

DIN ISO 8690



ICS 17.040.20; 27.120.20

Einsprüche bis 2022-06-15
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 25415:2012-11

Entwurf

**Messung der Radioaktivität –
Gamma- und Beta- strahlende Radionuklide –
Prüfverfahren zur Bewertung der Dekontaminierbarkeit von
Werkstoffoberflächen (ISO 8690:2020);
Text Deutsch und Englisch**

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

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);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-04-15 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 nmp@din.de 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 den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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 80 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 Ermittlung der spezifischen Impulsrate der jeweiligen Kontaminationslösungen	17
8.2 Kontamination	17
8.3 Dekontamination	20
8.4 Ermittlung 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 Notwendiger 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).

ISO 8690 basiert auf DIN 25415 und stellt daher den Vorgänger dieses Dokumentes dar.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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 7503-1:2017-12
ISO 7503-2:2016	siehe	DIN ISO 7503-2:2017-12
ISO 7503-3:2016	siehe	DIN ISO 7503-3:2017-12
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.

* In Erarbeitung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 20273, *Mechanische Verbindungselemente — Durchgangslöcher für Schrauben*

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 — Maßplan**

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

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

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

* In Erarbeitung.

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.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 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 Gammastrahlen und Beta-Strahlen 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. Normalerweise 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 legt ein quantitatives Verfahren für die Prüfung der Dekontaminierbarkeit von Werkstoffoberflächen unter objektiven Bedingungen fest. 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 schnelles labor-basiertes Verfahren 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 unter anderem 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 das Radionuklid Niederenergie-Gammastrahlen oder Betateilchen aussendet, die in der Oberfläche leicht abgeschwächt werden.

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 Kontamination durch einen absichtlichen physikalischen, chemischen oder biologischen Prozess

[QUELLE: ISO 12749-1:2015, 3.7.11.2]

Anmerkung 1 zum Begriff: Es ist vorzuziehen, dass die Dekontamination die Eigenschaften der Oberfläche nicht wesentlich verändert.

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 im Hinblick auf Totzeitverluste 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 nach der Dekontamination von fünf Kontaminationsträgern, 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* (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
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 l (cm^{-2})
$\emptyset$	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})

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 ermittelt.

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 folgenden Geräte 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 gasgespülte Proportionalzählrohre, Szintillations- und Halbleiterdetektoren.

Die Mindestgröße der sensitiven Fläche des Detektors muss ein Kreis von 30 mm Durchmesser sein, allerdings ist in der Praxis normalerweise 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;

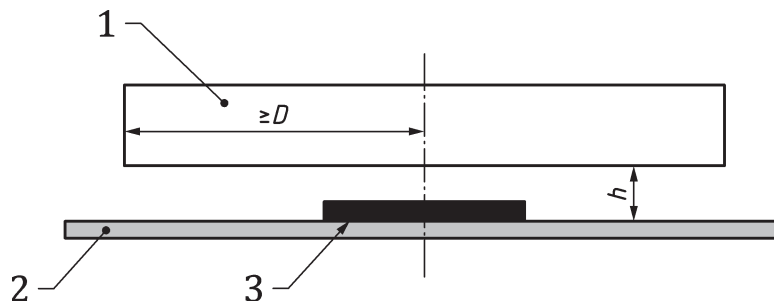
h der Abstand der kontaminierten Prüfoberfläche von der Detektoroberfläche (siehe Bild 1), in Millimeter.

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

- dass bei der Ermittlung der spezifischen Impulsrate (siehe 8.1) die 100 µl Kontaminationslösung als eine Reihe einzelner Tropfen auf einer Kreisfläche von 25 mm Durchmesser, d. h. von der Größe der Kontaminationsfläche auf dem Prüfkörper, verteilt wird;

- 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 Prüfeinrichtung, 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-Copolymer (PFA) und Poly(vinylidenfluorid) (PVDF).

5.6 Halterungen

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 Silikongummi (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 Silikongummi hat sich hierfür als besonders geeignet erwiesen.

Vor dem ersten Gebrauch müssen die Gummiringe mit dem organischen Lösungsmittelgemisch (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.

Allerdings 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 (je 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, und aus diesen wiederum werden die Mengen an Kobalt(II)-nitrat $[\text{Co}(\text{NO}_3)_2]$

bzw. Cäsiumnitrat (CsNO_3)-Lösungen berechnet, die zugesetzt werden müssen, um eine Trägerkonzentration von $(1 \pm 0,1) \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ in den Einzellösungen zu erhalten.

6.1.2.4 Diese Mengen der Trägerlösungen werden in Polytetrafluorethylen-Gefäße gegeben, die groß genug sind, eine Verdünnung der Lösungen auf ihr Endvolumen zu ermöglichen. Um die Verdrängung von Chlorid-Ionen zu verstärken, die in den Stammlösungen der Radionuklide enthalten sein können, werden je 90 ml Endvolumen der Kontaminationslösung 5 ml einer Salpetersäurelösung (hoher Reinheitsgrad) [$\text{HNO}_3 = 1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$] zugesetzt.

