

DIN EN ISO 14644-3

ICS 13.040.35

Ersatz für
DIN EN ISO 14644-3:2006-03**Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche –
Teil 3: Prüfverfahren (ISO 14644-3:2019, korrigierte Fassung 2020-06);
Deutsche Fassung EN ISO 14644-3:2019**

Cleanrooms and associated controlled environments –
Part 3: Test methods (ISO 14644-3:2019, Corrected version 2020-06);
German version EN ISO 14644-3:2019

Salles propres et environnements maîtrisés apparentés –
Partie 3: Méthodes d'essai (ISO 14644-3:2019, Version corrigée 2020-06);
Version allemande EN ISO 14644-3:2019

Gesamtumfang 71 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 14644-3:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 209 „Cleanrooms and associated controlled environments“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 243 „Reinraumtechnologie“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 041-02-21 AA „Reinraumtechnik (SpA CEN/TC 243 und ISO/TC 209)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

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

ISO 5167-2	siehe	DIN EN ISO 5167-2
ISO 5167-4	siehe	DIN EN ISO 5167-4
ISO 5167-5	siehe	DIN EN ISO 5167-5
ISO 7726	siehe	DIN EN ISO 7726
ISO 14644-1:2015	siehe	DIN EN ISO 14644-1:2016-06
ISO 14644-2	siehe	DIN EN ISO 14644-2
ISO 14644-4	siehe	DIN EN ISO 14644-4
ISO 14644-7:2004	siehe	DIN EN ISO 14644-7:2005-01
ISO 14644-8	siehe	DIN EN ISO 14644-8
ISO 14644-9	siehe	DIN EN ISO 14644-9
ISO 14644-10	siehe	DIN EN ISO 14644-10

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 14644-3:2006-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt B.7 wurde vereinfacht und korrigiert, um auf Bedenken zu dessen Komplexität einzugehen und erkannte Fehler zu beheben;
- b) die Leitlinien bezüglich der Klassifizierung der Luftreinheit anhand der Konzentration luftgetragener Partikel wurde in ISO 14644-1 verschoben;
- c) der Text im gesamten Dokument wurde überarbeitet oder verdeutlicht, um die Anwendung zu erleichtern.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 14644-3: 2006-03

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5167-2, *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 2: Blenden*

DIN EN ISO 5167-4, *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 4: Venturirohre*

DIN EN ISO 5167-5, *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 5: Konus-Durchflussmesser*

DIN EN ISO 7726, *Umgebungsklima — Instrumente zur Messung physikalischer Größen*

DIN EN ISO 14644-1:2016-06, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 1: Klassifizierung der Luftreinheit anhand der Partikelkonzentration (ISO 14644-1:2015); Deutsche Fassung EN ISO 14644-1:2015*

DIN EN ISO 14644-2, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 2: Überwachung zum Nachweis der Reinraumleistung bezüglich Luftreinheit anhand der Partikelkonzentration*

DIN EN ISO 14644-4, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 4: Planung, Ausführung und Erst-Inbetriebnahme*

DIN EN ISO 14644-7:2005-01, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 7: SD-Module (Reinlufthauben, Handschuhboxen, Isolatoren und Minienvironments) (ISO 14644-7:2004); Deutsche Fassung EN ISO 14644-7:2004*

DIN EN ISO 14644-8, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 8: Klassifizierung der Luftreinheit anhand der Chemikalienkonzentration (ACC)*

DIN EN ISO 14644-9, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 9: Klassifizierung der partikulären Oberflächenreinheit*

DIN EN ISO 14644-10, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 10: Klassifizierung der chemischen Oberflächenreinheit*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche —
Teil 3: Prüfverfahren
(ISO 14644-3:2019, korrigierte Fassung 2020-06)

Cleanrooms and associated controlled environments —
Part 3: Test methods
(ISO 14644-3:2019, Corrected version 2020-06)

Salles propres et environnements maîtrisés apparentés —
Partie 3: Méthodes d'essai
(ISO 14644-3:2019, Version corrigée 2020-06)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 24. Juli 2019 angenommen.

Diese Europäische Norm wurde korrigiert und vom CEN-CENELEC-Management-Zentrum am 17. Juni 2020 neu herausgegeben.

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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, 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	3
Vorwort	4
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
3.1 Allgemeine Begriffe	7
3.2 Begriffe in Bezug auf luftgetragene Partikel	9
3.3 Begriffe in Bezug auf Luftfilter und Luftfiltersysteme	10
3.4 Begriffe in Bezug auf Luftströmung und andere physikalische Zustandsgrößen	10
3.5 Begriffe in Bezug auf elektrostatische Messung	11
3.6 Begriffe in Bezug auf Messgeräte und Messbedingungen	12
3.7 Begriffe in Bezug auf Betriebszustände	12
4 Durchführung der Prüfungen	13
4.1 Reinraumprüfungen	13
4.1.1 Allgemeines	13
4.1.2 Hilfsprüfungen	13
4.2 Kurzbeschreibung	14
4.2.1 Prüfung des Differentialdrucks der Luft	14
4.2.2 Strömungsprüfung	14
4.2.3 Prüfung der Luftströmungsrichtung und Sichtbarmachung der Strömung	15
4.2.4 Prüfung der Erholzeit	15
4.2.5 Temperaturprüfung	15
4.2.6 Prüfung der Luftfeuchte	15
4.2.7 Leckprüfungen am eingebauten Filtersystem	15
4.2.8 Leckprüfung der Abschließung	15
4.2.9 Elektrostatische Prüfung und Überprüfung von Ionengeneratoren	15
4.2.10 Prüfung der Partikelsedimentation	16
4.2.11 Entmischungsprüfung	16
5 Prüfberichte	16
Anhang A (informativ) Auswahl von Hilfsprüfungen und Checkliste	17
Anhang B (informativ) Hilfsprüfverfahren	23
Anhang C (informativ) Messgeräte	57
Literaturhinweise	66

