

**Aktivitätsmeßverfahren für die Freigabe von radioaktiven
Reststoffen und kerntechnischen Anlagenteilen**
Teil 5: Mit Alpha-Aktivität kontaminierter Metallschrott

DIN
25457-5

ICS 13.300; 27.120.20

Deskriptoren: Radioaktiver Reststoff, Aktivität, Meßverfahren, Metallschrott, Kerntechnik

Activity measurement methods in the release of radioactive residual materials and components of nuclear facilities — Part 5: Scrap metal contaminated with alpha activity

Méthodes de mesure de l'activité pour l'autorisation de la mise en circulation de matières radioactives résiduelles et de composants d'installations nucléaires démantelées — Partie 5: Mitrailles contaminées par activité alpha

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	1	5.4 Bestimmung der Alpha-Aktivität mittels Gesamt-Gamma-Messung	4
1 Anwendungsbereich	2	6 Dokumentation	4
2 Normative Verweisungen	2	6.1 Allgemeines	4
3 Definitionen	2	6.2 Voruntersuchung	4
4 Voruntersuchung	2	6.3 Direkte Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung	4
4.1 Allgemeines	2	6.4 Massenbezogene Bestimmung der Alpha-Aktivität nach dem Einschmelzen mittels Alpha- bzw. Gamma-Spektrometrie	5
4.2 Räumliche Kontaminationsverteilung	2	6.5 Bestimmung der Alpha-Aktivität mittels Gesamt-Gamma-Messung	5
4.3 Radionuklidgemisch	2	Anhang A (normativ)	
4.4 Schlüsselnuklide	2	Mittelungsfläche und Mittelungsmasse bei den drei Entscheidungsverfahren	5
4.5 Beispiele für Radionuklidgemische	2	Anhang B (informativ)	
5 Entscheidungsverfahren	3	Beispiele für Datenmasken	6
5.1 Allgemeines	3	Anhang C (informativ)	
5.2 Direkte Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung	3	Literaturhinweise	8
5.3 Massenbezogene Bestimmung der Alpha-Aktivität nach dem Einschmelzen mittels Alpha- bzw. Gamma-Spektrometrie	3		

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuß Kerntechnik, AA 4.3 "Reststofffragen" im DIN erstellt. Durch diese Norm werden dem Anlagenbetreiber, dem Gutachter sowie der zuständigen Behörde einheitliche Anforderungen an die Bestimmung der Alpha-Aktivität an die Hand gegeben, die bei der Freigabe von metallischen Stoffen zu beachten sind. DIN 25457 "Aktivitätsmeßverfahren für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen und kerntechnischen Anlagenteilen" besteht aus:

- Teil 1: Grundlagen der Beta- und Gamma-Aktivitätsmeßverfahren
- Teil 2: Grundlagen zur Bestimmung der Alpha-Aktivität
- Teil 4: Metallschrott mit Beta-/Gamma-Aktivität
- Teil 5: Mit Alpha-Aktivität kontaminierter Metallschrott

Fortsetzung Seite 2 bis 8

Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

1 Anwendungsbereich

Die Norm ist anzuwenden bei der Freigabe von alpha-kontaminiertem Metallschrott (metallischen Stoffen) aus Anlagen aus dem kerntechnischen Bereich (z.B. aus Instandhaltung, Umrüstung oder Abbau), für den eine schadlose Wiederverwendung, Verwertung oder Beseitigung vorgesehen ist. Hierbei wird unterstellt, daß kontaminierte Anlagenteile durch Dekontaminieren nur noch eine geringe Restaktivität aufweisen.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte und undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 25457-1

Aktivitätsmeßverfahren für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen und kerntechnischen Anlagenteilen — Teil 1: Grundlagen der Beta- und Gamma-Aktivitätsmeßverfahren

DIN 25457-2

Aktivitätsmeßverfahren für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen und kerntechnischen Anlagenteilen — Teil 2: Grundlagen zur Bestimmung der Alpha-Aktivität

DIN 25457-4

Aktivitätsmeßverfahren für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen und kerntechnischen Anlagenteilen — Teil 4: Metallschrott mit Beta-/Gamma-Aktivität

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung — StrlSchV) vom 13. Oktober 1976, in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. 6. 1989 (BGBl. I, S. 1321) und Berichtigung vom 16. 10. 1989 (BGBl. I, S. 1926), zuletzt geändert durch das Gesetz über Medizinprodukte vom 2. 8. 1994 (BGBl. I, S. 1963)

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Definitionen nach DIN 25457-1, DIN 25457-2 und DIN 25457-4.

