

Reinräume und zugehörige ReinraumbereicheTeil 3: Messtechnik und Prüfverfahren (ISO/DIS 14644-3:2002)
Deutsche Fassung prEN ISO 14644-3:2002**DIN****EN ISO 14644-3**

ICS 13.040.35

Einsprüche bis 2003-01-31

Entwurf

Cleanrooms and associated controlled environments —
Part 3: Metrology and test methods (ISO/DIS 14644-3:2002);
German version prEN ISO 14644-3:2002

Salles propres et environnements maîtrisés apparentés —
Partie 3: Méthodes d'essai (ISO/DIS 14644-3:2002);
Version allemande prEN ISO 14644-3:2002

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nals@vdi.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Gemeinschaftsarbeitsausschuss Reinraumtechnik (GAA-RR) im DIN und VDI, Graf-Recke-Straße 84, 40239 Düsseldorf.

Dieser internationale Norm-Entwurf wurde unter deutscher Mitarbeit im Technischen Komitee ISO/TC 209 „Cleanrooms and associated controlled environments“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 243 „Reinraumtechnik“ erarbeitet. Die fachliche Zuständigkeit liegt auf deutscher Seite beim Spiegelausschuss ISO/TC 209 und CEN/TC 243 des Gemeinschaftsarbeitsausschusses Reinraumtechnik (GAA-RR) im DIN und VDI, der organisatorisch dem Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS) im DIN zugeordnet ist.

Für die im Inhalt zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 7726:1998	siehe DIN EN ISO 7726:2002-04
ISO 14644-1:1999	siehe DIN EN ISO 14644-1:1999-07
ISO 14644-2:2000	siehe DIN EN ISO 14644-2:2001-02
ISO 14644-4:2001	siehe E DIN EN ISO 14644-4:1998-09

Fortsetzung Seite 2
und 70 Seiten prEN

Gemeinschaftsarbeitsausschuss Reinraumtechnik (GAA-RR) im DIN und VDI

Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7726, *Umgebungsklima – Instrumente zur Messung physikalischer Größen (ISO 7726:1998); Deutsche Fassung EN ISO 7726:2002*

DIN EN ISO 14644-1, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche – Teil 1: Klassifizierung der Luftreinheit (ISO 14644-1:1999); Deutsche Fassung EN ISO 14644-1:1999*

DIN EN ISO 14644-2, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche – Teil 2: Festlegungen zur Prüfung und Überwachung zum Nachweis der fortlaufenden Übereinstimmung mit ISO 14644-1 (ISO 14644-2:2000); Deutsche Fassung EN ISO 14644-2:2000*

E DIN EN ISO 14644-4, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche – Teil 4: Planung, Ausführung und Erst-Inbetriebnahme (ISO/DIS 14644-4:1998); Deutsche Fassung prEN ISO 14644-4:1998*

— **Entwurf** —

CEN/TC 243

Datum: 2002-09

prEN ISO 14644-3:2002

CEN/TC 243

Sekretariat: BSI

Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 3: Messtechnik und Prüfverfahren (ISO/DIS 14644-3:2002)

Salles propres et environnements maîtrisés apparentés — Partie 3: Méthodes d'essai (ISO/DIS 14644-3:2002)

Cleanrooms and associated controlled environments — Part 3: Metrology and test methods (ISO/DIS 14644-3:2002)

ICS:

Deskriptoren:

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

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	7
3.1 Allgemeines.....	7
3.2 Messung luftgetragener Partikel.....	7
3.3 Luftfilter und Luftfiltersysteme.....	9
3.4 Luftströmung und andere physikalische Zustandsgrößen.....	10
3.5 Elektrostatische Messung.....	10
3.6 Messgeräte und Messbedingungen.....	11
3.7 Betriebszustände.....	12
4 Prüfverfahren.....	13
4.1 Empfohlene Prüfungen.....	13
4.2 Grundlage.....	14
4.2.1 Zählung luftgetragener Partikel.....	14
4.2.2 Strömungsprüfung.....	14
4.2.3 Prüfung des Raumdifferenzdrucks.....	14
4.2.4 Leckprüfung am eingebauten Filtersystem.....	14
4.2.5 Strömungssichtbarmachung.....	14
4.2.6 Prüfung der Luftströmungsrichtung.....	14
4.2.7 Prüfungen auf gleichmäßige Temperatur und Feuchte.....	14
4.2.8 Elektrostatische Prüfung und Prüfung des Ionisationssystems.....	15
4.2.9 Prüfung der Partikelsedimentation.....	15
4.2.10 Prüfung der Erholzeit.....	15
4.2.11 Containment Leak Test.....	15
5 Prüfbericht.....	15
Anhang A (informativ) Auswahl empfohlener Prüfungen einer Anlage und Abfolge der Prüfungen.....	16
A.1 Empfohlene Prüfabläufe.....	16
A.1.1 Allgemeines.....	16
A.1.2 Auswahl von Prüfungen.....	16
A.1.3 Checkliste für die Prüfung.....	16
Anhang B (informativ) Empfehlungen für Prüfverfahren.....	22
B.1 Zählung luftgetragener Partikel zum Zweck der Klassifizierung und Messung von Reinräumen und SD-Modulen.....	22
B.1.1 Grundlage.....	22
B.1.2 Prüfverfahren.....	22
B.1.3 Geräte zur Zählung luftgetragener Partikel.....	24
B.1.4 Prüfbericht.....	24
B.2 Zählung luftgetragener ultrafeiner Partikel.....	24
B.2.1 Grundlage.....	24
B.2.2 Geräte zur Zählung ultrafeiner Partikel.....	25
B.2.3 Prüfbericht.....	26
B.3 Zählung luftgetragener Makropartikel.....	27
B.3.1 Verfahren.....	27
B.3.2 Verfahren zur Probenhandhabung.....	27
B.3.3 Messverfahren für Makropartikel.....	27
B.3.4 Verfahren zur Zählung von Makropartikeln.....	29
B.3.5 Prüfbericht.....	29
B.4 Strömungsprüfung.....	30

