

DIN ISO 18589-6
(VDE 0493-4-5896)
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 13.080.01; 17.240

Einsprüche bis 2019-03-25

 Vorgesehen als Ersatz für
 DIN ISO 18589-6:2010-06

Entwurf
**Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
 Erdboden –**
**Teil 6: Alpha- und Beta-Gesamtaktivitäten – Messverfahren mit Durchfluss-
 Proportionalzählung
 (ISO/DIS 18589-6:2018);
 Text Deutsch und Englisch**

 Measurement of radioactivity in the environment –
 Soil –

 Part 6: Gross alpha and gross beta activities – Test method using gas-flow proportional counting
 (ISO/DIS 18589-6:2018);
 Text in German and English

 Mesurage de la radioactivité dans l'environnement –
 Sol –

 Partie 6: Activités alpha globale et bêta globale – Méthodes d'essai par comptage proportionnel
 et scintillation liquide de solides
 (ISO/DIS 18589-6:2018);
 Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

 Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-01-25 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 dke@vde.com 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 die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in
DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

 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 35 Seiten

 DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
 DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Symbole	9
4 Prinzip.....	9
5 Chemische Reagenzien und Hilfsmittel.....	9
6 Verfahren	10
6.1 Vorbereitung der Quellen	10
6.2 Kalibrierung	10
6.2.1 Prinzip.....	10
6.2.2 Verfahren.....	11
6.3 Kalibrierkurven.....	12
6.4 Untergrundbestimmung	12
6.5 Messung	12
7 Angabe der Ergebnisse	12
7.1 Aktivität je Masseneinheit.....	12
7.1.1 Berechnung der Alphaaktivität je Masseneinheit	12
7.1.2 Berechnung der Betaaktivität je Masseneinheit	12
7.2 Standardunsicherheit.....	13
7.2.1 Standardunsicherheit der Alphaaktivität je Masseneinheit	13
7.2.2 Standardunsicherheit der Betaaktivität je Masseneinheit	13
7.3 Erkennungsgrenze	14
7.3.1 Erkennungsgrenze für die Alphaaktivität je Masseneinheit	14
7.3.2 Erkennungsgrenze für die Betaaktivität je Masseneinheit	14
7.4 Nachweisgrenze	14
7.4.1 Nachweisgrenze für die Alphaaktivität je Masseneinheit	14
7.4.2 Nachweisgrenze für die Betaaktivität je Masseneinheit.....	15
7.5 Vertrauensgrenzen	15
8 Prüfbericht	16
Anhang A (informativ) Vorbereitung der Kalibrierquellen mit Plutonium-239	17
A.1 Prinzip.....	17
A.2 Vorbereitung der geimpften Probe	17
A.3 Bestimmung der Aktivität der geimpften Probe.....	17

A.4	Bestimmung der Restaktivität	17
A.5	Vorbereitung und Messung der Kalibrierquelle	17
A.6	Bestimmung der Effizienz	18
	Literaturhinweise	19

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/DIS 18589-6 „Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 6: Gross alpha and gross beta activities – Test method using gas-flow proportional counting“ ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des DIS entsprechend der diesbezüglich durch die ISO erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Das internationale Dokument wurde vom ISO/TC 85/SC 2 „Radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und den nationalen Mitgliedern zur Stellungnahme und Abstimmung vorgelegt.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS (en: Final Draft International Standard) nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der DIS als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GK 851 „Aktivitätsmessgeräte für den Strahlenschutz“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de), Gemeinschaftsgremium mit dem DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnichtsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 18589-6:2010-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung der technischen Aussagen der ISO 18589-6:2009;
- b) die Einleitung und die Beschreibung des Anwendungsbereichs wurden erheblich erweitert;
- c) die Verweisungen wurden aktualisiert und ergänzt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von ISO Technischen Komitees 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 Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO 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 (2009), die technisch überarbeitet wurde.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 18589 ist auf der ISO-Internetseite unter www.iso.org abrufbar.

