

**DIN ISO 9978
(VDE 0412-9978)**
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 13.280; 27.120.30

Einsprüche bis 2018-09-27

Vorgesehen als Ersatz für
DIN 25426-3:1991-01 und
DIN 25426-4:1995-04

Entwurf
**Strahlenschutz –
Umschlossene radioaktive Stoffe –
Dichtheitsprüfungen
(ISO/CD 9978:2018); Text Deutsch und Englisch**

Radiation protection –
Sealed sources –
Leakage test methods
(ISO/CD 9978:2018); Text in German and English

Radioprotection –
Sources radioactives scellées –
Méthodes d'essai d'étanchéité
(ISO/CD 9978:2018); Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-07-27 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 dke@vde.com 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 die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 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 38 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)
DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Vorwort.....	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Anforderungen.....	9
5 Prüfverfahren mittels Radioaktivität.....	12
5.1 Tauchprüfungen	12
5.1.1 Allgemeines	12
5.1.2 Tauchprüfung (heiße Flüssigkeit).....	12
5.1.3 Tauchprüfung (siedende Flüssigkeit).....	12
5.1.4 Tauchprüfung mit einem flüssigen Szintillator.....	12
5.1.5 Tauchprüfung bei Raumtemperatur	12
5.1.6 Akzeptanzkriterien	13
5.2 Gas-Emanationsprüfungen	13
5.2.1 Gas-Emanationsprüfung mittels Absorption (für Radium-226 Strahler).....	13
5.2.2 Gas-Emanationsprüfung mittels Eintauchen unter Verwendung eines Szintillators (für Radium-226 Strahler)	13
5.2.3 Gas-Emanationsprüfung (für Krypton-85 Strahler)	13
5.2.4 Sonstige Gas-Emanationsprüfungen	13
5.2.5 Akzeptanzkriterien	13
5.3 Wischtests	13
5.3.1 Allgemeines	13
5.3.2 Nasswischtest.....	13
5.3.3 Trockenwischtest.....	14
5.3.4 Akzeptanzkriterien	14
6 Prüfverfahren mittels Volumenmessung	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Dichtheitsprüfungen mit Helium Massenspektrometer.....	15
6.2.1 Allgemeines	15
6.2.2 Heliumprüfung [entspricht der Dichtheitsprüfung Typ B6 nach ISO 20485]	15
6.2.3 Heliumdruckprüfung [entspricht der Dichtheitsprüfung Typ B5 nach ISO 20485]	15
6.2.4 Akzeptanzkriterium	15
6.3 Blasen-Dichtheitsprüfung	15
6.3.1 Allgemeines	15

6.3.2	Vakuum-Blasenprüfung [entspricht der Tauchtechnik mit Vakuum nach EN 1593]	16
6.3.3	Blasenprüfung mit heißer Flüssigkeit [äquivalent zur Tauchtechnik mit Flüssigkeit bei erhöhter Temperatur nach EN 1593]	16
6.3.4	Blasenprüfung mit Gasdruckbeaufschlagung [entspricht der Tauchtechnik mit Druckbeaufschlagung des Objektes nach EN 1593]	16
6.3.5	Blasenprüfung mit flüssigem Stickstoff	16
6.3.5	Akzeptanzkriterium	16
6.3	Wasserdruckprüfung	17
Anhang A (informativ)	Leitlinien für die Auswahl der durchzuführenden Prüfungen in Abhängigkeit von Verwendungszweck und Art des Strahlers	18
A.1	Allgemeines	18
A.2	Dichtheitsprüfung bei der Herstellung von Strahlern	18
A.3	Dichtheitsprüfungen von Prüfquellen zur Klassifizierung nach ISO 2919	18
A.4	Wiederkehrende Prüfungen	18
Literaturhinweise		20
Tabellen		
Tabelle 1	Nachweisgrenze und Grenzwerte für verschiedene Prüfverfahren	10
Tabelle A.1	Auswahl von Dichtheitsprüfverfahren in Abhängigkeit von der Herstellungstechnologie	19

