

DIN ISO 8690



ICS 17.040.20; 27.120.20

Ersatz für
DIN 25415:2012-11

**Messung der Radioaktivität –
Gamma- und Beta-Strahlung emittierende Radionuklide –
Prüfverfahren zur Bewertung der Dekontaminierbarkeit von
Werkstoffoberflächen (ISO 8690:2020)**

Measurement of radioactivity –
Gamma ray and beta emitting radionuclides –
Test method to assess the ease of decontamination of surface materials (ISO 8690:2020)

Mesurage de la radioactivité –
Radionucléides émetteurs gamma et bêta –
Méthode d'essai pour évaluer l'aptitude à la décontamination des matériaux de surface
(ISO 8690:2020)

Gesamtumfang 42 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Symbole	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Symbole	10
4 Kurzbeschreibung	11
5 Prüfeinrichtung	11
6 Kontaminations- und Dekontaminationsmittel	13
6.1 Kontaminationslösungen	13
6.1.1 Zusammensetzung der Kontaminationslösungen	13
6.1.2 Herstellung der Kontaminationslösungen	13
6.1.3 Herstellung der Kontaminationslösungen durch Neutronenaktivierung	14
6.1.4 Aufbewahrung der Kontaminationslösung	15
6.2 Dekontaminationslösung	15
7 Prüfkörper	15
7.1 Herstellung und Vorprüfung	15
7.1.1 Beständigkeit gegen Reinigungslösung	15
7.1.2 Prüfkörper aus nichtmetallischen Werkstoffen	15
7.1.3 Prüfkörper aus metallischen Werkstoffen	16
7.2 Anzahl und Maße	16
7.3 Konditionierung und Reinigung	16
8 Durchführung	17
8.1 Bestimmung der spezifischen Impulsrate der jeweiligen Kontaminationslösungen	17
8.2 Kontamination	17
8.3 Dekontamination	20
8.4 Bestimmung der Restimpulsrate	22
9 Berechnung der Ergebnisse und Bewertung der Dekontaminierbarkeit	22
10 Prüfbericht	23
Anhang A (informativ) Halterung zur Kontamination des Prüfkörpers	24
Anhang B (normativ) Rührkäftig-Apparatur zur Dekontamination	26
Anhang C (informativ) Gleichungen zur Herstellung der ¹³⁷ Cs- und ⁶⁰ Co-Kontaminationslösungen	35
C.1 Allgemeines	35
C.2 Gewünschtes Endvolumen der Kontaminationslösung	35
C.3 Gesamtaktivität der Lösung	35
C.3.1 Charakterisierung der Aktivität über die Zerfallsrate	35
C.3.2 Charakterisierung der Aktivität über die Impulsrate	35
C.4 Volumen V der Radionuklid-Ausgangslösung, das der unter C.3 angegebenen Gesamtaktivität oder Gesamtimpulsrate entspricht	35
C.5 Erforderliche Trägermengen	36
C.5.1 Einzustellende Trägerkonstruktion im Endprodukt: 10 ⁻⁵ mol·l ⁻¹	36
C.5.2 Träger-Beitrag aus der Radionuklid-Ausgangslösung	36
C.5.3 Erforderlicher Trägerbeitrag durch Zusatz von Trägerlösung	36
Anhang D (informativ) Berechnungen zur Herstellung der Kontaminationslösung durch Neutronenaktivierung	38
D.1 Allgemeines	38

D.2	Spezifische Aktivität der Kontaminationslösung	38
D.3	Aktivierungszeit	38
Anhang E (informativ)	Beispiel für einen Prüfbericht	40
Literaturhinweise		42