6.1.2.5 Schließlich werden die berechneten Mengen der ^{60}Co -, ^{134}Cs - oder ^{137}Cs -Stammlösungen der Trägerlösung hinzugegeben.

6.1.2.6 Die Gemische werden unter Anwendung von Infrarot-Oberflächenstrahlern so lange zur Trocknung eingedampft, bis die Rauchentwicklung aufhört.

6.1.2.7 Die Gefäße werden dann für weitere zwei Stunden erhitzt, wobei sich die IR-Strahler in der doppelten Entfernung befinden.

6.1.2.8 Nach dem Abkühlen werden die Gefäße mit Salpetersäure mit einem pH-Wert von 4 bis zum jeweiligen Endvolumen aufgefüllt.

ANMERKUNG Salpetersäure mit einem pH-Wert von 4 wird durch Verdünnung von 7 μl Salpetersäure ($\rho = 1,4 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$) mit doppelt destilliertem Wasser auf 1 l Wasser hergestellt.

6.1.2.9 Es müssen die spezifischen Impulsraten der gründlich homogenisierten Lösungen nach 8.1 und der pH-Wert überprüft werden.

6.1.3 Herstellung der Kontaminationslösungen durch Neutronenaktivierung

Als Stammlösungen werden stabile $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ oder CsNO_3 -Lösungen verwendet.

Chlorid-Lösungen sind ungeeignet, da bei der Aktivierung von Chlor unerwünschte Radionuklide wie ^{35}S , ^{36}Cl und ^{38}Cl entstehen.

Die spezifische Aktivität der durch Neutronenaktivierung erzeugten ^{60}Co - und ^{134}Cs -Lösung kann aus der Konzentration der Co- und Cs-Stammlösungen berechnet werden. Die ideale Trägerkonzentration sollte $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ betragen.

Anhand der Konzentration der inaktiven Co- und Cs-Stammlösungen kann die Menge dieser Lösungen berechnet werden, die für die gewünschten Volumina der Kontaminationslösungen mit der Trägerkonzentration von $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ erforderlich sind.

Co- und Cs-Stammlösungen werden in eine Ampulle aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Quarz abgefüllt und bei maximal 40°C eingetrocknet. Anschließend werden die Ampullen versiegelt und im Reaktor aktiviert.

Die Aktivierungszeit kann anhand der Gleichungen in Anhang D berechnet werden. Die Aktivierungszeit hängt vom Radionuklid, dem Neutronenfluss und der Konzentration der Stammlösung ab.

Nach der Aktivierung werden die Ampullen geöffnet und der aktivierte Werkstoff zur Lagerung mit Salpetersäure ($\text{pH} = 4$) in verschließbare Flaschen übertragen. Das Auffüllen wird fortgesetzt, bis das gewünschte Volumen der Stammlösung erreicht ist.

Zum Öffnen der Ampullen empfiehlt es sich, die Ampulle mittig in ein verschließbares Röhrchen aus Polyethylen (PE) zu positionieren und vorsichtig in einem Schraubstock aufzubrechen. Um sicher zu gehen, dass der komplette aktivierte Inhalt übertragen wurde, wird der komplette Inhalt des Röhrchens mit Salpetersäure ($\text{pH} = 4$) in die Aufbewahrungsflasche überspült.

6.1.4 Aufbewahrung der Kontaminationslösung

Um Konzentrationsänderungen durch Wandeffekte zu vermeiden, müssen die einzelnen Lösungen in fest verschließbaren Behältern aus Polytetrafluorethylen aufbewahrt werden, die wiederum zur Vermeidung des Verdunstungsrisikos in Glasbehältern von kleinstmöglicher Größe eingeschlossen sind.

Eine nach diesem Verfahren hergestellte Lösung kann benutzt werden, solange der pH-Wert im festgelegten Bereich liegt und solange die Aktivitätskonzentration (nach Berücksichtigung von Zerfallskorrekturen) keine Änderungen gegenüber dem Ausgangswert von mehr als 5 % aufweist.

6.2 Dekontaminationslösung

Als Dekontaminationslösungen für die Prüfungen sollte demineralisiertes Wasser mit einer maximalen elektolytischen Leitfähigkeit von $3 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ verwendet werden.