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/CD 9978 „Radiation protection – Sealed sources – Leakage test methods“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die ISO erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Dieses Dokument wurde vom Unterkomitee SC 2 „*Radiological protection*“ des Technischen Komitees ISO/TC 85 „*Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*“ erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 9987:1992). Diese Ausgabe stellt eine technische Überarbeitung dar.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 967 „Mess-, Steuer- und Regelungstechnik im Zusammenhang mit ionisierender Strahlung“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN 25426-3:1991-01 und DIN 25426-4:1995-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Normen wurden zu einer Norm zusammengefasst;
- b) in den Definitionen „umschlossener radioaktiver Stoff“ und „Hülle“ fehlen die Mindestabmessung 2 mm und die Angabe, dass sie „nicht ohne Zerstörung zu öffnen“ sind (Deutschland hat diesen und auch nachstehend aufgeführte Mängel in seiner Stellungnahme zum CD kommuniziert und entsprechende Korrekturen vorgeschlagen);
- c) statt „Grenzwerte“ wird „Akzeptanzkriterien“ verwendet;
- d) die Definitionen „Dichtheit“ und „Dichtheitsprüfung“ wurden ersetzt durch einen Verweis auf die Akzeptanzkriterien in [Tabelle 1](#);
- e) es wird durchgängig die Standard-Helium-Leckagerate verwendet und folgerichtig nur diese definiert;
- f) die Standardbedingungen werden mit einer Temperatur von $23^{\circ}\text{C} \pm 7^{\circ}\text{C}$ definiert (DIN 25426: $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$);
- g) die Definitionen „leachable“ (extrahierbar) und „test source“ wurden aufgenommen;
- h) die Definitionen „Ersatz-Prüffläche“, „Einschlusszeit“, „Wartezeit“ und „Wirkungsgrad bei Emanationsprüfungen“ (DIN 25426-4) sind entfallen;
- i) die Anforderung, auf Aktivitätsmessung basierende Verfahren zu favorisieren (DIN 25426-3) ist entfallen;
- j) der Hinweis, dass eine quantitative Messung der entnommenen Probe zu einem späteren Zeitpunkt in der Prüfstelle erfolgen kann (DIN 25426-3, 4.3) ist entfallen;

- k) der Hinweis auf ein abweichendes Akzeptanzkriterium bei „special form“-Prüfungen ist entfallen;
- l) die Nachweisgrenzen für feuchte und trockene Wischtests sowie Tauchprüfungen, Helium- Massenspektrometrie, Heliumdruckprüfung, Vakuumblasenprüfung und Blasenprüfung nach Druckbeaufschlagung sowie Blasenprüfung mit heißer Flüssigkeit wurden geändert;
- m) die Empfehlung, dass die Anwendbarkeit von Dichtheitsprüfverfahren bereits Teil des Designprozesses einer Strahlerbauart sein sollte, wurde aufgenommen;
- n) die Anforderung, dass Dichtheitsprüfungen nur von fachkundigem, qualifiziertem Personal durchgeführt werden dürfen, wurde aufgenommen;
- o) es wird darauf hingewiesen, dass es auch weitere geeignete Prüfmethoden geben kann, die nicht in der Norm beschrieben sind;
- p) nähere Ausführungen zur Durchführung der Sichtprüfung fehlen im ISO/CD;
- q) für Dichtheitsprüfungen nach der Herstellung werden nach erster Reinigung generell 7 Tage Wartezeit vorgeschrieben;
- r) die „Ersatzprüffläche“ wird mit „closest accessible point“ umschrieben;
- s) zu Wischtests wurden die konkreten Angaben durch einen Verweis auf ISO 7503-2 ersetzt;
- t) eine Tauchprüfung bei Raumtemperatur und eine Tauchprüfung mit Szintillationsflüssigkeit wurden aufgenommen;
- u) es sind keine Details zur Probennahme , Probenmessung und Messwertauswertung/-umrechnung bei Anwendung der Emanationsprüfung mit Adsorptionsmittel enthalten;
- v) die Akzeptanzkriterien für Blasenprüfungen wurden geändert;
- w) die Blasenprüfung mit flüssigem Stickstoff wurde aufgenommen;
- x) zur Vakuum- Blasenprüfung wird auf EN 1593 verwiesen;
- y) zur Blasenprüfung mit heißer Flüssigkeit wird auf EN 1593 verwiesen;
- z) zur Blasenprüfung nach Druckbeaufschlagung wird auf EN 1593 verwiesen;
- aa) zur Dichtheitsprüfung mittels Helium-Massenspektrometer wird auf ISO 20485 verwiesen;
- bb) zur Heliumdruckprüfung wird auf ISO 20485 verwiesen und die in DIN 25426-3 fehlerhafte Gleichung korrigiert;
- cc) der Leitfaden zur Auswahl geeigneter Prüfverfahren wurde aufgenommen;
- dd) die Folgerungen in 6.2, 6.3 und 6.4 der DIN 25426-3 sind entfallen.

