Ventil kann eingebaut werden, um leicht zwischen den an- und den abströmseitigen Probenahmeleitungen hin- und herschalten zu können. Alle Probenahmeleitungen, Ventile und Krümmungen sollten so gewählt werden, dass die Änderungen der Partikelkonzentration gegenüber der im Luftstrom vorliegenden auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden. Ein tragbarer Partikelzähler darf angewendet werden, wenn er die Anforderungen nach 4.1, erfüllt und so angeordnet ist, dass eine repräsentative Probe des Luftstroms erhalten wird. Zum Halten des Partikelzählers sollte ein Stativ (z. B. Dreifuß) eingesetzt werden. Während der Probenahme darf sich kein Personal im Luftbehandlungssystem befinden, damit keine Probenahmefehler durch Störungen der Luftströmungsmuster und die unbeabsichtigte Probenahme von Partikeln der Körper der Bediener auftreten. Für weitere Informationen siehe 6.1.

6.5.2.9 Vorklassierung der Partikelkonzentrationen

Die Variabilität der Partikelkonzentrationen sowohl über den Raum (d. h. unterschiedliche Konzentrationen an verschiedenen Orten der Fläche der Filteranlage) als auch über die Zeit (d. h. über die Zeit schwankende Konzentrationen) sollte beurteilt werden, um den geeignetsten Ort für die Sonde zur Durchführung der Prüfung zu bestimmen. Um dies zu erreichen, wird empfohlen, jede der folgenden Proben an der anströmseitigen Stelle zu entnehmen, bevor die Probenahme zum Zwecke der Bestimmung des Abscheidegrads beginnt:

- Mindestens fünf Proben sollten an einer Stelle entnommen werden, um die Variabilität über die Zeit zu beurteilen.
- Mindestens fünf Proben sollten an verschiedenen Stellen über die Anströmfläche einer großen Filteranlage entnommen werden, um die Variabilität über den Raum zu beurteilen. Bei kleinen Filteranlagen sind weniger Orte ausreichend.

Ein hohes Maß an Variabilität bei diesen Daten kann zu einer geringeren Präzision bei den berechneten Fraktionsabscheidegraden führen. Im Ergebnis dessen sollte eine der folgenden beiden Tätigkeiten durchgeführt werden, wenn der CF (9.3) eines der Sätze von Messungen für einen beliebigen Partikelgrößenkanal größer ist als 25 % (eine Ausnahme sind Fälle, in denen die mittlere Anzahl für einen beliebigen Partikelgrößenkanal weniger als 50 Partikel beträgt, in diesen Fällen beträgt die CV-Grenze für diese Kanäle 50 %). Entweder sollte mehr als die Mindestanzahl der unter 6.5.2.10 aufgelisteten Datensätze bestimmt oder die Probenahme zurückgewiesen werden. Sofern für einen beliebigen Partikelgrößenkanal eine unterhalb der in 9.1.2 liegende Konzentration gegeben ist, sollte der Abscheidegrad nicht berechnet werden.

6.5.2.10 Datensatz

Jeder Datensatz muss aus mindestens sechs (6) einzelnen Partikelproben für jeden Ort der Probenahmesonden bestehen. Eine Partikelprobe umfasst die Daten der Partikelzählung für jeden der mit dem Partikelzähler im Zusammenhang stehenden Größenbereiche. Zusätzliche Partikelproben werden empfohlen und können zu geringeren Unsicherheitswerten führen, siehe Abschnitt 9.

6.5.2.11 Anzahl der Datensätze

Es müssen mehrere Probandensätze erfasst werden, um die Variabilität bei den Partikelkonzentrationen sowohl über den Raum (d. h. unterschiedliche Konzentrationen an verschiedenen Orten der Fläche der Filteranlage) als auch über die Zeit (d. h. über die Zeit schwankende Konzentrationen) abzudecken. Es sind mindestens vier Datensätze auf der Abströmseite und drei Datensätze auf der Anströmseite zu erfassen. Die Datensätze sind abwechselnd auf der Ab- und der Anströmseite zu erstellen, wobei mit der Probe auf der Abströmseite zu beginnen ist. Werden beispielsweise sieben Datensätze erfasst, sind sie in der folgenden Reihenfolge zu erfassen: ABSTRÖMSEITE, ANSTRÖMSEITE, ABSTRÖMSEITE, ANSTRÖMSEITE, ABSTRÖMSEITE, ANSTRÖMSEITE und ABSTRÖMSEITE. Zusätzliche Datensätze werden empfohlen und können zu geringeren Unsicherheitswerten führen, siehe Abschnitt 9.