Bilder

Bild 1	— Geometrische Anforderungen (Querschnitt)	12
Bild 2	— Halterung zur Kontamination des Prüfkörpers	19
Bild 3	— Halterung zur Kontamination des Prüfkörpers; Einzelansicht (Einschieben des Prüfkörpers)	20
Bild 4	— Rührkäfig-Apparatur zur Dekontamination (Einschieben des Prüfkörpers)	21
Bild A.1	— Unterer Teil, Werkstoff: Acrylglas	24
Bild A.2	— Oberer Teil U	25
Bild B.1	— Allgemeiner Aufbau einer Rührkäfig-Apparatur	26
Bild B.2	— Stützsäule des Rührers	28
Bild B.3	— Rührachse	29
Bild B.4	— Kugellagerfixierung	30
Bild B.5	— Lager der Rührwerkswelle	30
Bild B.6	— Obere hexagonale Platte	31
Bild B.7	— Verbindungssteg	32
Bild B.8	— Rührblatt	33
Bild B.9	— Untere hexagonale Platte	34

Tabellen

Tabelle 1	— Bewertung der Dekontaminierbarkeit	22
Tabelle B.1	— Stückliste zu Bild B.1	27
Tabelle B.2	— Maße des Rührblattes	33
Tabelle D.1	— Werte für ^{60}Cs und ^{134}Cs	39

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 8690:2020, die vom Technischen Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-07-63 AA „Radionuklidlaboratorien“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

DIN ISO 8690 basiert auf DIN 25415 und ersetzt letztere Norm vollständig.

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

ISO 15	siehe	DIN ISO 15
ISO 273	siehe	DIN EN 20273
ISO 291:2008	siehe	DIN EN ISO 291:2008-08
ISO 2009	siehe	DIN EN ISO 2009
ISO 2010	siehe	DIN EN ISO 2010
ISO 3819	siehe	DIN EN ISO 3819
ISO 4762	siehe	DIN EN ISO 4762
ISO 7503-1:2016	siehe	DIN ISO 7503-1 (VDE 0493-2-5031):2017-12
ISO 7503-2:2016	siehe	DIN ISO 7503-2 (VDE 0493-2-5032):2017-12
ISO 7503-3:2016	siehe	DIN ISO 7503-3 (VDE 0493-2-5033):2017-12
ISO 11074	siehe	DIN EN ISO 11074
ISO 80000-10	siehe	DIN EN ISO 80000-10

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 25415:2012-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Übernahme von ISO 8690 als DIN ISO 8690 und somit inhaltliche und redaktionelle Anpassungen an die ISO-Norm.

Frühere Ausgaben

DIN 25415-1: 1976-12, 1980-10, 1988-08
DIN 25415: 2012-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 20273, *Mechanische Verbindungselemente — Durchgangslöcher für Schrauben (ISO 273)*

DIN EN ISO 291:2008-08, *Kunststoffe — Normalklimate für Konditionierung und Prüfung (ISO 291:2008); Deutsche Fassung EN ISO 291:2008*

DIN EN ISO 2009, *Senkschrauben mit Schlitz — Produktklasse A*

DIN EN ISO 2010, *Linsensenkschrauben mit Schlitz — Produktklasse A*

DIN EN ISO 3819, *Laborgeräte aus Glas — Becher*

DIN EN ISO 4762, *Zylinderschrauben mit Innensechskant*

DIN EN ISO 11074, *Bodenbeschaffenheit — Wörterbuch*

DIN EN ISO 80000-10, *Größen und Einheiten — Teil 10: Atom- und Kernphysik*

DIN ISO 15, *Wälzlager — Radiallager — Hauptmaße, Maßplan*

DIN ISO 7503-1 (VDE 0493-2-5031):2017-12, *Bestimmung der Radioaktivität — Messung und Bewertung der Oberflächenkontamination — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 7503-1:2016)*

DIN ISO 7503-2 (VDE 0493-2-5032):2017-12, *Bestimmung der Radioaktivität — Messung und Bewertung der Oberflächenkontamination — Teil 2: Wischtest (ISO 7503-2:2016)*