4 Voruntersuchung

4.1 Allgemeines

In einer Voruntersuchung sind zunächst die räumliche Kontaminationsverteilung und das Radionuklidgemisch zu ermitteln. Zu den Voruntersuchungen gehören die Berücksichtigung von Spezifikationen des Thoriums bzw. der Kernbrennstoffe, welche in der kerntechnischen Anlage gehandhabt wurden, die vorhandenen Analyseergebnisse (z.B. massenspektrometrische Routinebestimmungen des Anreicherungsgrades der gefertigten Brennelemente), sonstige betriebliche Untersuchungen sowie Voruntersuchungen an Materialstichproben, die eine möglichst repräsentative Aussage über die vorliegenden radioaktiven Stoffe zulassen. Kriterien für repräsentative Materialchargen sind z.B. Herkunft (gleicher Strahlenschutzbereich, gleiche Kontaminationswahrscheinlichkeit) und Umgang während der Betriebszeit (z.B. gleiche chemische Verfahrensschritte). Ist eine Auswahl von repräsentativen Materialchargen nicht möglich,

so muß durch Wahl von Materialien, die aus betrieblicher Erfahrung einem hohen Kontaminationsrisiko ausgesetzt waren, eine konservative Aktivitätsabschätzung durchgeführt werden.

4.2 Räumliche Kontaminationsverteilung

Die Untersuchungen zur räumlichen Kontaminationsverteilung erfolgen zweckmäßigerweise zusammen mit den Untersuchungen zum Radionuklidgemisch.

Die Kontamination mit Alpha-Strahlern besteht im allgemeinen aus einer an der Oberfläche festhaftenden oder nicht festhaftenden Oberflächenkontamination. Eine Aktivierung des Materials und damit eine über das Volumen des Materials verteilte Kontamination kann ausgeschlossen werden. Es ist sicherzustellen, daß eine an einzelnen Stellen eingedrungene Kontamination (z. B. bei Schweißnähten, Rissen) erfaßt wird. Dazu sind Erkenntnisse aus dem betrieblichen Einsatz der Teile heranzuziehen, stichprobenartige Analysen vorzunehmen und bei stark inhomogener Verteilung der Kontamination der Stichprobenumfang zu erhöhen. Ersatzweise können diese Stellen gezielt dekontaminiert werden (z.B. Entfernen der Schweißnähte, Auskehlen von Rissen).

4.3 Radionuklidgemisch

Die Ermittlung des für die Entscheidungsmessung relevanten Radionuklidgemisches umfaßt Alpha- und Beta-Strahler. Die Bestimmung erfolgt durch radiochemische Trennverfahren, Alpha-Spektrometrie, Gamma-Spektrometrie, Massenspektrometrie, Hochrechnung aufgrund von Materialspezifikationen oder eine Kombination dieser Verfahren. Alpha-strahlende Radionuklide mit einem Aktivitätsanteil von weniger als 1% der gesamten Alpha-Aktivität bleiben unberücksichtigt.

4.4 Schlüsselnuklide

Die Schlüsselnuklide zur Bestimmung der gesamten Alpha-Aktivität sind abhängig vom Meßverfahren zu definieren. Für alpha-spektrometrische Verfahren bieten sich als Schlüsselnuklide ^{234}U , ^{232}Th , ^{241}Am , ^{239}Pu an.