6.6 Probenahmesonden

Lage der Probenahmesonden

Die Lage der Partikel-Probenahmesonden sollte aus Orten gewählt werden, die einheitliche und stabile Ablesewerte der Geschwindigkeit ergeben. Die gemessene Geschwindigkeit an der Probenahmestelle sollte einen Variationskoeffizienten (CV) von < 25 % aufweisen.

Lage der Probenahmesonde auf der Anströmseite

Probenahmesonden auf der Anströmseite sollten so angeordnet sein, dass eine repräsentative Probe der Konzentration auf der Anströmseite erhalten wird. Der Einlass der Sonde auf der Anströmseite des Filters sollte innerhalb von 610 mm (24 Inches) vor der Filteroberfläche liegen, wie in Bild 2 dargestellt.

Lage der Probenahmesonde auf der Abströmseite — Prüfung des Filterwirkungsgrads

Für Prüfungen des Filterwirkungsgrads sollte der Einlass der Sonde auf der Abströmseite des Filters 305 mm (12 Inches) hinter dem Filter sowie in der Ebene von dessen Mittelpunkt liegen, wie in Bild 2 dargestellt. Ist es physikalisch nicht möglich, die Probenahmesonde 305 mm (12 Inches) abströmseitig von den Filtern anzuordnen (beispielsweise, wenn die Wendeln sich in einem Abstand von 305 mm (12 Inches) von den Filtern befinden), ist es zulässig, die Sonde dichter als 305 mm (12 Inches) von den Filtern entfernt anzuordnen, nicht jedoch innerhalb des Volumens der Filter (z. B. zwischen Falten oder Taschen oder in den Filtermedien).

Lage der Probenahmesonde auf der Abströmseite — Prüfung des Systemwirkungsgrads

Für Prüfungen des Systemwirkungsgrads sollte der Einlass der Sonde auf der Abströmseite des Filters soweit wie möglich hinter den Filtern, jedoch vor dem nächsten größeren Bauteil der raumluftechnischen

Anlage liegen, das Partikel aus dem Luftstrom abziehen könnte. Folgen auf die Filteranlage beispielsweise Kühlwendeln, sollte die abströmseitige Probenahmesonde unmittelbar vor den Wendeln angeordnet sein. Die Proben sollten so entnommen werden, dass eine repräsentative Probe des gesamten durch das Filtersystem hindurchgehenden Luftstroms erhalten wird. Dies umfasst sowohl die durch die Filter hindurch- als auch die um diese herumströmende Luft (d. h. Luftfilter-Bypass). Hierfür kann es erforderlich sein, eine Probenahme-Sammelleitung mit mehreren Probenahmesonden anzuwenden. Alternativ können mehrere Proben von verschiedenen über die Anströmfläche der Filteranlage verteilten Einzelstellen entnommen werden. Diese Probenahmestellen sollten gleichförmig über den Raum verteilt sein und die gesamte Fläche der Filteranlage abdecken. Es sollten fortlaufende an- und abströmseitige Proben an Orten entnommen werden, die in Bezug auf die Anströmfläche der Filteranlage vergleichbar sind.

7 Auswertung

7.1 Allgemeine Angaben

Ein vollständiger Bericht muss alle Angaben aus dem Formular für die Inspektion der Filteranlage vor der Prüfung und dem Formular für die Zulassung zur Prüfung umfassen (siehe Anhänge A und B). Darüber hinaus muss der vervollständigte Prüfbericht Folgendes enthalten:

a) Angaben zum Eigentümer

- Name, Anschrift, Telefon, E-Mail
- Gebäude
- AHU
- Systembeschreibung

b) Angaben zur Prüfung/zum AHU

- Datum und Zeitpunkt der Prüfung
- Datum des Einbaus der Filteranlage
- Lage des Prüflings in der Anströmfläche
- schematische Darstellung der Anlage mit den Probenahmepunkten für den Strömungswiderstand und die Partikelprobenahme
- Wurde eine Verdünnungseinrichtung eingesetzt?
- Lage der Sonde: Abstand vom Prüfling (mm oder Inches)
 - anströmseitig
 - abströmseitig
- Luftzufuhr (% Außenluft, Innenluft oder Gemisch)
- Beschreibung des Betriebs (täglicher Einsatz)
- Filterfläche im System (je Anströmfläche), m² (ft²)
- weitere Bemerkungen (anormale oder unübliche Bedingungen, die die Ergebnisse beeinflussen können)

c) Beschreibung der Filter

- Filtermodell(e)/-beschreibung(en)
- Teilenummer(n)/Identifikationsnummer(n)
- Filtergröße(n) und Menge für jede Größe
- Medientyp (Glasfaser, elektrisch geladene Synthetikfasern usw.)
- Farbe(n) der Medien
- abgeschätzte Fläche der Filtermedien, m² (ft²)

d) Ausrüstung

- Partikelzähler
 - Hersteller und Modellnummer
 - Datum der Kalibrierung
 - Volumenstrom, m³/s (cfm)
 - Partikelgrößenbereiche
 - Partikelkonzentration entsprechend 5%-Koinzidenzfehler
- Messeinrichtung für Temperatur
 - Hersteller und Modellnummer
 - Datum der Kalibrierung
- Messeinrichtung für die relative Luftfeuchtigkeit
 - Hersteller und Modellnummer
 - Datum der Kalibrierung
- Messeinrichtung für den Strömungswiderstand
 - Hersteller und Modellnummer
 - Datum der Kalibrierung
- Messeinrichtung für die Luftgeschwindigkeit
 - Hersteller und Modellnummer
 - Datum der Kalibrierung

7.2 Datenerfassung

Die im Bericht angegebenen Daten müssen Folgendes umfassen:

- 1) Daten zur Nullzählrate
- 2) Vorklassierung der Konzentration

- 3) Luftgeschwindigkeit
 - i) Die mittleren Werte der Luftgeschwindigkeit für die Filteranlage. Werden Messungen vor und nach den Ablesungen der Partikelwerte durchgeführt, sollten die Werte vor und nach sowie der Mittelwert angegeben werden.
 - ii) Der CV ist für jeden der Datensätze der Luftgeschwindigkeit anzugeben.
- 4) Temperatur
 - i) Die Temperatur der Luft innerhalb des Systems ist anzugeben.
 - ii) Die Temperatur der Luft um den Partikelzähler herum ist anzugeben.
- 5) Relative Luftfeuchte
 - i) Die relative Luftfeuchte der Luft innerhalb des Systems ist anzugeben.
 - ii) Die relative Luftfeuchte der Luft um den Partikelzähler herum ist anzugeben.
- 6) Strömungswiderstand
 - i) Die mittleren Werte des Strömungswiderstands für die Filteranlage. Werden Messungen vor und nach den Ablesungen der Partikelwerte durchgeführt, sollten die Werte vor und nach sowie der Mittelwert angegeben werden.
 - ii) Der CV ist für jeden der Datensätze des Strömungswiderstands anzugeben.
- 7) Abscheidegrad
 - i) Der mittlere Abscheidegrad ist entsprechend der Partikelgröße für jeden Partikelgrößenkanal des Partikelzählers im Bereich 0,3 µm bis 5,0 µm anzugeben.
 - ii) Der obere und der untere Unsicherheitswert sind für jeden Partikelgrößenkanal des Partikelzählers im Bereich 0,3 µm bis 5,0 µm zu berechnen und anzugeben.
 - iii) Die CV-Werte sind für jeden Partikelgrößenkanal des Partikelzählers im Bereich 0,3 µm bis 5,0 µm zu berechnen und anzugeben.
 - iv) Die Werte sind entsprechend Abschnitt 9 zu berechnen.
- 8) Rohdaten
 - i) Der endgültige Bericht sollte Tabellen mit einer Zusammenfassung der Probandaten umfassen.
 - ii) Auf Anfrage sollten die Rohdaten der Zählwerte verfügbar sein, wobei für jeden Größenbereich das Datum und der Zeitpunkt der Probenahme, die Zeitdauer der Probenahme und die Rohdaten der Zählungen angegeben werden sollten.