Einleitung

Jedermann ist natürlicher Strahlung ausgesetzt. Die natürlichen Strahlungsquellen sind kosmische Strahlen und in der Natur vorkommende radioaktive Stoffe, die sich in der Erdkruste und im menschlichen Körper befinden. Menschliche Aktivitäten, die den Gebrauch von Strahlung und radioaktiven Stoffen einschließen, verursachen eine Strahlenbelastung (Exposition) zusätzlich zur natürlichen Belastung. Einige dieser Aktivitäten, z. B. der Abbau und die Verwendung von Erzen, die natürlich vorkommende radioaktive Stoffe enthalten, und die Erzeugung von Energie durch Verbrennung von Kohle, die solche Stoffe enthält, erweitern die Belastung durch natürliche Strahlungsquellen. In Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen werden radioaktive Stoffe verwendet und radioaktive Ableitungen und Abfälle während des Betriebs und der Stilllegung erzeugt. Die Verwendung radioaktiver Stoffe in Industrie, Landwirtschaft und Forschung nimmt weltweit zu.

Alle diese menschlichen Aktivitäten erhöhen im Allgemeinen auch die Strahlungsbelastungen, die nur einen kleinen Anteil am globalen durchschnittlichen Umfang an natürlicher Strahlenbelastung ausmachen. Die medizinische Anwendung von Strahlung ist die umfangreichste und eine wachsende vom Menschen erzeugte Quelle von Strahlenbelastung in entwickelten Ländern. Sie umfasst diagnostische Radiologie, Strahlentherapie, nuklearmedizinische und interventionelle Radiologie.

Strahlenbelastung tritt auch im Zusammenhang mit beruflichen Aktivitäten auf. Sie belastet sowohl Berufstätige in Industrie, Gesundheitswesen und Forschung, welche Strahlung oder radioaktive Stoffe verwenden, als auch Passagiere und Besatzungen während Flugreisen und Astronauten. Das mittlere Niveau der beruflichen Belastung ist im allgemeinen geringer als das globale mittlere Niveau der natürlichen Strahlungsbelastung. [1]

Mit der zunehmenden Anwendung von Strahlung nehmen auch die potenziellen Gesundheitsrisiken und die öffentliche Besorgnis zu. Folglich werden alle diese Belastungen regelmäßig beurteilt, um die Kenntnisse hinsichtlich globaler Niveaus und zeitlicher Entwicklungen der Belastung von Öffentlichkeit und Berufstätigen zu verbessern, und die Komponenten der Belastung zu bewerten, um ein Maß ihrer relativen Bedeutung bereitzustellen und aufkommende Probleme zu identifizieren, die möglicherweise größere Aufmerksamkeit und Sorgfalt erfordern. Während Strahlungsdosen für Berufstätige meist direkt gemessen werden, werden Strahlungsdosen für die Öffentlichkeit üblicherweise durch indirekte Verfahren bestimmt, bei denen Ergebnisse von Radioaktivitätsmessungen verwendet werden, die an verschiedenen Quellen durchgeführt wurden: Abfall, Ableitungen und/oder Umweltproben.

Im Prozess der Dosisbewertung ist es wichtig, dass Beteiligte/Betroffene (die Betreiber, die Aufsichtsbehörden, die örtlichen Krisenstäbe und -organisationen usw.) zweckmäßige Verfahren und Vorgehensweisen für die Probenahme, die Handhabung, den Transport, die Lagerung und die Vorbereitung von Prüfproben, die Prüfverfahren und für die Berechnung der Messunsicherheit vereinbaren, um sicherzustellen, dass die erhaltenen Daten aus den Radioaktivitäts-Überwachungsprogrammen ihre bestimmungsgemäße Verwendung unterstützen. Da zuverlässige, vergleichbare und zweckmäßige Daten eine wesentliche Anforderung für jegliche Entscheidung hinsichtlich des Gesundheitswesens auf der Grundlage von Radioaktivitätsmessungen sind, sind Internationale Normen zu geprüften und validierten Radionuklid-Prüfverfahren ein wichtiges Instrument für den Erhalt solcher Messergebnisse. Die Anwendung von Normen dient auch der Sicherstellung einer Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse und verschiedener Prüflaboratorien im Laufe der Zeit. Laboratorien wenden diese an, um ihre technische Qualifikation nachzuweisen und um Ertüchtigungsprüfungen und Labor-Vergleichsmessungen, zwei Voraussetzungen für das Erlangen einer nationalen Akkreditierung, erfolgreich abzuschließen. Heutzutage sind mehr als einhundert Internationale Normen verfügbar, erarbeitet durch Technische Komitees der International Organization for Standardization (ISO), einschließlich jener durch ISO/TC 85 erstellten, und durch die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC), die von Prüflaboratorien zur Messung der wichtigsten Radionuklide verwendet werden können.