7 Prüfkörper

7.1 Herstellung und Vorprüfung

7.1.1 Beständigkeit gegen Reinigungslösung

Für die Vorprüfung muss ein Prüfkörper mit mindestens einer ebenen Oberfläche von geeigneter Größe (siehe 7.3) verwendet werden, der aus jedem geeigneten Werkstoff – wie nichtmetallischen oder metallischen Werkstoffen, Beschichtungssystemen, Bodenbelägen – bestehen kann. Die Prüfkörper müssen eine ausreichende Beständigkeit gegen die Reinigungslösung (z. B. alkalische Reinigungsmittel) aufweisen. Dies muss nach dem folgenden Verfahren überprüft werden:

- a) ein kleines Stück Baumwollwatte wird mit der Reinigungsflüssigkeit getränkt, auf die Oberfläche eines Prüfkörpers gelegt und mit einer Petrischale abgedeckt;
- b) nach 10 min Kontakt wird die Baumwollwatte entfernt und der Prüfkörper mit demineralisiertem Wasser abgespült;
- c) anschließend wird der Prüfkörper für 1 h bei $(40 \pm 5) ^\circ\text{C}$ getrocknet;
- d) der Prüfkörper wird visuell untersucht.

Prüfkörper, die mehr als eine geringfügige Veränderung in Farbe und Glanz aufweisen, sind für die Prüfung ungeeignet.

7.1.2 Prüfkörper aus nichtmetallischen Werkstoffen

Die zu prüfenden nichtmetallischen Werkstoffe – wie Hochpolymere, Glas, keramische Werkstoffe – müssen mit den gleichen Oberflächen und von gleicher anwendungstypischer Beschaffenheit vorliegen.

Ist die Rückseite des Prüfkörpers porös oder ein unbeschichtetes Metall, so müssen Rückseite und Kanten mit einem gut dekontaminierbaren Werkstoff beschichtet werden (z. B. mit einer Epoxid-, Polyurethan- oder Chlorkautschukbeschichtung).

Zur Herstellung von Prüfkörpern mit Beschichtungen muss eine repräsentative Probe des zu untersuchenden Beschichtungswerkstoffs entnommen und für die Prüfung nach den einschlägigen Standardverfahren vorbereitet werden.

Die Beschichtungswerkstoffe müssen in anwendungstypischer Weise auf die Träger bzw. Unterlagen aufgetragen und entsprechend nachgebehandelt werden; darüber hinausgehende Behandlungen, wie z. B. zusätzliche Wärmealterung, sind nicht gestattet.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, elektrostatische Wechselwirkungen zwischen der Lösung und dem Werkstoff zu vermeiden, z. B. durch Entladen des Werkstoffs.

Das Herstellungsdatum der Prüfkörper muss aufgezeichnet werden.

7.1.3 Prüfkörper aus metallischen Werkstoffen

Prüfkörper aus Metall oder mit metallischen Oberflächen müssen in anwendungstypischer Weise vorbehandelt werden. Zur Beschichtung der Rückseiten und Kanten müssen die Rückseite und die Kanten des Prüfkörpers wie bei nichtmetallischem Werkstoff behandelt werden (7.1.2).

Die Oberflächenrauheit (durchschnittlicher Rauheitswert) muss vom Hersteller angegeben und in die Beschreibung des zu prüfenden Werkstoffs aufgenommen werden.

7.2 Anzahl und Maße

Zur Prüfung müssen 25 nominell identische Prüfkörper hergestellt werden, von denen mindestens 2 Gruppen von je 5 Prüfkörpern in zwei Parallelversuchen geprüft werden müssen.

ANMERKUNG 1 Die verbleibenden Prüfkörper werden für die Vorprüfungen nach 7.1 als Vergleichsprüfkörper nach der Prüfung verwendet.

Die Prüfkörper sollten die Maße 50 mm × 50 mm haben (mit einer Toleranz von –2 mm und +10 mm für jede Seite).

Die Dicke der Prüfkörper sollte zwischen 1 mm und 10 mm liegen. Eine Ecke muss durch ein Kreuz aus feinen Kratzern auf der Rückseite jedes Prüfkörpers als Bezugsecke gekennzeichnet werden.

Andere Prüfkörpermaße und andere Herstellungsbedingungen bedürfen der Absprache und sind im Prüfbericht anzugeben.

ANMERKUNG 2 Prüfkörper mit Maßen von nicht mehr als 51 mm × 51 mm × 3,5 mm können mit Hilfe von Aufbewahrungsbehältern für Objektträger bequem gelagert und transportiert werden; dies trägt dazu bei, den Kontakt zwischen den zu prüfenden Oberflächen zu vermeiden.

7.3 Konditionierung und Reinigung

Die Prüfkörper müssen in offenen Behältern bei der Prüfstelle in einer reinen und nicht korrosiven Atmosphäre bei $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ (siehe ISO 291) mindestens 14 Tage lang aufbewahrt werden. Diese Anforderung gilt nicht für Prüfkörper mit zu untersuchenden Oberflächen aus keramischen Werkstoffen oder Glas.