8 Fehler und Datenanalysen

8.1 Allgemeines

Die Aufmerksamkeit für die möglichen Fehlerquellen stellt sicher, dass die Messungen so fehlerfrei wie möglich sind. In diesem Teilabschnitt werden die üblichen Ursachen für Fehler behandelt, jedoch ist nicht beabsichtigt, das Thema hier erschöpfend zu behandeln. Darüber hinaus sind bei Vor-Ort-Messungen viele der nachstehend aufgeführten Bedingungen, die zu Fehlern führen können, nicht kontrollierbar (d. h. die vorliegenden Bedingungen müssen akzeptiert werden). Die Durchführung von Wiederholungsmessungen und die Verifizierung der Systemstabilität entsprechend der Beschreibung in den vorangegangenen Teilabschnitten stellt mindestens sicher, dass jegliche systematischen Fehler bei den Messungen auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden.

8.2 Relative Luftfeuchte

Eine hohe relative Luftfeuchte, typischerweise über 80 %, kann zu Schwankungen beim Wirkungsgrad führen und den Strömungswiderstand erhöhen. Eine hohe relative Luftfeuchte erhöht die Größe der hygroskopischen Partikel. Die Partikel können trocknen, bevor sie die Detektionskammer im Partikelzähler erreichen und dadurch eine andere Größe aufweisen als am Luftfilter. Die Feuchte kann auch den Brechungsindex der Partikel verändern und die gemessene Größe beeinflussen. Das in Abschnitt 10 beschriebene erweiterte Prüfverfahren kann angewendet werden, um das Ergebnis zu korrigieren.

8.3 Lufttemperatur

Betriebsbedingungen am oder unter dem Gefrierpunkt führen zu einem Gefrieren von dauerhaft eingebauten Probenahmesonden und -leitungen sowie zu Fehlern beim Betrieb des Partikelzählers, sofern diese Bedingungen außerhalb des normalen Betriebsbereichs liegen, sowie zu Kondensation und Gefrieren von Feuchtigkeit an Oberflächen. Außer in Fällen, in denen die Leistung des Systems für diese Bedingungen zu bewerten ist, sind Messungen bei diesen Temperaturen vorzugsweise zu vermeiden.

8.4 Aerosolzusammensetzung

Da optische Partikelzähler für viele professionelle Anwender das Gerät der Wahl bei Feldversuchen darstellen, hängt die gemessene Partikelgröße vom Brechungsindex und der Form der Partikel ab. Die vor Ort gegebenen Eigenschaften der Partikel lassen sich jedoch kaum kontrollieren. Grundsätzlich sollten als allgemeine Vorsichtsmaßnahme Messungen vermieden werden, wenn der Luftstrom mit dunklen oder stark pigmentierten Partikeln wie z. B. Ruß oder sichtbarem Rauch beladen zu sein scheint.

8.5 Gleichförmigkeit der Aerosolkonzentration

Die Partikelkonzentration in einer Anlage schwankt typischerweise über Zeit und Raum. Derartige Variationen können zu Fehlern bei den Daten führen. Um diese Fehler auf ein Mindestmaß herabzusetzen, wird empfohlen, die in den vorherigen Teilabschnitten behandelten Verfahren zur Systembewertung genau einzuhalten. Die Variabilität bei den gemessenen Konzentrationen in Bezug auf Zeit und Raum sollte zusammen mit den Ergebnissen angegeben werden.

8.6 Koinzidenzfehler — Partikelzähler

Koinzidenzfehler bei Partikelzählern treten auf, wenn zwei Partikel in das Betrachtungsvolumen des Partikelzählers eintreten und ihre zusammenfallenden Signale als ein größeres Signal oder ein größerer Partikel gezählt werden. Dieses Phänomen tritt bei höheren Konzentrationen häufiger auf. Im Allgemeinen stellen die Gerätehersteller Daten zu den Konzentrationen und Koinzidenzfehlern ihrer Geräte bereit. Generell gilt, dass Partikelkonzentrationen von mehr als 50 % der höchsten Konzentration bei einem Koinzidenzfehler von 5 % vermieden werden müssen. Bei diesen Konzentrationen wird der Einsatz einer Verdünnungseinrichtung empfohlen, um die gemessenen Konzentrationen so zu verringern, dass sie innerhalb annehmbarer Grenzen liegen. Nach ISO 21501-4 sollte die höchste Konzentration des Partikelzählers bekannt sein. Dabei ist zu beachten, dass bei Einsatz einer Verdünnungseinrichtung diese Einrichtung für jede Partikelgröße kalibriert werden muss, um die tatsächliche (unverdünnte) Partikelkonzentration abschätzen zu können. Nenn-Diffusionsverhältnisse sind nicht annehmbar.