Fachgrundnormen unterstützen Laboratorien bei der Organisation des Messverfahrens und spezifische Normen zur Beschreibung von Prüfverfahren unterstützen Mitarbeiter, die für Messungen der Radioaktivität zuständig sind. Letztgenannte Normen behandeln Prüfverfahren für:

- natürliche Radionuklide (einschließlich ^{40}K , ^3H , ^{14}C und jenen, die aus den Zerfallsreihen von Thorium und Uran stammen, insbesondere ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{234}U , ^{238}U , ^{210}Pb), die sowohl in der Erdkruste (Erboden, Felsgestein und Erz) als auch in jedem aus diesen natürlichen Ressourcen hergestellten Werkstoff vorkommen können;

- von Menschen erzeugte Radionuklide, z. B. Transuranelemente (Americium, Plutonium, Neptunium, Curium), Tritium, Kohlenstoff-14, Strontium-90 und Gammastrahlung emittierende Radionuklide, die in Abfall, flüssigen und gasförmigen Ableitungen und in der Umweltmatrix (z. B. Wasser, Luft, Boden, Flora und Fauna) als Ergebnis genehmigter Ableitungen vorkommen, und radioaktiver Niederschlag (Fallout), der bei der Explosion von Nuklearwaffen und bei Störfällen, wie z. B. in Tschernobyl und Fukushima entsteht.

Der Anteil der Dosisraten der natürlichen Hintergrundstrahlung für den Menschen, der sich aus der Umgebungsstrahlung, hauptsächlich Gammastrahlung, ergibt, ist stark veränderlich und abhängig von Faktoren wie der Radioaktivität des örtlichen Grundgesteins und Bodens, der Art von Baustoffen und dem Aufbau von Gebäuden, in denen Menschen leben und arbeiten. Die Dosisraten für Menschen aus natürlicher Umgebungs-Gammastrahlung weisen folglich erhebliche geographische Unterschiede auf, wobei sie möglicherweise in Gebieten mit Sedimentgestein im Vergleich zu Gebieten mit vulkanischem Gestein viel geringer und möglicherweise in manchen Teilen der Erde um einige Größenordnungen größer sind. Radon, das beim Zerfall von Uran und Thorium in der Erdkruste entsteht, wird als wesentliche Quelle der Belastung für Menschen durch ionisierende Strahlung angesehen, und macht über 50 % der jährlichen kumulierten Strahlendosis aus [1].

In der Umwelt auf der Erdoberfläche natürlich vorkommende radioaktive Stoffe (NORM; en: naturally occurring radioactive materials) tragen 90 % zur jährlichen Strahlendosis für die Bevölkerung bei.

Somit ist eine Internationale Norm mit Verfahren zur Bestimmung der Aktivität für die Anwendung durch Prüflaboratorien begründet, die Messungen von Radionukliden durchführen, da sie möglicherweise eine spezifische Akkreditierung für Radionuklid-Messungen in Grundgestein, Erdboden und Baustoffen und -produkten erlangen müssen.

ISO 18589 ist in mehreren Teilen veröffentlicht, welche je nach Bedarf gemeinsam oder einzeln anwendbar sind. Diese Teile sind ergänzend und richten sich an jene Personen, welche für die Bestimmung der im Erdboden, in Grundgestein und Erzen (NORM oder TENORM) vorhandenen Radioaktivität verantwortlich sind. Die ersten zwei Teile sind allgemeiner Art und beschreiben das Aufstellen von Programmen und Probenahmeverfahren, allgemeine Verfahren zur Probenbehandlung im Laboratorium (Teil 1), die Probenahmestrategie und das Verfahren zur Entnahme von Bodenproben, die Handhabung und die Vorbereitung einer Bodenprobe (Teil 2). Teil 3 bis Teil 5 behandeln nuklidspezifische Prüfverfahren zur Quantifizierung der Aktivitätskonzentration von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden (Teil 3), Plutoniumisotopen (Teil 4) und Strontium-90 (Teil 5) von Bodenproben. Teil 6 behandelt nicht-spezifische Messungen zur schnellen Quantifizierung von Gesamt-Alpha- oder Gesamt-Betaaktivitäten, und Teil 7 beschreibt In-situ-Messungen von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden.