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 14644-3:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 209 „Cleanrooms and associated controlled environments“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 243 „Reinraumtechnologie“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2020, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2020 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 ersetzt EN ISO 14644-3:2005.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, 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 14644-3:2019, korrigierte Fassung 2020-06, wurde von CEN als EN ISO 14644-3:2019 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 209, *Cleanrooms and associated controlled environments* erarbeitet.

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.

Diese zweite Ausgabe von ISO 14644-3 ersetzt die erste Ausgabe (ISO 14644-3:2005), die technisch überarbeitet wurde. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Abschnitt B.7 wurde vereinfacht und korrigiert, um auf Bedenken zu dessen Komplexität einzugehen und erkannte Fehler zu beheben;
- die Leitlinien bezüglich der Klassifizierung der Luftreinheit anhand der Konzentration luftgetragener Partikel wurde in ISO 14644-1 [1] verschoben;
- der Text im gesamten Dokument wurde überarbeitet oder verdeutlicht, um die Anwendung zu erleichtern.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 14644 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Diese berichtigte Version von ISO 14644-3:2019 beinhaltet folgende Korrekturen:

- Die Querverweisungen in den Tabellen A.1, B.4.4, C.1, C.4.2 und C.4.3 wurden korrigiert;
- der Wortlaut in B.2.1 a) und Tabelle B.2 wurde geändert;
- das alte Bild B.2 wurde entfernt.

Einleitung

Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche sorgen für eine Regelung der Kontamination auf Grade, die für die Durchführung kontaminationsempfindlicher Tätigkeiten geeignet sind. Zu Produkten und Prozessen, die aus der Regelung der luftgetragenen Kontamination Nutzen ziehen, gehören diejenigen in der Luft- und Raumfahrt, Mikroelektronik-, Pharma-, Medizintechnik-, Gesundheits- und Nahrungsmittelindustrie.

Dieses Dokument stellt geeignete Prüfverfahren dar zur Messung der Leistung von Reinräumen, reinen Bereichen oder zugehörigen Reinraumbereichen, einschließlich SD-Modulen und kontrollierten Bereichen, zusammen mit allen zugehörigen Bauten, Luftaufbereitungssystemen, Anschlüssen und Betriebsmedien.

ANMERKUNG Es werden in diesem Dokument nicht alle Prüfverfahren für Reinraumparameter aufgezeigt. Verfahren und Geräte für die Prüfung der Luftreinheitsklassen anhand der Partikelkonzentration und der Makropartikel finden sich in ISO 14644-1, [1] und Spezifikationen für die Überwachung der Luftreinheit anhand der Partikelkonzentrationen im Nanobereich finden sich in ISO 14644-12. [8] Die Verfahren und Geräte zur Charakterisierung anderer Parameter, die in Reinräumen und reinen Bereichen für bestimmte Produkte oder Prozesse von Belang sind, werden anderweitig in Schriftstücken diskutiert, die von ISO/TC 209 erarbeitet werden (z. B. Verfahren zur Regelung und Messung von lebensfähigen Materialien [Normenreihe ISO 14698], Prüfung der Funktionstüchtigkeit von Reinräumen [ISO 14644-4 [3]] und Prüfung von SD-Modulen [ISO 14644-7 [4]]). Darüber hinaus können andere Normen als anwendbar betrachtet werden. Weitere Reinheitsattributebenen können bestimmt werden anhand von ISO 14644-8 [5] (Klassifizierung der Luftreinheit anhand der Chemikalienkonzentration), ISO 14644-9 [6] (Klassifizierung der partikulären Oberflächenreinheit) und ISO 14644-10 [7] (Klassifizierung der chemischen Oberflächenreinheit).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument umfasst Prüfverfahren zur Unterstützung des Betriebs für Reinräume und reine Bereiche, im Hinblick auf die Erfüllung von Luftreinheitsklassifizierungen, weiteren Reinheitsattributen und zugehörigen geregelten Bedingungen.

Es werden Leistungsprüfungen für zwei Arten von Reinräumen und reinen Bereichen festgelegt, solche mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung und solche mit turbulenter Mischströmung. Es werden drei Betriebszustände betrachtet: Bereitstellung, Leerlauf, Fertigung.

Die Prüfverfahren, empfohlene Prüfgeräte und Prüfverfahren zur Bestimmung von Kenngrößen für die Leistung werden angegeben. An Stellen, an denen das Prüfverfahren durch die Art des Reinraums oder reinen Bereichs beeinflusst wird, werden alternative Verfahren vorgeschlagen.

