

DIN ISO 18589-5
(VDE 0493-4-5895)

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

Ersatz für
 DIN ISO 18589-5:2010-06
 Siehe Anwendungsbeginn

**Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
 Erdboden –
 Teil 5: Strontium-90 – Messverfahren mit Proportional- oder
 Flüssigszintillationszählung
 (ISO 18589-5:2019)**

Measurement of radioactivity in the environment –
 Soil –
 Part 5: Strontium 90 – Test method using proportional counting or liquid scintillation counting
 (ISO 18589-5:2019)

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement –
 Sol –
 Partie 5: Strontium 90 – Méthode d'essai par comptage proportionnel et scintillation liquide
 (ISO 18589-5:2019)

Gesamtumfang 45 Seiten

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

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist 2020-10-01.

Für DIN ISO 18589-5:2010-06 besteht eine Übergangsfrist bis 2021-06-30.

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten	7
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	8
Vorwort.....	9
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	13
3.1 Begriffe	13
3.2 Symbole.....	13
4 Kurzbeschreibung.....	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Chemische Trennung	14
4.3 Nachweis	15
4.3.1 Allgemeines	15
4.3.2 Vorbereitung der Prüfproben für die Flüssigszintillationszählung	15
4.3.3 Vorbereitung der Prüfprobe für die Proportionalzählung	15
4.3.4 Bestimmung des Untergrunds.....	16
5 Chemische Reagenzien und Hilfsmittel.....	16
6 Strontiumaufschlussverfahren	17
6.1 Kurzbeschreibung.....	17
6.2 Technische Hilfsmittel.....	17
6.2.1 Geräte.....	17
6.2.2 Chemische Reagenzien	17
6.3 Vorgehensweise	17
7 Chemische Trennung durch Ausfällung	18
7.1 Kurzbeschreibung.....	18
7.2 Technische Hilfsmittel.....	18
7.2.1 Geräte.....	18
7.2.2 Chemische Reagenzien	19
7.3 Vorgehensweise	19
7.3.1 Abtrennung der Alkalimetalle und des Calciums.....	19
7.3.2 Abscheidung von Barium, Radium und Blei.....	20

	Seite
7.3.3 Abscheidung von Spaltprodukten und Yttrium.....	20
7.3.4 Reinigung des Strontiums.....	20
7.3.5 Yttrium-Extraktion.....	21
7.3.6 Ermittlung der chemischen Ausbeute.....	22
8 Chemisches Trennverfahren mittels Flüssig-Flüssig-Extraktion.....	22
8.1 Kurzbeschreibung.....	22
8.2 Technische Hilfsmittel.....	23
8.2.1 Geräte.....	23
8.2.2 Chemische Reagenzien.....	23
8.3 Vorgehensweise.....	24
8.3.1 Allgemeines.....	24
8.3.2 Chemische Trennung des Yttriums.....	24
8.3.3 Vorbereitung der Prüfprobe für die Messung mit einem Proportionalzähler (PC).....	24
8.3.4 Vorbereitung der Prüfprobe für die Messung mit einem Flüssigszintillationszähler (LSC).....	25
8.3.5 Bestimmung der chemischen Ausbeute.....	25
9 Chemisches Trennverfahren mittels Chromatographie (Kronen-Ether-Harz).....	25
9.1 Kurzbeschreibung.....	25
9.2 Technische Hilfsmittel.....	26
9.2.1 Geräte.....	26
9.2.2 Chemische Reagenzien.....	26
9.3 Vorgehensweise.....	27
9.3.1 Allgemeines.....	27
9.3.2 Chemische Trennung des Strontiums.....	27
9.3.3 Bestimmung der chemischen Ausbeute.....	27
10 Messung.....	28
10.1 Allgemeines.....	28
10.2 Flüssigszintillationszähler.....	28
10.3 Gasdurchfluss-Proportionalzähler.....	28
10.4 Berechnung der Zählwirksamkeit.....	29
11 Angabe der Ergebnisse.....	29
11.1 Allgemeines.....	29
11.2 Bestimmung des ^{90}Sr im Gleichgewicht mit ^{90}Y	29
11.2.1 Berechnung der Aktivität je Masseneinheit.....	29
11.2.2 Standardunsicherheit.....	30
11.2.3 Erkennungsgrenze.....	30
11.2.4 Nachweisgrenze.....	30
11.3 Bestimmung von ^{90}Sr über ^{90}Y	31
11.3.1 Berechnung der Aktivität je Masseinheit.....	31
11.3.2 Standardunsicherheit.....	31

