

KTA 1502

Überwachung der Aktivitätskonzentrationen radioaktiver Stoffe in der Raumluft von Kernkraftwerken

Fassung 2017-11

Frühere Fassungen dieser Regel: KTA 1502.1: 1986-06 (BAnz-Nr. 162a vom 3. September 1986)
KTA 1502: 2005-11 (BAnz-Nr. 101a vom 31. Mai 2006)
2013-11 (BAnz. vom 17. Januar 2014)

Inhalt

	Seite
Grundlagen	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	2
3 Relevante Räume und Raumgruppen	3
3.1 Allgemeine Anforderungen	3
3.2 Überwachung mit festinstallierten Messeinrichtungen	3
3.3 Überwachung mit nicht festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen	5
4 Messverfahren	5
4.1 Allgemeine Anforderungen	5
4.2 Spezielle Anforderungen für die Überwachung der Aktivitätskonzentrationen von Radionuklidgruppen	6
4.3 Anzeige, Aufzeichnung und Aufbewahrung der Messwerte	8
5 Instandhaltung und Prüfungen	10
5.1 Wartung und Instandsetzung	10
5.2 Prüfungen	10
5.3 Beseitigung von Mängeln	12
Anhang: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird	14

Grundlagen

(1) Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) haben die Aufgabe, sicherheitstechnische Anforderungen anzugeben, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage getroffen ist (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz - AtG), um die im AtG und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) und den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) Die Strahlungsüberwachung und die Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe dienen unter anderem dem Schutz von Personen innerhalb und außerhalb der Anlage vor ionisierender Strahlung und der Kontrolle der bestimmungsgemäßen Aktivitätsführung von festen, flüssigen und gasförmigen radioaktiven Stoffen innerhalb der Anlage sowie der Kontrolle der Ableitung radioaktiver Stoffe.

(3) Die Überwachung der Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe in der Raumluft bei bestimmungsgemäßen Betrieb liefert einen Beitrag zur Erfüllung der Vorschriften der §§ 5 und 6 StrlSchV durch

- a) automatische Auslösung von Signalen bei Überschreitungen von Schwellenwerten zur Erkennung erhöhter Konzentration radioaktiver Stoffe in der Raumluft und zur Einleitung der erforderlichen Maßnahmen,
- b) Identifizierung der betreffenden Raumgruppe, in der eine erhöhte Konzentration radioaktiver Stoffe zum Anstieg der Ableitung mit der Kaminfortluft führen kann,
- c) Hinweis auf undichte Systeme oder Komponenten, die radioaktive Stoffe führen (Leckageüberwachung von Anlagenteilen oder Komponenten) durch Erkennung einer erhöhten Konzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe und
- d) Erfassung erhöhter Konzentrationen luftgetragener radioaktiver Stoffe im Hinblick auf den Personenschutz.

Diese Überwachungseinrichtungen müssen die Anforderungen des § 67 StrlSchV erfüllen.

(4) Die für diese Aufgaben erforderlichen Einrichtungen gliedern sich auf in:

- a) festinstallierte Mess- oder Sammeleinrichtungen, insbesondere zur Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in Abluftsammelkanälen und
- b) nicht festinstallierte Mess- oder Sammeleinrichtungen zur Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in der Raumluft in Räumen, insbesondere im Hinblick auf die Strahlenschutzüberwachung an Arbeitsplätzen.

(5) Die Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in Räumen oder Raumgruppen, soweit hiermit Leckagen aus radioaktive Medien führenden Komponenten und Rohrleitungen sowie sonstige Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Raumluft festgestellt werden sollen, erfolgt durch Probenentnahme aus den Abluftsammelkanälen oder direkt aus der Raumluft. Diese Aufgabe wird vor allem durch festinstallierte Messeinrichtungen wahrgenommen. Bei Ableitungen radioaktiver Stoffe über den Fortluftkamin erleichtert die Überwachung in den Abluftsammelkanälen das Auffinden der Quellen. Die Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in Räumen oder Raumgruppen liefert einen Hinweis auf die mittlere Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe in der Raumluft und dient damit als Entscheidungshilfe bezüglich der Begehbarkeit von Räumen durch das Personal und des Einsatzes weiterer nicht festinstallierter Messeinrichtungen. Sie dient außerdem zur Erkennung eines Anstieges der Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe in der

Raumluft zur Einleitung erforderlicher Maßnahmen beim Ausreten von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Systemen und Komponenten und zur automatischen Auslösung von Signalen bei Überschreitung von Schwellenwerten.

(6) Die Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in der Raumluft an Arbeitsplätzen erfolgt vornehmlich durch nicht festinstallierte Mess- oder Sammeleinrichtungen. Im Einzelfall kann sie jedoch auch durch an geeigneter Stelle, z. B. im Arbeitsbereich der zu überwachenden Person, angebrachte festinstallierte Messeinrichtungen erfolgen, wenn sichergestellt ist, dass diese ein für die Luft am Arbeitsplatz repräsentatives Messergebnis liefern. Nicht festinstallierte Mess- oder Sammeleinrichtungen werden daneben auch z. B. zur Lecksuche und zur Ermittlung von Daten für die Planung vor Ausführung einer Tätigkeit eingesetzt.

1 Anwendungsbereich

Diese Regel ist auf Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren im bestimmungsgemäßen Betrieb anzuwenden.

Hinweise:

- (1) Die nach dieser Regel unter den Gesichtspunkten des bestimmungsgemäßen Betriebs ausgelegten festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen ermöglichen bei Störfällen zumindest in der Anfangsphase noch Aussagen im Sinne der unter Grundlagen (3) a) bis d) genannten Aufgaben.
- (2) Wenn im Störfall Messungen vor Ort mit festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen nicht mehr möglich sind, können gegebenenfalls geeignete Proben im Labor analysiert werden.

2 Begriffe

(1) Abluftkanal

Ein Abluftkanal ist ein Lüftungskanal, durch den die Abluft aus einem Raum geführt wird.

(2) Abluftsammelkanal

Ein Abluftsammelkanal ist ein Lüftungskanal, durch den die Abluft aus einer oder mehrerer Raumgruppen geführt wird.

(3) Aerosolmonitor

Ein Aerosolmonitor ist eine Überwachungseinrichtung zur Messung der Gesamt-Beta- oder Gesamt-Gamma-Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen in der Luft.

(4) Ansprechvermögen einer Messeinrichtung

Das Ansprechvermögen einer Messeinrichtung ist das Verhältnis des angezeigten Wertes einer Messgröße zum richtigen Wert dieser Messgröße.

(5) Betrieb, bestimmungsgemäßer

Der bestimmungsgemäße Betrieb umfasst

- a) Betriebsvorgänge, für die die Anlage bei funktionsfähigem Zustand der Systeme (ungestörter Zustand) bestimmt und geeignet ist (Normalbetrieb);
- b) Betriebsvorgänge, die bei Fehlfunktion von Anlagenteilen oder Systemen (gestörter Zustand) ablaufen, soweit hierbei einer Fortführung des Betriebes sicherheitstechnische Gründe nicht entgegenstehen (anormaler Betrieb);
- c) Instandhaltungsvorgänge (Inspektion, Wartung, Instandsetzung).

(6) Gesamt-Beta-Aktivität

Die Gesamt-Beta-Aktivität ist die aus der integralen Erfassung von Betastrahlung eines radioaktiven Stoffes ermittelte Aktivität, die auf ein für das Kalibrieren der Messeinrichtung verwendetes Referenznuclid bezogen wird.

(7) Gesamt-Gamma-Aktivität

Die Gesamt-Gamma-Aktivität ist die aus der integralen Erfassung von Gammastrahlung eines radioaktiven Stoffes ermittelte Aktivität, die auf ein für das Kalibrieren der Messeinrichtung verwendetes Referenznuklid bezogen wird.

(8) Kalibrierung einer Messeinrichtung der Strahlungsüberwachung

Die Kalibrierung einer Messeinrichtung der Strahlungsüberwachung ist die Ermittlung des Zusammenhangs zwischen dem durch Normale festgelegten Wert einer Messgröße (z. B. Aktivität im Kalibrierpräparat) und dem ausgegebenen Wert (z. B. Zählrate).

(9) Messeinrichtung

Die Messeinrichtung umfasst die Gesamtheit aller Messgeräte und Hilfsgeräte, die zum Aufnehmen einer Messgröße, zum Weitergeben und Anpassen eines Messsignals und zum Ausgeben eines Messwertes als Abbild einer Messgröße erforderlich sind.