8.7 Partikelverluste

Partikelverluste können in Probenahmeleitungen von Verdünnungssystemen auftreten, sofern solche zum Einsatz kommen, sowie in den Geräten selbst. Aufgrund des Aufprallens auf Oberflächen sind die Verluste typischerweise bei größeren Partikel signifikant, während sehr kleine Partikel die Oberflächenverluste aufgrund der Diffusion auf ein Mindestmaß herabsetzen. In der Praxis wird nicht erwartet, dass Verluste bei Partikeln zwischen 0,3 µm und 1,0 µm die Ergebnisse von Feldversuchen signifikant beeinflussen.

Fehler aufgrund von Partikelverlusten können durch Duplizieren des Probenahmestrangs für die an- und abströmseitige Probenahme auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden. Der Probenahmestrang umfasst

Probenahmesonden, Leitungslängen und Konfigurationen des Stroms zu den Geräten. Durch das Herabsetzen der Längen der Probenahmeleitungen auf ein Mindestmaß und die Anwendung von Probenahmeleitungen aus metallischen Materialien oder Materialien mit nicht auf Aufladung beruhenden Rückhalteeigenschaften werden Diffusionsverluste verringert. Verluste an größeren Partikeln können auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden, indem abrupte Änderungen in der Strömungsrichtung vermieden sowie Kugelventile anstelle von Nadelventilen verwendet werden und sichergestellt wird, dass die Strömungsquerschnitte glatt ineinander übergehen. Schließlich sollte die in den vorhergehenden Teilabschnitten behandelte isokinetische Probenahme angewendet werden, um Probenverluste am Probenahmepunkt auf ein Mindestmaß herabzusetzen.

Eine schnelle Abschätzung von Partikelverlusten in jedem beliebigen Abschnitt des Messsystems kann leicht erhalten werden, indem die Partikelkonzentrationen vor und hinter der Vorrichtung oder dem Abschnitt des jeweiligen Probenahmestrangs gemessen werden. Um die Verluste abzuschätzen, dürfen derselbe Partikelzähler wie bei der Vor-Ort-Messung und die Partikel in der Umgebungsluft angewendet werden. Wenn die Verluste in einem beliebigen Teil des Probenahmestrangs 5 % überschreiten oder der Kornverlust bei ALLEN Bauteilen 10 % überschreitet, ist es möglicherweise erforderlich, den Probenahmestrang neu zu konfigurieren oder Korrekturfaktoren auf die Ergebnisse anzuwenden. Zur Berechnung der Leitungsverluste ist Software verfügbar [2].

9 Berechnung der Ergebnisse

9.1 Berechnung des Abscheidegrads

Jeder Datensatz besteht aus mehreren Proben. Die Datensätze werden nacheinander erfasst, wobei jeweils mit einem abströmseitigen Datensatz begonnen und geendet wird und dazwischen wechselweise ab- und anströmseitige Datensätze erfasst werden, wie in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 — Beispiel für den Probenahmezyklus

Nummer in der Abfolge	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ABSTRÖMSEITIG	D ₁		D ₂		D ₃		D ₄		D ₅		D ₆		D ₇
ANSTRÖMSEITIG		U ₁		U ₂		U ₃		U ₄		U ₅		U ₆	

9.1.1 Durchschnitt des Proben-Datensatzes

Jeder Datensatz weist einen Durchschnitt der Probandaten für jeden Partikelgrößenbereich auf, der wie folgt berechnet wird:

$$\bar{U}_{d,c} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{d,c,i}}{n}$$

$$\bar{D}_{d,c} = \frac{\sum_{i=1}^n D_{d,c,i}}{n}$$

Dabei ist

$\bar{D}_{d,c}$ der mittlere abströmseitige Zählwert für den Datensatz D_d für jeden Partikelgrößenbereich;

$\bar{U}_{d,c}$ der mittlere anströmseitige Zählwert für den Datensatz U_d für jeden Partikelgrößenbereich;

$D_{d,c,i}$ der anströmseitige Zählwert für den Datensatz d und den Partikelgrößenbereich c ;

$U_{d,c,i}$ der anströmseitige Zählwert für den Datensatz d und den Partikelgrößenbereich c ;

- d die Nummer des Datensatzes (an- oder abströmseitig);
 c die Anzahl der Partikelgrößenbereiche;
 n die Anzahl der Proben je Datensatz.

