DIN 25457-1:2024-05 (D)

Aktivitätsmessverfahren für die Freigabe von radioaktiven Stoffen und kerntechnischen Anlagenteilen - Teil 1: Grundlagen

Inhalt

Seite

Vorwort 5

1 Anwendungsbereich 7

2 Normative Verweisungen 7

3 Begriffe 8

4 Symbole und Abkürzungen 12

5 Kurzbeschreibung der Vorgehensweise im Freigabeverfahren 16
5.1 Allgemeines 16
5.2 Festlegung der Charakterisierungsstrategie 16
5.3 Grundlagen der Voruntersuchung 18
5.4 Räumliche Aktivitätsverteilung 18
5.5 Radionuklidgemisch 19

6 Ermittlung von Hochrechnungsfaktoren und Nuklidvektoren 19
6.1 Ermittlung von Hochrechnungsfaktoren 19
6.2 Ermittlung von Nuklidvektoren 21
6.3 Auswirkungen der Dekontamination 21

7 Modelle der Auswertung für Einzelmessungen 22
7.1 100 %-Messung, Stichprobenverfahren, repräsentative Messung, abdeckende Messung 22
7.1.1 Allgemeines 22
7.1.2 Stichprobenverfahren 22
7.1.3 Repräsentative Messung 23
7.1.4 Abdeckende Messung 23
7.2 Grundlegendes Modell und charakteristische Größen der Aktivitätsmessverfahren 23

8 Messverfahren 26
8.1 Direkte Messverfahren der Gesamt-Alpha- oder Beta-Oberflächenkontamination 26
8.1.1 Allgemeines 26
8.1.2 Austrittsfaktoren bei einfachen und komplexen Zerfallsschemata 27
8.1.3 Relevante Typ B-Unsicherheiten 28
8.1.4 Anforderungen an die Messgeräte 29
8.1.5 Anforderungen an die Kalibrierstrahler [DIN EN ISO 8769 (VDE 0412-8769)] 29
8.1.6 Oberflächenbeschaffenheit des Messguts 29
8.1.7 Abhängigkeit der Zählrate des Detektors von den geometrischen Bedingungen 29
8.1.8 Berechnung der massenspezifischen Aktivität aus der Oberflächenkontamination 30
8.1.9 Festlegung eines Alarmwerts 31
8.1.10 Messablauf 33
8.1.11 Qualitätssicherung 33
8.2 Indirekte Oberflächen-Gesamtaktivitätsmessung 34
8.2.1 Allgemeines 34
8.2.2 Relevante Typ B-Unsicherheiten 34
8.2.3 Anforderungen an die Messanordnung 35
8.2.4 Anforderungen an den Kalibrierstrahler 35
8.2.5 Kalibrierung 35
8.2.6 Nulleffektbestimmung 35
8.2.7 Durchführung der Messung 35
8.2.8 Qualitätssicherung 36

8.3 Spektrometrische Messverfahren ... 37
8.3.1 Gammaspektrometrie an Materialproben ... 37
8.3.2 In-situ-Gammaspektrometrie ... 42
8.4 Gesamt-Gamma-Aktivitätsmessung ... 47
8.4.1 Allgemeines ... 47
8.4.2 Relevante Unsicherheiten ... 48
8.4.3 Anforderungen an die Messeinrichtung ... 49
8.4.4 Eigenschaft des Messgutes ... 49
8.4.5 Anforderungen an die Kalibrierung ... 50
8.4.6 Durchführung der Messung ... 52
8.4.7 Nachweisgrenze, Erkennungsgrenze und Überdeckungsintervall ... 54
8.4.8 Qualitätssicherung ... 55

9 Dokumentation ... 56
9.1 Allgemeines ... 56
9.2 Dokumentation Voruntersuchung ... 56
9.3 Dokumentation Entscheidungsmessung ... 57

Anhang A (normativ) Bestimmung des Oberflächenansprechvermögens ... 61

Anhang B (informativ) Beispiele für die Berechnung von Hochrechnungsfaktoren bei Vorliegen von Ergebnissen eines Ensembles von Proben ... 65