(10) Messmedium

Ein Messmedium ist eine aus dem zu überwachenden Medium entnommene Probe, die, ggf. nach einer verfahrenstechnischen Behandlung, wie z. B. Aufheizen, Filtern, Verdünnen, das Messvolumen (d. h. den Bereich, für den das Ansprechvermögen der zugehörigen Messeinrichtung bei der Kalibrierung ermittelt wurde) durchströmt.

(11) Nachweisgrenze

Die Nachweisgrenze ist ein berechneter Wert einer Größe (z. B. Aktivität, Aktivitätskonzentration, spezifische Aktivität), der mit einem vorgegebenen Richtwert verglichen werden soll, um zu entscheiden, ob ein Messverfahren für einen bestimmten Messzweck geeignet ist.

Hinweise:

- (1) Nachweisgrenzen werden nach DIN ISO 11929 ermittelt.
- (2) Anwendungsbeispiele zur Ermittlung der charakteristischen Grenzen sind im Sachstandsbericht KTA-GS 82 aufgeführt.

(12) Raumluftüberwachung

Die Raumluftüberwachung ist die Überwachung der Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe in der Raumluft.

(13) Sammeleinrichtung

Die Sammeleinrichtung ist eine Vorrichtung zur Entnahme und Speicherung von radioaktiven Stoffen aus gasförmigen oder flüssigen Medien zum Zweck der späteren Analyse im Labor.

(14) Schwebstoffe

Schwebstoffe sind in der Luft oder einem Gas suspendierte feste oder flüssige Partikel.

(15) Überwachung

Die Überwachung ist ein Sammelbegriff für alle Arten einer kontrollierten Erfassung von physikalischen Größen einschließlich eines Vergleichs mit vorgegebenen Werten.

Hinweis:

Die Überwachung erfolgt z. B. durch

- a) kontinuierliche Messung oder
- b) Analyse von Proben (z. B. im Labor) oder
- c) Verknüpfung von Messwerten

jeweils in Verbindung mit dem Vergleich mit vorgegebenen Werten der physikalischen Größen (z. B. Genehmigungswerten, betrieblichen Werten).

3 Relevante Räume und Raumgruppen**3.1 Allgemeine Anforderungen**

Die Aktivitätskonzentration von luftgetragenen radioaktiven Stoffen in der Raumluft von Räumen, in die radioaktive Stoffe freigesetzt werden können, ist zu überwachen. Die Überwachung ist in der folgenden Weise durchzuführen:

- a) Mit festinstallierten, kontinuierlich messenden Messeinrichtungen durch Probenentnahme an repräsentativer Stelle aus der Raumluft, aus Umluftkanälen, aus dem Abluftkanal des Raumes oder aus den Abluftsammlkanälen der Raumgruppen. Zusätzlich dürfen auch festinstallierte Sammeleinrichtungen eingesetzt werden, z. B. an einzelnen Abluftkanälen.

Hinweise:

(1) Die Anforderungen an die Messeinrichtungen zur Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in der Raumluft richten sich nach den Möglichkeiten einer Freisetzung radioaktiver Stoffe (radioaktive Edelgase, an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe, radioaktives Jod) in die Raumluft und der Auslegung der Lüftungstechnischen Anlagen (z. B. Umluftfilterung, Luftwechselzahlen).

(2) Bei der Auslegung der Kernkraftwerke werden im Allgemeinen verschiedene Räume Lüftungstechnisch zu Raumgruppen zusammengefasst. Unter diesen Gesichtspunkten werden in 3.2 beispielhaft Raumgruppen angegeben, bei denen die Aktivitätskonzentrationen mit festinstallierten Messeinrichtungen zu überwachen sind.

(3) Durch die Überwachung der Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in der Luft eines Abluftsammlkanals kann eine erhöhte Luftkontamination in der zugehörigen Raumgruppe frühzeitig erkannt werden.

- b) Mit nicht festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen
 - ba) am Arbeitsplatz zum Personenschutz, wenn die Möglichkeit einer im Sinne des Strahlenschutzes relevanten Inkorporation besteht und
 - bb) wenn die Notwendigkeit der Lokalisierung einer Leckage besteht.
- c) Durch diskontinuierliche Probenentnahme an nach 4.1.1.2 vorzusehenden Probenentnahmestützen.

3.2 Überwachung mit festinstallierten Messeinrichtungen**3.2.1 Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor (DWR)****3.2.1.1 Raumgruppen**

Typische Raumgruppen (eine schematische Darstellung zeigt **Bild 3-1**) sind:

- a) Raumgruppe 1 im Sicherheitsbehälter

Die Raumgruppe 1 im Sicherheitsbehälter besteht aus den Räumen, die den Primärkühlmittelkreislauf direkt umschließen.

- b) Raumgruppe 2 im Sicherheitsbehälter

Die Raumgruppe 2 im Sicherheitsbehälter besteht aus den Räumen, die aktivitätsführende Komponenten enthalten und nicht zu den Raumgruppen 1 und 3 gehören.

- c) Raumgruppe 3 im Sicherheitsbehälter

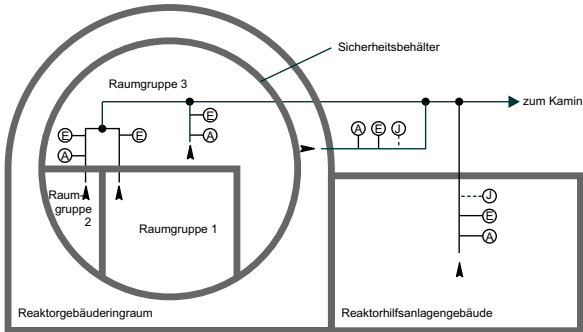
Die Raumgruppe 3 im Sicherheitsbehälter besteht aus den Räumen, die das Brennelementlagerbecken enthalten, sowie aus allen Räumen im Sicherheitsbehälter ohne primärkühlmittelführende Komponenten.

- d) Raumgruppe Reaktorgebäuderingraum

Die Raumgruppe Reaktorgebäuderingraum besteht aus den Räumen zwischen Sicherheitsbehälter und äußerer Behälterhülle des Reaktorgebäudes.

e) Raumgruppe Reaktorhilfsanlagegebäude

Die Raumgruppe Reaktorhilfsanlagegebäude umfasst diejenigen Räume außerhalb des Reaktorgebäudes, die im Kontrollbereich liegen und die Systeme und Komponenten mit radioaktiven Stoffen enthalten oder in denen radioaktive Stoffe gehandhabt werden (z. B. Laborräume, heiße Werkstatt).



Probenentnahmestelle

- ⊕ für radioaktive Edelgase
- ⊗ für an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe
- ⊙ für radioaktives Jod (vergl. Fußnote 2 zu Tabelle 3-1)

Bild 3-1: Beispiel einer Raumlufüberwachung beim DWR

3.2.1.2 Messobjekte

Die Überwachung mit festinstallierten Messeinrichtungen nach 3.1 a) muss die in der **Tabelle 3-1** aufgeführten Radionuklidgruppen erfassen.

Raumgruppe	Radionuklidgruppen, deren Aktivitätskonzentrationen zu überwachen sind		
	Edelgase	Schwebstoffe	Jod
Raumgruppe 1 im Sicherheitsbehälter	X	X 1)	-
Raumgruppe 2 im Sicherheitsbehälter	X	X	-
Raumgruppe 3 im Sicherheitsbehälter	X	X	-
Raumgruppe Reaktorgebäuderingraum	X	X	X 2)
Raumgruppe Reaktorhilfsanlagegebäude	X	X	X 2)

1) Bei Spülluftbetrieb. Die Überwachung kann durch Aufschaltung auf die Messeinrichtung einer anderen Raumgruppe erfolgen.
 2) Wenn erforderlich, z. B. zur Einschaltung von festinstallierten Filteranlagen.

Tabelle 3-1: Radionuklidgruppen, deren Aktivitätskonzentrationen beim DWR zu überwachen sind

3.2.2 Kernkraftwerk mit Siedewasserreaktor (SWR)

3.2.2.1 Raumgruppen

Typische Raumgruppen (eine schematische Darstellung zeigt **Bild 3-2**) sind:

a) Raumgruppe Sicherheitsbehälter

Die Raumgruppe Sicherheitsbehälter besteht im Wesentlichen aus den Räumen, die den Reaktor mit dem Steuerstromtriebssystem sowie das Druckabbausystem enthalten.

b) Raumgruppe Reaktorgebäude

Die Raumgruppe Reaktorgebäude besteht im Wesentlichen aus den Räumen, die das Brennelementlagerbecken, Nachkühlsysteme und Lüftungsanlagen enthalten.

c) Raumgruppe Hilfsanlagegebäude

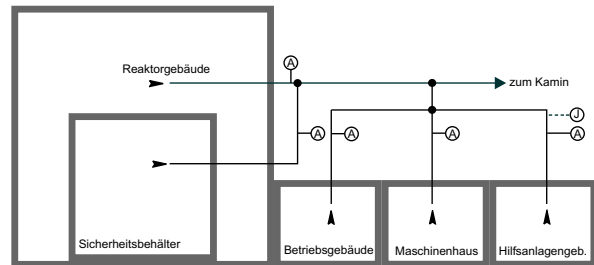
Die Raumgruppe Hilfsanlagegebäude besteht aus den Räumen, die Hilfs- und Nebenanlagen enthalten.

d) Raumgruppe Betriebsgebäude

Die Raumgruppe Betriebsgebäude besteht aus den Räumen, die Lager, Labors und Abluftanlagen enthalten.

e) Raumgruppe Maschinenhaus

Die Raumgruppe Maschinenhaus besteht aus den Räumen, in denen sich die mit Primärdampf beaufschlagte Turbine sowie die zugehörigen Primärdampf und Speisewasser führenden Systeme befinden.