Die Reinigung der Prüfkörper erfolgt durch Wischen mit einem weichen Zellstofftuch. Zunächst wird die zu prüfende Oberfläche mit einem mit dem Reinigungsgemisch getränkten Zellstofftuch gewischt, wobei das Reinigungsgemisch aus Petrolether (Siedebereich: 60 °C bis 80 °C) und Isopropanol (Mindestanteil 99 % Volumenanteil) im Mischungsverhältnis von 1:1 nach Volumen bestehen sollte. Der Wischvorgang wird mit einem „fast trockenen“ Zellstofftuch wiederholt. Der Wischvorgang wird ein drittes Mal mit einem stark mit reinem Wasser getränkten Zellstofftuch wiederholt.

Der Wischvorgang wird an den Prüfkörpern jeweils fünfmal in einer Richtung vorgenommen, wobei je Streichvorgang ein frischer Teil des Zellstofftuchs zu verwenden ist. Das Zellstofftuch darf nur einmal je Wischvorgang (d. h. 5 Streichvorgänge) verwendet werden.

Schließlich werden die Prüfkörper zur Entfernung sämtlicher Fasern und Teilchen von der zu prüfenden Oberfläche mit reinem Wasser aus einer Spritzflasche gespült. Die Prüfkörper werden für die Dauer von etwa 1 h bei $(40 \pm 5)^\circ\text{C}$ in senkrechter Position (in einer Umgebung, die frei von Luftverunreinigungen ist) getrocknet.

Prüfkörper, die mit einer organischen Werkstoffoberfläche beschichtet sind, können bei besonderen Anforderungen zusätzlich auch ohne jede vorausgehende Reinigung geprüft werden. In diesem Falle muss die Herstellung der Prüfkörper nach den Angaben des Herstellers erfolgen. Der Wegfall des Reinigungsschrittes muss im Prüfbericht vermerkt werden.

8 Durchführung

8.1 Ermittlung der spezifischen Impulsrate der jeweiligen Kontaminationslösungen

Ein Aliquot von 100 µl der Kontaminationslösung wird nach dem unter 8.2 beschriebenen Verfahren auf die Mitte von drei Platten aus Fensterglas mit den Maßen 50 mm × 50 mm aufgetragen. Hierfür darf die Positionierungshilfe (siehe 5.6) oder eine ähnliche Vorrichtung verwendet werden. Die Tropfen werden unter Infrarotlampen bei einer Temperatur von maximal 45 °C zur Trocknung eingedampft. Der Detektor (wie in 5.2 festgelegt) wird in der gleichen Messgeometrie (insbesondere im Hinblick auf den Abstand der kontaminierten Glasoberfläche zum Detektor) angeordnet, die für die Prüfkörper verwendet werden soll (siehe 8.3). Die auf den drei Glasplatten festgestellten Impulsraten werden gemessen.

Dabei muss sichergestellt werden, dass die Messgeometrie (insbesondere der Abstand der kontaminierten Glasoberfläche vom Detektor) die gleiche ist, wie sie für die Messung an den Prüfkörpern vorgesehen wurde (siehe 8.3).

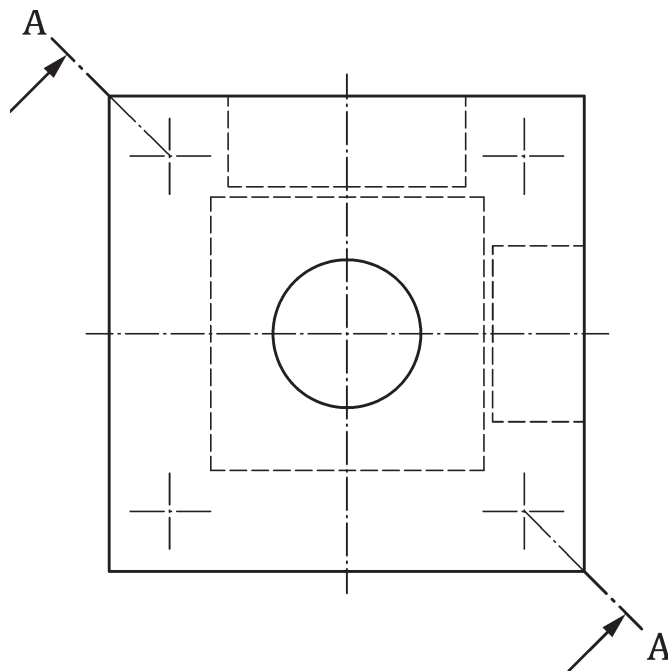
Die Messzeit muss für jede Platte 1 min betragen. Es müssen Korrekturen für Nulleffekt und Totzeitverluste durchgeführt werden.

Der Mittelwert aus den insgesamt drei Messergebnissen muss mit dem Faktor 10 multipliziert werden, so dass das Ergebnis in Impulsen je Minute ausgedrückt wird, die auf einen Milliliter der Kontaminationslösung normiert sind.