Die in Teil 3 bis Teil 6 von ISO 18589 beschriebenen Prüfverfahren können bei Befolgung eines ordnungsgemäßen Probenahmeverfahrens auch für die Messung der Radionuklide in Schlamm, Sediment, Baustoffen und -produkten verwendet werden. [2] [3] [4] [5] [6] [7]

Die vorliegende Norm ist Teil einer Reihe von Internationalen Normen zu Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt.

Zusätzliche Teile können zu ISO 18589 ergänzt werden, wenn die Standardisierung von Messverfahren für andere Radionuklide notwendig werden sollte.

**Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
Erdboden –
Teil 6: Alpha- und Beta-Gesamtaktivitäten –
Messverfahren mit Durchfluss-Proportionalzählung**

1 Anwendungsbereich

Im vorliegenden Dokument wird ein Verfahren vorgestellt, welches die Erfassung der gesamten Radioaktivität der in Bodenproben enthaltenen Alpha- und Betaemitter ermöglicht. Er gilt im Wesentlichen für systematische Überprüfungen auf der Grundlage vergleichender Messungen oder lokaler Vorstudien, um dem Prüfpersonal eine Anleitung sowohl für die Auswahl der vorrangig zu messenden Bodenproben als auch für spezifischen Analysemethoden für die Implementierung an die Hand zu geben.

Die Gesamt-Alpha- oder -Betaaktivität unterscheidet sich generell von der Summe der effektiven Aktivitäten der vorhandenen Radionuklide, da per Konvention dieselbe Alphazählausbeute für alle Alphaemissionen und dieselbe Betazählausbeute für alle Betaemissionen zugeordnet ist.

Erdboden umfasst sowohl Brocken von Felsgestein und Erz als auch natürlich vorkommende radioaktive Stoffe (NORM), z. B. Baustoffe und -produkte, Keramik oder jene aus technologischen Prozessen, die technologisch verbesserte natürlich vorkommende radioaktive Stoffe (TENORM) einbeziehen, z. B. die Förderung und die Verarbeitung von mineralischen Sanden oder die Produktion und Anwendung von Phosphatdüngern.

Die im vorliegenden Dokument beschriebenen Prüfverfahren können bei Befolgung eines ordnungsgemäßen Probenahmeverfahrens auch für die Messung der Radionuklide in Schlamm, Sediment, Baustoffen und -produkten verwendet werden. [2][3][4][5][6][7]

Zur Vereinfachung deckt der Begriff „Erdboden“ im vorliegenden Dokument die vorgenannte Reihe von Elementen ab.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 31-9, *Quantities and units – Part 9: Atomic and nuclear physics*

ISO 11074, *Soil quality – Vocabulary*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO 11929, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application*

ISO 18589-1, *Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 1: General guidelines and definitions*

ISO 18589-2, *Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 2: Guidance for the selection of the sampling strategy, sampling and pre-treatment of samples*

ISO 18589-4, *Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 4: Plutonium 238 and plutonium 239 + 240 – Test method using alpha spectrometry*

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

3 Begriffe und Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 18589-1, ISO 11074 and ISO 31-9 und die folgenden Begriffe.

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

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

m	Masse der Prüfmenge, in Kilogramm;
a	Aktivität je Masseneinheit, in Becquerel je Kilogramm;
A_α, A_β	Aktivität der Standard-Alpha- und -Beta-Kalibrierquellen, in Becquerel;
t_g	Probenzähldauer, in Sekunden;
t_0	Untergrundzähldauer, in Sekunden;
$t_{s\alpha}, t_{s\beta}$	Zähldauer der Alpha- und Beta-Kalibrierquellen, in Sekunden;
$r_{g\alpha}, r_{g\beta}$	Gesamtzählrate je Sekunde im Alpha- bzw. Beta-Fenster;
$r_{0\alpha}, r_{0\beta}$	Untergrundzählrate je Sekunde im Alpha- bzw. Beta-Fenster;
$r_{s\alpha}, r_{s\beta}$	Kalibrierzählrate je Sekunde im Alpha- bzw. Beta-Fenster;
$\varepsilon_\alpha, \varepsilon_\beta$	Zählausbeute für Alpha- bzw. Betastrahlung;
$r_{s\alpha \rightarrow \beta}$	Zählrate im Betafenster, wenn die Alpha-Kalibrierquelle gemessen wird.
χ	Alpha-Beta-Übersprechen, in % des Alphazählwerts der Kalibrierquelle, die im Beta-Fenster gezählt wird;
$u(a)$	Standardunsicherheit in Bezug auf das Messergebnis;
U	erweiterte Unsicherheit, errechnet nach $U = k \cdot u(a)$ mit $k = 1, 2, \dots$, in Becquerel je Kilogramm;
a^*	Erkennungsgrenze, in Becquerel je Kilogramm;
$a^\#$	Nachweisgrenze, in Becquerel je Kilogramm;
$a^<, a^>$	untere und obere Grenze des Vertrauensintervalls, in Becquerel je Kilogramm.