Probenentnahmestelle

- ⊗ für an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe
- ⊙ für radioaktives Jod (vergl. Fußnote 2 zu Tabelle 3-2)

Bild 3-2: Beispiel einer Raumlufüberwachung beim SWR

3.2.2.2 Messobjekte

Die Überwachung mit festinstallierten Messeinrichtungen nach 3.1 a) muss die in der **Tabelle 3-2** aufgeführten Radionuklidgruppen erfassen.

Hinweis:

Eine Überwachung der Aktivitätskonzentration radioaktiver Edelgase ist bei SWR nicht zweckmäßig, da wegen der ständigen Entgasung des Kühlmittels der Anteil der radioaktiven Edelgase gering ist.

Raumgruppe	Radionuklidgruppen, deren Aktivitätskonzentrationen zu überwachen sind	
	Schwebstoffe	Jod
Raumgruppe Sicherheitsbehälter	X 1)	-
Raumgruppe Reaktorgebäude	X	-
Raumgruppe Hilfsanlagegebäude	X	X 2)
Raumgruppe Betriebsgebäude	X	-
Raumgruppe Maschinenhaus	X	-

1) Bei Spülluftbetrieb. Die Überwachung kann durch Aufschaltung auf die Messeinrichtung einer anderen Raumgruppe erfolgen.
 2) Wenn erforderlich, z. B. zur Einschaltung von festinstallierten Filteranlagen.

Tabelle 3-2: Radionuklidgruppen, deren Aktivitätskonzentrationen beim SWR zu überwachen sind

3.3 Überwachung mit nicht festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen

Falls eine Überwachung mit nicht festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen nach 3.1 b) erforderlich ist, hat sie je nach Art der zu erwartenden Luftkontamination für radioaktive Edelgase, an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe, radioaktives Jod oder Tritium zu erfolgen.

Hinweis:

Eine Erfassung der Tritiumaktivitätskonzentration, z. B. in den Betriebsräumen (Raumgruppe 3), kann z. B. durch Analyse von Proben aus dem beim Umluftkühler entstehenden Kondensat erfolgen.

4 Messverfahren

4.1 Allgemeine Anforderungen

4.1.1 Probenentnahme aus Kanälen

Der Probenentnahmeort und das Probenentnahmeverfahren sind so zu wählen, dass die entnommenen Proben repräsentativ für die Abluft in den zu überwachenden Raumgruppen oder an Arbeitsplätzen sind. Die Anzahl der Probenentnahmesonden ist dabei abhängig vom Durchmischungsgrad der Abluft am Ort der Probenentnahme.

Hinweis:

Regelungen zur Probenentnahme sind in DIN ISO 2889 enthalten.

4.1.1.1 Probenentnahmeleitungen

Probenentnahmeleitungen sind so auszulegen, zu verlegen und aus einem solchen Werkstoff herzustellen, dass möglichst wenig an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe und gasförmige radioaktive Jodverbindungen zurückgehalten werden.

Hinweis:

Details zur Auslegung sind in DIN ISO 2889 enthalten.

4.1.1.2 Probenentnahmestutzen an den Abluftsammelkanälen

Zur diskontinuierlichen Probenentnahme aus den Abluftkanälen oder Abluftsammelkanälen sind Probenentnahmestutzen zur Entnahme von Luftproben vorzusehen.

4.1.1.3 Sammelzeitraum

Der Sammelzeitraum soll für die kontinuierliche Überwachung der Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen sowie für radioaktives Jod zwei Wochen nicht übersteigen. Wenn durch Staubbelegung eine Veränderung des Durchflusses um mehr als 20 % eintritt oder wenn auf Grund der Aktivität infolge der gesammelten luftgetragenen radioaktiven Stoffe die Erfüllung der Messaufgabe beeinträchtigt wird, ist das Filter vorzeitig zu wechseln.

4.1.1.4 Filterhalterung und Probenentnahmeeinrichtung

Es ist darauf zu achten, dass die Messung nicht durch eine Kontamination der Probenentnahme- und Sammeleinrichtung, insbesondere der Filterhalterung, verfälscht wird. Der Filterwechsel muss leicht durchzuführen sein. Der Leckluftstrom muss gegenüber dem Probenentnahmeteiluftstrom vernachlässigbar bleiben.

4.1.2 Aufstellung der Messeinrichtungen

Die Messeinrichtungen sind so aufzustellen, dass sie gegen Einflüsse, die ihre einwandfreie Funktion verhindern, z. B. Untergrundstrahlung am Ort des Detektors, ausreichend geschützt sind. Die Messeinrichtungen sollen im Hinblick auf Prüfung, Wartung und Instandsetzung leicht zugänglich sein.

4.1.3 Auslegung der Messeinrichtungen gegen Umgebungseinflüsse

(1) Die festinstallierten und die nicht festinstallierten Messeinrichtungen sind für die in **Tabelle 4-1** genannten Umgebungs- und Messmediumsbedingungen sowie den dort genannten Betriebsspannungsbereich auszulegen.

(2) Der Messwert darf sich bei der Variation jeweils einer Einflussgröße innerhalb der in **Tabelle 4-1** genannten Nenngebrauchsbereiche nur um $\pm 30\%$ gegenüber dem Messwert ändern, den man bei dem Bezugswert dieser Einflussgröße erhalten hat. Bei dieser Variation müssen alle übrigen Einflussgrößen mit Ausnahme des Drucks der Umgebungsluft und des Messmediums (z. B. auch Filterbelastung, Untergrundstrahlung) in der Nähe der Bezugswerte möglichst unverändert bleiben. Dabei soll jedoch eine Druckdifferenz von 200 hPa zwischen Messmedium und Umgebung nicht überschritten werden.

(3) Für die in **Tabelle 4-1** aufgeführten Einflussgrößen sind die dort genannten Bezugswerte anzuwenden. Für die Filterbelastung gilt der unbeladene Zustand als Bezugswert. Für die Untergrundstrahlung ist der Bezugswert vom Hersteller der Messeinrichtung anzugeben.

4.1.4 Ansprechvermögen für andere Strahlenarten

Für gammaempfindliche Detektoren muss das Ansprechvermögen für die Beta-Strahlung von Strontium-90/Yttrium-90, bei betaempfindlichen Detektoren das Ansprechvermögen für die Gamma-Strahlung von Kobalt-60 oder Caesium-137 bekannt sein.

4.1.5 Einstellvorrichtungen

An Messeinrichtungen, die im Betrieb nachjustiert werden müssen, sind fest eingebaute Einstellmöglichkeiten hierfür vorzusehen. Alle Einstellmöglichkeiten an den elektronischen Geräten der Überwachungseinrichtungen sind so anzuordnen oder abzusichern, dass eine Verstellung durch Unbefugte weitgehend ausgeschlossen wird. Eine selbsttätige Verstellung muss ausgeschlossen sein.

4.1.6 Zählratenverluste und Übersteuerungsfestigkeit

Eventuelle Zählratenverluste der Messeinrichtungen (z. B. durch Totzeiten) innerhalb des Messbereiches müssen als Funktion der Zählrate bekannt sein und berücksichtigt werden. Eine Abnahme der Anzeige bei zunehmender Messgröße (Übersteuerung) darf nicht auftreten.

4.1.7 Signalgeber und Warneinheiten

(1) Die Messeinrichtungen sind mit einem Signalgeber für Geräteausfall und mit mindestens einem Signalgeber für einen oberen Schwellenwert auszurüsten.