DIN ISO 7503-3 (VDE 0493-2-5033):2017-12, *Bestimmung der Radioaktivität — Messung und Bewertung der Oberflächenkontamination — Teil 3: Gerätekalibrierung (ISO 7503-3:2016)*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (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 Normungsthemen 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 Technischen Komitee ISO/TC 85, *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*, Unterkomitee SC 2, *Radiological protection*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 8690:1988), die technisch überarbeitet wurde. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- der Titel wurde geändert und an die Messung der Radioaktivität (oder der Gamma- und Beta-Strahlung emittierenden Radionuklide) angepasst;
- Öffnung für weitere Anwendungen;
- Hinzufügung von Symbolen für die verwendeten Messgrößen;
- Verbesserung der Lesbarkeit;
- Anpassung an die geltenden Normen;
- Hinzufügung der Herstellung einer Kontaminationslösung durch Neutronenaktivierung;
- Hinzufügung eines neuen Anhangs mit Berechnungen unter Verwendung der Neutronenaktivierung.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Überall dort, wo Radioaktivität eingesetzt wird, besteht das Risiko, dass Oberflächen durch den Kontakt mit Radioaktivität in Lösung oder durch luftgetragene Radioaktivität kontaminiert werden können. Üblicherweise ist es erforderlich, diese Oberflächenkontamination zu entfernen, um das Risiko einer versehentlichen Aufnahme der Radioaktivität von der Oberfläche durch das Personal zu vermindern. Die Dekontaminierbarkeit von Werkstoffoberflächen ist daher ein wichtiger Parameter bei der Auswahl der zu verwendenden Werkstoffe, z. B. für Anlagen in der Nuklearindustrie, in Radionuklidlaboratorien oder nuklearmedizinischen Einrichtungen.

Dieses Dokument beschreibt ein quantitatives Verfahren für die Prüfung der Dekontaminierbarkeit von Werkstoffoberflächen unter objektiven Bedingungen. Das Verfahren ermöglicht den Vergleich verschiedener Werkstoffoberflächen, um Entscheidungen über die zu verwendenden Werkstoffe für verschiedene Anwendungen zu unterstützen.

Bei der Prüfung werden radioaktive Lösungen auf eine Probe des zu untersuchenden Werkstoffs aufgebracht. Die Lösungen enthalten Radionuklide, die häufig in der Nuklearindustrie vorkommen (^{60}Co , ^{137}Cs oder ^{134}Cs) und liegen in wässriger Form vor. Anschließend wird die Oberfläche gereinigt und die Restaktivität auf der Oberfläche gemessen, um ein quantitatives Maß für die Dekontaminierbarkeit zu erhalten.

Die Ergebnisse der Prüfungen an verschiedenen Werkstoffen helfen dem Anwender daher bei der Auswahl der besten Werkstoffoberfläche für die jeweilige Anwendung.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anzuwenden für die Prüfung von Oberflächen, die durch radioaktive Stoffe kontaminiert werden können.

Die Dekontaminierbarkeit ist eine Oberflächeneigenschaft und ein wichtiges Auswahlkriterium für Werkstoffoberflächen, die in der Nuklearindustrie, in Zwischenlagern oder Endlagern verwendet werden, von denen Kontaminationen ohne Schädigung der Oberfläche leicht und schnell entfernt werden können. Die in diesem Dokument beschriebene Prüfung ist ein laborbasiertes Schnellverfahren zum Vergleich der Dekontaminierbarkeit verschiedener Werkstoffoberflächen.

Die Ergebnisse der Prüfung können ein Parameter sein, der bei der Auswahl von Oberflächenbeschichtungen wie Lacken oder undurchlässigen Schichten wie Keramik und anderen Oberflächen berücksichtigt wird. Bei dieser Prüfung werden die in der Nuklearindustrie üblichen Radionuklide (^{137}Cs , ^{134}Cs und ^{60}Co) in wässriger Form verwendet. In Abhängigkeit von den Anforderungen des Kunden kann die Prüfung auch mit anderen Radionukliden und anderen chemischen Formen durchgeführt werden, wenn die Lösungen chemisch stabil sind und den Prüfkörper nicht korrodieren.