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.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen, sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Unterkomitee SC 2 „*Radiological protection*“ des Technischen Komitees ISO/TC 85 „*Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*“ erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 9987:1992). Diese Ausgabe stellt eine technische Überarbeitung dar.

Strahlenschutz – Umschlossene radioaktive Stoffe – Dichtheitsprüfungen

Einleitung

Die Verwendung umschlossener radioaktiver Stoffe ist so weit verbreitet, dass Normen zur Orientierung von Anwendern, Herstellern und Aufsichtsbehörden notwendig sind. Bei der Festlegung dieser Normen steht der Strahlenschutz im Vordergrund.

Verfahren für Dichtheitsprüfungen für umschlossene radioaktive Stoffe wurden erstmals 1979 in ISO/TR 4826¹ veröffentlicht und 1992 in ISO 9978 genormt. Die seit diesem Zeitpunkt gesammelten Erfahrungen haben eine Überarbeitung dieses Dokuments erforderlich gemacht.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die verschiedenen Dichtheitsprüfverfahren für umschlossene radioaktive Stoffe. Es gibt eine umfangreiche Liste von Verfahren an, die sowohl mit als auch ohne Verwendung von radioaktiven Stoffen arbeiten.

Dieses Dokument gilt für die folgenden Situationen:

- Dichtheitsprüfung von Prüfstrahlern nach der Bauartklassifizierung nach **ISO 2919**;
- Qualitätssicherung bei der Produktion von Strahlern;
- wiederkehrende Prüfungen der Strahler, die während der Lebensdauer in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden.

Anhang A dieses Dokuments gibt dem Anwender eine Orientierungshilfe bei der Auswahl des/der am besten geeigneten Verfahren, je nach Situation und Strahlertyp.

Es ist zu beachten, dass es Umstände geben kann, unter denen besondere, in diesem Dokument nicht beschriebene Prüfungen erforderlich sind.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Einhaltung dieses Dokuments in Bezug auf Herstellung, Verwendung, Lagerung und Transport von Strahlern die Erfüllung der Anforderungen der einschlägigen IAEA-Vorschriften und anderer einschlägiger nationaler Vorschriften nicht ersetzen kann.

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 2919, *Radiological protection – Sealed Radioactive Sources – General Requirements and Classification*

ISO 20485: 2003, *Non-destructive testing – Leak testing – Tracer gas method*

¹ ISO/TR 4826:1979, *Sealed sources – Leak test methods* (zurückgezogen in 2004).

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC führen unter den folgenden Adressen Begriffs-Datenbanken zur Verwendung in Normen:

- ISO Online browsing platform: erreichbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: erreichbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Hülle

(en: capsule)

Schutzhülle zur Vermeidung des Austritts radioaktiven Materials

3.2

Ersatzmuster

Strahlerattrappe

(en: dummy sealed source)

baugleiches Muster eines Strahlers, dessen Hülle die gleiche Bauform aufweist und aus exakt denselben Materialien hergestellt ist wie der Strahler, den es repräsentiert, dessen Inhalt jedoch statt aus dem radioaktiven Material aus einer in den praktischen physikalischen und chemischen Eigenschaften möglichst vergleichbaren Substanz besteht

3.3

auswaschbar

(en: leachable)

in Wasser löslich und in 100 ml Wasser innerhalb von 4 h bei 50 °C eine Menge von mindestens 0,1 mg g⁻¹ ergebend

3.4

Leckage

(en: leakage)

Austritt des im Strahler enthaltenen radioaktiven Materials in die Umgebung

3.5

leckdicht

(en: leaktight)

Bezeichnung für Strahler, die nach einer Dichtheitsprüfung die in [Tabelle 1](#) angegebenen Abnahmekriterien erfüllen.