(2) Bei festinstallierten Messeinrichtungen müssen Geräteausfall und das Überschreiten von Schwellenwerten optisch und akustisch in der Warte gemeldet werden. Das Unterschreiten des unteren Schwellenwertes darf mit anderen Störmeldungen eines Gerätes in einer Sammelmeldung zusammengefasst werden. Zusätzlich sollte eine Signalisierung des Testbetriebes vorgesehen werden. In der Warte dürfen Sammelmeldungen verwendet werden, wenn dort oder in einem Wartennebenraum festgestellt werden kann, von welcher Messeinrichtung die Meldung kommt. Werden die akustischen Signale vor Behebung der Ursachen einzeln oder gemeinsam gelöscht, so müssen die optischen Signale der Ausfallmeldung und der Überschreitung eines oberen Schwellenwertes in der Warte den Meldezustand weiterhin erkennen lassen.

(3) An nicht festinstallierten Messeinrichtungen müssen akustische und optische Warneinheiten anschließbar sein.

4.1.8 Gesicherte Spannungs- und Betriebsmedienversorgung

(1) Ist ein Betriebsmedium für eine festinstallierte Messeinrichtung erforderlich, z. B. Zählgas, so ist die Versorgung mit dem Betriebsmedium sicherzustellen und auf einen Ausfall hin zu überwachen.

(2) Elektrische Verbraucher von festinstallierten Messeinrichtungen sind an das Notstromsystem, elektronische Verbraucher an das unterbrechungslose Notstromsystem mit Batterie in Parallelbetrieb anzuschließen. Festinstallierte Messeinrichtungen sind selbstüberwachend auszuführen. Es ist sicherzustellen (z. B. durch einen Anschluss an die unterbrechungslose Notstromversorgung), dass nach einer Umschaltung auf eine Notstromversorgung die Funktionsfähigkeit der Messeinrichtungen nicht unzulässig beeinträchtigt wird.

4.1.9 Statistische Sicherheit

(1) Der Faktor $k_{1-\alpha}$ nach DIN ISO 11929 hat den Wert 1,645.

(2) Der Faktor $k_{1-\beta}$ nach DIN ISO 11929 hat den Wert 1,645.

(3) Zur Ermittlung der Nachweisgrenzen sind die Bezugswerte nach **Tabelle 4-1** einzustellen. Die Nachweisgrenzen sind bei einer Umgebungs-dosisleistung von 0,25 $\mu\text{Gy/h}$ (Cesium-137) zu ermitteln.

Hinweis:

Die Ermittlung der Nachweisgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen ist in DIN ISO 11929 enthalten.

4.2 Spezielle Anforderungen für die Überwachung der Aktivitätskonzentrationen von Radionuklidgruppen

Hinweis:

Die in diesem Abschnitt genannten Kenngrößen sind in den **Tabellen 4-2 bis 4-4** noch einmal zusammengestellt.

4.2.1 Radioaktive Edelgase

4.2.1.1 Überwachung mit festinstallierten Messeinrichtungen

(1) Die Messung der Gesamt-Beta-Aktivitätskonzentration von radioaktiven Edelgasen muss über eine integrale Beta-Messeinrichtung erfolgen. Zur Vermeidung einer Messwertfälschung ist den Messeinrichtungen ein Schwebstofffilter mindestens der Klasse E12 nach DIN EN 1822-1 vorzuschalten, das erforderlichenfalls abgeschirmt werden muss.

(2) Der Probenentnahmestrom ist zu überwachen. Eine Unterschreitung des Sollwertes um mehr als 20 % ist auf der Warte optisch und akustisch zu melden und aufzuzeichnen.

(3) Die Nachweisgrenze der Aktivitätskonzentration muss bei einer Messdauer von einer Stunde grundsätzlich kleiner als $1 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$, bezogen auf Xenon-133, sein. Hiervon abweichend braucht die Nachweisgrenze für die Messeinrichtung am Abluftsammlkanal der Raumgruppe 1 bei DWR nur kleiner als $5 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$, bezogen auf Xenon-133, zu sein.

(4) Die obere Grenze des Messbereichs der Messeinrichtung muss mindestens $5 \cdot 10^8 \text{ Bq/m}^3$ und für die Messeinrichtung am Abluftsammlkanal der Raumgruppe 1 bei DWR mindestens $5 \cdot 10^9 \text{ Bq/m}^3$, bezogen auf Xenon-133, betragen.

4.2.1.2 Überwachung mit nicht festinstallierten Messeinrichtungen

(1) Die Messung der Gesamt-Beta-Aktivitätskonzentration von radioaktiven Edelgasen muss über eine integrale Beta-

Messeinrichtung erfolgen. Zur Vermeidung einer Messwertfälschung ist den Messeinrichtungen ein Schwebstofffilter mindestens der Klasse E12 nach DIN EN 1822-1 vorzuschalten.

(2) Die Nachweisgrenze der Aktivitätskonzentration muss bei einer Messdauer von 1 Stunde kleiner als $1 \cdot 10^5 \text{ Bq/m}^3$, bezogen auf Xenon-133, sein.

(3) Die obere Grenze des Messbereichs der Messeinrichtung muss mindestens $5 \cdot 10^8 \text{ Bq/m}^3$, bezogen auf Xenon-133, betragen.

(4) Der Volumenstrom durch die Messeinrichtung ist zu überwachen. Das Unterschreiten eines unteren Schwellenwertes und das Überschreiten eines oberen Schwellenwertes des Volumenstroms ist zu signalisieren.

(5) Zur manuellen Probenentnahme und Sammlung können Gasmäuse oder Druckflaschen verwendet und die Proben im Labor analysiert werden.

4.2.2 An Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe

4.2.2.1 Überwachung mit festinstallierten Messeinrichtungen

(1) Die Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen ist zu überwachen. Dazu sind an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe kontinuierlich auf einem Schwebstofffilter mindestens der Klasse E12 nach DIN EN 1822-1 aus einem Teilluftstrom abzuschneiden und während dessen die Aktivität auf dem Schwebstofffilter zu messen.

(2) Der Volumenstrom des Teilluftstroms, aus dem die Abscheidung erfolgt, ist zu überwachen. Eine Abweichung um mehr als 20 % vom Sollwert ist auf der Warte optisch und akustisch zu melden und aufzuzeichnen.

(3) Aus der von der Filterbelastung herrührenden ionisierenden Strahlung ist ein Messwert zu bilden, der ein Maß für die Aktivitätsbelastung des Schwebstofffilters (z. B. Impulsrate) oder ein Maß für die Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen in der überwachten Luft (z. B. zeitliche Änderung der Impulsrate, gegebenenfalls mit Abklingkorrektur) ist. Der Nulleffekt des Detektorsignals und der Einfluss natürlicher radioaktiver Schwebstoffe auf das Detektorsignal dürfen bei der Messwertverarbeitung unterdrückt werden.

Hinweis:

Bei der Messung der Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen können Störungen, z. B. durch in den Schwebstofffiltern abgeschiedene Schwebstoffe, die natürlich entstandene radioaktive Stoffe tragen, und durch Edelgase auftreten, die bei der Interpretation des Messergebnisses zu berücksichtigen sind.

(4) Die Messeinrichtung muss so ausgelegt sein, dass bei zuvor unbelastetem Schwebstofffilter bei einer höchstens eine Stunde lang anstehenden Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen mit einem Zeitintegral von $10 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ innerhalb von höchstens einer Stunde die Anzeige des Wertes der Messgröße „Aktivität auf dem Filter“ oder des Wertes der Messgröße „Anstieg der Aktivität auf dem Filter“ die Nachweisgrenze überschreitet. Zur Prüfung dieser Anforderung siehe 5.2.2.1. Für Aerosolmonitore für die Überwachung von luftgetragenen radioaktiven Stoffen in der Luft aus der Raumgruppe Sicherheitsbehälter bei SWR und aus der Raumgruppe 1 und 2 bei DWR beträgt das genannte Zeitintegral $100 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$.

Hinweise:

(1) Die Ermittlung der Nachweisgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen ist in DIN ISO 11929 enthalten.

(2) Die genannten Anforderungen an die Nachweisgrenze gelten für den anlagenunabhängigen Nachweis der Geräteeigenschaften.

(5) Die Aktivität auf dem Schwebstofffilter ist auf einen Wert hin zu überwachen, bei dem eine Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen mit einem Zeitintegral von $500 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ innerhalb von höchstens einer Stunde mit einer Standardabweichung von höchstens 10 % erkannt werden kann. Sofern bei einer Überschreitung dieses Wertes die aktuelle Konzentration der an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffe nicht mehr mit einer Standardabweichung von höchstens 10 % erfasst wird, ist das Schwebstofffilter zu wechseln. Das Überschreiten einer vorgewählten Beladung des Filters mit von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen ist deutlich wahrnehmbar zu melden. Unabhängig davon ist das Filter mindestens 14-täglich zu wechseln.

