

Aktivitätsmeßverfahren für die Freigabe von radioaktiven Reststoffen und kerntechnischen Anlagenteilen

Teil 2: Grundlagen zur Bestimmung der Alpha-Aktivität

DIN
25457-2

ICS 27.120.20

Deskriptoren: Aktivität, Meßverfahren, radioaktiver Reststoff, Gehaltsbestimmung, Kerntechnik

Activity measurement methods in the release of radioactive residual materials and decommissioning components of nuclear facilities — Part 2: Principles for alpha radiation measurements

Méthodes de mesure de l'activité pour l'autorisation de la mise en circulation de matières radioactives résiduelles et de composants d'installations nucléaires — Partie 2: Principes de la détermination de l'activité alpha

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuß Kerntechnik (NKe) AA 4.3 "Reststofffragen" im DIN erstellt. Durch diese Norm werden dem Anlagenbetreiber, dem Gutachter sowie der zuständigen Behörde grundsätzliche Anforderungen an die Bestimmung der Alpha-Aktivität gegeben, die bei der Freigabe von radioaktiven Reststoffen und kerntechnischen Anlagenteilen 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 (z. Z. Entwurf)

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	4.6 Bestimmung der Alpha-Aktivität mittels Gesamt-Gamma-Aktivitätsmessung	6
2 Normative Verweisungen	1		
3 Definitionen	2	Anhang A (normativ) Bestimmung des Oberflächenansprechvermögens	8
4 Meßverfahren	2	Anhang B (normativ) Poisson-Verteilung und Angaben zur Nachweis- bzw. Erkennungsgrenze bei kleinen Impulszahlen	9
4.1 Allgemeines	2	Anhang C (informativ) Literaturhinweise	10
4.2 Direkte Gesamt-Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung	2		
4.3 Gesamt-Alpha-Aktivitätsmessung	3		
4.4 Alpha-Spektrometrie	4		
4.5 Bestimmung der Alpha-Aktivität mittels Gamma-Spektrometrie	5		

1 Anwendungsbereich

Die Norm ist anzuwenden bei der Bestimmung der Alpha-Aktivität im Rahmen der Freigabe von radioaktiven Reststoffen und Anlagenteilen aus Anlagen aus dem kerntechnischen Bereich (z. B. aus Instandhaltung, Umrüstung oder Abbau), für die eine schadlose Wiederverwendung bzw. -verwertung vorgesehen ist.

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 25482-1

Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen — Teil 1: Zählende Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses

Fortsetzung Seite 2 bis 10

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

DIN 25482-2

Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen — Teil 2: Zählende spektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses

DIN 25482-4

Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen — Teil 4: Zählende alpha-spektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung von Probenbehandlungs- und Geräteinflüssen

DIN 44801-1

Oberflächen-Kontaminationsgeräte und -monitoren für Alpha-, Beta- und Gammastrahlung — Teil 1: Allgemeine Festlegungen

DIN ISO 7503-1

Bestimmung der Oberflächenkontamination — Teil 1: Beta-Strahler (Max. Beta-Energie $E_{\beta\max}$ größer als 0,15 MeV) und Alpha-Strahler;
Identisch mit ISO 7503-1 : 1988

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)*)

- [1] U. Schötzig, H. Schrader, PTB-Report: Halbwertszeiten und Photonen-Emissionswahrscheinlichkeiten von häufig verwendeten Radionukliden, 4. erweiterte Auflage; PTB-Ra-16/4, Juli 1993
- [2] IAEA Safety Series No. 37, IAEA Safety Guides; Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (1985 Edition); Third Edition, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1987
- [3] Standard Specification for Uranium Hexafluoride for Enrichment, ASTM Designation C 787-87 **)
- [4] Standard Specification for Uranium Hexafluoride enriched to less than 5 % ^{235}U , ASTM Designation C 996-90 **)
- [5] Standard Specification for Nuclear-Grade Uranyl Nitrate Solution, ASTM Designation C 788-81 **)
- [6] Decay Data of the Transactinium Nuclides, IAEA Technical Reports Series No. 261, Vienna 1986

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

3.1 Alpha-Aktivität

Gesamtanzahl der Alpha-Zerfälle je Zeiteinheit

3.2 Alpha-Oberflächenaktivität

Gesamtanzahl der Alpha-Zerfälle auf der Oberfläche eines Materials je Zeiteinheit.

3.3 Sättigungsschichtdicke

Schichtdicke eines homogenen radioaktiven Materials, die der maximalen Reichweite der Strahlung entspricht.

*) Zu beziehen durch: Deutsches Informationszentrum für technischen Regeln (DITR) im DIN, 10772 Berlin.

**) Zu beziehen durch: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

4 Meßverfahren

4.1 Allgemeines

Zur Bestimmung der Alpha-Aktivität können die Alpha-Teilchen direkt (siehe 4.2 bis 4.4), oder, falls bei den Alpha-Zerfällen mit hinreichender Intensität Gammastrahlung emittiert wird, indirekt die Gammaquanten (siehe 4.5 und 4.6) gemessen werden.