Für einige Prüfungen werden mehrere unterschiedliche Verfahren und Geräte empfohlen, so dass verschiedenen Nutzungsarten Rechnung getragen werden kann. Soweit zwischen Kunden und Lieferanten vereinbart, können alternative, nicht in diesem Dokument beschriebene Verfahren angewendet werden. Solche Verfahren liefern nicht zwingend gleichwertige Messungen.

Dieses Dokument ist nicht auf die Messung von Produkten oder Prozessen in Reinräumen, reinen Bereichen oder SD-Modulen anwendbar.

ANMERKUNG Dieses Dokument nimmt nicht in Anspruch, mit seiner Anwendung verbundene Sicherheitsaspekte zu behandeln (z. B. beim Einsatz gefährlicher Stoffe, Arbeitsgänge und Geräte). Es liegt in der Verantwortlichkeit des Anwenders dieses Dokuments, geeignete Verhaltensregeln für den Arbeits- und Gesundheitsschutz festzulegen und vor der Anwendung zu klären, ob einschränkende Vorschriften zu berücksichtigen sind.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

Reinraum

Raum, in dem die Anzahlkonzentration *luftgetragener Partikel* (3.2.1) geregelt und klassifiziert wird und der zur Regelung der Einschleppung, Entstehung und Ablagerung von Partikeln im Raum entsprechend konstruktiv geplant, baulich ausgeführt und betrieben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Klasse der *Konzentration der luftgetragenen Partikel* (3.2.4) wird festgelegt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Grade von weiteren Reinheitsmerkmalen, wie z. B. die chemischen Konzentrationen sowie die Konzentrationen von lebensfähigen oder nanoskaligen Partikeln in der Luft, aber auch die Oberflächenreinheit, in Bezug auf Partikel-, Nanopartikel-, chemische Konzentrationen sowie auf Konzentrationen von lebensfähigen Partikeln, könnten festgelegt und geregelt werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Weitere relevante physikalische Parameter könnten auch, falls gefordert, geregelt werden, z. B. Temperatur, Feuchte, Druck, Vibration und Elektrostatik.

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.1.1]

3.1.2

reiner Bereich

festgelegter Bereich, in dem die Konzentration *luftgetragener Partikel* (3.2.1) geregelt wird und klassifiziert ist und der zur Regelung der Einschleppung, Entstehung und Ablagerung von Partikeln im Bereich entsprechend baulich ausgeführt und betrieben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Klasse der *Konzentration der luftgetragenen Partikel* (3.2.4) wird festgelegt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Grade von weiteren Reinheitsmerkmalen, wie z. B. die chemischen Konzentrationen sowie die Konzentrationen von lebensfähigen oder nanoskaligen Partikeln in der Luft, aber auch die Oberflächenreinheit, in Bezug auf Partikel-, Nanopartikel-, chemische Konzentrationen sowie auf Konzentrationen von lebensfähigen Partikeln, könnten ebenfalls festgelegt und geregelt werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein reiner Bereich (reine Bereiche) kann (können) ein festgelegter Bereich (festgelegte Bereiche) in einem *Reinraum* (3.1.1) sein, oder er (sie) könnte(n) mithilfe eines SD-Moduls geschaffen werden. Dieses SD-Modul kann sich im Raum oder außerhalb eines Reinraumes befinden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Weitere relevante physikalische Parameter könnten auch, falls gefordert, geregelt werden, z. B. Temperatur, Feuchte, Druck, Vibration und Elektrostatik.

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.1.2]

3.1.3

Anlage

Reinraum (3.1.1) oder ein oder mehrere *reine(r) Bereich(e)* (3.1.2) zusammen mit allen zugehörigen Bauten, Luftaufbereitungssystemen, Anschlüssen und Betriebsmedien

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.1.3]

3.1.4

SD-Modul

(en: separative device)

Vorrichtung, bei der bautechnische und strömungstechnische Maßnahmen angewandt werden, um sichere Stufen der Abtrennung zwischen dem Inneren und dem Äußeren eines definierten Volumens zu erzeugen

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele branchenspezifischer SD-Module sind Reinlufthauben, geschlossene Kabinen, Handschuhboxen, Isolatoren und Minienvironments.

[QUELLE: ISO 14644-7:2004, 3.17]

3.1.5

Auflösung

kleinste Änderung in einer gemessenen Größe, die zu einer wahrnehmbaren Veränderung der entsprechenden Anzeige führt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Auflösung kann beispielsweise vom Rauschen (Eigenrauschen oder externes Rauschen) oder von der Reibung abhängig sein. Sie kann auch vom Wert einer gemessenen Größe abhängig sein.

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.4.1]

3.1.6

Empfindlichkeit

Quotient aus der Änderung in einer Messsystemanzeige und der entsprechenden Wertänderung der gemessenen Größe

3.2 Begriffe in Bezug auf luftgetragene Partikel

3.2.1

luftgetragenes Partikel

flüssiges oder festes in der Luft schwebendes lebensfähiges oder nicht lebensfähiges Teilchen, zwischen 1 nm und 100 µm groß

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu Klassifizierungszwecken wird auf ISO 14644-1:2015, 3.2.1, verwiesen.