4 Prinzip

Die Gesamt-Alpha- und Gesamt-Betaaktivität wird durch Anwendung der Gasdurchfluss-Proportionalzählung oder der Feststoffszintillationszählung auf einer dünnen Schicht aus feinem Bodenmaterial auf einem Zähl-schälchen (Planchette) ermittelt [1], [9], [10]. Die Ermittlung der Gesamt-Alpha- und Gesamt-Betastrahlung liefert keine absoluten Werte der Radioaktivität der Probe, sondern relative Werte, die sich auf spezifische Alpha- oder Betastrahlenemitter beziehen, welche die jeweiligen Standard-Kalibrierquellen darstellen. Die so ermittelten Werte werden auch als Alphaindex und Betaindex bezeichnet.

5 Chemische Reagenzien und Hilfsmittel

5.1 Entfettungslösung.

5.2 Fixierer, z. B. Cellulose-Nitrat (Parlodion^{®1} bis zu 10 g/l in Azeton);

¹ Parlodion[®] ist ein Beispiel für ein geeignetes handelsübliches Produkt. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender des vorliegenden Dokuments und bedeutet keine Anerkennung des genannten Produkts durch die ISO.

5.3 Zählschälchen, Schale aus nichtrostendem Stahl mit einem an das Messgerät angepassten Durchmesser;

5.4 Analysenwaage mit einer Genauigkeit von 0,1 mg;

5.5 Gasdurchfluss-Proportionalzähler oder **Feststoffsintillationszähler** (wie z. B. ZnS), der für die Unterscheidung zwischen Alpha- und Betastrahlung ausgelegt ist.

6 Verfahren

6.1 Vorbereitung der Quellen

Die Vorbereitung der Quellen umfasst die folgenden Schritte.

- Das Zählschälchen (5.3) wird mit einer Entfettungslösung (5.1) gereinigt.
- Eine bekannte Masse m der Prüfprobe, die nach ISO 18589-2 hergestellt ist, wird gleichmäßig aufgebracht, um eine möglichst dünne Schicht mit einer Oberflächenbedeckung von weniger als 20 mg/cm² zu erhalten.
- Die Masse der Probe muss zwischen dem Höchst- und dem Mindestwert der Kalibrierkurve liegen.
- Das Zählschälchen wird auf eine horizontale Fläche gelegt.
- Es wird empfohlen, die Ablagerung mit einem Fixierer (z. B. 10 ml aufgelöstes Parlodion® in einer 130-mm-Prüfschale) zu bedecken und bei Umgebungstemperatur verdampfen zu lassen (dabei ist dieselbe Menge Fixierer wie bei der Vorbereitung der Kalibrierquellen zu benutzen). Zweck dieser Maßnahme ist die dauerhafte Fixierung eines dünnen Films auf der Probe im Zählschälchen.
- Am Zählschälchen wird eine Kennzeichnung/ein Etikett angebracht.

Die Quelle ist für die Bestimmung des Gesamt-Alpha- und Gesamt-Betaaktivitätsindex mit Hilfe einer zuvor kalibrierten Messeinrichtung bereit.

Das Zählschälchen sollte vor dem Messvorgang auf geeignete Weise gelagert werden, um jedes Risiko einer Kontamination auszuschließen.

WICHTIG:

- **Das Selbstabsorptionsphänomen, das von den Matrixbestandteilen wie auch von der Dicke der Ablagerung abhängt, führt zu einer Unterbewertung der Gesamtaktivität, insbesondere bei der Alphaaktivität.**
- **Es ist schwierig, Quellen mit einer einheitlichen Dicke herzustellen, die bei den einzelnen hergestellten Quellen konstant sein muss.**

6.2 Kalibrierung

6.2.1 Prinzip

Die Zählheusbeute und die damit verbundene Unsicherheit werden mit Hilfe von Referenzboden-Kalibrierquellen bestimmt [11],[12],[13], die hergestellt werden von:

- messtechnischen Stellen, die geliefertes Referenzbodenmaterial benutzen;
- dem Laboratorium, welches Bodenmaterial derselben Art wie der zu analysierende Boden benutzt, dessen Homogenität gründlich überprüft wurde. Diese Böden werden nach separat ausgeführtem Impfen mit kalibrierten Alpha- und Betaeösungen ausreichend hoher Aktivität zu Referenzböden, bei denen die Aktivität der im Boden vorhandenen natürlichen oder künstlichen Radionuklide weniger als 2 % der Gesamtaktivität der Referenzböden ausmacht.