	Seite
B.4.1 Grundlage	30
B.4.2 Verfahren zur Messung der Luftströmungsgeschwindigkeit	30
B.4.3 Verfahren zur Beurteilung und Messung des Luftvolumenstroms	32
B.4.4 Geräte zur Prüfung der Luftströmung	33
B.4.5 Prüfbericht	33
B.5 Messung des Raumdifferenzdrucks	33
B.5.1 Grundlage	33
B.5.2 Verfahren	33
B.5.3 Messgeräte	34
B.5.4 Prüfbericht	34
B.6 Leckprüfung am eingebauten Filtersystem.....	34
B.6.1 Grundlage	34
B.6.2 Verfahren für die Leckprüfung der eingebauten Filtersysteme mittels kontinuierlicher Abtastung durch ein Aerosolphotometer.....	35
B.6.3 Verfahren für die Leckprüfung der eingebauten Filtersysteme mittels kontinuierlicher Kontinuierliche Abtastung durch einen Partikelzähler	37
B.6.4 Gesamtprüfung der in Luftleitungen oder luftführenden Geräten eingebauten Filter	43
B.6.5 Messgeräte und Materialien für die Leckprüfung des eingebauten Filtersystems durch kontinuierliche Abtastung.....	43
B.6.6 Reparaturen und Reparaturverfahren.....	44
B.6.7 Prüfbericht	44
B.7 Strömungssichtbarmachung	44
B.7.1 Grundlage	44
B.7.2 Verfahren	45
B.7.3 Verfahren	45
B.7.4 Geräte für die Prüfung durch Strömungssichtbarmachung.....	46
B.7.5 Angabe von Daten.....	46
B.8 Prüfung der Luftströmungsrichtung.....	46
B.8.1 Grundlage	46
B.8.2 Verfahren	46
B.8.3 Messgeräte	47
B.8.4 Prüfbericht	47
B.9 Temperaturprüfung.....	47
B.9.1 Grundlage	47
B.9.2 Verfahren	47
B.9.3 Messgeräte	48
B.9.4 Prüfbericht	48
B.10 Prüfung der relativen Feuchte	49
B.10.1 Grundlage	49
B.10.2 Vorgehensweise zur Prüfung der relativen Feuchte	49
B.10.3 Messgeräte	49
B.10.4 Prüfbericht	49
B.11 Elektrostatische Prüfung und Prüfung von Ionisationssystemen.....	50
B.11.1 Grundlage	50
B.11.2 Verfahren für die elektrostatische Prüfung und Prüfung des Ionisationssystems	50
B.11.3 Messgeräte	51
B.11.4 Prüfbericht	51
B.12 Prüfung der Partikelsedimentation	52
B.12.1 Grundlage	52
B.12.2 Verfahren	52
B.12.3 Geräte	53
B.12.4 Prüfbericht	54
B.13 Erholzeitmessung	54
B.13.1 Grundlage	54
B.13.2 Definition der Aufreinigungsleistung oder der 100:1-Erholzeit und deren Beurteilung.....	54
B.13.3 Verfahren	55
B.13.4 Geräte für die Erholzeitmessung.....	56
B.13.5 Prüfbericht	56
B.14 Containment Leak Test	56
B.14.1 Grundlage	56
B.14.2 Verfahren	57
B.14.3 Geräte	57

	Seite
B.14.4 Prüfbericht	57
Anhang C (informativ) Messgeräte	58
C.1 Zählung luftgetragener Partikel	58
C.2 Zählung ultrafeiner Partikel	58
C.3 Zählung von Makropartikeln	60
C.4 Strömungsprüfung	61
Messgeräte für Luftvolumina	63
C.5 Luftdruckdifferenz	63
C.6 Leckprüfung am eingebauten Filtersystem	64
C.7 Strömungssichtbarmachung	65
C.8 Prüfung der Luftströmungsrichtung	67
C.9 Temperaturprüfung	67
C.10 Prüfung der relativen Feuchte	67
C.11 Elektrostatische Prüfung und Prüfung des Ionisationssystems	67
C.12 Prüfung der Partikelsedimentation	69
C.13 Erholzeitmessung	69
C.14 Containment Leak Test	69
Literaturhinweise	70

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom CEN /TC 243 "Reinraumtechnik" in Zusammenarbeit mit dem ISO/TC 209 "Clean-room technology" erarbeitet.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche sorgen für eine Regelung der luftgetragenen Kontamination auf Niveaus, bei denen kontaminationsempfindliche Aktivitäten durchgeführt werden können. Produkte und Prozesse, die von der Regelung der luftgetragenen Kontamination profitieren, schließen z. B. diejenigen in der Luftfahrt-, Mikroelektronik-, Pharma-, medizintechnischen, Gesundheits- und Nahrungsmittelindustrie ein.

Dieser Teil von ISO 14644 beschreibt die Messtechnik und die Prüfverfahren, die benötigt werden, um einen Reinraum wie in anderen Teilen von ISO 14644 festgelegt zu beschreiben.

ANMERKUNG Es werden in diesem Teil von ISO 14644 nicht alle Prüfverfahren für Reinraumparameter aufgezeigt. Die Verfahren und Geräte zur Beschreibung 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 (ISO 14698), Prüfung der Funktion von Reinräumen (ISO 14644-4) und Prüfung von SD-Modulen (ISO 14644-7). Darüber hinaus können andere Normen als anwendbar betrachtet werden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 14644 legt die Messtechnik und Prüfverfahren zur Beschreibung der Leistung von Reinräumen und reinen Bereichen fest. Es werden Leistungsprüfungen für zwei Arten von Reinräumen und reinen Bereichen festgelegt, solche mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung und solche mit turbulenter Strömung. Es werden drei Betriebszustände betrachtet: Bereitstellung, Leerlauf, Fertigung. Die Prüfverfahren empfehlen Messgeräte und Verfahren zur Messung zur Bestimmung von Kenngrößen für die Leistung. Wo das Prüfverfahren durch die Art des Reinraums oder reinen Bereichs beeinflusst wird, werden alternative Verfahren empfohlen. Für einige Prüfungen werden verschiedene Verfahren und Geräte empfohlen, so dass verschiedenen Nutzungsarten Rechnung getragen werden kann. Soweit zwischen Kunden und Lieferanten vereinbart, dürfen auch alternative, nicht in diesem Teil von ISO 14644 beschriebene Verfahren angewendet werden. Solche Verfahren liefern nicht zwingend gleichwertige Messungen.