3.2.2

Mediandurchmesser der gezählten Partikel

Mediandurchmesser der Partikel auf der Grundlage ihrer Anzahl

Anmerkung 1 zum Begriff: Beim Medianwert der gezählten Partikel wird die Hälfte der Masse aller Partikel durch Partikel gebildet, deren Durchmesser geringer ist als der Mediandurchmesser der gezählten Partikel, die andere Hälfte durch solche, deren Durchmesser größer ist.

3.2.3

Mediandurchmesser der Partikelmasse

Mediandurchmesser der Partikel auf der Grundlage der Partikelmasse

Anmerkung 1 zum Begriff: Beim Medianwert der Partikelmasse wird die Hälfte der Masse aller Partikel durch Partikel gebildet, deren Durchmesser geringer ist als der Mediandurchmesser der Partikelmasse, die andere Hälfte durch solche, deren Durchmesser größer ist.

3.2.4

Partikelkonzentration

Anzahl der einzelnen Partikel je Volumeneinheit Luft

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.2.3]

3.2.5

Partikelgröße

Durchmesser einer Kugel, der mit Hilfe einer Vorrichtung zur Bestimmung der Partikelgröße gemessen werden kann, deren Messgröße in vergleichbarem Zusammenhang mit der Messgröße des Partikels steht

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Streulicht-Einzelpartikelzähler wird der vergleichbare Streulichtdurchmesser verwendet.

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.2.2]

3.2.6

Partikelgrößenverteilung

Summenhäufigkeitsverteilung der *Partikelkonzentration* (3.2.4), dargestellt als Funktion der *Partikelgröße* (3.2.5)

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.2.4]

3.2.7

Prüfaerosol

Suspension von flüssigen und/oder festen Partikeln mit bekannter und geregelter Größe und Konzentration in Gas

3.3 Begriffe in Bezug auf Luftfilter und Luftfiltersysteme

3.3.1

Aerosolbeaufschlagung

Beaufschlagung eines Filters oder eines *eingebauten Filtersystems* (3.3.6) durch ein *Prüfaerosol* (3.2.7)

3.3.2

Nominalleck

höchstzulässige Penetration, bestimmt nach Absprache zwischen Kunden und Lieferanten, durch ein *Leck* (3.3.8), das durch *kontinuierliche Abtastung* (3.3.9) einer *Filter-Anlage* (3.1.3) unter Verwendung von Streulicht-Einzelpartikelzählern (LSAPC) oder *Aerosolphotometern* (3.6.2) gefunden werden kann

3.3.3

Verdünnungssystem

System, in dem Aerosol zur Verringerung der Konzentration in einem bekannten Volumenverhältnis mit partikelfreier Luft verdünnt wird

3.3.4

Filtersystem

aus dem Filter, dem Rahmen und der sonstigen Haltevorrichtung oder sonstigem Gehäuse bestehende Baugruppe

3.3.5

endständiges Filter

Filter in einer endständigen Einbaulage vor dem Eintritt der Luft in den *Reinraum* (3.1.1) oder *reinen Bereich* (3.1.2)

3.3.6

eingebautes Filtersystem

in der Decke, der Wand, in einem Gerät oder einer Luftleitung eingebautes *Filtersystem* (3.3.4)

3.3.7

Leckprüfung am eingebauten Filtersystem

Prüfung zur Bestätigung, dass die Filter ordnungsgemäß eingebaut sind, indem nachgeprüft wird, dass keine Leckluft auf Umwegen in die *Anlage* (3.1.3) gelangt und dass Filter und gegebenenfalls das Gittersystem frei von Beschädigungen und *Lecks* (3.3.8) sind

3.3.8

Leck

<des Luftfiltersystems> Eindringen von Kontaminanten, wobei durch Defekte oder einen Mangel der Integrität ein Erwartungswert der Konzentration reinluftseitig überschritten wird

3.3.9

kontinuierliche Abtastung

Verfahren zur Entdeckung von *Lecks* (3.3.8) in Filtern und Teilen von Filtereinheiten, wobei die Einlassöffnung der Sonde eines *Aerosolphotometers* (3.6.2) oder Streulicht-Einzelpartikelzählers mit überlappenden Bewegungen über den festgelegten zu prüfenden Bereich geführt wird

3.4 Begriffe in Bezug auf Luftströmung und andere physikalische Zustandsgrößen

3.4.1

Luftwechselrate

Luftwechselzahl

Rate, die die Anzahl der Luftwechsel je Zeiteinheit beschreibt und durch Division des je Zeiteinheit zugeführten Luftvolumenstroms durch das Volumen des *Reinraums* (3.1.1) oder des *reinen Bereichs* (3.1.2) berechnet wird

3.4.2

Messebene

Querschnittsfläche zur Prüfung oder Messung einer Leistungskenngröße wie der Strömungsgeschwindigkeit

3.4.3

turbulente Verdünnungsströmung

Luftverteilung, bei der in den *Reinraum* (3.1.1) oder *reinen Bereich* (3.1.2) eintretende Erstluft mit der Innenraumluft durch Induktion vermischt wird

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.2.8]

3.4.4

Zuluftvolumenstrom

Luftvolumen je Zeiteinheit, das einem *Reinraum* (3.1.1) oder *reinen Bereich* (3.1.2) über *endständige Filter* (3.3.5) oder Luftleitungen zugeführt wird