(6) Die Messeinrichtung muss die Bildung des Messwertes nach (3) und dessen Anzeige und Aufzeichnung bis zu einer Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen von $5 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$ mit einem Zeitintegral dieser Konzentration von $10^5 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ leisten.

(7) Bezugsnuklid für die Anforderungen nach (3) bis (6) ist Caesium-137.

4.2.2.2 Überwachung mit nicht festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen

(1) Die Überwachung der Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen am Arbeitsplatz ist durch Abscheidung der Schwebstoffe aus einem Luftstrom mit konstantem Volumenstrom auf einem Schwebstofffilter mindestens der Klasse E12 nach DIN EN 1822-1 und Messung der Aktivität der auf dem Filter angesammelten an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen entweder während der Abscheidung (Direktmessung) oder durch anschließende Analyse des beladenen Filters im Labor vorzunehmen.

(2) Bei Messeinrichtungen ist der Volumenstrom des Teilluftstroms, aus dem die Abscheidung erfolgt, zu überwachen. Eine Abweichung um mehr als 20 % vom Sollwert ist vor Ort optisch und akustisch zu melden. Bei Sammeleinrichtungen ist das durchgesetzte Volumen zu bestimmen.

Hinweis:

Die Sammeldauer und Staubfracht der Probenluft kann Einfluss auf den Volumenstrom von Sammeleinrichtungen haben.

(3) Bei der Direktmessung ist aus der von der Filterbeladung herrührenden ionisierenden Strahlung ein Messwert zu bilden, der ein Maß für die Aktivitätsbeladung des Schwebstofffilters (z. B. Impulsrate) oder ein Maß für die Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen in der überwachten Luft (z. B. zeitliche Änderung der Impulsrate, gegebenenfalls mit Abklingkorrektur) ist. Der Nulleffekt des Detektorsignals und der Einfluss natürlicher radioaktiver Schwebstoffe auf das Detektorsignal dürfen bei der Messwertverarbeitung unterdrückt werden.

(4) Die Messeinrichtung muss so ausgelegt sein, dass bei zuvor unbeladenem Schwebstofffilter bei einer höchstens eine Stunde lang anstehenden Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen mit einem Zeitintegral von $10 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ innerhalb von höchstens einer Stunde die Anzeige des Wertes der Messgröße „Aktivität auf dem Filter“ oder des Wertes der Messgröße „Anstieg der Aktivität auf dem Filter“ die Nachweisgrenze überschreitet. Zur Prüfung dieser Anforderung siehe 5.2.2.1.

Hinweis:

Die genannten Anforderungen an die Nachweisgrenze gelten für den anlagenunabhängigen Nachweis der Geräteeigenschaften.

(5) Bei der Direktmessung nach (3) muss die Messeinrichtung die Bildung des Messwertes und dessen Anzeige bis zu einer Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen

radioaktiven Stoffen von $5 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$ mit einem Zeitintegral dieser Konzentration von $10^5 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ leisten.

(6) Wenn bei der Direktmessung das Ende des Anzeigebereiches erreicht wird, ist zu überprüfen, ob eine Laboranalyse der Filter erforderlich ist.

(7) Bei der Laboranalyse sind durch integrale Messungen der Gesamt-Beta- oder Gesamt-Gamma-Aktivitätskonzentration des Bezugsnuklids oder durch nuklidspezifische Messungen die Aktivitäten auf dem Schwebstofffilter zu bestimmen.

(8) Bei Messungen im Labor sind die Mess- und Sammeleinrichtungen so auszulegen, dass eine mittlere Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen von 5 Bq/m^3 innerhalb von zwei Stunden ab Beginn der Probenentnahme nachgewiesen werden kann.

(9) Werden bei der Arbeitsplatzüberwachung ergänzend zu Messungen im Labor direkt messende Messeinrichtungen vor Ort eingesetzt, müssen diese so ausgelegt sein, dass bei zuvor unbeladenem Schwebstofffilter eine höchstens eine Stunde lang anstehende Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen mit einem Zeitintegral von $100 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ innerhalb von höchstens einer Stunde die Anzeige des Wertes der Messgröße „Aktivität auf dem Filter“ oder des Wertes der Messgröße „Anstieg der Aktivität auf dem Filter“ die Nachweisgrenze überschreitet. Zur Prüfung dieser Anforderung siehe 5.2.2.1.

Hinweise:

(1) Die Ermittlung der Nachweisgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen ist in DIN ISO 11929 enthalten.

(2) Die genannten Anforderungen an die Nachweisgrenze gelten für den anlagenunabhängigen Nachweis der Geräteeigenschaften.

(10) Bezugsnuklid für die Anforderungen nach (4), (5), (8) und (9) ist Caesium-137.

4.2.3 Radioaktives gasförmiges Jod

4.2.3.1 Überwachung mit festinstallierten Messeinrichtungen

(1) Die kontinuierliche Überwachung der Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod ist durch Abscheidung von gasförmigen Jodverbindungen aus einem Teilluftstrom mit konstantem Volumenstrom auf einem Jodfilter und gleichzeitiges Messen der Aktivität des auf dem Jodfilter angesammelten radioaktiven Jods durchzuführen.

Hinweis:

Das radiologisch relevante Jodisotop ist Jod-131.

(2) Der Volumenstrom des Teilluftstroms, aus dem die Abscheidung erfolgt, ist zu überwachen. Eine Abweichung um mehr als 20 % vom Sollwert ist auf der Warte optisch und akustisch zu melden und aufzuzeichnen.

(3) Aus der von der Filterbeladung herrührenden Gammastrahlung ist ein Messwert zu bilden, der ein Maß für die Aktivitätsbeladung des Jodfilters (Impulsrate) oder ein Maß für die Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod der überwachten Luft (zeitliche Änderung der Impulsrate) ist.

Hinweis:

Bei der Messung der Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod können Störungen, z. B. durch im Medium befindliche Edelgase auftreten, die bei der Interpretation des Messergebnisses zu berücksichtigen sind.

(4) Die Aktivität auf dem Jodfilter ist auf einen Wert hin zu überwachen, bei dem eine Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod mit einem Zeitintegral von $500 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ innerhalb von höchstens einer Stunde mit einer Standardabweichung von höchstens 10 % erkannt werden kann. Sofern bei einer Überschreitung dieses Wertes die aktuelle Aktivitätskonzentration

von radioaktivem Jod nicht mehr mit einer Standardabweichung von höchstens 10 % erfasst wird, ist das Filter zu wechseln. Das Überschreiten einer vorgewählten Beladung des Jodfilters mit radioaktivem Jod ist deutlich wahrnehmbar zu melden.

(5) Bei der Direktmessung nach (3) muss die Messeinrichtung die Bildung des Messwerts und dessen Anzeige bis zu einer Aktivitätskonzentration radioaktiven Jods von $2 \cdot 10^3 \text{ Bq/m}^3$ mit einem Zeitintegral der Aktivitätskonzentration radioaktiven Jods von $2 \cdot 10^4 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ leisten.

(6) Die festinstallierten Messeinrichtungen zur Messung der Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod nach **Tabelle 3-1** oder **3-2** sind so auszulegen, dass bei zuvor unbeladenem Jodfilter eine höchstens eine Stunde lang anstehende Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod mit einem Zeitintegral von $10 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ innerhalb von einer Stunde die Anzeige des Wertes der Messgröße „Aktivität auf dem Filter“ oder des Wertes der Messgröße „Anstieg der Aktivität auf dem Filter“ die Nachweisgrenze überschreitet. Zur Prüfung dieser Anforderung siehe 5.2.2.1.

Hinweise:

(1) Die Ermittlung der Nachweisgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen ist in der Norm DIN ISO 11929 enthalten.

(2) Die genannten Anforderungen an die Nachweisgrenze gelten für den anlagenunabhängigen Nachweis der Geräteeigenschaften.

(7) Bezugsnuklid für die Anforderungen nach (4) bis (6) ist Jod-131.

(8) Die Auslegung der Filterpatrone und die Wahl des Filtermaterials haben so zu erfolgen, dass auch für organisch gebundenes Jod ein Abscheidegrad von mindestens 90 % erreicht wird. Der spezifizierte Temperaturbereich des Jodsorbens muss angegeben sein und eingehalten werden.

(9) Um die Störungen durch im Filtermedium absorbierte radioaktive Edelgase zu reduzieren, ist ein Sorptionsmaterial mit geringer Edelgasrückhaltung zu wählen.

4.2.3.2 Überwachung mit nicht festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen

(1) Die Überwachung der Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod am Arbeitsplatz ist durch Abscheidung von gasförmigen Jodverbindungen aus einem Luftstrom mit konstantem Volumenstrom auf einem Jodfilter und Messung der Aktivität des auf dem Filter angesammelten radioaktiven Jod durchzuführen.