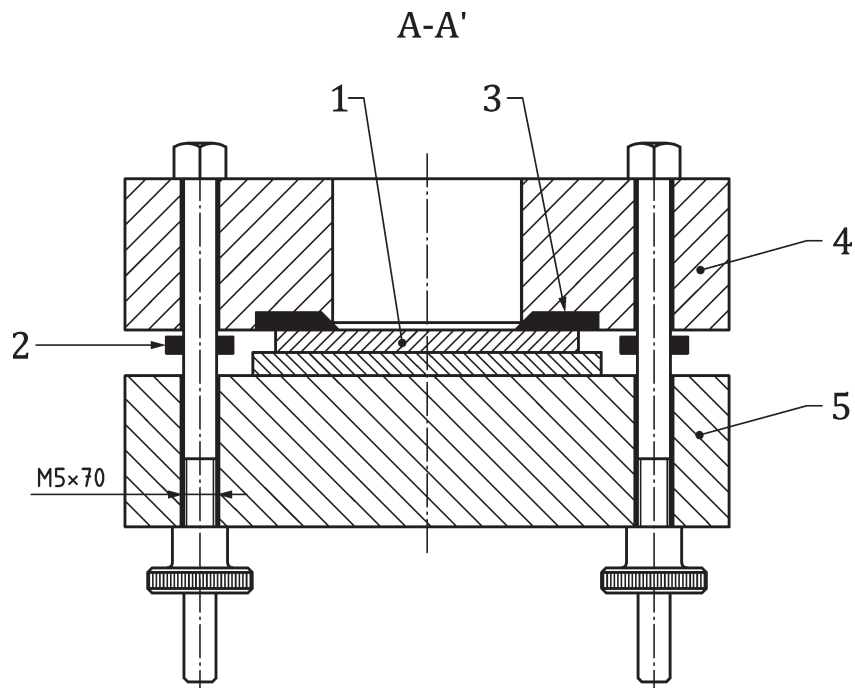
Für die beiden Kontaminationslösungen muss die Ermittlung jeweils getrennt vorgenommen werden.

8.2 Kontamination

Die Kontamination muss mit Hilfe der in Bild 2 dargestellten Vorrichtung vorgenommen werden:



- a) Halterung zur Kontamination des Prüfkörpers; Lage des Schnittes A-A in b) ist vergrößert und um 45° gedreht (siehe auch Bild A.1 und Bild A.2)**



b) Halterung zur Kontamination des Prüfkörpers; im Schnitt gezeichnet (Einschieben des Prüfkörpers, siehe auch Bild A.1 und Bild A.2)

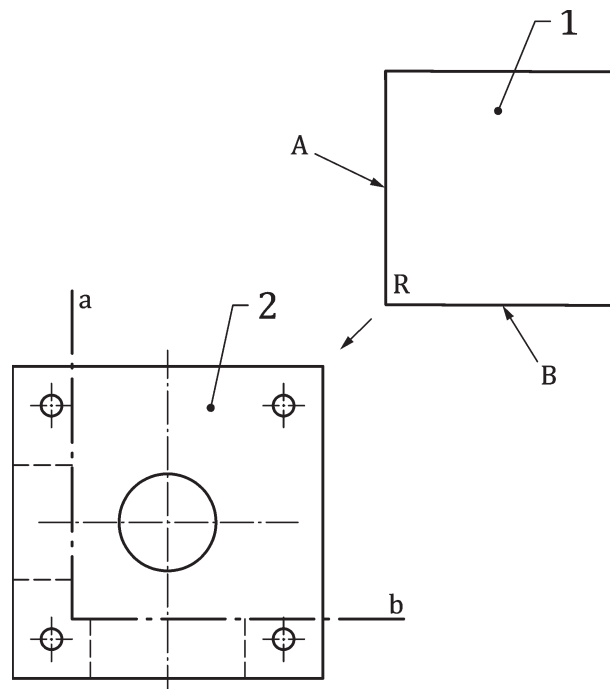
Legende

- 1 Prüfkörper
- 2 Ring aus Silikonkautschuk zur Befestigung der Schraube (8 mm × 4 mm × 5 mm)
- 3 flacher Ring aus Silikonkautschuk in Berührung mit der zu prüfenden Oberfläche (45 mm × 25 mm × 2 mm)
- 4 Teil U
- 5 Teil L

Avergrößert und um 45° gedreht

Bild 2 — Halterung zur Kontamination des Prüfkörpers

Ein Prüfkörper muss in die Positionierungshilfe (5.6) eingeschoben werden, wobei die Bezugsecke R wie in Bild 3 dargestellt auszurichten ist. Die Kanten A und B des Prüfkörpers müssen mit den Linien a und b der Positionierungshilfe in Berührung gebracht werden, wobei dem Kontakt B-b Priorität zu geben ist. Danach wird der Prüfkörper durch Anziehen der Schrauben soweit gegen den oberen Teil U, der den Silikonkautschukring enthält, gepresst, bis er an allen Kanten mit dem oberen Teil U Kontakt hat.