3.4.5

Gesamtluftvolumenstrom

Luftvolumen je Zeiteinheit, das durch den Querschnitt eines *Reinraums* (3.1.1) oder *reinen Bereichs* (3.1.2) strömt

3.4.6

turbulenzarme Verdrängungsströmung

geregelter Luftströmung mit gleichförmiger Geschwindigkeit über den gesamten Querschnitt eines *Reinraums* (3.1.1) oder *reinen Bereichs* (3.1.2), die als parallele Luftströmung angesehen wird

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.2.7]

3.4.7

Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit

turbulenzarmes Strömungsprofil (3.4.6), bei dem die Messwerte der Luftgeschwindigkeit (Geschwindigkeit und Richtung der Strömung) von Punkt zu Punkt um nicht mehr als den festgelegten Prozentsatz von der mittleren Strömungsgeschwindigkeit abweichen

3.5 Begriffe in Bezug auf elektrostatische Messung

3.5.1

Entladungszeit

Zeit, bis die Spannung auf die positive oder negative Ladung abgeklungen ist, auf die eine isolierte leitende Messplatte ursprünglich aufgeladen wurde

3.5.2

Nullpunktspannung

Spannung, auf die sich eine ursprünglich ladungsfreie, isolierte leitende Platte auflädt, wenn sie einer Umgebung mit ionisierter Luft ausgesetzt wird

3.5.3

antistatische Eigenschaften

Fähigkeit, elektrostatische Aufladung auf Arbeitsflächen oder Produktoberflächen durch Leitung oder andere Mechanismen auf einen festgelegten Wert oder auf den Nennwert null abzubauen

3.5.4

elektrisches Oberflächenpotential

positiver oder negativer Spannungswert elektrostatischer Aufladung auf Arbeitsflächen oder Produktoberflächen, angezeigt durch geeignete Messgeräte

3.6 Begriffe in Bezug auf Messgeräte und Messbedingungen

3.6.1

Aerosolgenerator

Gerät, das in der Lage ist, durch thermische, hydraulische, pneumatische, akustische oder elektrostatische Verfahren Partikel zu erzeugen, deren Größe in einem geeigneten Bereich liegt (z. B. 0,05 µm bis 2 µm) und deren Konzentration konstant ist

3.6.2

Aerosolphotometer

Messgerät, das mit Hilfe einer optischen Kammer für vorwärts gestreutes Licht die Massenkonzentration *luftgetragener Partikel* (3.2.1) bestimmt

3.6.3

Volumenstrommesshaube

Haube mit Gerät, das das Filter oder den Diffusor vollständig abdeckt und Luft zur direkten Messung des Luftvolumenstroms aufnimmt

3.6.4

Streulicht-Einzelpartikelzähler

LSAPC

(en: light scattering airborne particle counter)

Gerät, das in der Lage ist, einzelne *luftgetragene Partikel* (3.2.1) zu zählen und deren Größe zu bestimmen und Größendaten als optische Äquivalentdurchmesser anzugeben

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Spezifikationen für einen Partikelzähler sind in ISO 21501-4 angegeben.

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.5.1, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde umformuliert.]

3.6.5

Vergleichsplatte

Material mit festgelegter Oberfläche, das anstelle direkter Auswertung einer bestimmten Oberfläche verwendet wird, die entweder unzugänglich oder zu empfindlich für die Handhabung ist

3.7 Begriffe in Bezug auf Betriebszustände

3.7.1

Bereitstellung

Zustand des vollständig angeschlossenen und in Funktion befindlichen *Reinraums* (3.1.1.) oder *reinen Bereichs* (3.1.2), jedoch ohne Produktionseinrichtungen, ohne Ausrüstung und ohne Personal

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.3.1]

3.7.2

Leerlauf

Zustand des vollständig eingerichteten und wie vereinbart betriebenen *Reinraums* (3.1.1) oder *reinen Bereichs* (3.1.2), jedoch ohne Personal

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.3.2]

3.7.3

Fertigung

Betrieb

vereinbarter Zustand des in der festgelegten Betriebsart betriebenen *Reinraums* (3.1.1) oder *reinen Bereichs* (3.1.2) mit der Ausrüstung in Betrieb und mit der festgelegten Anzahl anwesender Personen

[QUELLE: ISO 14644-1:2015, 3.3.3]

4 Durchführung der Prüfungen

4.1 Reinraumprüfungen

4.1.1 Allgemeines

Im Hinblick auf die Klassifizierung eines Reinraums oder reinen Bereichs anhand der Konzentration luftgetragener Partikel muss ISO 14644-1 [1] umgesetzt werden. Bei Bedarf sollten zusätzliche Reinheitsattribute gewählt werden (siehe Tabelle 1).

ANMERKUNG Jede Norm enthält Spezifikationen für Prüfverfahren auf Grundlage der Eigenschaften bestimmter Attribute, einen Leitfaden zur Bewertung der Prüfdaten und Spezifikationen für Prüfgeräte.