3.6

Modellbezeichnung

(en: model designation)

unverwechselbare Kennzeichnung (Zahl, Buchstabencode oder eine Kombination daraus), die vom Hersteller zur Bezeichnung einer bestimmten Bauart von Strahlern verwendet wird

3.7

nicht auswaschbar

(en: non-leachable)

in Wasser praktisch unlöslich, innerhalb von 4 h bei 50 °C eine Menge von weniger als 0,1 mg g⁻¹ in 100 ml Wasser ergebend

3.8

Strahler

umschlossene radioaktive Quelle

(en: sealed source)

in einer Hülle oder mit einem anderen Material ummantelte radioaktive Substanz, wobei die Hülle oder Ummantelung eine ausreichende Festigkeit besitzt, um unter den Anwendungs- und Verschleißbedingungen, für die der Strahler vorgesehen ist, leckdicht zu bleiben

3.9

simulierter Strahler

(en: simulated sealed source)

Reproduktion eines Strahlers, deren Hülle den gleichen Aufbau hat und aus genau den gleichen Materialien wie die der Strahler hergestellt ist, den sie darstellt, jedoch anstelle des radioaktiven Materials einen Stoff enthält, der ihm in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften und in seinen radioaktiven Tracer-Beimengungen (en: trace quantities) so nahe wie möglich kommt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Tracer muss in einer Form vorliegen, die in einem Lösungsmittel löslich ist, das die Hülle nicht angreift und die maximale Aktivität aufweist, die mit seiner Verwendung in einem Sicherheitsbehälter vereinbar ist.

3.10

Standard-Heliumleckrate

(en: standard helium leakage rate)

Heliumleckrate bei einem Druck vor dem Probekörper von $10^5 \text{ Pa} \pm 5 \times 10^3 \text{ Pa}$ und einem Druck nach dem Probekörper von 10^3 Pa oder weniger bei einer Temperatur von $296 \text{ K} \pm 7 \text{ K}$ ($23^\circ\text{C} \pm 7^\circ\text{C}$)

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument wird die Einheit Pascal Kubikmeter je Sekunde verwendet.

$$[1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \approx 10^{-5} \text{ atm} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \approx 1 \times 10^{-2} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1} \approx 7,5 \times 10^{-3} \text{ lusec.}]$$

3.11

Prüfstrahler

(en: test source)

für die in **ISO 2919** beschriebenen Leistungsprüfungen verwendete Probe, mit dem gleichen Material und in gleicher Bauweise wie die Strahler, für deren Typ die Klassifikation aufgestellt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Prüfstrahler kann ein simulierter Strahler, eine Strahleratruppe oder ein Strahler der laufenden Produktion sein.

4 Anforderungen

Die in diesem Dokument beschriebenen Prüfungen dienen alle dazu, die Dichtheit des Strahlers zu prüfen und zu verifizieren. Allerdings sind nicht alle Tests unter allen Umständen anwendbar. Die richtige Anwendung und Wahl des Prüfverfahrens und des Prüfmediums sind von entscheidender Bedeutung für die Gestaltung eines effektiven Dichtheitsprüfprogramms. Zu den zu berücksichtigenden Faktoren gehören:

- die chemische Form des aktiven Materials, wenn die Dichtheitsprüfung mit Verfahren unter Verwendung von radioaktiven Stoffen durchgeführt wird;
- die Art der Prüfflüssigkeit, die bei Tauchprüfungen verwendet wird;
- die Anzahl der Umhüllungen;
- das innere Hohlraumvolumen bei volumetrischen Prüfungen;
- die Temperatur des Strahlers;
- die Eignung des Prüfverfahrens für die Umgebung, in der es durchgeführt wird;
- der Grund für die Durchführung der Prüfung (Integritätsprüfung eines Prüfstrahlers, Dichtheitsprüfung in der Produktion, Routineprüfung im Betrieb);
- die erforderlichen Sensitivitäts- und Akzeptanzkriterien.

Das Prüfprogramm für Prüf- und Produktionsstrahler sollte als Teil des Entwurfsprozesses betrachtet und gegebenenfalls geeignet validiert oder begründet werden, um seine Wirksamkeit und Empfindlichkeit nachzuweisen. Dieser Prozess kann die Analyse historischer Daten beinhalten.