Die Prüfverfahren dürfen ebenfalls für die Requalifizierung oder zur regelmäßigen Überwachung der Leistung eines Reinraums oder reinen Bereichs (im Folgenden als "Anlage" bezeichnet) angewendet oder übernommen werden.

Dieser Teil von ISO 14644 ist nicht auf die Messung von Produkten oder Prozessen in Reinräumen oder reinen Bereichen anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Norm.

ISO 7726:1998, *Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities*.

ISO 14644-1:1999, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness*.

ISO 14644-2:2000, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 2: Specifications for testing and monitoring to prove continued compliance with ISO 14644-1*.

ISO 14644-4:2001, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 4: Design, construction and start-up*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von ISO 14644 gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeines

3.1.1

Reinraum

Raum, in dem die Konzentration luftgetragener Partikel kontrolliert wird, der so konstruiert und verwendet wird, dass die Anzahl der in den Raum eingeschleppten bzw. im Raum entstehenden und abgelagerten Partikel kleinstmöglich ist, und in dem andere reinheitsrelevante Parameter wie Temperatur, Feuchte und Druck nach Bedarf geregelt werden

[ISO 14644-1:1999, 2.1.1]

3.1.2

reiner Bereich

zugeordneter Bereich, in dem die Konzentration luftgetragener Partikel geregelt wird, der so konstruiert und verwendet wird, um die Einbringung, Erzeugung und Sedimentation von Partikeln im reinen Bereich zu minimieren, und in dem andere reinheitsrelevante Parameter wie Temperatur, Feuchte und Druck nach Bedarf geregelt werden:

ANMERKUNG Dieser Bereich kann offen oder eingeschlossen sein und kann innerhalb bzw. außerhalb eines Reinraums liegen.

[ISO 14644-1:1999, 2.1.2]

3.1.3

Anlage

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

[ISO 14644-1:1999, 2.1.3]

3.1.4

SD-Modul (Separative-Device-Modul)

Ausrüstungsgegenstand, der konstruktive und dynamische Mittel einsetzt, um zugesicherte Grade der Abgrenzung zwischen den Bereichen innerhalb und außerhalb eines fest umschriebenen Volumens zu erzeugen

3.2 Messung luftgetragener Partikel

3.2.1

Aerosolgenerator

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

3.2.2

luftgetragenes Partikel

flüssiges oder festes Teilchen, möglicherweise biologisch, i. Allg. zwischen 1 nm und 1 mm groß, in der Luft schwebend

ANMERKUNG Zur Bescheinigung der Reinheitsklasse eines Reinraums oder reinen Bereichs werden Partikel ab einem Durchmesser von 0,1 µm, jedoch bis zu maximal 5 µm gemessen. Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 0,1 µm (diese werden als ultrafeine Partikel bezeichnet) werden zur Festlegung des U-Deskriptors gemessen. Partikel mit einem Durchmesser von mehr als 5 µm (diese werden als Makropartikel bezeichnet) werden zur Festlegung des M-Deskriptors gemessen.

3.2.3

Makropartikel

Partikel mit einem Äquivalentdurchmesser größer als 5 µm

[ISO 14644-1:1999, 2.2.6]

3.2.4

M-Deskriptor

gemessene oder festgelegte Konzentration von Makropartikeln je Kubikmeter Luft, ausgedrückt in Form eines Äquivalentdurchmessers, der für das verwendete Messverfahren charakteristisch ist

ANMERKUNG Der M-Deskriptor kann als Obergrenze für den Durchschnitt der Probenahmeorte betrachtet werden (oder als eine obere Vertrauensgrenze in Abhängigkeit von der Anzahl der verwendeten Probenahmeorte, die den Reinraum oder den Reinen Bereich beschreiben). M-Deskriptoren eignen sich nicht, um Partikelreinheitsklassen der Luft zu definieren, aber sie können unabhängig oder in Verbindung mit einer Partikelreinheitsklasse der Luft zitiert werden.

[ISO 14644-1:1999, 2.3.2]

3.2.5

Partikeldurchmesser beim Massenmedianwert

MMD

Maß für den mittleren Partikeldurchmesser auf der Grundlage der Partikelmasse. Die Hälfte der Masse aller Partikel wird durch Partikel gebildet, deren Durchmesser geringer ist als der Partikeldurchmesser beim Massenmedianwert, die andere Hälfte durch solche, deren Durchmesser größer ist.

3.2.6

Partikelkonzentration

Anzahl der einzelnen Partikel je Volumeneinheit Luft

[ISO 14644-1:1999, 2.2.3]

3.2.7

Partikelgröße

Durchmesser einer Kugel, welche bei einer Messung mit einem Gerät zur Bestimmung der Partikelgröße ein gleichwertiges Ergebnis erzeugt wie das zu messende Partikel

ANMERKUNG Für Streulichtpartikelzählgeräte wird der äquivalente Streulichtdurchmesser verwendet.

[ISO 14644-1:1999, 2.2.2]

3.2.8

Partikelgrößenverteilung

Summenhäufigkeitsverteilung der Partikelkonzentration, dargestellt als Funktion der Partikelgröße

[ISO 14644-1:1999, 2.2.4]

3.2.9

Prüfaerosol

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

3.2.10

U-Deskriptor

gemessene oder festgelegte Konzentration von Partikeln je Kubikmeter Luft, einschließlich der ultrafeinen Partikel

ANMERKUNG Der U-Deskriptor kann als Obergrenze für den Durchschnitt der Probenahmeorte betrachtet werden (oder als eine obere Vertrauensgrenze in Abhängigkeit von der Anzahl der verwendeten Probenahmeorte, die den Reinraum oder den reinen Bereich beschreiben). U-Deskriptoren eignen sich nicht, um Partikelreinheitsklassen der Luft zu definieren, aber sie können unabhängig oder in Verbindung mit einer Partikelreinheitsklasse der Luft zitiert werden.