Anhang C (informativ) Beispiele für Messstrategien ... 69

Anhang D (informativ) Berechnung der Nachweis- und Erkennungsgrenze, der oberen Grenze des Vertrauensbereichs und des Erwartungswertes für Messungen mit Kontaminationsmonitoren bei Berücksichtigung von Typ B-Unsicherheiten ... 70
D.1 Grundlegendes Messmodell ... 70
D.2 Messaufgabe und Messparameter ... 71
D.3 Berechnung der charakteristischen Größen ... 72
D.4 Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf die Entscheidungsmessung zur Freigabe ... 74
D.5 Einbeziehung von Messunsicherheiten bzgl. des Freigabewerts der flächenbezogenen Gesamtaktivität ... 74

Anhang E (informativ) Berechnung der Nachweis- und Erkennungsgrenze für Messungen mit Wischtestmessplätzen (indirekte Oberflächengesamtaktivitätsmessung) ... 76

Literaturhinweise ... 79

Bilder

Bild 1 — Schematische Darstellung der Prozessabläufe ... 17

Bild 2 — Vereinfachtes Ishikawa-Diagramm (en: fishbone diagram) zur Darstellung des Prozesses der Auswertung der Freigabemessungen mit einer Gesamt-Gamma-Messeinrichtung ... 51

Bild 3 — Beispiel eines Ablaufplans der Gesamt-Gamma-Aktivitätsmessung mit einer Freimessanlage ... 53

Bild A.1 — Verlauf der Zählrate in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse einer Absorptionsschicht, gemessen mit einem Proportionalzählrohr, flächenbezogene Masse der Folie 0,3 mg/cm², Zählgas Ar/CH_4 ... 64

Bild A.2 — Oberflächenansprechvermögen $s_{Id} \cdot SP$ eines Proportionalzählrohres in Abhängigkeit vom Abstand d der Quelle zur Detektoroberfläche (Fläche Quelle $B \cdot L$ = 8 cm · 12,5 cm oder ⌀ = 6 cm, Detektorfläche $B \cdot L$ = 9,4 cm · 16,6 cm, flächenbezogene Masse der Folie 0,3 mg/cm², Zählgas Ar/CH_4) ... 64

Bild B.1 — Auftragung der logarithmierten Verhältnisse der Daten nach Tabelle B.2 68

Bild E.1 — Aktivität, Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze bei der indirekten Oberflächengesamtaktivitätsmessung (vollständiges und vereinfachtes Modell) 78

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen 12

Tabelle 2 — Vorgaben zur Entscheidungsmessung 58

Tabelle A.1 — Beispiele für das flächenbezogene Ansprechvermögen $\varepsilon_{i,F}$ für verschiedene Zählsonden und Radionuklide mit Kalibrierstrahler 100 cm² 62

Tabelle A.2 — Beispiel für das mittlere flächenbezogene Ansprechvermögen $\varepsilon_{i,F}$ eines Oberflächenkontaminationsmessgerätes mit Plastikszintillationsdetektoren [5] 63

Tabelle B.1 — Schritte zur Berechnung des Hochrechnungsfaktors 65

Tabelle B.2 — Beispieldaten für die Ermittlung von Hochrechnungsfaktoren 66

Tabelle C.1 — Beispieldaten für Messstrategien 69

Tabelle D.1 — Vorliegende Radionuklide, Nuklidvektor, Oberflächenansprechvermögen des Detektors und Oberflächenkontaminationswerte gemäß StrlSchV, Anl. 4, Tab. 1, Sp. 5..... 71

Tabelle D.2 — Iteration zur Berechnung der Nachweisgrenze 73

Tabelle E.1 — Beispiel zur Ermittlung der Aktivität einer indirekten Oberflächen-Gesamtaktivitätsmessung 77

Tabelle E.2 — Beispiel für die Berechnung der Nachweis- und Erkennungsgrenze 77