Unter den verfügbaren Standardlösungen Alphastrahlung emittierender künstlicher Radionuklide werden häufig ²⁴¹Am und ²³⁹Pu gewählt. Wenn ²³⁹Pu benutzt wird, ist es erforderlich, dass ein Vorhandensein von

^{241}Pu berücksichtigt wird. Unter den verfügbaren Standardlösungen Betastrahlung emittierender künstlicher Radionuklide werden häufig $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ gewählt. Schließlich wird unter den natürlichen Standardlösungen üblicherweise U_{nat} und ^{40}K gewählt.

Ein Beispiel für die Methode zur Vorbereitung von mit Plutonium kalibrierten Quellen für die Messung der Alpha-Gesamtaktivität ist in [Anhang A](#) beschrieben. Ein ähnliches Verfahren darf mit „Spiking“ (Impfen) durchgeführt werden.

Die Kalibrierquellen müssen wegen der hydrophilen Eigenschaft des Bodens in einem Trockenapparat aufbewahrt werden.

Es ist zu empfehlen, die Alpha- und Betafenster so zu wählen, dass das Beta-Alpha-Übersprechen nahe null ist. Dann reicht es aus, lediglich den Korrektionsfaktor für das Alpha-Beta-Übersprechen zu berücksichtigen. Falls dies nicht möglich ist, ist es erforderlich, dass die Korrektionsfaktoren für das Alpha-Beta-Übersprechen und das Beta-Alpha-Übersprechen berücksichtigt werden.

6.2.2 Verfahren

6.2.2.1 Betakalibrierung

Folgendes Verfahren dient der Kalibrierung der Zähler.

- Eine dünne Schicht des Referenzbodens wird aufgetragen, wobei das in [6.1](#) beschriebene Verfahren befolgt wird.
- Die Breite der Alpha- und Betafenster wird gewählt.
- $t_{\text{s}\beta}$ wird so gewählt, dass mindestens 10^4 Zählimpulse im Betafenster erfasst werden.
- Die Zählrate der Kalibrierquelle in ihrem Fenster wird ermittelt.
- Es wird nachgewiesen, dass die Zählrate im Alphafenster null ist oder mit der Geräte-Untergrundzählrate übereinstimmt.
- Die Zählausbeute des Zählers wird berechnet, indem die registrierte Zählrate durch die Aktivität der Kalibrierquelle dividiert wird, wie in Gleichung (1) angegeben:

$$\varepsilon_{\beta} = (r_{\text{s}\beta} - r_{0\beta}) / A_{\beta} \quad (1)$$

6.2.2.2 Alphakalibrierung

Folgendes Verfahren dient der Kalibrierung der Zähler.

- Eine dünne Schicht des Referenzbodens wird aufgetragen, wobei das in [6.1](#) beschriebene Verfahren befolgt wird.
- Die Breite der Alpha- und Betafenster wird gewählt.
- $t_{\text{s}\alpha}$ wird so gewählt, dass mindestens 10^4 Zählimpulse im Alphafenster erfasst werden.
- Die Zählrate der Kalibrierquelle in ihrem Fenster wird ermittelt.
- Der Alpha-Beta-Übersprechungs-Korrektionsfaktor χ wird berechnet wie in Gleichung (2) angegeben:

$$\chi = r_{\text{s}\alpha \rightarrow \beta} / r_{\text{s}\alpha} \quad (2)$$

Dabei ist $r_{\text{s}\alpha \rightarrow \beta}$ die Zählrate im Betafenster, wenn die Alpha-Kalibrierquelle gemessen wird.

- Die Zählausbeute des Zählers wird berechnet, indem die registrierte Zählrate durch die Aktivität der Kalibrierquelle dividiert wird, wie in Gleichung (3) angegeben:

$$\varepsilon_{\alpha} = (r_{\text{s}\alpha} - r_{0\alpha}) / A_{\alpha} \quad (3)$$