Die in diesem Dokument beschriebenen Prüfungen müssen von kompetenten und qualifizierten Personen entworfen, validiert und durchgeführt werden, die nachweislich über eine angemessene Ausbildung in den angewandten Prüfverfahren verfügen. Bei Prüfverfahren mit Verwendung von radioaktiven Stoffen müssen die Personen auch über eine entsprechende Ausbildung im Strahlenschutz und in deren Messung verfügen.

E DIN ISO 9978 (VDE 0412-9978):2018-08

ANMERKUNG Qualifizierungs- und Zertifizierungsverfahren für das Personal der zerstörungsfreien Prüfung finden sich in ISO 9712.

Leitlinien für die Auswahl geeigneter Tests sind in [Anhang A](#) aufgeführt.

Je nach Art der Bauartprüfung und des Strahlers sollte mindestens eine jeder der in den [Abschnitten 5](#) und [6](#) beschriebenen Prüfungen durchgeführt werden [Hinsichtlich Auswahl der Prüfung(en) siehe Anhang A].

Es ist zu beachten, dass es ein bewährtes Verfahren ist, mehr als eine Art von Dichtheitsprüfung durchzuführen und auch eine Endreinigung als Kontaminationskontrolle durchzuführen.

Die in diesem Dokument beschriebenen Prüfungen stellen keine erschöpfende Liste dar, und es können andere Prüfverfahren entwickelt werden. Wird jedoch eine spezielle Prüfung durchgeführt, die in diesem Dokument nicht beschrieben ist (siehe [Abschnitt 1](#)), muss die Organisation nachweisen, dass das angewandte Verfahren mindestens genauso wirksam ist wie das/die in diesem Dokument angegebene(n) Verfahren, um die Übereinstimmung mit diesem Dokument geltend machen zu können.

Nach Abschluss der durchgeführten Prüfung(en) gilt der Strahler als leckdicht, wenn er die in Tabelle 1 angegebenen Akzeptanzkriterien erfüllt.

Es wurde behauptet, dass die Akzeptanzkriterien für volumetrische und radioaktive Dichtheitsprüfungen übereinstimmen. Obwohl es keine allgemein anerkannte Grundlage für diese Behauptung gibt, hat die Erfahrung gezeigt, dass Strahler, die die in Tabelle 1 aufgeführten Akzeptanzkriterien erfüllen, in der Folge nicht undicht geworden sind.

ANMERKUNG 1 Eine Leckrate von $10 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ für nicht auswaschbare Feststoffbestandteile und eine Rate von $0,1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ für auswaschbare Feststoffbestandteile und Flüssigkeiten wurde in der Vergangenheit als gleichwertig mit der Aktivitätsfreisetzungsgrenze von 2 kBq ($\approx 50 \text{ nCi}$) angesehen [\[12\]](#).

ANMERKUNG 2 Eine weitere Bestätigung der volumetrischen Akzeptanzschwelle erfolgt durch [\[2\]](#). Eine Leckrate von $10^{-7} \text{ atm} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ oder mehr basierend auf trockener Luft bei 298 K (25 °C) und einer Druckdifferenz von 1 atm gegen ein Vakuum von 10^{-2} atm (gleichviel oder weniger gilt als Verlust der Dichtheit, unabhängig von der physikalischen Beschaffenheit des Inhalts.).

Tabelle 1 – Nachweisgrenze und Grenzwerte für verschiedene Prüfverfahren (1 von 2)

Prüfverfahren	Abschnitt	Nachweisgrenze ^a	Akzeptanzkriterien	
			nicht auswaschbare Inhaltsstoffe	auswaschbare Inhaltsstoffe und Flüssigkeiten
Verfahren mittels radioaktiver Stoffe				
Tauchprüfung (heiße Flüssigkeit)	5.1.2	10 bis 1 Bq	< 200 Bq	< 200 Bq
Tauchprüfung (siedende Flüssigkeit)	5.1.3	10 bis 1 Bq	< 200 Bq	< 200 Bq
Tauchprüfung mit einem flüssigen Szintillator	5.1.4	10 bis 1 Bq	< 200 Bq	< 200 Bq
Gas-Emanationsprüfung	5.2.1	4 bis 0,4 Bq	Ungeeignet	< 200 Bq (222Rn/12h)
Emanationsprüfung mit einem flüssigen Szintillator	5.2.2	0,4 bis 0,004 Bq	Ungeeignet	< 200 Bq (222Rn/12h)
Nasswischtest	5.3.2	10 bis 1 Bq	< 200 Bq	< 200 Bq