(2) Bei Messeinrichtungen ist der Volumenstrom des Teilluftstroms, aus dem die Abscheidung erfolgt, zu überwachen. Eine Abweichung um mehr als 20 % vom Sollwert ist vor Ort optisch und akustisch zu melden. Bei Sammeleinrichtungen ist das durchgesetzte Volumen zu bestimmen.

(3) Die Auslegung der Filterpatrone und die Wahl des Filtermaterials haben unter Berücksichtigung des Volumenstroms so zu erfolgen, dass auch für organisch gebundenes Jod ein Abscheidegrad von mindestens 90 % erreicht wird. Der spezifizierte Temperaturbereich des Jodsorbens muss angegeben sein und eingehalten werden.

Hinweis:

Das Absorptionsvermögen des Filtermaterials kann durch Licht, Luft, Feuchte oder Alterung verringert werden.

(4) Aus der von der Filterbeladung herrührenden Gammastrahlung ist ein Messwert zu bilden, der ein Maß für die Aktivitätsbeladung des Jodfilters (Detektorimpulsrate) ist.

(5) Werden bei der Arbeitsplatzüberwachung ergänzend zu Messungen im Labor direkt messende Messeinrichtungen vor Ort eingesetzt, müssen diese so ausgelegt sein, dass bei zuvor unbeladenem Jodfilter eine höchstens eine Stunde lang anstehende Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod mit einem Zeitintegral von $10 \text{ (Bq/m}^3) \cdot \text{h}$ innerhalb von höchstens einer Stunde die Anzeige des Wertes der Messgröße „Aktivität auf dem Filter“ oder des Wertes der Messgröße „Anstieg der Aktivität auf dem Filter“ die Nachweisgrenze dieser Messgrößen überschreitet. Wird zur weiteren Absenkung der Nachweisgrenze ein hoher Probenvolumenstrom gewählt und resultiert daraus ein geringerer Abscheidegrad für organisch gebundenes Jod (< 90 %), so sind die damit verbundenen Unsicherheiten bei Angabe der Nachweisgrenze anzugeben. Der Mindestabscheidegrad ist vom Hersteller auf der Messeinrichtung anzugeben. Zur Prüfung dieser Anforderung siehe 5.2.2.1.

Hinweise:

(1) Die Ermittlung der Nachweisgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen ist in der Norm DIN ISO 11929 enthalten.

(2) Die genannten Anforderungen an die Nachweisgrenze gelten für den anlagenunabhängigen Nachweis der Geräteeigenschaften.

(6) Bezugsnuklid für die Anforderung nach (4) ist Jod-131.

(7) Um die Störungen durch im Filtermedium absorbierte radioaktive Edelgase zu reduzieren, soll ein Sorptionsmaterial mit geringer Edelgasrückhaltung eingesetzt werden.

(8) Bei Messungen im Labor sind die Mess- und Sammeleinrichtungen so auszulegen, dass eine mittlere Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod von 20 Bq/m^3 innerhalb von zwei Stunden ab Beginn der Probenentnahme nachgewiesen werden kann.

4.3 Anzeige, Aufzeichnung und Aufbewahrung der Messwerte

4.3.1 Überwachung mit festinstallierten Messeinrichtungen

(1) Die Anzeige- und Aufzeichnungsgeräte für die Messwerte müssen sich in der Warte oder in einem Wartennebenraum befinden. Es dürfen Mehrfachsreiber oder -drucker mit maximal 6 Spuren verwendet werden. Die Aufzeichnungen müssen über einen Zeitraum von mindestens drei Stunden direkt sichtbar und gut lesbar sein.

(2) Bei Messeinrichtungen mit umschaltbaren Anzeigebereichen muss der eingestellte Anzeigebereich mit aufgezeichnet werden.

(3) Erfolgt die Messwertanzeige ausschließlich mit linearer Skalenteilung, muss eine automatische Messbereichsumschaltung vorgesehen werden.

(4) Bei elektronischer Aufzeichnung der Messwerte muss eine redundante Messwertspeicherung erfolgen. Die Speicherkapazität muss ausreichend groß sein, um die Messwerte und Meldungen der letzten 12 Monate bereit zu halten.

(5) Die Aufzeichnungen sind regelmäßig auszuwerten und entsprechend den Rechtsvorschriften oder behördlichen Auflagen aufzubewahren.

Einflussgrößen	Nenngebrauchsbereich	Bezugswert
Betriebsspannung		
Wechselspannungsversorgung	85 bis 110 % des Nennwerts der Betriebsspannung	Herstellerangabe
Gleichspannungsversorgung	spezifizierter Spannungsbereich des Gleichspannungsnetzes	Herstellerangabe
Umgebungstemperatur in °C	15 bis 40	20
Druck der Umgebungsluft in hPa	900 bis 1100	Herstellerangabe
Rel. Feuchte der Umgebungsluft in %	10 bis 95, nicht betauend	60
Temperatur des Messmediums in °C	15 bis 40	20
Druck des Messmediums ¹⁾ in hPa	700 bis 1100	Herstellerangabe
Rel. Feuchte des Messmediums in %	10 bis 95, nicht betauend	60
1) Druckdifferenz zwischen Umgebung und Messmedium nicht größer als 200 hPa		

Tabelle 4-1: Nenngebrauchsbereiche und Bezugswerte für Einflussgrößen (vgl. 4.1.3.(2))

Kenngröße	Werte der Kenngrößen für		
	festinstallierte Messeinrichtungen DWR und SWR	festinstallierte Messeinrichtungen der Raumgruppe 1 DWR	nicht festinstallierte Mess- oder Sammeleinrichtungen DWR und SWR
Nachweisgrenze der Aktivitätskonzentration radioaktiver Edelgase	$1 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$	$5 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$	$1 \cdot 10^5 \text{ Bq/m}^3$
Obere Grenze des Messbereichs	$5 \cdot 10^8 \text{ Bq/m}^3$	$5 \cdot 10^9 \text{ Bq/m}^3$	$5 \cdot 10^8 \text{ Bq/m}^3$
Bezugsnuclid	Xenon-133		

Tabelle 4-2: Kenngrößen der Edelgasmesseinrichtungen nach 4.2.1

Kenngröße	Werte der Kenngrößen für	
	an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe (nach 4.2.2.2 (8))	radioaktives Jod (nach 4.2.3.2 (8))
Mindestens nachweisbare Aktivitätskonzentration luftgetragener radioaktiver Stoffe in zwei Stunden	5 Bq/m^3	20 Bq/m^3
Bezugsnuclid	Caesium-137	Jod-131

Tabelle 4-3: Kenngrößen bei Probenentnahme und Laboranalyse für an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe und radioaktives Jod

Kenngröße	Werte der Kenngrößen für			
	an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe			radioaktives Jod
	festinstallierte Messeinrichtungen Raumgruppe Sicherheitsbehälter SWR und Raumgruppe 1 und 2 bei DWR	übrige festinstallierte und nicht festinstallierte Messeinrichtungen	nicht festinstallierte Mess- oder Sammeleinrichtungen, bei nachfolgender Messung im Labor	festinstallierte und nicht festinstallierte Messeinrichtungen
Mindestens nachweisbares Zeitintegral der Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe in einer Stunde ¹⁾	100 (Bq/m ³) · h	10 (Bq/m ³) · h	100 (Bq/m ³) · h	10 (Bq/m ³) · h
Maximal messbare Aktivitätskonzentration ²⁾	5 · 10 ⁴ Bq/m ³			2 · 10 ³ Bq/m ³
Bis zu einem Zeitintegral von ²⁾	1 · 10 ⁵ (Bq/m ³) · h			2 · 10 ⁴ (Bq/m ³) · h
Bezugsnuclid	Caesium-137			Jod-131
¹⁾ nach 4.2.2.1 (4), 4.2.2.2 (4), 4.2.2.2 (9), 4.2.3.1 (6) ²⁾ nach 4.2.2.1 (6), 4.2.2.2 (5), 4.2.3.1 (5)				

Tabelle 4-4: Kenngrößen der festinstallierten und nicht festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen für an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe und radioaktives Jod.

4.3.2 Überwachung mit nicht festinstallierten Messeinrichtungen

(1) Bei der Überwachung der Aktivitätskonzentration von Radionuklidgruppen in Räumen mit nicht festinstallierten Messeinrichtungen sind die Messwerte an der Messeinrichtung anzuzeigen.

(2) Sofern im Rahmen der Arbeitsplatzüberwachung in Räumen mit nicht festinstallierten Messeinrichtungen das Zeitintegral der Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen innerhalb von 8 h 80 (Bq/m³) · h und von radioaktivem Jod 120 (Bq/m³) · h überschreitet, sind die Messwerte aufzuzeichnen.