[ISO 14644-1:1999, 2.3.1]

3.2.11

ultrafeines Partikel

Partikel mit einem Äquivalentdurchmesser kleiner als 0,1 µm

[ISO 14644-1:1999, 2.2.5]

3.3 Luftfilter und Luftfiltersysteme

3.3.1

Aerosolbeaufschlagung

Beaufschlagung eines Filters oder eines eingebauten Filtersystems durch ein Prüfaerosol

ANMERKUNG Muss die Unversehrtheit eines eingebauten Filtersystems mittels einer Messung mit einem Photometer bestimmt werden, wird die Partikelkonzentration mit einer festgelegten Größenverteilung durch Angabe der Partikelmasse je Volumeneinheit Gas festgelegt. Muss die Unversehrtheit eines eingebauten Filtersystems mittels einer Messung mit einem Partikelzähler (DPC = discrete-particle counter) bestimmt werden, wird die Partikelkonzentration in Partikelgrößenklassen bei, ober- und unterhalb der Größe der meisten durchdringenden Partikel durch Angabe der Partikelzahl je Volumeneinheit Gas festgelegt.

3.3.2

Nominalleck

höchstzulässige Penetration, bestimmt nach Absprache zwischen Kunde und Lieferant, durch ein Leck, das durch kontinuierliche Abtastung einer Anlage unter Verwendung eines Partikelzählers oder Aerosolphotometers gefunden werden kann

3.3.3

Verdünnungssystem

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

3.3.4

endständiges Filter

Gerät, welches luftgetragene partikelförmige Materie sammelt, üblicherweise mit Hilfe eines faserförmigen, ausgedehnten Filtermediums, dass in einen Rahmen eingepasst und abgedichtet ist, definiert durch den geringsten Abscheidegrad für Partikel im Submikronbereich

ANMERKUNG In diesem Teil von ISO 14644 wird für alle geeigneten Filter die Bezeichnung "endständiges Filter" verwendet. [Als Beispiele werden HEPA- (High Efficiency Particulate Air) oder ULPA- (Ultra Low Penetration Air) Filter genannt, sofern sie in endständiger Einbaulage vor dem Eintritt der Luft in den Reinraum verwendet werden.

3.3.5

eingebautes Filtersystem

System, bestehend aus einem Filter und Haltegitter oder einem sonstigen Gehäuse, das in der Decke, Wand, in einem Gerät oder einer Luftleitung eingebaut ist

3.3.6

Leckprüfung am eingebauten Filtersystem

Prüfung zur Bestätigung, dass die endständigen Filter ordnungsgemäß eingebaut wurden, indem nachgeprüft wird, dass keine Leckluft in die Anlage gelangt und dass Filter und gegebenenfalls das Deckensystem frei von Beschädigungen und Lecks sind

3.3.7

Leck (des Luftfiltersystems)

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

3.3.8

kontinuierliche Abtastung

Verfahren zur Entdeckung von Lecks in Filtereinheiten, wobei die Einlassöffnung der Sonde eines Aerosolphotometers oder Partikelzählers (DPC) mit überlappenden Bewegungen über einen festgelegten zu prüfenden Bereich geführt wird

3.3.9

Standard-Leckpenetration

Leckpenetration, wie sie mittels eines Partikelzählers oder Aerosolphotometers mit genormtem Probenahme-fluss aufgenommen wird, während die Sonde über der Leckstelle angehalten wird

ANMERKUNG Die Penetration ist der Quotient der Partikelanzahlkonzentrationen stromab und stromauf vom Filter.

3.4 Luftströmung und andere physikalische Zustandsgrößen

3.4.1

Luftwechselzahl

Luftaustausch, beschrieben durch die Anzahl der Luftwechsel je Zeiteinheit und berechnet durch Division des je Zeiteinheit zugeführten Luftvolumenstroms durch das Volumen des Raums

3.4.2

Luftvolumenstrommittelwert

gemittelter Luftvolumenstrom je Zeiteinheit für die Bestimmung der Luftwechselzahl in einem Reinraum oder reinen Bereich, in Kubikmeter je Stunde

3.4.3

Messebene

Querschnittsfläche zur Prüfung oder Messung einer Leistungskenngröße wie z. B. der Strömungsgeschwindigkeit

3.4.4

turbulente Mischströmung

Luftverteilung, bei der die in den reinen Bereich eintretende Zuluft mit der Innenraumluft durch Induktion vermischt wird

[ISO 14644-4:2001, 3.6]

3.4.5

Zuluftvolumenstrom

Luftvolumen, das einer Anlage über endständige Filter oder Luftleitungen je Zeiteinheit zugeführt wird, in Kubikmeter je Stunde

3.4.6

Gesamt-Luftvolumenstrom

Luftvolumen, das je Zeiteinheit durch den Querschnitt einer Anlage strömt, in Kubikmeter je Stunde

3.4.7

turbulenzarme Verdrängungsströmung

geregelte Luftströmung mit gleichförmiger Geschwindigkeit und nahezu parallelen Strömungslinien über den gesamten Querschnitt des reinen Bereichs

ANMERKUNG Eine solche Strömung bewirkt einen gerichteten Transport von Partikeln aus dem reinen Bereich.

[ISO 14644-4:2001, 3.11]

3.4.8

Gleichförmigkeit der Strömung

turbulenzarmes Strömungsprofil, bei dem die Messwerte der Luftgeschwindigkeit von Punkt zu Punkt um nicht mehr als den festgelegten Prozentsatz von der mittleren Strömungsgeschwindigkeit abweichen

3.5 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 Oberflächenpotenzial

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

3.6 Messgeräte und Messbedingungen

3.6.1

Aerosolphotometer

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

3.6.2

anisokinetische Probenahme

Probenahmebedingungen, unter denen die Geschwindigkeit der Luft beim Eintritt in die Sonde sich signifikant von der mittleren Geschwindigkeit der turbulenzarmen Verdrängungsströmung an diesem Ort abweicht

3.6.3

Kaskadenimpaktor

Probenahmegerät, das Partikel aus einem Aerosol durch Aufprall auf eine Reihe von Sammelflächen sammelt. Jede folgende Sammelfläche ist einer höheren Strömungsgeschwindigkeit ausgesetzt als die ihr vorgeschaltete, wodurch sie in der Lage ist kleinere Partikel zu sammeln als diese.