Tabelle 1 (2 von 2)

Prüfverfahren	Abschnitt	Nachweisgrenze ^a	Akzeptanzkriterien	
			nicht auswaschbare Inhaltsstoffe	auswaschbare Inhaltsstoffe und Flüssigkeiten
Trockenwischtest	5.3.3	10 bis 1 Bq	< 200 Bq	< 200 Bq
Verfahren ohne radioaktive Stoffe – Heliumprüfungen		Standard-Heliumleckrate		
Helium-Prüfung (<i>He Füllung vor dem Versiegeln</i>)	6.2.2	10^{-2} bis $10^{-4} \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$< 1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$< 0,01 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Helium-Druckversuch (<i>He Bombardierung nach der Versiegelung</i>)	6.2.3	1 bis $10^{-2} \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$< 1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$< 0,01 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Verfahren ohne radioaktive Stoffe – Blasenprüfung		Entsprechende Standard-Heliumleckrate		
Blasenprüfung im Vakuum	6.3.2	10 bis $1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ }^b$	Keine Blasen beobachtet	<i>Nicht empfindlich genug</i>
Blasenprüfung in heißer Flüssigkeit	6.3.3	50 bis $5 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ }^b$	<i>Nicht empfindlich genug</i>	<i>Nicht empfindlich genug</i>
Blasenprüfung mit Gasdruckbeaufschlagung	6.3.4	10 bis $1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ }^b$	Keine Blasen beobachtet	<i>Nicht empfindlich genug</i>
Blasenprüfung mit Flüssigstickstoff	6.3.5	10^{-1} bis $10^{-2} \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ }^b$	Keine Blasen beobachtet	Keine Blasen beobachtet
Verfahren ohne radioaktive Stoffe – Massenzuwachs		Wasser-Massezuwachs [μg]		
Wasserdruckprüfung	6.4	10	Massezuwachs < 50	<i>Nicht empfindlich genug</i>
^a Die Nachweisgrenze wird als Bereich ausgedrückt, das obere Ende definiert das kleinste erkennbare Leck unter typischen, gut kontrollierten industriellen Dichtheitsprüfbedingungen und das untere Ende zeigt das kleinste erkennbare Leck unter ausgezeichneten (idealen) industriellen Dichtheitsprüfbedingungen. Kleinere Leckagen als die angegebenen können unter Laborbedingungen nachgewiesen werden. ^b Die angegebenen Grenzwerte für Blasenprüfungen sind grobe Annäherungen an die entsprechenden Standard- Heliumleckraten und gelten nur für einzelne Lecks unter günstigen Sichtverhältnissen.				

Vor den folgenden Dichtheitsprüfungen ist die Quelle einer gründlichen Sichtprüfung zu unterziehen. Möglicherweise muss die Quelle gereinigt werden, um dies zu ermöglichen. Jedes Reinigungsverfahren sollte verhindern, dass ein möglicher Leckageweg für nachfolgende Prüfungen blockiert wird.

Alle für die Prüfungen verwendeten Geräte müssen in geeigneter Weise gewartet und kalibriert werden.

Der Wischtest sollte als Dichtheitsprüfung nur für bestimmte Arten von Strahlern (zum Beispiel Strahler mit sehr dünnen Fenstern wie zum Beispiel Folien bei Rauchmeldern), sowie für wiederkehrende Prüfungen und in Fällen, in denen keine andere Prüfung besser geeignet ist, angesehen werden.

Wischtests oder Flüssigkeitstauchproben sollten, wo immer möglich, sofort an einfachen Kontaminationsmessgeräten, zum Beispiel einem Geigerzähler, überprüft werden, um festzustellen ob eine erhebliche Kontamination vorliegt, bevor die Endmessung an komplexeren, kalibrierten Geräten durchgeführt wird.