	Seite
11.3.3 Erkennungsgrenze	32
11.3.4 Nachweisgrenze	32
11.4 Bestimmung von ^{90}Sr bei Vorhandensein von ^{89}Sr und radioaktivem Gleichgewicht zwischen ^{90}Sr und ^{90}Y	33
11.4.1 Berechnung der Aktivität je Masseneinheit	33
11.4.2 Standardunsicherheit	34
11.4.3 Erkennungsgrenze	34
11.4.4 Nachweisgrenze	35
11.5 Vertrauensgrenzen	35
12 Prüfbericht	36
Anhang A (informativ) Beispiele von Auswertungsmodellen	37
Literaturhinweise	45

Tabellen

Tabelle 1– Durchschnittliche Betaemissionsenergien und Halbwertszeiten von ^{90}Sr , ^{90}Y und ^{89}Sr	14
Tabelle 2 – Nachweisverfahren für Strontium, abhängig von seinem Ursprung	16
Tabelle A.1 – Eingangsgrößen und ihre Werte	37
Tabelle A.2 – Eingangsgrößen und deren Werte	39
Tabelle A.3 – Eingangsgrößen und ihre Werte	41

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN ISO 18589-5 (VDE 0493-4-5895):2019-01.

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) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 2 „Radiological protection“ des ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Das internationale Dokument ISO 18589-5:2019, *Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 5: Strontium 90 – Test method using proportional counting or liquid scintillation counting*, ist unverändert in diese Norm übernommen worden.

Zur Normenreihe ISO 18589 sind folgende DIN-Normen veröffentlicht:

- **DIN ISO 18589-1 (VDE 0493-4-5891):2020-10**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 1: Allgemeine Leitlinien und Begriffe (ISO 18589-1:2019)*
- **DIN EN ISO 18589-2 (VDE 0493-4-5892):2017-12**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 2: Leitlinie für die Auswahl der Probenahme-strategie, Probenahme und Vorbehandlung der Proben (ISO 18589-2:2015); Deutsche Fassung EN ISO 18589-2:2017*
- **DIN EN ISO 18589-3 (VDE 0493-4-5893):2017-12**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 3: Messung von Gammastrahlen emittierenden Radionukliden mittels Gammaskpektrometrie (ISO 18589-3:2015); Deutsche Fassung EN ISO 18589-3:2017*
- **DIN ISO 18589-4 (VDE 0493-4-5894):2020-10**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 4: Messung von Plutonium-238 und Plutonium-239 + 240 – Messverfahren mit Alphaspektrometrie (ISO 18589-4:2019)*
- **DIN ISO 18589-5 (VDE 0493-4-5895):2020-10**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 5: Strontium-90 – Messverfahren mit Proportional- oder Flüssigszintillationszählung (ISO 18589-5:2019)*
- **DIN ISO 18589-6 (VDE 0493-4-5896):2020-10**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 6: Gesamt-Alpha- und Gesamt-Betaaktivitäten – Messverfahren mit Gasdurchfluss-Proportionalzählung (ISO 18589-6:2019)*
- **DIN EN ISO 18589-7 (VDE 0493-4-5897):2016-05**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 7: In-situ-Messung von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden (ISO 18589-7:2013); Deutsche Fassung EN ISO 18589-7:2016*

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 18589-5:2010-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung der technischen Aussagen der ISO 18589-5:2009;
- b) die Einleitung und die Beschreibung des Anwendungsbereichs wurden erheblich erweitert;
- c) die Verweisungen wurden aktualisiert und ergänzt;
- d) Lücken in der Beschreibung der Verfahren wurden geschlossen (z. B. in [Abschnitt 4](#));
- e) die [Unterabschnitte 4.3.2 bis 4.3.4](#) zur Probenvorbereitung bzw. Bestimmung des Strahlungsuntergrunds wurden neu aufgenommen;
- f) die Gliederung der Norm wurde überarbeitet (z. B. wird jedem Verfahren ein eigener Abschnitt gewidmet) und die Beschreibung der Verfahren in den Haupttext der Norm überführt;
- g) die bisherigen [Anhänge A bis D](#) sind entfallen;
- h) im neuen [Anhang A](#) werden Beispiele von Auswerteverfahren gegeben.