3.6.4

Kondensationskeimzähler

CNC (= Condensation Nucleus Counter)

Gerät, das in der Lage ist, ultrafeine Partikel zwecks nachfolgender Zählung mittels optischer Partikelzähltechniken durch heterogene Kondensationskeimbildung zu vergrößern

3.6.5

Zählwirkungsgrad

Quotient aus der gemessenen Konzentration von Partikeln innerhalb eines gegebenen Größenbereichs und der tatsächlichen Konzentration solcher Partikel

3.6.6

Differential Mobility Analyzer

DMA

Gerät zur Messung der Partikelgrößenverteilung auf der Grundlage der elektrischen Beweglichkeit von Partikeln

3.6.7

Diffusionsbatterieelement

Einzelkomponente einer mehrstufigen Einrichtung zur Ausfilterung von Partikeln nach ihrer Größe, deren Funktion auf Diffusion beruht, die angewendet wird, um kleinere Partikel aus einem Aerosolstrom zu entfernen

3.6.8

Partikelzähler

DPC (= Discrete-Particle Counter)

Messgerät mit Anzeigevorrichtung und Speicher für Anzahl und Größe diskreter Partikel (mit Größenunterscheidung) für ein festgelegtes Luftvolumen

3.6.9

Fehlzählung

Hintergrundrauschen

Nullzählung

Zählergebnis, das ein Partikelzähler aufgrund von Eigenrauschen oder äußerem Rauschen anzeigt, wenn keine Partikel vorliegen

3.6.10

Volumenstrommesshaube

Haube mit Gerät zur direkten Messung des Luftvolumenstroms an jedem endständigen Filter oder Luftdiffusor in einer Anlage, das Filter oder den Diffusor vollständig abdeckend

3.6.11**iso-axiale Probenahme**

Probenahme, bei der die Eintrittsrichtung des Luftstroms in die Sonde mit der Richtung der gemessenen turbulenzarmen Verdrängungsströmung übereinstimmt

3.6.12**isokinetische Probenahme**

Probenahme, bei der die mittlere Geschwindigkeit der in die Sonde eintretenden Luft mit der mittleren Geschwindigkeit der gemessenen turbulenzarmen Verdrängungsströmung übereinstimmt

3.6.13**optischer Partikelzähler****Streulichtzählgerät****OPC (= Optical Particle Counter)**

Messgerät, das die Lichtstreuung oder -schwächung durch Partikel misst, um die Anzahl und Größe von Partikeln in einem Luftstrom durch den Lichtstrahl anzuzeigen

3.6.14**Partikelgrößenfilter**

Vorrichtung, die in der Lage ist, Partikel zu entfernen, deren Größe kleiner ist als die der untersuchten Partikel, und die vor den Einlass eines DPC oder CNC gesetzt wird

3.6.15**Nachweisgrenze**

kleinste ausgewählte Partikelgröße, die bei der Bestimmung der Partikelkonzentration von Partikeln mindestens dieser Größe verwendet wird

ANMERKUNG Ein Partikelzähler sollte bei der gewählten Nachweisgrenze einen Zählwirkungsgrad von 50 % $\pm$ 20 % aufweisen.

3.6.16**Partikeldepositionszeitmessung**

Messung der Partikelgröße, bestimmt aus der Relation zwischen Luftgeschwindigkeit und Partikelgeschwindigkeit am Messpunkt

3.6.17**virtueller Abscheider**

Probenahmeverrichtung, die größere und kleinere Partikel in einem Aerosol trennt, indem ein sich mit hoher Geschwindigkeit bewegendes Aerosolstrom direkt auf einen Luftstrom mit niedriger Geschwindigkeit geleitet wird, wobei ein Seitenarm der Strömung den größten Teil der Hauptströmung und mit ihm die meisten der kleineren Partikel ansaugt

3.6.18**Sedimentationsplatte**

kontaminationsempfindliches Material mit festgelegter Oberfläche, das anstelle direkter Auswertung einer bestimmten Oberfläche verwendet wird, die entweder unzugänglich oder zu empfindlich ist, und die so nahe wie möglich bei derjenigen Oberfläche angebracht wird, für die die Sedimentation von Kontamination beschrieben werden soll

3.7 Betriebszustände**3.7.1****Bereitstellung**

Zustand der vollständig angeschlossenen und in Funktion befindlichen Anlage, jedoch ohne Produktionseinrichtungen, ohne Ausrüstung und ohne Personal

[ISO 14644-1:1999, 2.4.1]

3.7.2**Leerlauf**

Zustand der vollständigen Anlage mit eingebauten und wie zwischen Kunde und Lieferant vereinbart laufenden Produktionseinrichtungen, jedoch ohne Personal

[ISO 14644-1:1999, 2.4.2]

3.7.3

Fertigung

Zustand der in der festgelegten Betriebsart laufenden Anlage mit der vorgesehenen, wie vereinbart arbeitenden Personalbesetzung

[ISO 14644-1:1999, 2.4.3]

4 Prüfverfahren

4.1 Empfohlene Prüfungen

Tabelle 1 führt empfohlene, für die Qualifizierung einer Anlage geeignete Prüfungen auf. Diese Prüfungen sind in jedem der drei genannten Betriebszustände anwendbar. Die Prüfungen sind nicht notwendigerweise umfassend, noch mögen für ein bestimmtes zu zertifizierendes Projekt alle Prüfungen erforderlich sein. Empfohlene Prüfungen und Prüfverfahren sollten nach Vereinbarung zwischen dem Kunden und dem Lieferanten ausgewählt werden. Ausgewählte Prüfungen können auch als Bestandteil eines routinemäßigen Überprüfungsprogramms für die Anlage (s. ISO 14644-2) regelmäßig wiederholt werden. Leitlinien für die Auswahl von Prüfungen und Checklisten für Prüfungen werden in Anhang A angegeben. Die für die Prüfungen zu verwendenden Geräte werden im Anhang C beschrieben.