9.1.2 Mindestkonzentration auf der Anströmseite

Um einen Wert für den Wirkungsgrad zu berechnen, sollte der Mittelwert der am Partikelzähler auf der Anströmseite bestimmten Partikel für jeden Partikelgrößenbereich mindestens 37 P/l (1 048 p/ft³) betragen. Wenn die Konzentration auf der Anströmseite dieser Mindestanforderung nicht entspricht, ist der Abscheidegrad für den entsprechenden Partikelgrößenbereich im jeweiligen Datensatz als „N/A“ anzugeben. Die Anwendung einer Verdünnungseinrichtung zur Verringerung der anströmseitigen Konzentration auf ein Niveau, das der Partikelzähler handhaben kann, kann dazu führen, dass mehrere der größeren Partikelgrößenbereiche dieses Mindestkriterium nicht erfüllen.

Mittlere Konzentration auf der Anströmseite:

$$\bar{U}_{d,\text{con}} = \frac{\bar{U}_{d,c}}{t_s \times q_2}$$

Dabei ist

$\bar{U}_{d,\text{con}}$ die durchschnittliche Konzentration auf der Abströmseite für den Datensatz d ;

t_s die Probenahmedauer des Partikelzählers in Sekunden;

q_2 der Volumenstrom des Partikelzählers, in m³/s (cfm).

(für die Angabe der Geschwindigkeit in m/s muss m³ in l umgerechnet werden)

(für die Angabe der Geschwindigkeit in fpm muss s in min umgewandelt werden)

$$\bar{U}_{d,\text{con}} \geq 37 \text{ P/l}$$

oder

$$\bar{U}_{d,\text{con}} \geq 1\,048 \text{ p/ft}^3$$

9.1.3 Wirkungsgrad für den Partikelgrößenbereich

Für jeden Partikelgrößenbereich wird für jeden Datensatz auf der Anströmseite der Wirkungsgrad wie folgt berechnet:

$$E_{d,c} = \left[1 - \frac{(\bar{D}_{d,c} + \bar{D}_{d+1,c})}{2 \bar{U}_{d,c}} \right] \times 100$$

Dabei ist

$E_{d,c}$ der Abscheidegrad entsprechend dem Partikelgrößenbereich für jeden Datensatz auf der Anströmseite;

d die Nummer des Datensatzes auf der Anströmseite.

9.1.4 Mittlerer Wirkungsgrad bezogen auf die Partikelgröße

Die Wirkungsgrade werden anschließend gemittelt, um den Abscheidegrad bezogen auf die Partikelgröße zu berechnen:

$$\bar{E}_c = \frac{\sum_{i=1}^d E_{c,i}}{N}$$

Dabei ist

$\bar{E}_c$ der mittlere Abscheidegrad bezogen auf den Partikelgrößenbereich für jeden Datensatz auf der Anströmseite;

N die Anzahl der Proben auf der Anströmseite.

9.2 Berechnung der Unsicherheit

9.2.1 Allgemeines

Die Unsicherheit des mittleren Abscheidegrads nach 9.1.4 entspricht einem zweiseitigen Vertrauensintervall des mittleren Werts auf der Grundlage eines 95%-Vertrauensniveaus. Unsicherheitswerte sollten auch für die Datensätze des Strömungswiderstands und der Luftgeschwindigkeit berechnet werden. Diese statistische Berechnung bedient die Varianz der Messungen, kann aber nicht für die Bewertung von Veränderungen in der Anlage und der Umgebung herangezogen werden.