DIN ISO 18589-5 (VDE 0493-4-5895):2020-10

Frühere Ausgaben

DIN ISO 18589-5: 2010-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, 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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	ISO/IEC Guide 98-3	–	–
EN ISO 3696	ISO 3696	DIN ISO 3696	–
EN ISO 11074	ISO 11074	DIN EN ISO 11074	–
–	ISO 11929 (alle Teile)	DIN ISO 11929 (VDE 0493-929x) (alle Teile)	VDE 0493-929x (alle Teile)
EN ISO/IEC 17025	ISO/IEC 17025	DIN EN ISO/IEC 17025	–
–	ISO 18589-1	DIN ISO 18589-1 (VDE 0493-4-5891)	VDE 0493-4-5891
EN ISO 18589-2	ISO 18589-2	DIN EN ISO 18589-2 (VDE 0493-4-5892)	VDE 0493-4-5892
EN ISO 18589-3	ISO 18589-3	DIN EN ISO 18589-3 (VDE 0493-4-5893)	VDE 0493-4-5893
–	ISO 18589-4	DIN ISO 18589-4 (VDE 0493-4-5894)	VDE 0493-4-5894
–	ISO 18589-6	DIN ISO 18589-6 (VDE 0493-4-5896)	VDE 0493-4-5896
EN ISO 18589-7	ISO 18589-7	DIN EN ISO 18589-7 (VDE 0493-4-5897)	VDE 0493-4-5897
EN ISO 19361 ^a	ISO 19361	DIN ISO 19361 (VDE 0493-361)	VDE 0493-361
–	ISO 20042	DIN ISO 20042 (VDE 0493-2042)	VDE 0493-2042
EN ISO 80000-10	ISO 80000-10	DIN EN ISO 80000-10	–
^a In Vorbereitung.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 11074, *Bodenbeschaffenheit – Wörterbuch*

DIN EN ISO 18589-2 (VDE 0493-4-5892), *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 2: Leitlinie für die Auswahl der Probenahmestrategie, Probenahme und Vorbehandlung der Proben*

DIN EN ISO 18589-3 (VDE 0493-4-5893), *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 3: Messung von Gammastrahlen emittierenden Radionukliden mittels Gammaskpektrometrie*

DIN EN ISO 18589-7 (VDE 0493-4-5897), *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 7: In-situ-Messung von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden*

DIN EN ISO 80000-10, *Größen und Einheiten – Teil 10: Atom- und Kernphysik*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

DIN ISO 3696, *Wasser für analytische Zwecke; Anforderungen und Prüfungen*

DIN ISO 11929-1 (VDE 0493-9291):2020-03, *Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Überdeckungsintervalls) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen – Teil 1: Elementare Anwendungen (ISO 11929-1:2019)*

DIN ISO 11929-2 (VDE 0493-9292):2020-03, *Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Überdeckungsintervalls) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen – Teil 2: Fortgeschrittene Anwendungen (ISO 11929-2:2019)*

DIN ISO 11929-3 (VDE 0493-9293):2020-03, *Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Überdeckungsintervalls) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen – Teil 3: Anwendung von Entfaltungstechniken (ISO 11929-3:2019)*

DIN ISO 18589-1 (VDE 0493-4-5891):2020-10, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 1: Allgemeine Leitlinien und Begriffe (ISO 18589-1:2019)*

DIN ISO 18589-4 (VDE 0493-4-5894):2020-10, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 4: Messung von Plutonium-238 und Plutonium-239 + 240 – Messverfahren mit Alphaspektrometrie (ISO 18589-4:2019)*