Tabelle 1 — Reinheitsattributprüfungen für Reinnräume und reine Bereiche

Allgemeine Beschreibung	in Bezug genommen in
Klassifizierung der partikulären Oberflächenreinheit	ISO 14644-9 [6]
Klassifizierung der Luftreinheit anhand der Chemikalienkonzentration	ISO 14644-8 [5]
Klassifizierung der chemischen Oberflächenreinheit	ISO 14644-10 [7]
Überwachung der Luftreinheit anhand der Nanopartikelkonzentration	ISO 14644-12 [8]

4.1.2 Hilfsprüfungen

Tabelle 2 führt weitere geeignete Prüfungen auf, die zur Messung der Leistung einer Reinraumanlage oder eines reinen Bereichs verwendet werden können. Diese Prüfungen dürfen in jedem der drei genannten Betriebszustände angewendet werden (vorgeschlagene Anwendungen siehe Einzelheiten in Anhang B). Diese Prüfungen sind nicht notwendigerweise umfassend. Zudem mögen für ein bestimmtes Projekt nicht alle Prüfungen erforderlich sein. Prüfungen und Prüfverfahren sollten nach Vereinbarung zwischen dem Kunden und dem Lieferanten ausgewählt werden. Ausgewählte Prüfungen können auch als Bestandteil einer routinemäßigen Überprüfung oder einer periodischen Prüfung regelmäßig wiederholt werden. Leitlinien für die Auswahl von Prüfungen und eine Checkliste für Prüfungen werden in Anhang A angegeben. Prüfverfahren werden in Anhang B beschrieben.

ANMERKUNG Die in Anhang B beschriebenen Prüfverfahren stellen nur eine Übersicht dar. Zur Erfüllung der Anforderungen der besonderen Anwendungsweise können spezifische Verfahren entwickelt werden.

Tabelle 2 — Hilfsprüfungen

Hilfsprüfungen	in Bezug genommen in ISO 14644-3		
	Prinzip	Verfahren	Geräte
Prüfung des Differentialdrucks der Luft	4.2.1	B.1	C.2
Strömungsprüfung	4.2.2	B.2	C.3
Prüfung der Luftströmungsrichtung und Sichtbarmachung der Strömung	4.2.3	B.3	C.4
Prüfung der Erholzeit	4.2.4	B.4	C.5
Temperaturprüfung	4.2.5	B.5	C.6
Prüfung der Luftfeuchte	4.2.6	B.6	C.7
Leckprüfung am eingebauten Filtersystem	4.2.7	B.7	C.8
Leckprüfung der Abschließung	4.2.8	B.8	C.9
elektrostatische Prüfung und Überprüfung von Ionengeneratoren	4.2.9	B.9	C.10
Prüfung der Partikelsedimentation ^a	4.2.10	B.10	C.11
Entmischungsprüfung	4.2.11	B.11	C.12
ANMERKUNG Diese Hilfsprüfungen werden weder in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit noch chronologisch aufgeführt. Grundlage der Prüfabfolge können die Anforderungen eines speziellen Schriftstücks oder eine Vereinbarung zwischen Kunden und Lieferanten sein.			
^a Die Prüfung der Partikelsedimentation kann auch als Prüfung der Leistung von Reinräumen im Betriebszustand „Fertigung“ in Betracht gezogen werden.			

4.2 Kurzbeschreibung

4.2.1 Prüfung des Differentialdrucks der Luft

Zweck der Prüfung des Differentialdrucks der Luft ist die Nachprüfung der Fähigkeit des Systems zur Unterstützung der Luftbewegung im Reinraum, den festgelegten Differenzdruck zwischen dem Reinraum und seiner Umgebung zu halten. Die Prüfung des Differentialdrucks der Luft sollte durchgeführt werden, nachdem der Reinraum die Abnahmekriterien hinsichtlich Luftströmungsgeschwindigkeit oder Luftvolumenstrom, Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit und weiterer anwendbarer Prüfungen erfüllt hat. Einzelheiten der Prüfung des Differentialdrucks der Luft werden in B.1 angegeben.

4.2.2 Strömungsprüfung

Diese Prüfung wird zur Messung der Zuluftströmung in Reinräume oder reine Bereiche sowohl mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung als auch mit turbulenter Mischströmung durchgeführt. Bei Anwendungen mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung kann die Geschwindigkeit des Zuluftvolumenstroms an einzelnen Punkten gemessen werden, um die Messung der Geschwindigkeit und die Bestimmung der Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit zu ermöglichen. Der Mittelwert der Messwerte für die Geschwindigkeit an den einzelnen Messpunkten darf zur Berechnung des Zuluftvolumenstroms und der Luftwechselrate (Luftwechsel je Stunde) verwendet werden. Bei Anwendungen mit turbulenter Mischströmung werden Messwerte für die Geschwindigkeit an einzelnen Messpunkten üblicherweise nicht benötigt, da eine Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit im Allgemeinen nicht erforderlich ist. In diesen Fällen dürfen die Werte für das Strömungsvolumen direkt gemessen und anschließend bei der Berechnung

der Luftwechselrate (Luftwechsel je Stunde) für den Reinraum oder reinen Bereich verwendet werden. Die Verfahren für die Strömungsprüfung werden in B.2 angegeben.