Tabelle 1 — Empfohlene Prüfungen für die Anlage

Zu prüfende Punkte	Verfahren beschrieben im Abschnitt (14644-3)	Geräte beschrieben im Abschnitt (14644-3)	In Bezug genommen in ISO
Zählung luftgetragener Partikel zur Klassifizierung und Prüfung von Reinräumen und Reinlufteinrichtungen	B.1	C.1	14644-1 und 14644-2
Zählung ultrafeiner luftgetragener Partikel	B.2	C.2	14644-1
Zählung luftgetragener Makropartikel	B.3	C.3	14644-1
Strömungsprüfung	B.4	C.4	14644-1 und 14644-2
Prüfung des Raumdifferenzdrucks	B.5	C.5	14644-1 und 14644-2
Leckprüfung am eingebauten Filtersystem	B.6	C.6	14644-2
Strömungssichtbarmachung	B.7	C.7	14644-2
Prüfung der Luftströmungsrichtung	B.8	C.8	
Prüfung der Temperatur	B.9	C.9	
Prüfung der Feuchte	B.10	C.10	
Elektrostatische Prüfung und Überprüfung von Ionisationssystemen	B.11	C.11	
Prüfung der Partikelsedimentation	B.12	C.12	
Prüfung der Erholzeit	B.13	C.13	14644-2
Containment Leak Test	B.14	C.14	14644-1 und 14644-2
ANMERKUNG Die empfohlenen Prüfungen werden nicht in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit aufgeführt. Die Prüfungsabfolge kann auf den Anforderungen eines speziellen Schriftstücks oder einer Vereinbarung zwischen Kunden und Lieferanten basieren.			

4.2 Grundlage

4.2.1 Zählung luftgetragener Partikel

Diese Prüfung wird zur Bestimmung der Luftreinheitsklasse durchgeführt und kann aus den nachfolgenden drei Teilprüfungen bestehen:

- a) Klassifizierungsprüfung (fakultativ) (s. B.1)
- b) Prüfung auf ultrafeine Partikel (fakultativ) (s. B.2)
- c) Prüfung auf Makropartikel (fakultativ) (s. B.3)

Die Prüfungen b) und c) dürfen zum Zweck der Beschreibung oder als Grundlage für eine festgelegte Anforderung verwendet werden, können jedoch nicht zum Zweck der Klassifizierung verwendet werden.

4.2.2 Strömungsprüfung

Diese Prüfung wird zur Bestimmung der mittleren Luftströmungsgeschwindigkeit, des Luftvolumenstroms und der Gleichförmigkeit der Strömung in einem Reinraum oder einer Anlage sowie zur Bestimmung des Zuluft-Volumenstroms durchgeführt. Üblicherweise wird entweder die Luftströmungsgeschwindigkeit oder der Luftvolumenstrom geprüft, und die Ergebnisse dürfen nur in jeweils einer dieser Formen vorliegen: der mittleren Geschwindigkeit, dem mittleren Volumenstrom oder dem Gesamtvolumenstrom. Das Gesamtvolumen darf seinerseits zur Bestimmung der Luftwechselzahl (Luftwechsel je Stunde) der Anlage verwendet werden. Die Verfahren für die Strömungsprüfung werden in B.4 angegeben.

4.2.3 Prüfung des Raumdifferenzdrucks

Zweck der Prüfung des Raumdifferenzdrucks ist die Nachprüfung der Fähigkeit des Reinraumsystems, den festgelegten Differenzdruck zwischen der Anlage und ihrer Umgebung zu halten. Die Prüfung des Raumdifferenzdrucks sollte durchgeführt werden, nachdem die Einrichtung die Abnahmekriterien hinsichtlich Luftströmungsgeschwindigkeit oder Luftvolumenstrom, Gleichförmigkeit der Strömung und weiterer anzuwendender Prüfungen erfüllt hat. Einzelheiten der Prüfung des Raumdifferenzdrucks werden in B.5 angegeben.

4.2.4 Leckprüfung am eingebauten Filtersystem

Diese Prüfung dient der Bestätigung, dass das endständige Schwebstofffiltersystem ordnungsgemäß eingebaut wurde, indem der Nachweis erbracht wird, dass in der Anlage und den Filtern keine Lecks durch Luft-Nebenwege vorhanden sind (kleine Löcher und andere Schäden am Filtermedium oder der Rahmendichtung). Zur Prüfung werden stromauf von den Filtern ein Aerosol aufgegeben und unmittelbar stromab der Filter und Halterahmen oder in stromab gelegenen Luftleitungen Proben genommen. Zwei verschiedene Techniken zur Lecksuche werden in B.6 angegeben.

4.2.5 Strömungssichtbarmachung

Die Strömungssichtbarmachung dient dazu, den ungestörten Verlauf, Strömungsprofile und andere räumliche und zeitliche Kenngrößen der Luftströmung in einer Anlage zu bestätigen. Die Verfahren werden in B.7 angegeben.

4.2.6 Prüfung der Luftströmungsrichtung

Diese Prüfung dient der Überprüfung der Luftströmungsrichtung im gesamten Verlauf eines reinen Bereichs mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung. Die Verfahren für diese Prüfung werden in B.8 angegeben.

4.2.7 Prüfungen auf gleichmäßige Temperatur und Feuchte

Diese Prüfungen dienen dem Nachweis der Fähigkeit des luftführenden Systems des Reinraums, Lufttemperatur und -feuchte (angegeben als relative Feuchte oder Taupunkt) innerhalb der Grenzwerte über den vom Kunden für den zu prüfenden Bereich und festgelegten Zeitraum aufrechtzuerhalten. Die Verfahren für diese Prüfungen werden in B.9 und B.10 angegeben.