Schlüsselnuklide für die Alpha-Aktivitätsbestimmung durch Gamma-Meßverfahren sind für die Uranbestimmung die Radionuklide ^{235}U , ^{234}Th , $^{234}\text{Pa}^m$ für Thorium die Radionuklide ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{208}Tl , für Plutonium gegebenenfalls ^{241}Am . Die im Material vorhandene Alpha-Aktivität A ergibt sich aus der gemessenen Aktivität A_s der Schlüsselnuklide durch Multiplikation mit dem Hochrechnungsfaktor f_s ($f_s \geq 1$):

$$A = A_s \cdot f_s \quad (1)$$

ANMERKUNG 1: Der Hochrechnungsfaktor f_s ergibt sich aus den Untersuchungen des Radionuklidgemischs einer repräsentativen Probe aus dem Verhältnis der Alpha-Aktivität zur Aktivität der Schlüsselnuklide.

ANMERKUNG 2: In Sonderfällen kann es zweckmäßig sein, das Radionuklidgemisch in Teilgruppen zu zerlegen und für diese jeweils Schlüsselnuklide festzulegen. Die Aktivität der Teilgruppen ergibt sich dann nach Gleichung (1), die Alpha-Aktivität als Summe der Aktivitäten der Teilgruppen.

4.5 Beispiele für Radionuklidgemische

In den Tabellen 2, 5 und 7 von DIN 25457-2 : 1995-12 sind Beispiele für Radionuklidgemische für Anlagen der Brennelementfertigung aufgeführt.

5 Entscheidungsverfahren

5.1 Allgemeines

Das Entscheidungsverfahren umfaßt unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Voruntersuchung

- die Sortierung und Zusammenfassung des Materials in möglichst gleichartigen Chargen (z. B. nach Radionuklidgemisch, Geometrie)
- die Festlegung von Mittelungsfläche oder Mittelungsmasse (siehe Anhang A)
- die Durchführung der Entscheidungsmessung.

Die Entscheidungsmessung ist an allen Materialchargen

- flächendeckend nach 5.2 oder
- nach Homogenisierung des Materials an einer repräsentativen Probe nach 5.3 oder
- für das gesamte Volumen nach 5.4

durchzuführen.

Dazu sind die Meßeinrichtungen mit den festgelegten Schlüsselnucliden zu kalibrieren.

Da in der Entscheidungsmessung die Einhaltung von Freigabekriterien für die

- Oberflächenkontamination zum Beispiel nach Anlage IX Spalte 4 StrlSchV und
- massenbezogene Aktivität

zu prüfen ist, sind die Meßverfahren nach 5.2, 5.3 und 5.4 nur anwendbar, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Flächendeckende Oberflächenaktivitätsmessung: Die kontaminierte Oberflächenschicht darf nicht dicker als die Sättigungsschichtdicke sein. Über der kontaminierten Schicht darf keine Deckschicht (z. B. Anstrich) vorhanden sein. Die Materialdicke muß hinreichend groß sein, damit durch die Einhaltung des Grenzwertes für die Oberflächenkontamination gleichzeitig die Einhaltung des Grenzwertes für die massenbezogene Aktivität sichergestellt ist.
- Massenbezogene Aktivitätsmessung bei homogener Aktivitätsverteilung: Bei der Messung der repräsentativen Probe muß sichergestellt sein, daß die Schlüsselnuclide durch das Meßverfahren mit hinreichender Nachweisgrenze erfaßt werden können.
- Gesamt-Gamma-Aktivitätsmessung: Voraussetzung für den Einsatz dieses Verfahrens ist, daß im Material gammastrahlende Schlüsselnuclide enthalten sind, die mit der Meßeinrichtung mit ausreichender Nachweisgrenze gemessen werden können. Es ist zusätzlich nachzuweisen, daß die Oberflächenkontamination, gemittelt über die zugrunde zu legende Mittelungsfläche z. B. von 100 cm² nach Anlage IX, Spalte 4, StrlSchV, nicht so stark ist, daß der Grenzwert für die Oberflächenkontamination überschritten wird.

Von der vollständigen Messung aller Einzelteile bzw. aller Oberflächen darf im Einzelfall abgewichen werden, wenn durch andere zusätzliche Informationen z. B. Dekontaminationsverfahren oder andere geeignete Verfahren der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte mit ausreichender Sicherheit erbracht werden kann.