Die Prüfung misst nicht die Dekontaminierbarkeit von Werkstoffoberflächen bei der praktischen Anwendung, da dies – neben anderen Faktoren – von dem/den vorhandenen Radionuklid(en), der chemischen Form, der Dauer der Exposition gegenüber der Verunreinigung und den Umweltbedingungen abhängt.

Das Prüfverfahren ist nicht dafür vorgesehen, allgemeine Dekontaminationsverfahren zu beschreiben oder die Wirksamkeit von Dekontaminationsverfahren zu bewerten (siehe Normenreihe ISO 7503).

Das Prüfverfahren ist nicht geeignet für die Anwendung von Radiochemikalien, wenn die niederenergetische Gammastrahlung oder Betateilchen des in die Oberfläche eingedrungenen Radionuklids in der Oberfläche wesentlich abgeschwächt wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 15, *Rolling bearings — Radial bearings — Boundary dimensions, general plan*

ISO 273, *Fasteners — Clearance holes for bolts and screws*

ISO 2009, *Slotted countersunk flat head screws — Product grade A*

ISO 2010, *Slotted raised countersunk head screws — Product grade A*

ISO 3819, *Laboratory glassware — Beakers*

ISO 4762, *Hexagon socket head cap screws*

ISO 11074, *Soil quality — Vocabulary*

ISO 80000-10, *Quantities and units — Part 10: Atomic and nuclear physics*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC Guide 99, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe, Symbole und Abkürzungen nach ISO 11074, ISO 80000-10, ISO/IEC Guide 98-3 und ISO/IEC Guide 99 und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1.1

Oberflächenkontamination

auf spezifizierten Oberflächen abgelagerte radioaktive Stoffe

[QUELLE: ISO 7503-1:2016, 3.1.2]

3.1.2

Dekontamination

vollständige oder teilweise Entfernung einer radioaktiven Kontamination durch einen absichtlichen physikalischen, chemischen oder biologischen Prozess

Anmerkung 1 zum Begriff: Vorzugsweise beeinflusst die Dekontamination die Eigenschaften der Oberfläche nicht wesentlich.

[QUELLE: ISO 12749-3:2015, 3.7.11.2]

3.1.3

spezifische Impulsrate

I_s

Impulsrate, die in einem Messgerät unter vorgegebenen geometrischen Bedingungen durch 1 ml Kontaminationslösung verursacht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Impulsen je Minute ausgedrückt, standardisiert auf 1 ml der Kontaminationslösung. Impulsraten werden aus den Zählraten unter Anwendung der Korrekturen für Totzeit und Nulleffekt abgeleitet.

3.1.4

Restimpulsrate

I_r

Impulsrate, die in einem Messgerät unter vorgegebenen geometrischen Bedingungen durch die auf der geprüften Seite des Prüfkörpers nach der *Dekontamination* (3.1.2) verbliebenen Radionuklide verursacht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Impulsen je Minute ausgedrückt.

3.1.5

mittlere Restimpulsrate

$\bar{I}_r$

arithmetisches Mittel der Restimpulsraten von fünf Prüfkörpern, die durch das gleiche Radionuklid kontaminiert wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Impulsen je Minute ausgedrückt.

3.1.6

normierte mittlere Restimpulsrate

$\overline{I_{r,n}}$

korrigierter Wert der *mittleren Restimpulsrate* (3.1.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Korrekturfaktor ergibt sich durch Division eines Referenzwertes der spezifischen Impulsrate durch die Impulsrate der für die Prüfung verwendeten Kontaminationslösung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Sie wird in Impulsen je Minute ausgedrückt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Korrekturfaktor dient dem Ausgleich von Unterschieden der spezifischen Impulsraten von Kontaminationslösungen, die von verschiedenen Prüflaboratorien benutzt werden.

3.1.7

resultierende Restimpulsrate

arithmetisches Mittel der normierten *mittleren Restimpulsraten* $\overline{I_{r,n}}$ (3.1.6), erhalten für ^{60}Co und ^{134}Cs oder ^{137}Cs

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Impulsen je Minute ausgedrückt.