DIN ISO 18589-6 (VDE 0493-4-5896):2020-10, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 6: Gesamt-Alpha- und Gesamt-Betaaktivitäten – Messverfahren mit Gasdurchfluss-Proportionalzählung (ISO 18589-6:2019)*

DIN ISO 19361 (VDE 0493-361), *Nachweis der Radioaktivität – Bestimmung der Aktivität von Betastrahlern – Verfahren mit Flüssigszintillationszählung*

DIN ISO 20042 (VDE 0493-2042), *Messung der Radioaktivität – Gammastrahlung emittierende Radionuklide – Allgemeines Messverfahren mittels Gammaskpektrometrie*

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 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) 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 18589-5:2009), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen gegenüber der Vorgängerausgabe sind folgende:

- Die Einleitung wurde überarbeitet, entsprechend der für die Normen zur Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt vereinbarten gemeinsamen Einleitung.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 18589 kann auf der ISO-Internetseite abgerufen werden.

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

Jedermann ist natürlicher Strahlung ausgesetzt. Die natürlichen Strahlungsquellen sind kosmische Strahlen und in der Natur vorkommende radioaktive Stoffe, die sich in der Erdkruste, in Flora und Fauna 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 (NORM; en: naturally occurring radioactive materials) 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 Strahlenexposition, die nur einen kleinen Anteil am globalen durchschnittlichen Umfang an natürlicher Strahlenbelastung ausmacht. 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.

Strahlenexposition tritt auch im Zusammenhang mit beruflichen Aktivitäten auf. Sie belastet sowohl Berufstätige in Industrie, Gesundheitswesen und Forschung, die 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 Strahlenbelastung (siehe Literaturhinweis [1]).

Mit der zunehmenden Verwendung von Strahlung nehmen auch die möglichen gesundheitlichen Risiken und die Bedenken in der Öffentlichkeit zu. Deshalb werden all diese Tätigkeiten regelmäßig bewertet, um

- das Verständnis der globalen Werte, der zeitlichen Trends in der Bevölkerung und bei den Arbeitnehmern zu verbessern;
- die Anteile der Exposition zu bewerten und ein Maß für ihre relative Bedeutung zu ermitteln;
- neue Probleme zu erkennen, die mehr Aufmerksamkeit und Untersuchung bedürfen. Während die Strahlenexposition von Arbeitnehmern meist direkt gemessen wird, werden die Expositionen der Bevölkerung üblicherweise durch indirekte Verfahren über die Radioaktivitätsmessungen von Abfall, Abwasser und/oder Umweltproben ermittelt.

Es ist wichtig, dass die Beteiligten/Betroffenen (wie die Betreiber nuklearer Anlagen, die Aufsichtsbehörden, die örtlichen Krisenstäbe und -organisationen) geeignete Methoden und Verfahren zur repräsentativen Probenahme und zur Handhabung, Transport, Lagerung, Vorbereitung und Messung von Prüfproben vereinbaren, um sicherzustellen, dass die erhaltenen Daten aus den Radioaktivitäts-Überwachungsprogrammen ihre bestimmungsgemäße Verwendung unterstützen. Eine Abschätzung der gesamten Messunsicherheit ist ebenfalls systematisch vorzunehmen. 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 Prüflabore im Laufe der Zeit. Labore 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, die von Prüflaboren zur Messung von Radionukliden in verschiedenen Materialien angewendet werden können.

Fachgrundnormen unterstützen Labore bei der Organisation des Messverfahrens, indem sie allgemeine Anforderungen und Verfahren zur Kalibrierung der Geräte und zur Validierung der Techniken festlegen/vorgeben. Diese Normen unterstützen spezifische Normen, die Prüfverfahren beschreiben, welche vom Personal, z. B. für verschiedene Arten von Proben, durchgeführt werden. Die spezifischen Normen behandeln Prüfverfahren für:

- natürlich vorkommende 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 und ^{210}Pb), die in Materialien natürlichen Ursprungs vorgefunden oder durch technische Verarbeitungen, in denen natürlich vorkommende radioaktive Materialien vorkommen (wie Förderung und Verarbeitung von mineralischem Sand oder Produktion und Einsatz von Phosphatdünger), freigesetzt werden;
- von Menschen erzeugte Radionuklide, z. B. Transuranelemente (Americium, Plutonium, Neptunium, Curium), ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr und Gammastrahlung emittierende Radionuklide, die in Abfall, flüssigen und gasförmigen Ableitungen und in der Umweltmatrix (z. B. Wasser, Luft, Boden, Flora und Fauna), in Nahrungs- und Futtermitteln 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.