5.2 Direkte Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung

Die Anwendung des Meßverfahrens nach 4.2 von DIN 25457-2 : 1995-12 zur Durchführung der Entscheidungsmessung ist möglich, falls die Oberfläche flächendeckend ausgemessen werden kann und keine Korrosion, Risse und poröse Stellen ersichtlich sind. Wenn Korrosionen, Risse oder poröse Stellen erkannt werden, dann sind diese Materialteile auszusondern. In diesem Fall ist die Einhaltung der Freigabekriterien sowohl über ober-

flächen- als auch über massenbezogene Aktivitätsmessungen zu prüfen. Als Meßwert für die Oberflächenkontamination ist der Meßwert der dem Detektor zugänglichen Oberfläche mit den Kalibrierfaktoren für die ungestörte Oberflächenmessung heranzuziehen. Damit nicht erfaßbare Kontaminationen sind über die massenbezogene Aktivitätsmessung zu bestimmen. Alternativ ist das Material einzuschmelzen.

Mit dem Nachweis der Unterschreitung des Grenzwertes für die Oberflächenaktivität kann auch die Einhaltung des massenbezogenen Grenzwertes überprüft werden, solange das Material eine bestimmte Mindestdicke aufweist. Diese Dicke d berechnet sich nach Gleichung (2):

$$d = \frac{2A_F}{A_m \rho} \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

- A_m Grenzwert für die massenbezogene Aktivität in Bq g⁻¹
- ρ Dichte in g/cm³
- A_F Grenzwert für die Alpha-Oberflächenaktivität

Falls das Material ausschließlich alpha-kontaminiert ist, reicht dieses Verfahren z. B. für Stahlteile bei einem Grenzwert von 0,05 Bq/cm², beidseitiger Kontamination sowie einem Grenzwert für die massenbezogene Aktivität von 0,1 Bq/g aus, die Unterschreitung auch des massenbezogenen Grenzwertes nachzuweisen, sofern die Materialdicke > 1,3 mm ist.

5.3 Massenbezogene Bestimmung der Alpha-Aktivität nach dem Einschmelzen mittels Alpha- bzw. Gamma-Spektrometrie

5.3.1 Allgemeines

Für jede Schmelzcharge ist aus der homogenen Schmelze eine Probe zu ziehen. In der Entscheidungsmessung sind die aufgrund der Ergebnisse der Voruntersuchungen im Material vorhandenen Alpha-Strahler zu berücksichtigen.

5.3.2 Durchführung der Entscheidungsmessung

5.3.2.1 Alpha-Spektrometrie

Die Bestimmung der Alpha-Aktivität der Probe erfolgt durch eine alpha-spektrometrische Messung nach 4.4 von DIN 25457-2 : 1995-12. Die massenbezogene Alpha-Aktivität der Alpha-Strahler $A_{m\alpha}$, ist zu berechnen nach Gleichung (3):

$$A_{m\alpha} = \frac{A_\alpha}{m} = \frac{\sum_i A_{\alpha,i}}{m} + \frac{\sum_j A_{\alpha,j}}{m} \quad (3)$$

Hierin bedeuten:

- $A_{m\alpha}$ massenbezogene Aktivität der Alpha-Nuklide in der Probe in Bq/g
- A_α Gesamtaktivität der Alpha-Nuklide in der Probe in Bq
- $A_{\alpha,i}$ Aktivität des nachgewiesenen Alpha-Nuklids i in der Probe in Bq
- $A_{\alpha,j}$ erreichte Nachweisgrenze für das in der Probe nicht nachgewiesene Alpha-Nuklid j in Bq
- Die Summation i, j erstreckt sich über alle im Material gemäß Voruntersuchung zu berücksichtigenden alpha-strahlenden Radionuklide
- m Masse der Probe in g

Alternativ kann die massenbezogene Aktivität der Alpha-Strahler nach Gleichung (1) aus der gemessenen Aktivität A_s der Schlüsselnuclide mit dem Hochrechnungsfaktor gewonnen werden.