Das Meßverfahren beinhaltet den Meßablauf und die Qualitätssicherung zu den Messungen. Zur Prüfung, ob das Meßverfahren für den Meßzweck geeignet ist, muß sichergestellt werden, daß die Nachweisgrenze (NWG) kleiner oder gleich dem vorgegebenen Richt- oder Grenzwert ist.

4.2 Direkte Gesamt-Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung

4.2.1 Allgemeines

Durch direkte Gesamt-Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung, im folgenden Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung genannt, wird die gesamte festhaftende und nichtfesthaftende Alpha-Oberflächenkontamination integral über das gesamte Energiespektrum unmittelbar an Materialien bestimmt. Dieses Verfahren ist anwendbar, solange für die kontaminierte Schicht die Sättigungsschichtdicke nicht überschritten wird und keine überdeckenden Absorptionsschichten vorhanden sind.

Bei der Bestimmung der Alpha-Oberflächenaktivität ist

- das Ansprechvermögen des Meßgerätes sowie
- der Wirkungsgrad der kontaminierten Oberfläche nach DIN ISO 7503-1

zu berücksichtigen.

Die Messung der Alpha-Oberflächenaktivität ist nach DIN ISO 7503-1 vorzunehmen.

4.2.2 Anforderungen an die Meßgeräte

Für die Messungen sind Alpha-Beta-Kontaminationsmeßgeräte zu verwenden, welche die Anforderungen nach DIN 44801-1 erfüllen. Für Entscheidungsmessungen sind vorzugsweise Geräte mit linearer Skala oder mit Ziffernanzeige zu verwenden. Die Geräte müssen eine akustische und eine optische Alarmanzeige und sollen auch eine Höranzeige für die Impulsrate besitzen.

Zur Messung der Alpha-Oberflächenaktivität muß das Ansprechvermögen des Meßgerätes sowie der minimal erreichbare und der maximal zulässige Abstand zwischen der empfindlichen Oberfläche des Detektors und der Oberfläche des Strahlers bekannt sein.

In Tabelle A.1 ist beispielhaft das Oberflächenansprechvermögen eines Proportionalzählers für verschiedene Alpha-Strahler angegeben.

4.2.3 Anforderungen an die Kalibrierstrahler

Als Kalibrierstrahler sind Dünnschichtstrahler bekannter Aktivität mit einer Fläche von 100 cm^2 einzusetzen, für die die Oberflächenemissionsrate bekannt ist. Falls die Oberflächenemissionsrate des Kalibrierstrahlers nicht bekannt ist, wird der Wirkungsgrad des Kalibrierstrahlers nach DIN ISO 7503-1 mit $\varepsilon_{\text{sc}} = 0,5$ angesetzt.

4.2.4 Oberflächenbeschaffenheit des Meßgutes

Die Oberflächenbeschaffenheit beeinflusst den Emissionswirkungsgrad ε_s des Meßgutes. Bei Metallen z. B. beeinflussen Schmutz- oder Oxidschichten auf der Oberfläche des Meßgutes den Emissionswirkungsgrad. Für eine Oberfläche mit einer aktivitätstragenden Absorptionsschicht, die der Sättigungsschichtdicke entspricht, wird in DIN ISO 7503-1 ein ε_s von 0,25 angegeben. Bei sehr dünnen Absorptionsschichten darf $\varepsilon_s = 0,5$ verwendet werden.

4.2.5 Abhängigkeit der Zählrate des Detektors von den geometrischen Bedingungen

Alpha-Oberflächenaktivitätsmessungen an gekrümmten Oberflächen dürfen unkorrigiert nur gemacht werden, sofern der maximale Abstand zwischen Detektoroberfläche und Meßgut kleiner als der Kalibrierabstand ist. Bei größeren Abständen ist zu prüfen, ob eine Korrektur möglich und dieses Verfahren noch anwendbar ist.

Zur Korrektur ist das Verhältnis der Zählrate des Detektors für die gegebene geometrische Anordnung zur Zählrate einer Kalibrierquelle zu bestimmen.

4.2.6 Festlegung des Alarmwerts

Im Rahmen der Freigabe werden Alpha-Oberflächenaktivitätsmessungen zur Prüfung der Unterschreitung eines Grenzwertes eingesetzt. Dazu ist ein Alarmwert vorzugeben, bei dessen Unterschreitung sichergestellt ist, daß der Grenzwert mit einem Vertrauensniveau nach DIN 25482-1 unterschritten ist.

Für die Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung kommen zwei Verfahren in Frage:

- die stationäre Impulszählung,
- die dynamische Impulszählung.