5 Instandhaltung und Prüfungen

5.1 Wartung und Instandsetzung

5.1.1 Durchführung

Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen an den Mess- oder Sammeleinrichtungen müssen nach den jeweiligen Betriebs- und Instandsetzungsanweisungen von fachkundigen Personen vorgenommen werden.

5.1.2 Dokumentation

Alle durchgeführten Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten sind zu dokumentieren. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- eindeutige Bezeichnung der Messeinrichtung,
- Art der durchgeführten Wartung oder Instandsetzung,
- Art und Anzahl der ausgewechselten Teile,

d) Gründe für das Auswechseln von Teilen,

e) für die neu eingesetzten Teile:

Datum und nähere Bezeichnung der Prüfzeugnisse und der nach dieser Regel erforderlichen Prüfnachweise,

f) bei festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen Angaben über Ausfallzeiten,

g) Datum der Wartung oder Instandsetzung sowie

h) Name und Unterschrift der fachkundigen Personen.

5.2 Prüfungen

5.2.1 Durchzuführende Prüfungen

Die Mess- und Sammeleinrichtungen sind folgenden Prüfungen zu unterziehen:

a) vor ihrem Einsatz in einem Kernkraftwerk:

- Nachweis der Eignung und
- Kalibrierung,

b) vor ihrem ersten Einsatz in einem bestimmten Kernkraftwerk:

- Eignungsüberprüfung,
- Werksprüfung,
- Überprüfung der Kalibrierung mit Festpräparaten und
- Inbetriebsetzungsprüfung,

c) während des Einsatzes im Kernkraftwerk:

- regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen und
- Prüfungen nach Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten.

5.2.2 Erstmalige Prüfungen

5.2.2.1 Nachweis der Eignung

Hinweis:

Anforderungen an den Nachweis der Eignung von festinstallierten Messeinrichtungen zur Strahlungsüberwachung sind in KTA 1505 festgelegt.

(1) Vor dem erstmaligem Einsatz in einem Kernkraftwerk ist nachzuweisen, dass die Mess- und Sammeleinrichtungen ihre Aufgaben erfüllen und den spezifizierten Anforderungen genügen.

(2) Der Nachweis der Eignung besteht aus dem anlagenunabhängigen Nachweis von Geräteigenschaften und der anlagenbezogenen Eignungsüberprüfung.

(3) Die anlagenbezogene Eignungsüberprüfung ist durch die Behörde oder einen zugezogenen Sachverständigen durchzuführen.

5.2.2.2 Kalibrierung und Überprüfung der Kalibrierung

(1) Für die Messeinrichtungen einschließlich der Volumstrommessenrichtungen müssen vor ihrem ersten Einsatz geeignete Kalibrierfaktoren bestimmt worden sein. Die Bestimmung der Kalibrierfaktoren darf auch an einer typgleichen Messeinrichtung durchgeführt werden. Die Kalibrierung ist bei den in **Tabelle 4-1** genannten Bezugswerten durchzuführen.

(2) Die Messeinrichtung zur Überwachung der Gesamt-Beta-Aktivitätskonzentration der radioaktiven Edelgase ist mit Xenon-133 und Krypton-85 zu kalibrieren. Die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens der Messeinrichtung zur Erfassung der Betastrahlung der radioaktiven Edelgase muss mit mindestens drei repräsentativen Betastrahlern mit einer maximalen Beta-Energie aus dem Bereich von 150 keV bis 2500 keV ermittelt werden. Die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens der Messeinrichtung zur Erfassung der Gammastrahlung der radioaktiven Edelgase muss für Gammastrahlung im Energiebereich von 60 keV bis 2500 keV bekannt sein.

(3) Die Messeinrichtung zur Überwachung der Gesamt-Beta-Aktivitätskonzentration bzw. der Gesamt-Gamma-Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen ist für Betastrahlung sowohl mit Technetium-99 oder Kobalt-60 als auch mit Chlor-36 oder Caesium-137 und die für Gammastrahlung mit Barium-133 und Caesium-137 zu kalibrieren. Die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens muss für Betastrahlung im Energiebereich von 150 keV bis 2500 keV, die für Gammastrahlung im Energiebereich von 100 keV bis 1700 keV bekannt sein. Um die Nachweiswahrscheinlichkeit für Störnuklide und Untergrundstrahlung zu verringern, darf bei Messeinrichtungen zur Überwachung der Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen durch Gammastrahlung die untere Schwelle bis auf maximal 250 keV erhöht werden.

(4) Die Messeinrichtung zur Überwachung der Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod ist mit Jod-131 zu kalibrieren.

(5) Bei der Erstkalibrierung beim Hersteller ist ein Satz von Festpräparaten festzulegen, mit denen jeweils ein Anzeigewert in einer der unteren und einer der oberen Dekaden des Messbereichs ermittelt wird und bei weiteren Prüfungen kontrolliert werden kann, um den Anschluss weiterer typgleicher Geräte zu ermöglichen. Dafür sind folgende Festpräparate vorzusehen:

- a) Für die Überwachung der Aktivitätskonzentration von radioaktiven Edelgasen Kobalt-60, Technetium-99 oder Caesium-137 bei Messeinrichtungen für Betastrahlung.
- b) Für die Überwachung der Aktivitätskonzentration von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen Kobalt-60 oder Technetium-99 bei Messeinrichtungen für Betastrahlung sowie Barium-133 oder Kobalt-57 bei Messeinrichtungen für Gammastrahlung.

c) Für die Überwachung der Aktivitätskonzentration von radioaktivem Jod Barium-133.

(6) Im Anschluss an die Erstkalibrierung der Messeinrichtungen ist mit einem Festpräparat in definierter und reproduzierbarer Geometrie ein Anzeigewert zu bestimmen, der später eine Überprüfung der Kalibrierung nach **Tabelle 5-1** ermöglicht.

(7) Für die Sammeleinrichtungen müssen vor ihrem ersten Einsatz geeignete Kalibrierfaktoren für die Volumenstrommessenrichtungen bestimmt worden sein.

5.2.2.3 Werksprüfung

(1) In einer Werksprüfung sind die ordnungsgemäße Herstellung und die einwandfreie Funktion der Messeinrichtungen nachzuweisen. Setzen sich die Messeinrichtungen aus Komponenten verschiedener Hersteller zusammen, so müssen die ordnungsgemäße Herstellung und die einwandfreie Funktion dieser Komponenten durch Prüfungen beim jeweiligen Hersteller nachgewiesen werden.

(2) Die Werksprüfung für Messeinrichtungen ist als eine Stückprüfung durchzuführen und muss umfassen:

- a) Sichtprüfung,
- b) Prüfung des Ausgangswertes in Abhängigkeit von der spezifizierten Betriebsspannungsschwankung,
- c) Prüfung der Kennlinie mit einem Impuls- oder Stromgenerator mit mindestens einem Prüfwert pro Dekade des Messbereichs,
- d) Prüfung der Übersteuerungsfestigkeit (elektronisch oder mittels Präparat),
- e) Überprüfung der Ansprechwahrscheinlichkeit nach 5.2.2.2 (6),
- f) Durchflussüberwachung oder Mengemessung,
- g) Überprüfung der Dichtheit und
- h) Anschlusswert mittels Festpräparat für Inbetriebsetzungsprüfung.

(3) Die Werksprüfung für Sammeleinrichtungen ist als eine Stückprüfung durchzuführen und muss umfassen:

- a) Sichtprüfung,
- b) Durchflussüberwachung oder Mengemessung und
- c) Überprüfung der Dichtheit.

(4) Die Werksprüfung ist durch Werkssachverständige durchzuführen, in begründeten Fällen in Anwesenheit der zuständigen Behörde oder eines zugezogenen Sachverständigen.

5.2.2.4 Inbetriebsetzungsprüfung

(1) In der Inbetriebsetzungsprüfung sind für die festinstallierten Mess- oder Sammeleinrichtungen nach Installation ihre einwandfreie Ausführung und Funktion nachzuweisen.

- a) Für Messeinrichtungen müssen geprüft werden:
 - aa) Installation der Einrichtungen,
 - ab) Ausführung der Einrichtungen,
 - ac) Anzeige (mit mindestens einem Prüfwert pro Dekade des Messbereichs),
 - ad) Überprüfung der Kalibrierung (mittels Festpräparat),
 - ae) Schwellenwerteinstellung und Signalisierung,
 - af) Durchflussüberwachung,
 - ag) Messwertverarbeitung,
 - ah) Versorgung mit Betriebsmedien,
 - ai) Geräteausfallmeldung und
 - ak) Anschluss an das Notstromsystem.

b) Für Sammeleinrichtungen müssen geprüft werden:

- ba) Installation der Einrichtungen,
- bb) Ausführung der Einrichtungen,
- bc) Durchflussüberwachung und
- bd) Messwertverarbeitung.