Legende

- 1 Prüfkörper (Vorderseite)
- 2 Teil U (Draufsicht)
- R Ecke, deren Form dem rechten Winkel am nächsten kommt

Bild 3 — Halterung zur Kontamination des Prüfkörpers; Einzelansicht (Einschieben des Prüfkörpers)

Die Kontamination der Prüfkörper erfolgt durch Aufbringen von 1 ml der Kontaminationslösung auf den Mittelpunkt des durch den oberen Teil U sichtbaren Kreises. Hierbei muss sich die Halterung in waagerechter Position befinden. Wenn bei stark hydrophoben Werkstoffoberflächen das Kontaminationsmittel den Prüfkreis nicht sofort benetzt, darf die Halterung leicht geneigt werden, um eine ausreichende Verteilung der Flüssigkeit sicherzustellen.

Um ein Verdunsten des Kontaminationsmittels zu vermeiden, wird der Prüfkreis von Teil U mit einer kleinen Petrischale abgedeckt.

Nach (120 ± 5) min muss die Kontaminationslösung so vollständig wie möglich mit einer Pipette abgesaugt werden. Hierfür ist eine Neigung der Halterung erforderlich. Danach muss die Halterung umgedreht werden. Nach Entfernung der Muttern müssen der untere Teil L und anschließend der Prüfkörper senkrecht so abgehoben werden, dass eine Verteilung der Kontaminationslösung auf die nicht kontaminierten Stellen des Prüfkörpers vermieden wird.

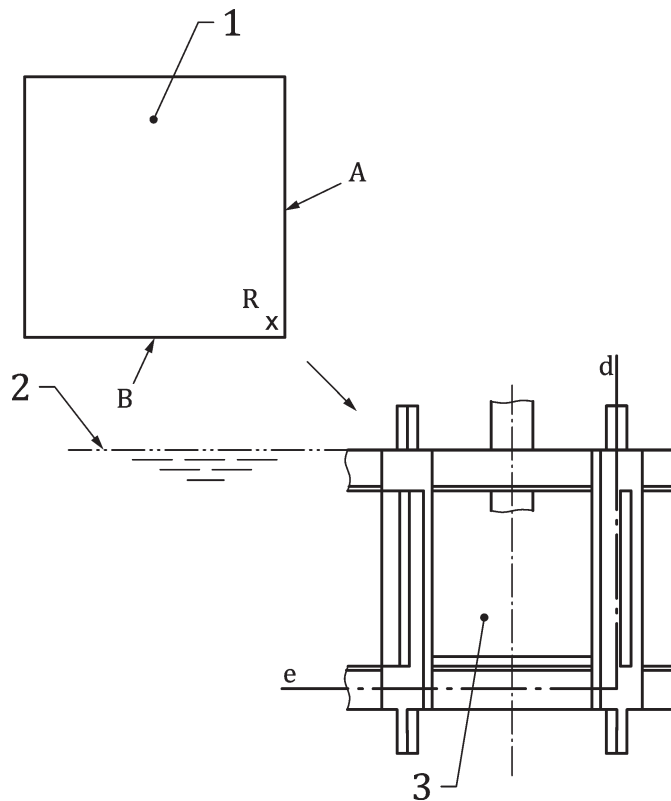
Um Eindampfeffekte zu vermeiden, muss der Prüfkörper dann schnell an dem Rührkäfig befestigt und die Dekontamination sofort nach abgeschlossener Befestigung einer Prüfkörpergruppe eingeleitet werden. Der gesamte Vorgang aus Entfernen der Prüfkörper aus der Halterung und ihre Befestigung an dem Rührkäfig darf nicht mehr als 12 min in Anspruch nehmen.

8.3 Dekontamination

Zur Dekontamination werden fünf Prüfkörper mit Hilfe von dünnen Gummiringen oder Spiralfedern (aus säurebeständigem Stahl gefertigt) an den Fenstern der Rührkäfig-Apparatur (5.7) befestigt.

Um sicherzustellen, dass sich der Kontaminationsfleck eines Prüfkörpers mittig im Rührkäfigfenster befindet, muss die Bezugscke des Prüfkörpers die unten rechts befindliche Ecke des Käfigfensters abdecken. Die Kan-

ten A und B des Prüfkörpers müssen mit den Positionierungshilfslinien d und e in Kontakt gebracht werden, wobei dem Kontakt B-e Priorität zu geben ist (siehe Bild 4).



Legende

- 1 Prüfkörper (Rückseite)
- 2 Mindestwasserstand während der Dekontamination
- 3 Rührkäfigfenster
- R Ecke der Form neben dem rechten Winkel, der durch d und e gebildet wird

Bild 4 — Rührkäfig-Apparatur zur Dekontamination (Einschieben des Prüfkörpers)

Das sechste Rührkäfigfenster muss mit einem dünnen Blech aus säurebeständigem Stahl verschlossen werden. Stahlbleche dieser Art müssen auch als Träger für sehr dünne Prüfkörper verwendet werden, die sonst nicht über eine ausreichend ebene Oberfläche verfügen würden.