4.2.3 Prüfung der Luftströmungsrichtung und Sichtbarmachung der Strömung

Diese Prüfung dient dem Nachweis, dass die Luftströmungsrichtung und die zugehörige Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit den Festlegungen für Gestaltung und Leistung entsprechen. Die Prüfung der Luftströmungsrichtung kann im Betriebszustand „Leerlauf“ durchgeführt werden, um die grundlegenden Strömungsmuster im Reinraum zu bestimmen, und kann im Betriebszustand „Fertigung“ unter Simulation der tatsächlichen Betriebsvorgänge wiederholt werden. Verfahren für diese Prüfung werden in B.3 angegeben.

4.2.4 Prüfung der Erholzeit

Die Prüfung der Erholzeit wird durchgeführt, um zu bestimmen, ob der Reinraum oder reine Bereich in der Lage ist, nach kurzer Beaufschlagung durch eine Quelle von luftgetragenen Partikeln innerhalb einer begrenzten Zeitspanne wieder zu ihrer festgelegten Reinheitsklasse zurückzukehren. Diese Prüfung wird für turbulenzarme Verdrängungsströmung nicht empfohlen. Das Verfahren für diese Prüfung wird in B.4 angegeben. Bei der Verwendung von künstlich erzeugtem Aerosol sollte das Risiko einer Restverunreinigung des Reinraums oder reinen Bereichs berücksichtigt werden.

4.2.5 Temperaturprüfung

Diese Prüfung dient der Nachprüfung, dass sich die Lufttemperatur innerhalb des geprüften Bereichs über den vom Kunden festgelegten Zeitraum innerhalb der Regelgrenzen befindet. Verfahren für diese Prüfungen werden in B.5 angegeben.

4.2.6 Prüfung der Luftfeuchte

Diese Prüfung dient der Nachprüfung, dass sich die Luftfeuchte (angegeben als relative Feuchte oder Taupunkt) innerhalb des jeweiligen geprüften Bereichs über den vom Kunden festgelegten Zeitraum innerhalb der Regelgrenzen befindet. Verfahren für diese Prüfungen werden in B.6 angegeben.

4.2.7 Leckprüfungen am eingebauten Filtersystem

Diese Prüfungen dienen der Bestätigung, dass das endständige Hochleistungs-Schwebstofffiltersystem ordnungsgemäß eingebaut wurde, indem der Nachweis erbracht wird, dass in der Schwebstofffilteranlage keine Lecks durch Luft-Nebenwege vorhanden und die Filter defektfrei sind (kleine Löcher oder sonstige Beschädigungen an Filtermedium, Rahmen, Dichtung und Lecks am Filterrahmen). Diese Prüfungen dienen nicht der Bestimmung des Wirkungsgrades des Filtermediums. Zur Prüfung werden rohluftseitig von den Filtern ein Aerosol aufgegeben und unmittelbar reinluftseitig der Filter und Halterahmen oder in einer reinluftseitig gelegenen Luftleitung Proben genommen. Verfahren zur Leckermittlung werden in B.7 angegeben.

4.2.8 Leckprüfung der Abschlößung

Diese Prüfung dient der Feststellung, ob durch Verbindungsstellen, Fugen, Türen und unter Druck stehende Decken ungefilterte Luft von außerhalb des Reinraums oder der reinen Bereiche eindringt. Das Verfahren für diese Prüfung wird in B.8 angegeben.

4.2.9 Elektrostatische Prüfung und Überprüfung von Ionengeneratoren

Diese Prüfungen dienen der Beurteilung des elektrostatischen Potentials an Gegenständen, der antistatischen Eigenschaften von Werkstoffen und der Leistungsfähigkeit von Ionengeneratoren (d.h. Ionisatoren), die in Reinräumen oder reinen Bereichen zur Reduzierung von elektrostatischen Aufladungen verwendet werden. Die elektrostatische Prüfung wird durchgeführt, um die elektrostatische Spannung an

Arbeits- und Produktoberflächen sowie die antistatischen Eigenschaften von Fußböden, Auflagen von Arbeitsoberflächen usw. zu beurteilen. Die Überprüfung der Ionengeneratoren wird durchgeführt, um die Leistung des Ionisators beim Abbau elektrostatischer Aufladungen von Oberflächen zu beurteilen. Verfahren für diese Prüfungen werden in B.9 angegeben.

4.2.10 Prüfung der Partikelsedimentation

Diese Prüfung dient der Nachprüfung der Menge und Größe von Partikeln, die sich aus der Luft im Reinraum über einen festgelegten Zeitraum auf einer Oberfläche ablagern. Verfahren für diese Prüfung werden in B.10 angegeben.

4.2.11 Entmischungsprüfung

Diese Prüfung dient der Beurteilung der durch eine bestimmte Luftströmung erzielten Trenneffektivität; dabei erfolgt eine Partikelbeaufschlagung des Bereichs mit der niedrigeren Klassifizierung und Bestimmung der Partikelkonzentration im geschützten Bereich auf der anderen Seite der Entmischung. Verfahren für diese Prüfung werden in B.11 angegeben.