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

A	Aktivität des Radionuklids (Bq)
A_S	Spezifische Aktivität des Radionuklids ($\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$)
A_E	Aktivität des Radionuklids in der Kontaminationslösung
$D_{\min}$	Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Kontaminationsflecks und dem Rand des empfindlichen Detektorquerschnitts (mm)
h	Abstand der kontaminierten Prüfoberfläche von der Detektorfläche (mm)
r	Endvolumen der Kontaminationslösung (ml)
s	Aktivitätskonzentration der Stammlösung (MBq ml^{-1})
q	Trägerkonzentration (mol l^{-1})
V	Volumen (l)
m	Masse (g)
M	Molmasse ($\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$)
H	Abundanz
σ	Wirkungsquerschnitt (cm^{-2})
ϕ^{N1}	Neutronenfluss ($\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
N_L	Avogadro-Konstante
τ	Trägerkonzentration der Radionuklid-Ausgangslösung (mol l^{-1})
t	Zeit (s)
$t_{1/2}$	Halbwertszeit (Jahre)
u	Trägerkonzentration, in mol je Liter (mol l^{-1})

N1 Nationale Fußnote: Das korrekte Symbol, welches auch im weiteren Text verwendet wird ist ϕ .

4 Kurzbeschreibung

Ein Prüfkörper des Werkstoffs wird mit einer Lösung kontaminiert, die ^{60}Co und ^{137}Cs oder ^{134}Cs enthält. Die Emission des Prüfkörpers wird mit einem Detektor gemessen. Die Oberfläche des Prüfkörpers wird mit demineralisiertem Wasser dekontaminiert. Die Emission wird erneut gemessen und das Ergebnis mit dem Ergebnis der ersten Messung verglichen, um den Grad der Dekontaminierbarkeit zu bestimmen.

Getrennte Kontaminationslösungen, die ^{60}Co und ^{137}Cs oder ^{134}Cs (Trägerkonzentration: $10^{-5} \text{ mol l}^{-1}$; pH-Wert: 4) enthalten, werden hergestellt. 100- μl -Proben dieser Lösungen werden mit einem großflächigen Strahlungsdetektor gezählt. Aus den Ergebnissen der Zählung werden die spezifischen Impulsraten der Kontaminationslösungen errechnet.

Die Kontamination der Prüfkörper erfolgt durch die Behandlung eines festgelegten Bereichs mit den Kontaminationslösungen. Die anschließende Dekontamination erfolgt mit demineralisiertem Wasser. Die Restimpulsrate I_r wird durch Messung der kontaminierten Prüfkörper bestimmt.

Die normierten mittleren Restimpulsraten $\overline{I_{r,n}}$ werden für die jeweiligen Radionuklide errechnet. Das arithmetische Mittel aus den jeweiligen Werten für ^{60}Co und ^{137}Cs oder ^{134}Cs (resultierende Restimpulsrate) dient zur Bewertung der Dekontaminierbarkeit nach einer empirisch erstellten Klassifizierung.

5 Prüfeinrichtung

Für die Prüfung der Dekontaminierbarkeit von Oberflächen sind neben den üblichen Laborgeräten die folgende Ausrüstung erforderlich.

5.1 Bechergläser

Zwei Bechergläser; niedrige Form, mit einem Fassungsvermögen von 2 000 ml und in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach ISO 3819.

5.2 Strahlungsdetektor

Ein Detektor und dazugehörige elektronische Ausrüstung zur Bestimmung der Impulsrate. Zu den geeigneten Detektoren gehören gasgefüllte Proportionalzählrohre, Szintillations- und Halbleiterdetektoren.

Die Mindestgröße der sensitiven Fläche des Detektors muss ein Kreis von 30 mm Durchmesser sein, allerdings ist in der Praxis üblicherweise aufgrund der festgelegten geometrischen Anforderung eine größere sensitive Fläche erforderlich.

Um die geometrischen Anforderungen zu erfüllen, darf der Quotient $\frac{D_{\min}-12,5}{h}$ den Wert 3 nicht unterschreiten.