Der Rührkäfig wird in (900 ± 20) ml demineralisiertes Wasser (6.2) so eingetaucht, dass der Käfig den Boden des Becherglases berührt (5.1). Wenn andere als die in 5.1 festgelegten Bechergläser verwendet werden, müssen sie bis zu dem in Bild 4 angegebenen Mindestfüllstand gefüllt sein. Die Anfangstemperatur des Wassers muss (23 ± 2) °C betragen.

Der Rührer wird für die Dauer von 2,5 min mit einer Geschwindigkeit von (100 ± 5) min⁻¹ betrieben. Das Becherglas wird durch ein anderes mit Wasser gefülltes Becherglas ersetzt und der Rührer für weitere 10 s betrieben. Die Prüfkörper werden vom Rührkäfig abgenommen und bei (40 ± 5) °C in einem Trockenschrank getrocknet.

ANMERKUNG Wird eine Prüfung auf Rekontamination durch die Kontaminationslösung für erforderlich erachtet, so darf das als Verschluss für das sechste Fenster dienende Stahlblech durch einen nicht kontaminierten Prüfkörper ersetzt werden.

8.4 Ermittlung der Restimpulsrate

Nach der Trocknung muss die Impulsrate der dekontaminierten Prüfkörper mit dem nach 5.2 festgelegten Messgerät gemessen werden. Die Messgeometrie, d. h. der Abstand und die relative Lage von Prüfkörper und Detektor zueinander, muss bei allen Messungen (8.1) gleich sein.

Unmittelbar vor der Messung der Restimpulsraten I_r der Prüfkörper muss die Impulsrate des Nulleffektes an einem nicht kontaminierten Prüfkörper gemessen werden.

Jede Messung muss einmal durchgeführt werden, wobei der Nulleffekt abgezogen wird. Totzeitverluste müssen berücksichtigt werden. Die Messung muss bis zu 5 000 Impulse über dem Nulleffekt oder 10 min andauern, je nachdem, welcher Zeitraum kürzer ist.

9 Berechnung der Ergebnisse und Bewertung der Dekontaminierbarkeit

Nach der Dekontamination muss das arithmetische Mittel aus den Restimpulsraten $\overline{I_r}$ (der fünf Prüfkörper jeder Gruppe) für ^{60}Co und ^{137}Cs oder ^{134}Cs getrennt berechnet werden. Die Ergebnisse müssen in Impulsen je Minute ausgedrückt und zur Berechnung der jeweiligen normierten mittleren Restimpulsraten $\overline{I_{r,n}}$ nach folgender Gleichung herangezogen werden.

Normierte mittlere Restimpulsrate $\overline{I_{r,n}} = \text{mittlere Restimpulsrate } \overline{I_r} \cdot \frac{3 \cdot 10^6}{I_s}$

Diese Berechnung muss getrennt für ^{60}Co [$\overline{I_{r,n}}$ (Co)] und ^{137}Cs oder ^{134}Cs [$\overline{I_{r,n}}$ (Cs)] durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Der Wert 3×10^6 Impulse je Minute, normiert auf 1 ml einer Kontaminationslösung, ist der der Tabelle zur Bewertung der Dekontaminierbarkeit zugrundeliegende Referenzwert der spezifischen Impulsrate I_s der Kontaminationslösungen.

Das Endergebnis (d. h. die resultierende Restimpulsrate) wird als arithmetisches Mittel aus den normierten mittleren Restimpulsraten für ^{60}Co [$\overline{I_{r,n}}$ (Co)] und ^{137}Cs oder ^{134}Cs [$\overline{I_{r,n}}$ (Cs)] berechnet.

Die Dekontaminierbarkeit muss nach Tabelle 1 klassifiziert werden, wenn die Kontamination mit den Radionukliden ^{60}Co und ^{137}Cs oder ^{134}Cs vorgenommen und nicht von dem in 8.3 beschriebenen Dekontaminationsverfahren abgewichen wird (z. B. Verwendung anderer Dekontaminationsmittel oder mechanisches Entfernen der anhaftenden Kontamination durch Wischen).

Tabelle 1 — Bewertung der Dekontaminierbarkeit

Resultierende Restimpulsrate (FRPR) Impulse/min	Dekontaminierbarkeit
FRPR < 3 000	sehr gut
3 000 < FRPR < 15 000	gut
15 000 < FRPR < 60 000	mäßig
60 000 < FRPR	schlecht

ANMERKUNG 2 Zusätzliche Prüfungen mit anderen Radionukliden oder chemischen Formen können je nach Kundenanforderungen durchgeführt werden.