4.2.8 Elektrostatische Prüfung und Prüfung des Ionisationssystems

Diese Prüfungen dienen der Beurteilung des elektrostatischen Potenzials an Gegenständen, der antistatischen Eigenschaften von Werkstoffen und der Leistungsfähigkeit von Ionisationssystemen (d. h. Ionisatoren), die in Anlagen zur Reduzierung von statischen Aufladungen verwendet werden. Die elektrostatische Prüfung wird durchgeführt, um die Spannung an Arbeits- und Produktoberflächen sowie die antistatischen Eigenschaften von Fußböden, Auflagen von Arbeitsoberflächen usw. zu beurteilen. Die Überprüfung der Ionisationssysteme wird durchgeführt, um die Leistung des Ionisators beim Abbau elektrostatischer Aufladungen von Oberflächen zu beurteilen. Die Verfahren für diese Prüfungen werden in B.11 angegeben.

4.2.9 Prüfung der Partikelsedimentation

Prüfungen der Partikelsedimentation messen die Menge (Anzahl oder Masse) oder die Auswirkung (Lichtstreuung oder Flächenbedeckung) von Partikeln, die auf Oberflächen mit beliebiger Ausrichtung abgelagert werden. Einige Verfahren für diese Prüfung werden in B.12 angegeben.

4.2.10 Prüfung der Erholzeit

Die Prüfung der Erholzeit wird durchgeführt, um zu bestimmen, ob die Anlage in der Lage ist, nach kurzer Beaufschlagung durch eine Quelle von luftgetragenen Partikeln innerhalb einer endlichen Zeitspanne wieder zu ihrer festgelegten Reinheitsklasse zurückzukehren. Diese Prüfung wird für Anlagen mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung nicht empfohlen. Das Verfahren für diese Prüfung wird in B.13 angegeben.

ANMERKUNG Bei Verwendung eines künstlichen Aerosols sollte eine Restkontamination der Anlage vermieden werden.

4.2.11 Containment Leak Test

Diese Prüfung dient der Feststellung, ob durch Spalte, Fugen und Türen ungefilterte Luft von außerhalb des Reinraums in die reinen Bereiche eindringt. Das Verfahren für diese Prüfung wird in B.14 angegeben.

5 Prüfbericht

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

- a) Name und Anschrift der Prüfstelle, Name des Prüfers und Datum der Durchführung der Prüfung;
- b) Nummer und Ausgabedatum dieses Teils von ISO 14644, d. h. ISO 14644-3:2002;
- c) die Kennzeichnung der geprüften Anlage und Nebengebäude mit Angabe der Orte, an denen die Messungen durchgeführt wurden;
- d) die Art der Anlage;
- e) die zugesicherten Werte eines jeden Leistungsmerkmals einschließlich der Betriebszustände;
- f) das verwendete Prüfverfahren sowie jegliche Sonderbedingungen im Zusammenhang mit der Prüfung bzw. Abweichungen vom Prüfverfahren und Kennzeichnungen der zur Prüfung verwendeten Geräte nebst geltenden Kalibrierscheinen;
- g) 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;
- h) jedes weitere spezifische, in dem entsprechenden Abschnitt von Anhang B für die jeweiligen Prüfungen als wichtig definierte Kriterium.

Anhang A (informativ)

Auswahl empfohlener Prüfungen einer Anlage und Abfolge der Prüfungen

A.1 Empfohlene Prüfabläufe

A.1.1 Allgemeines

Die in diesem Teil von ISO 14644 beschriebenen Prüfabläufe dürfen zum Nachweis der Übereinstimmung mit den Leistungskriterien einer vom Nutzer festgelegten Anlage sowie zur regelmäßigen Überprüfung angewendet werden.

Die Auswahl der Prüfungen kann zum Teil auf Faktoren wie der Konzeption der Anlage, Betriebszuständen und dem erforderlichen Grad der Zertifizierung basieren. Die Art des Anlagenkonzepts wird wie folgt klassifiziert:

- turbulenzarme Verdrängungsströmung;
- turbulente Mischströmung.

ANMERKUNG 1 In einem Reinraum können sowohl turbulenzarme als auch turbulente Strömungsbereiche vorliegen.

Prüfungen und Prüfverfahren sollten als unabhängige Prüfungen für jeden Bereich ausgewählt und durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Zur Vermeidung von zusätzlichem Aufwand für den Fall, dass diese Parameter nicht mit den festgelegten Werten übereinstimmen, wird empfohlen, die grundlegenden Messungen (Prüfung von Strömung, Differenzdruck, Feuchte und Temperatur) zuerst vorzunehmen.

A.1.2 Auswahl von Prüfungen

Die Auswahl von Prüfungen und Prüfverfahren kann von den Arten von Konzepten abhängen, die der Anlage zugrunde liegen. Die Auswahl der Prüfverfahren wie auch die Festlegung eines Prüf- und Abnahmeplans kann von den besonderen Betriebszuständen der Anlage abhängen. Drei verschiedene Betriebszustände sind eingeschlossen:

- Bereitstellung;
- Leerlauf;
- Fertigung.

A.1.3 Checkliste für die Prüfung

Tabelle A.1 ist eine Checkliste für Merkmale des jeweiligen Prüfverfahrens und der Reinraumanlage. Tabelle A.2 ist eine Checkliste empfohlener Prüfungen und Geräte. Einzelheiten der Abfolge der Prüfungen sollten nach Absprache zwischen Kunden und Lieferanten entschieden werden. In den Kästchen in der ersten Spalte von Tabelle A.2 können die ausgewählten Prüfungen zwecks Planung des Ablaufs mit laufenden Nummern versehen werden. In der vierten Spalte können zu dem gewählten Prüfverfahren die Geräte ausgewählt werden.