(2) Vor Inbetriebsetzung einer Probenentnahmeeinrichtung sind die Verluste luftgetragener radioaktiver Stoffe in der Probenentnahmeleitung abzuschätzen und durch einen Korrektionsfaktor zu beschreiben. Sobald es nach Inbetriebsetzung der Anlage die betrieblichen Bedingungen erlauben, soll eine experimentelle Überprüfung des Korrektionsfaktors an ausgewählten Probenentnahmeleitungen durchgeführt werden, sofern nicht die Messergebnisse aus anderen Anlagen übertragbar sind.

(3) Die Inbetriebsetzungsprüfung ist durch den Betreiber sowie in einem von der zuständigen Behörde festgelegten Umfang durch die Behörde oder einen zugezogenen Sachverständigen oder in deren Anwesenheit durchzuführen.

(4) Bei den Prüfungen nach (1) ad) darf der Anzeigewert unter Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort (z. B. Untergrund) von dem bei der Werksabnahme ermitteltem Anschlusswert um nicht mehr als relativ 30 % abweichen.

(5) Für die nicht festinstallierten Messeinrichtungen beschränkt sich die Inbetriebsetzungsprüfung auf:

- a) Ausführung der Einrichtungen,
- b) Anzeige (mit einem Impuls- oder Stromgenerator mit mindestens einem Prüfwert pro Dekade des Messbereichs),
- c) Überprüfung der Kalibrierung (mittels Festpräparat),
- d) Signalisierung,
- e) Durchflussüberwachung,
- f) Messwertverarbeitung,
- g) Versorgung mit Betriebsmedien und
- h) Geräteausfallmeldung.

5.2.3 Wiederkehrende Prüfungen

5.2.3.1 Allgemeines

(1) Für die Prüfliste, die Prüfanweisungen und die Prüfnachweise ist KTA 1202 anzuwenden.

(2) Die Prüfungen müssen ohne Eingriff in die Schaltung, z. B. Löten, erfolgen können.

5.2.3.2 Regelmäßig wiederkehrende Prüfungen

(1) Durch regelmäßig wiederkehrende Prüfungen ist die einwandfreie Funktion der Mess- und Sammeleinrichtungen nachzuweisen. Dabei sind die in **Tabelle 5-1** angegebenen Prüfungen und Prüfhäufigkeiten zugrunde zu legen.

(2) Die Überprüfung der Kalibrierung nach **Tabelle 5-1** lfd. Nr. 1 ist in der bei der Inbetriebsetzungsprüfung der Mess- oder Sammeleinrichtung definierten Geometrie mittels Festpräparat nach 5.2.2.4 (1) ad) durchzuführen. Der Anzeigewert muss mit der im Prüfhandbuch festgelegten Genauigkeit erreicht werden.

(3) Die Prüfungen sind durch den Betreiber oder die Behörde oder einen zugezogenen Sachverständigen durchzuführen.

5.2.3.3 Prüfung nach einer Instandsetzung

Nach einer Instandsetzung ist die einwandfreie Funktion durch eine dem Umfang der Instandsetzung entsprechende Inbetriebsetzungsprüfung nach 5.2.2.4 nachzuweisen.

5.3 Beseitigung von Mängeln

Zur Beseitigung von Mängeln sind im Betriebshandbuch Reparaturzeiten und ggf. Ersatzmaßnahmen festzulegen. Die Mängel einschließlich der zu ihrer Beseitigung getroffenen Maßnahmen sind zu protokollieren.

Lfd.-Nr.	Prüfobjekt	Prüfmethode	Prüfhäufigkeit für		
			festinstallierte Einrichtungen		nicht festinstallierte Einrichtungen
			durch Betreiber	durch die zuständige Behörde oder einen zugezogenen Sachverständigen	durch Betreiber ¹⁾
1	1a Mess- oder Sammeleinrichtungen	Sichtprüfung	bei Kontrollgängen	jährlich	beim Einsatz
	1b Messeinrichtungen	Überprüfung der Kalibrierung mit einem Prüfstrahler, bei Zählrohren ggf. Überprüfung des Plateaus	halbjährlich	jährlich	mindestens jährlich
2	Prüf- und Wartungsaufzeichnungen	Einsichtnahme	-	jährlich	-
3	Elektronikbaugruppen	Einspeisung von geeigneten Signalen an vorgesehenen Eingängen oder Simulation von Signalen direkt im Messumformereingang mit mindestens einem Wert pro Dekade des Messbereichs ²⁾ zur integralen Prüfung des Messumformers. Zur Prüfung des Messumformerausgangs sowie registrierender Einrichtungen wie Anzeiger, Schreiber, Überwachungsrechner, ist pro Dekade mindestens ein Wert des Messbereichs zu simulieren, der bei rechnerbasierten Messeinrichtungen auch tastaturgestützt mittels Rechnerprogramm erzeugt werden kann. Vergleich aller Anzeigen und Aufzeichnungen	jährlich	jährlich	-
4	Signalisierung Betriebsbereitschaft	Sichtprüfung	bei Kontrollgängen	jährlich	vor jedem Einsatz
	unterer Schwellenwert	- Unterbrechung der Spannungszufuhr zum Detektor oder - durch Auftrennen der Signalverbindung zwischen Messumformer und Detektor oder - durch Vorgabe eines Wertes unterhalb der Ausfallschwelle - bei digital arbeitenden Mess- und Sammeleinrichtungen genügt es, die Signalisierung über die im Programm vorgesehene Funktion zu prüfen, wenn das Programm geprüft ist und sich selbst überwacht.	halbjährlich	jährlich	jährlich
	oberer Schwellenwert	mit Prüfstrahler oder künstlicher Anregung	halbjährlich	jährlich	jährlich
5	Durchflussüberwachung und Betriebsmedierversorgung ohne automatische Funktionskontrolle	Sichtprüfung	bei Kontrollgängen	jährlich	vor jedem Einsatz
	mit automatischer Funktionskontrolle	Vergleich des Sollwertes mit dem Istwert	halbjährlich	jährlich	jährlich
6	Probenentnahmeeinrichtung	Besichtigung, Überprüfung der Umschaltung der Ventilatoren oder Gebläse	jährlich	jährlich	während des Einsatzes

¹⁾ Die Prüfungen nicht festinstallierter Messeinrichtungen durch die Behörde oder einen zugezogenen Sachverständigen wird im Einzelfall durch die Behörde festgelegt. Weitere Vorgaben siehe auch KTA 1301.2.

²⁾ Die Prüfmethode der Simulation von Detektorsignalen am Messumformereingang zur integralen Prüfung von Messumformer und Messkreisen - mit wenigstens einem Wert pro Dekade - ist bei rechnerbasiert arbeitenden Messeinrichtungen nicht erforderlich, wenn das Programm qualifiziert ist. Hier genügt die Einspeisung eines Signals in der obersten Dekade des Messbereiches, wenn in der vorverarbeitenden Elektronik im gesamten Messbereich keine Umschaltungen vorgenommen werden. Auch diese kann entfallen, wenn bei der Überprüfung der Kalibrierung ein Messwert in die oberste Dekade des Messbereichs fällt.

Tabelle 5-1: Regelmäßig wiederkehrende Prüfungen

Anhang

Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

(Die Verweise beziehen sich nur auf die in diesem Anhang angegebene Fassung. Darin enthaltene Zitate von Bestimmungen beziehen sich jeweils auf die Fassung, die vorlag, als die verweisende Bestimmung aufgestellt oder ausgegeben wurde).

AtG		Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 2 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist
StrlSchV		Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt durch nach Maßgabe des Artikel 10 durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. Januar 2017 (BGBl. I S. 114, 1222) geändert worden ist
SiAnf	(2015-03)	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2)
Interpretationen	(2015-03)	Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3)
KTA 1202	(2009-11)	Anforderungen an das Prüfhandbuch
KTA 1505	(2017-11)	Nachweis der Eignung von festinstallierten Messeinrichtungen zur Strahlungsüberwachung
DIN EN 1822-1	(2011-01)	Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung
DIN ISO 2889	(2012-07)	Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen (ISO 2889:2010)
DIN ISO 11929	(2011-01)	Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung - Grundlagen und Anwendungen (ISO 11929:2010)
KTA-GS 82	(2016-11)	Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Kernstrahlungsmessung nach DIN ISO 11929 - Anwendungsbeispiele für die KTA-Regeln der Reihe 1500 – Revision 1