Dabei ist

$D_{\min}$ der kleinste Abstand des auf den Detektorquerschnitt projizierten Mittelpunktes des Kontaminationsfleckes vom Rand der sensitiven Detektorfläche, in Millimeter;

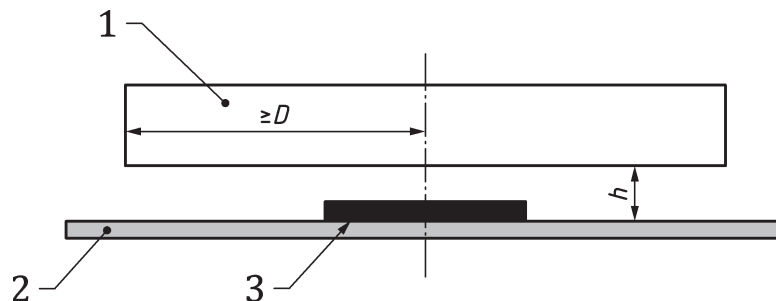
h der Abstand der kontaminierten Prüfoberfläche von der Detektoroberfläche (siehe Bild 1), in Millimeter.

Wird die geometrische Anforderung $\frac{D_{\min}-12,5}{h} \geq 3$ nicht erfüllt, darf ein Detektor mit einer kreisförmigen sensitiven Oberfläche von mindestens 30 mm Durchmesser verwendet werden, vorausgesetzt,

- dass bei der Bestimmung der spezifischen Impulsrate (siehe 8.1) die 100 μl Kontaminationslösung als eine Reihe einzelner Tropfen gleichmäßig auf einer Kreisfläche von 25 mm Durchmesser verteilt werden, d. h. auf der Fläche, auf der die Prüfkörper kontaminiert werden;

- b) dass die Nettoimpulsrate von 100 μl der unter diesen geometrischen Bedingungen gemessenen Kontaminationslösung 200 000 Impulse/min nicht unterschreitet (siehe 8.1).

ACHTUNG — Es müssen getrennte Ausrüstungen, wie in 5.3 bis 5.6 beschrieben, für die zwei oder drei Radionuklide verwendet werden, um Kreuzkontaminationen zu vermeiden.



Legende

- 1 Detektor
- 2 Prüfkörper
- 3 Kontamination

Bild 1 — Geometrische Anforderungen (Querschnitt)

5.3 Pipetten

Zwei Pipetten mit Einwegspitzen mit einem Fassungsvermögen von 100 μl .

Zwei Pipetten mit Einwegspitzen mit einem Fassungsvermögen von 1 000 μl .

5.4 Zwei Ampullen aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Quarz

Es sind zwei Ampullen aus Polytetrafluorethylen (PTFE) zur Herstellung der Kontaminationslösung

oder

zwei Quarzampullen zur Aktivierung der inaktiven Stammlösungen im Neutronenreaktor erforderlich.

5.5 Flaschen zur Lagerung

Es sind zwei Flaschen aus Polytetrafluorethylen (PTFE) zur Lagerung der radioaktiven Stammlösungen erforderlich.

ANMERKUNG Andere fluorierte Werkstoffe mit ähnlicher chemischer Beständigkeit sind mögliche Alternativen zu Polytetrafluorethylen (PTFE), wie Polytetrafluorethylen/Perfluorpropylen (PTFE/PFP), Perfluoralkoxy-Polymer (PFA) und Poly(vinylidenfluorid) (PVDF).

5.6 Befestigung

Zehn Halterungen für die Prüfkörper (5 je Radionuklid) aus Poly(methylmethacrylat) (PMMA), die als Positionierungshilfe für den Kontaminationsschritt dienen (siehe Anhang A).

Die Halterungen müssen jeweils einen flachen Ring aus Silikonkautschuk (45 mm $\times$ 25 mm $\times$ 2 mm) aus ungefülltem Werkstoff mit einer Shore-A-Härte von höchstens 60 enthalten.