9.2.2 95%-Vertrauensniveau

Das 95%-Vertrauensniveau des Abscheidegrads kann wie folgt bestimmt werden:

$$\bar{E}_{\text{cl},c} = \bar{E}_c - \delta \times \frac{t}{\sqrt{n}}$$

und

$$\bar{E}_{\text{uc},c} = \bar{E}_c + \delta \times \frac{t}{\sqrt{n}}$$

$$\delta_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_{c,i} - \bar{E}_c)^2}{n - 1}}$$

Dabei ist

$\bar{E}_{\text{cl},c}$ die untere Vertrauensgrenze;

$\bar{E}_{\text{uc},c}$ die obere Vertrauensgrenze;

δ_c die Standardabweichung der Wirkungsgrade für den Partikelgrößenbereich;

t die Variable der t -Verteilung nach Tabelle 3 für ein gegebenes n ;

n die Anzahl der Werte;

c die Anzahl der Partikelgrößenbereiche.

9.3 Variationskoeffizient, CV

Bei dem Variationskoeffizienten (CV) handelt es sich um die Standardabweichung einer Gruppe von Messungen, geteilt durch den Mittelwert. Ein CV-Wert unter 25 % ist mit Ausnahme der gekennzeichneten Fälle im Allgemeinen für die meisten Messwerte annehmbar.

$$\text{CV} = \frac{\delta_c}{\bar{E}_c}$$

Tabelle 3 — Verteilungsvariable

Anzahl der Proben	Freiheitsgrade $\nu = n - 1$	t
3	2	4,303
4	3	3,182
5	4	2,776
6	5	2,571
7	6	2,447
8	7	2,365
9	8	2,306
10	9	2,262
11	10	2,228
12	11	2,201
13	12	2,179
14	13	2,160
15	14	2,145
16	15	2,131
17	16	2,120
18	17	2,110
19	18	2,101
20	19	2,093
21	20	2,086
22	21	2,080
23	22	2,074
24	23	2,069
25	24	2,064
26	25	2,060
27	26	2,056
28	27	2,052
29	28	2,048
30	29	2,045
unendlich	unendlich	1,960

10 Wahlweise erweitertes Prüfsystem

10.1 Anwendung der erweiterten Prüfung

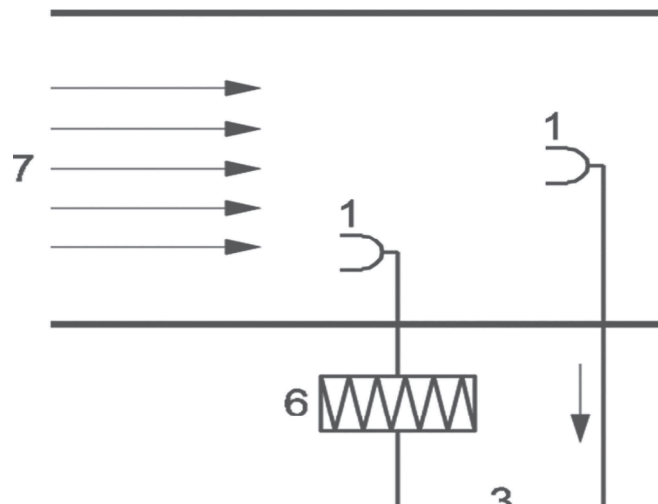
Der Zweck des wahlweise erweiterten Prüfsystems besteht darin, ein Verfahren zur Korrelation zwischen genormten Labor-Prüfdaten und Daten von vor Ort durchgeführten Prüfungen bereitzustellen. Durch Vor-Ort-Belasten eines Filters, das zuvor unter Laborbedingungen mit demselben Umgebungsaerosol geprüft wurde, kann eine Korrelation der Daten hergestellt werden. Dieses Verfahren sollte nur angewendet werden, wenn die gemessenen Luftgeschwindigkeiten und Partikelkonzentrationen stabil sind. Diese Verfahren sollten angewendet werden, wenn die gemessene Luftgeschwindigkeit und die gemessenen Partikelkonzentrationen stabil sind, d. h. $CV < 25 \%$. Die Korrektur der Größenbestimmung der Partikel kann nur dann durchgeführt werden, wenn die Partikelkonzentration für die entsprechende Größe statistisch stabil ist, d. h. $CV < 10 \%$.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung einer Laborkorrelation besteht darin, ein Probenfilter aus dem AHU zu entnehmen, nachdem die Vor-Ort-Prüfung abgeschlossen ist, und das entfernte Filter an ein unabhängiges Prüflaboratorium zu senden, das eine Prüfung des Wirkungsgrads bezogen auf die Partikelgröße durchführen kann. Das Laboratorium sollte angewiesen werden, das gebrauchte Filter zu prüfen, ohne es mit Staub zu beladen oder es zu konditionieren, sowie beim mittleren vor Ort gemessenen Volumenstrom zu prüfen. Ein Vergleich der Daten zum Abscheidegrad mit den im Laboratorium erhaltenen Prüfdaten mit gleicher Partikelgröße führt ebenso zu einer Laborkorrelation.