5 Prüfverfahren mittels Radioaktivität

5.1 Tauchprüfungen

5.1.1 Allgemeines

ANMERKUNG Geeignete Prüfverfahren zur Beurteilung der Aktivität in den Testflüssigkeiten für alle diese Tauchprüfungen finden sich in ISO 19361 [15] und ISO 19581 [16].

5.1.2 Tauchprüfung (heiße Flüssigkeit)

Der Strahler ist in eine Flüssigkeit zu tauchen, die das Material der Außenhülle des Strahlers nicht angreift und die unter den Bedingungen dieser Prüfung als wirksam für die Feststellung eines Lecks gilt. Beispiele für solche Flüssigkeiten sind destilliertes Wasser, schwache Waschlösungen oder Chelatbildner sowie leicht alkalische oder saure Lösungen mit Konzentrationen von etwa 5 %. Die Flüssigkeit ist auf $323\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$) zu erhitzen und für mindestens 4 h auf dieser Temperatur zu halten. Dann ist der Strahler zu entfernen und die Aktivität der Flüssigkeit zu messen. Wird mehr als ein Strahler in derselben flüssigen Probe geprüft, so wird davon ausgegangen, dass die gesamte Aktivität aus einer einzigen Quelle stammt.

Auch eine Ultraschallreinigung ist möglich. In diesem Fall kann die Eintauchzeit in die Flüssigkeit bei $343\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($70\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$) auf ca. 30 min reduziert werden.

5.1.3 Tauchprüfung (siedende Flüssigkeit)

Der Strahler ist in eine Flüssigkeit zu tauchen, die das Material der Außenhülle des Strahlers nicht angreift und die unter den Bedingungen dieser Prüfung als wirksam für die Feststellung eines Lecks gilt. Beispiele für solche Flüssigkeiten sind destilliertes Wasser, schwache Waschlösungen oder Chelatbildner sowie auch leicht alkalische oder saure Lösungen mit Konzentrationen von etwa 5 %. Die Flüssigkeit ist für 10 min zu kochen, abkühlen zu lassen, und dann den Strahler in einer frischen Flüssigkeits-Charge zu spülen. Diese Schritte sind zweimal zu wiederholen. Dazu ist der Strahler wieder in die Originalflüssigkeit einzutauchen. Dann ist der Strahler zu entfernen und die Aktivität der Originalflüssigkeit zu messen. Wird mehr als eine umschlossene Quelle in derselben flüssigen Probe geprüft, so wird davon ausgegangen, dass die gesamte Aktivität aus einer einzigen Quelle stammt.

5.1.4 Tauchprüfung mit einem flüssigen Szintillator

Der Strahler ist für mindestens 3 h bei Raumtemperatur in eine flüssige Szintillatorlösung zu tauchen, die das Material der äußeren Hülle des Strahlers nicht angreift. Die Lagerung ist ohne Lichteinwirkung durchzuführen, um Photolumineszenz zu vermeiden. Dann ist der Strahler zu entfernen und die Aktivität der Flüssigkeit durch eine Flüssigszintillations-Zähltechnik zu messen.

5.1.5 Tauchprüfung bei Raumtemperatur

Der Strahler ist in eine Flüssigkeit zu tauchen, die das Material der Außenhülle des Strahlers nicht angreift und die unter den Bedingungen dieser Prüfung als wirksam für die Feststellung eines Lecks gilt. Beispiele für solche Flüssigkeiten sind destilliertes Wasser, schwache Waschlösungen oder Chelatbildner sowie auch leicht alkalische oder saure Lösungen mit Konzentrationen von etwa 5 %. Nach einer Zeitspanne von mindestens 24 h ist der Strahler zu entfernen und die Aktivität der Flüssigkeit zu messen. Wenn mehr als eine umschlossene Quelle in derselben flüssigen Probe getestet wird, wird davon ausgegangen, dass alle Aktivitäten aus einer einzigen Quelle stammen.

Diese Prüfung kann nützlich sein, wenn Prüfungen mit heißen Flüssigkeiten nicht praktikabel sind, Prüfungen mit heißen Flüssigkeiten werden jedoch wann immer möglich empfohlen, da ihre Verwendung seit vielen Jahren weithin anerkannt ist und auch weil sie effektiver sein können.