ANMERKUNG 1 Ungefüllter, nicht pigmentierter, fluorierter Silikonkautschuk hat sich hierfür als besonders geeignet erwiesen.

Vor dem ersten Gebrauch müssen die Kautschukringe mit dem organischen Lösemittelgemisch (siehe 7.3) gereinigt werden, das zur Reinigung der Prüfkörper verwendet wird. Die Ringe sollten nur nach sorgfältiger Dekontamination wiederverwendet werden.

ANMERKUNG 2 Zehn Halterungen, fünf je Radionuklid, verkürzen die Prüfdauer und helfen, Kreuzkontaminationen zu vermeiden.

5.7 Rührkäfig-Apparatur

Eine Rührkäfig-Apparatur für sechs Prüfkörper muss nach Anhang B verwendet werden. Die Apparatur muss mit einem Motor ausgestattet sein, der den Rührer mit 100 min^{-1} dreht.

6 Kontaminations- und Dekontaminationsmittel

6.1 Kontaminationslösungen

6.1.1 Zusammensetzung der Kontaminationslösungen

Die Kontamination der Prüfkörper muss durch die Radionuklide ^{60}Co und ^{137}Cs oder ^{134}Cs erfolgen, die in getrennten Lösungen enthalten sind.

In Absprache mit Prüflaboratorium können auch andere Radionuklide in wässriger Lösung verwendet werden, die in Bezug auf Art und chemisches Verhalten für den vorgesehenen Verwendungszweck der Werkstoffoberfläche möglicherweise geeigneter sind.

Jedoch müssen die Kontaminationslösungen chemisch stabil sein und dürfen die Prüfkörper nicht korrodieren. Die dekontaminierten Prüfkörper müssen stabil sein, so dass die Restkontamination gemessen werden kann. Besondere Messverfahren können bei Radionukliden erforderlich sein, deren Emissionen einer Absorption unterliegen.

Die Aktivitätskonzentration der Kontaminationslösung muss derart sein, dass eine eingedampfte 100- μl -Probe im Detektor nach Korrektur im Hinblick auf Totzeitverluste und Nulleffekt eine Impulsrate von mindestens 200 000 Impulsen je Minute erzeugt.

ANMERKUNG Eine Aktivitätskonzentration von 0,2 MBq/ml ist in der Regel ausreichend, um die Anforderung zu erfüllen.

Die Radionuklide müssen mit einer Trägerkonzentration von $(1 \pm 0,1) \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ in einer salpetersauren Lösung mit einem pH-Wert von $(4,0 \pm 0,2)$ eingesetzt werden. Um sicherzustellen, dass sich die Aktivitätskonzentration nicht verändert, wird der pH-Wert der Kontaminationslösung monatlich oder vor der Verwendung überprüft. Dazu muss eine Probe jeder Kontaminationslösung verwendet werden.

6.1.2 Herstellung der Kontaminationslösungen

6.1.2.1 Die Stammlösungen der Radionuklide dürfen neben Co^{2+} - und Cs^{+} -Ionen und den dazugehörigen Nitrat-Ionen keine Bestandteile enthalten, die beim nach 6.1.2.6 beschriebenen Eindampfen der Lösungen im Rückstand verbleiben.

Alle verwendeten Reagenzien müssen von Analysequalität (zur Analyse) oder besser sein.

6.1.2.2 Mit Hilfe der vorhandenen Daten über die Aktivitätskonzentrationen der ^{134}Cs - oder ^{137}Cs - und ^{60}Co -Stammlösungen können die Mengen dieser Lösungen berechnet werden, die für die Herstellung der gewünschten Mengen der Kontaminationslösungen erforderlich sind. Gleichungen für die Herstellung der Kontaminationslösungen sind in Anhang C angegeben.

6.1.2.3 In einem nächsten Schritt werden aus diesen Einsatzmengen die mit den Radionukliden eingebrachten Trägersmengen berechnet. Aus diesen wiederum werden die Mengen an Kobalt(II)-nitrat $[\text{Co}(\text{NO}_3)_2]$ bzw.