Tabelle A.1 — Checkliste für Merkmale des jeweiligen Prüfverfahrens und der Reinraumanlage

Posten	Beschreibung
Zweck der Prüfung	☐ Qualitätslenkung, ☐ Vorprüfung, ☐ formelle Qualifizierung
Prüfbedingungen	☐ Vorprüfung, ☐ Prüfung auf Übereinstimmung, ☐ Nachprüfung, ☐ sonstige
Art der Anlage	☐ nicht-turbulent, ☐ turbulent, ☐ sowohl als auch
Deckenkonfiguration	☐ Luftleitungen, ☐ Hohlraum, ☐ Gebläse – Filter
Betriebszustand	☐ Bereitstellung, ☐ Leerlauf, ☐ Fertigung

Tabelle A.2 — Checkliste für empfohlene Prüfungen und deren Ablauf bei einer Reinraumanlage (fortgesetzt)

Auswahl und Abfolge von Prüfungen	Prüfablauf	Ablauf beschrieben in Abschnitt	Auswahl der Geräte	Geräte	Gerät beschrieben in Abschnitt	Bemerkungen
# ☐	Zählung luftgetragener Partikel zum Zweck der Klassifizierung und Prüfung	B.1	☐	Partikelzähler	C.1	
# ☐	Zählung luftgetragener ultrafeiner Partikel	B.2	☐	Kondensationskeimzähler	C.2	
			☐	Partikelzähler	C.2	
			☐	Partikelgrößenfilter	C.2	
	Zählung luftgetragener Makropartikel	B.3			C.3	
# ☐	Zählung und Sammlung von luftgetragenen Makropartikeln	B.3.3.2	☐	mikroskopische Messung auf eingesammeltem Filterpapier	C.3	
			☐	Kaskadenimpaktor	C.3	
# ☐	Zählung von luftgetragenen Makropartikeln ohne Sammlung	B.3.3.3	☐	Partikelzähler	C.3	
			☐	Partikeldepositionszeitmessgerät	C.3	

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

Auswahl und Abfolge von Prüfungen	Prüfablauf	Ablauf beschrieben in Abschnitt	Auswahl der Geräte	Geräte	Gerät beschrieben in Abschnitt	Bemerkungen
	Strömung	B.4			C.4	
# ☐	Messung der Luftgeschwindigkeit in einer Anlage mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung	B.4.2.1	☐	Hitzdrahtanemometer	C.4	
			☐	Ultraschall-Anemometer, dreidimensional oder gleichwertig	C.4	
			☐	Flügelrad-Anemometer	C.4	
			☐	Pitot-Rohre und Manometer	C.4	
# ☐	Messung der Strömungsgeschwindigkeit der Zuluft in einer Anlage mit turbulenter Mischströmung	B.4.2.2	☐	Hitzdrahtanemometer	C.4	
			☐	Ultraschall-Anemometer, dreidimensional oder gleichwertig	C.4	
			☐	Flügelrad-Anemometer	C.4	
			☐	Pitot-Rohre und Manometer	C.4	
# ☐	Messung des Gesamt-Luftvolumenstroms stromab von eingebauten Filtern	B.4.3.1	☐	integrierendes Durchflussmessgerät mit Haube	C.4	
			☐	Venturi-Messgerät	C.4	
			☐	Lochplatten-Messgerät	C.4	
			☐	Pitot-Rohre und Manometer	C.4	
# ☐	Messung des Luftvolumenstroms in der Zuluftleitung	B.4.3.2	☐	integrierendes Durchflussmessgerät mit Haube	C.4	
			☐	Venturirohr	C.4	
			☐	Lochplatten-Messgerät	C.4	
			☐	Pitot-Rohre und Manometer	C.4	
# ☐	Messung des Differenzdrucks	B.5	☐	elektronisches Mikromanometer	C.5	

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

Auswahl und Abfolge von Prüfungen	Prüfablauf	Ablauf beschrieben in Abschnitt	Auswahl der Geräte	Geräte	Gerät beschrieben in Abschnitt	Bemerkungen
			☐	Schrägrohrmanometer	C.5	
			☐	mechanisches Differenzdruckmessgerät	C.5	
	Leckage der eingebauten Filter	B.6			C.6	
# ☐	kontinuierliche Abtastung (Scan) der eingebauten Filtersysteme		☐	lineares Aerosolphotometer	C.6	
			☐	logarithmisches Aerosolphotometer	C.6	
			☐	Partikelzähler	C.6	
			☐	Aerosolgenerator	C.6	
			☐	Aerosolfluid	C.6	
			☐	Verdünnungssystem	C.6	
			☐	Kondensationskeimzähler	C.6	
# ☐	Prüfung der in Luftleitungen oder luftführenden Geräten eingebauten Filter		☐	lineares Aerosolphotometer	C.6	
			☐	logarithmisches Aerosolphotometer	C.6	
			☐	Partikelzähler	C.6	
			☐	Aerosolgenerator	C.6	
			☐	Aerosolfluid	C.6	
			☐	Verdünnungssystem	C.6	
			☐	Kondensationskeimzähler	C.6	
# ☐	Strömungssichtbarmachung	B.7	☐	Aerosolgenerator	C.7	
			☐	Tracersubstanzen	C.7	
# ☐	Luftströmungsrichtung	B.8	☐	Hitzdrahtanemometer	C.8	
			☐	Ultraschallanemometer, dreidimensional	C.8	

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

Auswahl und Abfolge von Prüfungen	Prüfablauf	Ablauf beschrieben in Abschnitt	Auswahl der Geräte	Geräte	Gerät beschrieben in Abschnitt	Bemerkungen
			☐	Tracer-substanzen	C.8	
			☐	Aerosolgenerator	C.8	
	Temperatur	B.9			C.9	
# ☐	Temperaturprüfung, allgemein	B.9.2.1	☐	Glasthermometer	C.9	
			☐	Digitalthermometer	C.9	
# ☐	Umfassende Temperaturprüfung	B.9.2.2	☐	Glasthermometer	C.9	
			☐	Digital thermometer	C.9	
# ☐	Feuchte	B.10	☐	Feuchteschreiber mit kapazitivem Hygrometer	C.10	
			☐	Feuchteschreiber mit Haarhygrometer	C.10	
			☐	Taupunktmessgerät	C.10	
			☐	Psychrometer	C.10	
	Elektrostatik und Ionisator	B.11			C.11	
# ☐	Elektrostatik	B.11.2.1	☐	Elektrostatisches Spannungsmessgerät	C.11	
			☐	Ohmmeter für große Widerstände	C.11	
			☐	Plattenkondensator	C.11	
# ☐	Ionisator	B.11.2.2	☐	Elektrostatisches Spannungsmessgerät	C.11	
			☐	Ohmmeter mit hohem Eingangswiderstand	C.11	
			☐	Plattenkondensator	C.11	