Die minimale Meßzeit $t_{\min}$ bzw. Überstreichzeit $t_{\text{ümin}}$ (siehe Tabelle 1) ergeben sich aus der Bedingung, daß die Nachweisgrenze gleich dem Grenzwert und der Alarmwert gleich der Erkennungsgrenze gesetzt wird. Wenn die Meß- oder Überstreichzeit größer als oder gleich $t_{\min}$ beträgt, stellt die Unterschreitung des Alarmwerts die Unterschreitung des vorgegebenen Grenzwertes sicher. Für die Berechnung des Alarmwertes ist bei den hier auftretenden geringen Impulsanzahlen die Poisson-Statistik anzuwenden (vgl. Anhang B). Die Erkennungsgrenze kann bei der vorgegebenen statistischen Sicherheit von 5 % gegenüber Fehlern 1. und 2. Art (siehe Anhang B von DIN 25457-1 : 1993-08) und der auftretenden Nulleffekten nur die Werte 1 bzw. 2 Impulse je Meßintervall annehmen. Diesen Erkennungsgrenzen entsprechen Erwartungswerte der Nachweisgrenzen von 3,0 bzw. 4,7 Impulsen je Meß- oder Überstreichzeit. Die Zusammenhänge sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Meßparameter für stationäre und dynamische Impulszählung

Nachweisgrenze	Erkennungsgrenze für $t_{\min}$ bzw. $t_{\text{ümin}}$	$t_{\min}$ bzw. $t_{\text{ümin}}$
3,0 Impulse für $R_o/R_{GW} \leq 0,017$	1 Impuls	$3/R_{GW}$
4,7 Impulse für $R_o/R_{GW} \leq 0,077$	2 Impulse	$4,7/R_{GW}$
R_o Nulleffektrate in s^{-1} mit $t_o \gg t_{\min}$ R_{GW} Meßrate des Grenzwertes in s^{-1} $t_{\min}$ minimale Meßzeit für die Entscheidungsmessung, in s $t_{\text{ümin}}$ minimale Überstreichzeit für eine Meßstrecke von 10 cm bei der Entscheidungsmessung, in s		

4.2.7 Meßablauf

Für stationäre Messungen ist das Meßgut in rasterförmige Flächen einzuteilen, auf die der Detektor aufgesetzt wird. Bei Überschreitung des Alarmwertes ist die betreffende Fläche zu markieren.

Bei dynamischen Messungen ist der Detektor gleichmäßig über die Oberfläche des Meßgutes zu bewegen. Die nach Tabelle 1 ermittelte minimale Überstreichzeit sowie der maximal zulässige Abstand zwischen Detektorfenster und Oberfläche des Meßgutes sind einzuhalten. Wenn bei Bewegung des Detektors über die zu messende Fläche Alarm erfolgt, so ist diese Stelle zu markieren. Markierte Flächen sind nochmals durch stationäre Messungen zu prüfen.

4.2.8 Qualitätssicherung

4.2.8.1 Prüfung der Meßeinrichtung während der Messung

Zur laufenden Kontrolle der Meßeinrichtung während der Messungen sind mindestens folgende Prüfungen durchzuführen:

- Die Nulleffektzählrate ist arbeitstäglich mehrmals zu prüfen.
- Mit einem oder mehreren für das vorhandene Radionuklidgemisch typischen Flächenstrahlern ist arbeitstäglich vor dem Beginn und nach dem Ende der Messungen sowie nach jeder Änderung an der Meßeinrichtung die Zählrate zu messen und mit Sollwerten zu vergleichen.
- Der Alarmgeber ist vor dem Beginn und nach dem Ende der Messungen arbeitstäglich zu prüfen.

4.2.8.2 Wiederkehrende Prüfung und Wartung

Das Meßgerät ist regelmäßig wiederkehrend auf seine Funktionstüchtigkeit zu prüfen und zu warten (siehe § 72 StrlSchV).

4.3 Gesamt-Alpha-Aktivitätsmessung

4.3.1 Allgemeines

Durch Gesamt-Alpha-Aktivitätsmessung wird die Alpha-Aktivität in einer aus dem zu untersuchenden Material entnommenen Probe integral über das gesamte Energiespektrum bestimmt.

Dieses Verfahren ermöglicht, die Alpha-Oberflächenaktivität bzw. die massenbezogene Aktivität mit einer niedrigeren Nachweisgrenze als durch Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung nach 4.2 zu bestimmen.

Bei der Bestimmung der Gesamt-Alpha-Aktivität ist

- das Ansprechvermögen des Meßgerätes sowie
- der Emissionswirkungsgrad der Probe

zu beachten. Die Messung kann entweder direkt an der entnommenen Probe oder nach physikalischer oder chemischer Aufbereitung der Probe erfolgen.

4.3.2 Probenauswahl

Aus dem zu untersuchenden Material sind repräsentative Proben zu entnehmen, die vorzugsweise der wirksamen Oberfläche des Detektors anzupassen sind.

Bei der Probeentnahme und Probenaufbereitung ist darauf zu achten, daß das Radionuklidgemisch und die Aktivität nicht verändert werden.

4.3.3 Eigenschaften des Meßgutes

Bei der Probenaufbereitung ist darauf zu achten, daß die Schichtdicke der aufbereiteten Probe höchstens der Sättigungsschichtdicke entspricht.

4.3.4 Anforderungen an die Meßanordnung

Zur Messung sind vorzugsweise Großflächenproportionalzählrohre zu verwenden.