5 Prüfberichte

Das Ergebnis einer jeden Prüfung ist in einem Prüfbericht festzuhalten. Dieser muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Name und Anschrift der Prüfstelle und Datum der Durchführung der Prüfung;
- b) eine Verweisung auf dieses Dokument (ISO 14644-3:2019);
- c) eindeutige Identitätskennzeichnung des Standorts des geprüften Reinraums oder reinen Bereichs (falls erforderlich, einschließlich der Verweisung auf angrenzende Bereiche) und die spezifischen Koordinaten aller Probenahmeorte;
- d) die festgelegten Bezeichnungskriterien für den Reinraum oder reinen Bereich einschließlich der Klassifizierung nach ISO, den bzw. die einschlägigen Betriebszustand (Betriebszustände) und die berücksichtigte(n) Partikelgröße(n);
- e) die Einzelheiten des angewendeten Prüfverfahrens sowie jegliche Sonderbedingungen im Zusammenhang mit der Prüfung bzw. Abweichungen vom Prüfverfahren und Identitätskennzeichnung des zur Prüfung verwendeten Geräts nebst dem aktuellen Kalibrierschein;
- f) das Ergebnis der Prüfung einschließlich der Angaben, die im jeweiligen Abschnitt des Anhangs B ausdrücklich gefordert werden sowie eine Aussage hinsichtlich der Übereinstimmung mit der zugesicherten Eigenschaft;
- g) jede weitere spezifische im entsprechenden Abschnitt von Anhang B für die jeweiligen Prüfungen als wichtig definierte Anforderung.

Anhang A (informativ)

Auswahl von Hilfsprüfungen und Checkliste

A.1 Allgemeines

Bei der Festlegung der Prüfreihenfolge für die Leistung von Reinräumen, reinen Bereichen oder kontrollierten Bereichen sollte auf besondere Sorgfalt geachtet werden.

Die Auswahl und Abfolge von Prüfungen sollte zwischen dem Kunden und dem Lieferanten abgestimmt werden und sollte eine möglichst frühe Erkennung von Nichterfüllungen der Anforderungen ermöglichen sowie keine weiteren Prüfungen innerhalb der Abfolge beeinträchtigen.

A.2 Checkliste für die Prüfung

Tabelle A.1 ist eine Checkliste für Prüfverfahren und Geräte.

Tabelle A.1 — Checkliste für Hilfsprüfungen

Auswahl und Abfolge von Prüfungen ^a	Prüfverfahren	Prüfverfahren beschrieben in Abschnitt	Wahl des Prüfgeräts ^b	Gerät	Gerät beschrieben in Abschnitt	Bemerkungen
	Differentialdruck der Luft	B.1		elektronisches Mikromanometer	C.2.2	
				Schrägrohrmanometer	C.2.3	
				mechanisches Differentialdruckmessgerät	C.2.4	
	Luftströmung	B.2			C.3	
	Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit innerhalb des Reinraums oder reinen Bereichs (bei turbulenzarmer Verdrängungsströmung)	B.2.2.2		Hitzdrahtanemometer	C.3.1.2	
				dreidimensionales Ultraschallanemometer oder gleichwertig	C.3.1.3	
				Flügelrad-Anemometer	C.3.1.4	
				Rohranordnung	C.3.1.6	

Auswahl und Abfolge von Prüfungen ^a	Prüfverfahren	Prüfverfahren beschrieben in Abschnitt	Wahl des Prüfgeräts ^b	Gerät	Gerät beschrieben in Abschnitt	Bemerkungen
	Geschwindigkeit des Zuluftvolumenstroms (bei turbulenzarmer Verdrängungsströmung)	B.2.2.3		Hitzdrahtanemometer	C.3.1.2	
				dreidimensionales Ultraschallanemometer oder gleichwertig	C.3.1.3	
				Flügelrad-Anemometer	C.3.1.4	
				Rohranordnung	C.3.1.6	
	Messung des Zuluftvolumenstroms aus der Geschwindigkeit an der Filterfläche (bei turbulenzarmer Verdrängungsströmung)	B.2.2.4		Hitzdrahtanemometer	C.3.1.2	
				dreidimensionales Ultraschallanemometer oder gleichwertig	C.3.1.3	
				Flügelrad-Anemometer	C.3.1.4	
				Rohranordnung	C.3.1.6	
	Zuluftvolumenstrom in Luftleitungen (bei turbulenzarmer Verdrängungsströmung)	B.2.2.5		Lochplatten-Messgerät	C.3.2.3	
				Venturi-Messgerät	C.3.2.4	
				Pitot-Rohre und Manometer	C.3.1.5	
				Hitzdrahtanemometer	C.3.1.2	
	Messung des Zuluftvolumenstroms am Einlass (bei turbulenter Mischströmung)	B.2.3.2		Volumenstrommesshaube mit Messgerät	C.3.2.2	
	Messung des Zuluftvolumenstroms durch die Geschwindigkeit an der Filterfläche (bei turbulenter Mischströmung)	B.2.3.3		Hitzdrahtanemometer	C.3.1.2	
				dreidimensionales Ultraschallanemometer oder gleichwertig	C.3.1.3	
				Flügelrad-Anemometer	C.3.1.4	
	Zuluftvolumenstrom in Luftleitungen (bei turbulenter Mischströmung)	B.2.3.4		Lochplatten-Messgerät	C.3.2.3	
				Venturi-Messgerät	C.3.2.4	
				Pitot-Rohre und Manometer	C.3.1.5	
				Hitzdrahtanemometer	C.3.1.2	