Das Prüfverfahren kann je nach Kundenanforderungen an andere Radionuklide in anderen chemischen Formen angepasst werden, die den chemischen Eigenschaften für den vorgesehenen Verwendungszweck eher entsprechen. Die Klassifizierung in Tabelle 1 darf jedoch nicht verwendet werden. Es ist wichtig sicherzustellen, dass die Kontaminationslösungen chemisch stabil sind und keine Korrosion der Prüfkörper verursachen.

Die chemische Stabilität der dekontaminierten Prüfkörper ist für die Messung der verbleibenden Kontaminanten erforderlich. Die Prüfung ist für die Anwendung nicht geeignet, wenn das Radionuklid Niederenergie-Gammastrahlen oder Betateilchen aussendet, die in der Oberfläche leicht abgeschwächt werden.

Bei praktischen Anwendungen kann es wichtig sein, bei der Auswahl der zu verwendenden Werkstoffe auch andere Faktoren wie chemische, mechanische und Strahlungsbeständigkeit sowie Langzeitstabilität zu berücksichtigen. Es sollte anerkannt werden, dass weitere Dekontaminationsprüfungen unter simulierten Betriebsbedingungen erforderlich sein können.

10 Prüfbericht

Es muss ein Prüfbericht erstellt werden, der die folgenden Angaben enthält:

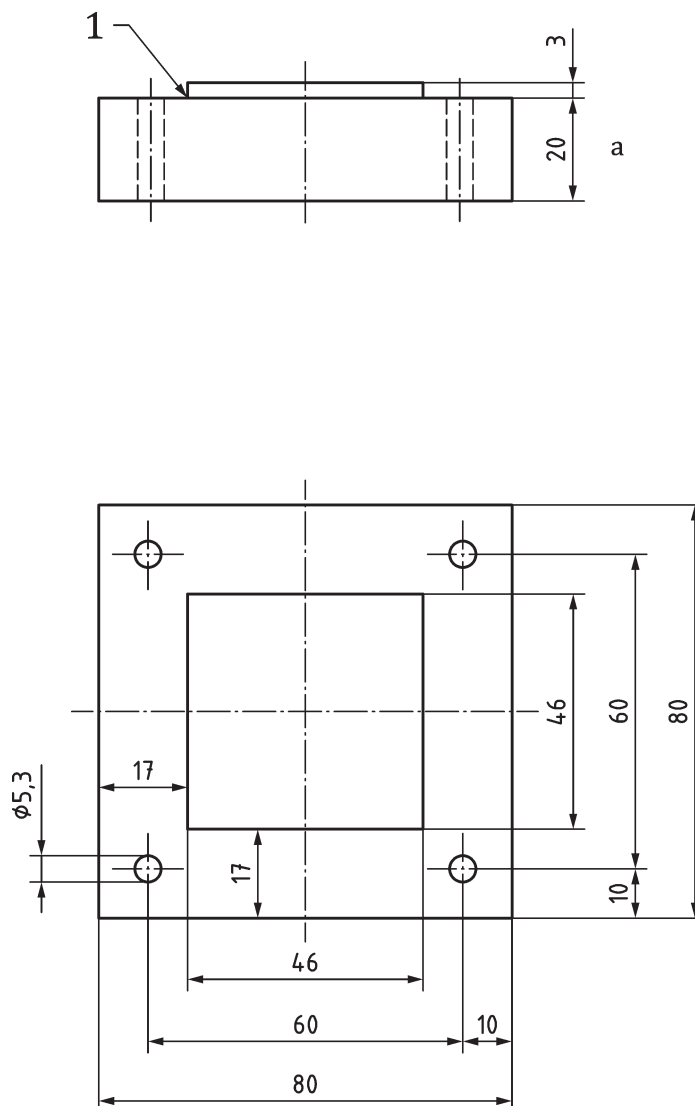
- eine Verweisung auf dieses Dokument, d. h. ISO 8690:2020;
- Identifizierung der Probe; Herstellerangaben;
- Anwendung des Substrats, Beschichtungswerkstoffs oder der Werkstoffoberfläche;
- Größe des Prüfkörpers;
- Konditionierung des Prüfkörpers vor der Prüfung;
- verwendete Ausrüstung (Messgerät, Detektor, Kontaminant);
- Beschreibung des Prüfkörpers durch den Prüfer;
- Prüfergebnisse (normierte mittlere Restimpulsraten und Co/Cs-resultierende Restimpulsrate);
- Bewertung der Dekontaminierbarkeit.

Ein Prüfbericht sollte die in Anhang E genannten Informationen und Daten enthalten. Das Format, in dem die Informationen in Anhang E dargestellt werden, kann als ein Beispiel für den Prüfbericht verwendet werden.

Anhang A
(informativ)

Halterung zur Kontamination des Prüfkörpers

Maße in Millimeter



Legende

1 mit Acrylglas-Klebstoff (Persplex) geklebt

^a 18 mm oder 20 mm

Bild A.1 — Unterer Teil, Werkstoff: Acrylglas