10.2 Grundsatz des erweiterten Prüfsystems

Bei Anwendung des erweiterten Prüfsystems nach Bild 5 ist es möglich, den Wirkungsgrad der Filteranlage und eines Referenzfilters mit gleichwertigem Wirkungsgrad fast gleichzeitig zu messen. Auf diese Weise können die Auswirkungen schwankender Messbedingungen verringert werden. Darüber hinaus können die Ergebnisse genutzt werden, um die gemessenen Wirkungsgrade in Bezug auf den Wirkungsgrad des Referenzfilters zu korrigieren, der im Labor unter Anwendung eines genormten Prüfaerosols gemessen wurde. Um zusätzliche Fehler zu vermeiden, sollte im Laboratorium und bei den Vor-Ort-Messungen derselbe optische Partikelzähler eingesetzt werden. Das Referenzfilter sollte vorzugsweise von der gleichen Art sein und den gleichen Wirkungsgrad aufweisen wie das im eingebauten Zustand zu prüfende Filter.

Das erweiterte Prüfsystem umfasst drei Probenahmeleitungen, sodass für das Referenzfilter eine zusätzliche Probenahmeleitung und ein zusätzliches Ventil vorliegen. Das Aerosol-Probenahmesystem wird angewendet, um Partikelkonzentrationen abwechselnd auf der An- und der Abströmseite des Prüflings und des Referenzfilters zu messen. Der zeitliche Ablauf der Messung ist in Tabelle 4 dargestellt. Die Ergebnisse in Bezug auf den Abscheidegrad werden sowohl für das Referenzfilter als auch der Prüfling mit den in Abschnitt 9 dargestellten Verfahren berechnet.



Legende

- | | |
|------------------|---|
| 1 U/S-Probe | 5 Prüfling |
| 2 D/S-Probe | 6 Referenzfilter |
| 3 Ventile | 7 Luftströmung |
| 4 Partikelzähler | L Abstand Prüfling zu abströmseitiger Probe |

Bild 5 — Schematische Darstellung des erweiterten Prüfsystems

Tabelle 4 — Probenahmezyklen im erweiterten Prüfsystem

Nummer in der Abfolge	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ABSTRÖMSEITIG (D)	D ₁			D ₂			D ₃			D ₄			D ₅			D ₆			D ₇
ANSTRÖMSEITIG (U)		U ₁			U ₂			U ₃			U ₄			U ₅			U ₆		
REFERENZ (R)			R ₁			R ₂			R ₃			R ₄			R ₅			R ₆	

10.3 Bestimmung der korrigierten Partikelgröße

Ein optischer Partikelzähler teilt die Partikel auf der Grundlage ihrer optischen Eigenschaften entsprechend ihrer Größe ein. Unter Bedingungen der Vor-Ort-Messung können sich die optischen Eigenschaften der Partikel von denen der Partikel unterscheiden, die bei der Kalibrierung des Partikelzählers und der Durchführung der Laborprüfungen eingesetzt werden. Damit bestimmt der Partikelzähler die Größen der Partikel unterschiedlich, ergibt jedoch die korrekte Anzahl der Partikel. Die sich ergebende Wirkungsgrad-/Durchlassgrad-Kurve weist Werte für den Wirkungsgrad bei unterschiedlichen Partikelgrößen auf, die den im Laboratorium erhaltenen Werten vergleichbar sind. Die Partikelgrößen können durch Vergleich mit der Labor-Durchlassgrad- (oder Wirkungsgrad)kurve des Referenzfilters nach Bild 6 korrigiert werden.