Eine belastbare Bestimmung der spezifischen Aktivität Gammastrahlung emittierender Radionuklide verschiedener Materialien ist wichtig, um die mögliche Exposition des Menschen abzuschätzen, um Übereinstimmung mit den Strahlenschutz- und Umweltschutzregelungen zu überprüfen, oder um Anleitungen zur Verminderung des Gesundheitsrisikos vorzugeben. Gammastrahlung emittierende Radionuklide werden ebenfalls als Tracer (Markierungssubstanzen) in Biologie, Medizin, Physik, Chemie und Ingenieurwissenschaften eingesetzt. Exakte Aktivitätsmessungen von Radionukliden werden ebenfalls im Heimatschutz und in Zusammenhang mit dem Nichtverbreitungsabkommen (NPT, en: Non-Proliferation Treaty) benötigt.

Dieses Dokument beschreibt die Anforderungen für die Quantifizierung der Strontium-Aktivität in Bodenproben nach sorgfältiger Probenahme, Probenbehandlung und -vorbereitung in einem Prüflabor oder vor Ort.

Dieses Dokument wird im Zusammenhang mit einem Qualitätssicherungsmanagementsystem (ISO/IEC 17025) angewendet.

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 Labor (ISO 18589-1), die Probenahmestrategie und das Verfahren zur Entnahme von Bodenproben, die Handhabung und die Vorbereitung einer Bodenprobe (ISO 18589-2). ISO 18589-3 bis ISO 18589-5 behandeln nuklidspezifische Prüfverfahren für Bodenproben zur Quantifizierung der Aktivitätskonzentration von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden (ISO 18589-3 und ISO 20042), Plutoniumisotopen (ISO 18589-4) und Strontium-90 (ISO 18589-5). ISO 18589-6 behandelt nicht-spezifische Messungen zur schnellen Quantifizierung von Gesamt-Alpha- oder Gesamt-Betaaktivitäten, und ISO 18589-7 beschreibt In-situ-Messungen von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden.

Die in ISO 18589-3 bis ISO 18589-6 beschriebenen Prüfverfahren können bei Befolgung eines ordnungsgemäßen Probenahmeverfahrens auch für die Messung der Radionuklide in Schlamm, Sediment, Baustoffen und -produkten verwendet werden.

Dieses Dokument 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 5: Strontium-90 – Messverfahren mit Proportional- oder Flüssigszintillationszählung

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren für die Messung der Aktivität von ^{90}Sr im Gleichgewicht mit ^{90}Y und von ^{89}Sr , reine Betastrahler^{N1}, in Bodenproben fest. Erläutert werden verschiedene chemische Trennverfahren für die Herstellung von Strontium- und Yttriumquellen, deren Aktivität mit Hilfe eines Proportionalzählers (PC) oder eines Flüssigszintillationszählers (LSC) bestimmt wird. ^{90}Sr kann von Prüfproben erhalten werden, wenn das radioaktive Gleichgewicht zwischen ^{90}Sr und ^{90}Y erreicht ist, oder direkt durch eine ^{90}Y -Messung. Die Auswahl des Messverfahrens hängt von der Kontaminationsquelle, den Eigenschaften des zu analysierenden Bodens, der geforderten Messgenauigkeit und der Ausstattung der verfügbaren Labore ab.

Diese Verfahren dienen der Bodenüberwachung nach früheren oder aktuellen, unbeabsichtigten oder routinemäßigen flüssigen oder gasförmigen Freisetzungen. Sie decken auch die Überwachung der durch globalen Fallout entstehenden Kontamination ab.

Im Falle eines neueren Fallouts unmittelbar nach einem nuklearen Störfall ist die Freisetzung von ^{89}Sr im Verhältnis zur Gesamtmenge der Strontium-Aktivität nicht vernachlässigbar. Diese Norm beschreibt auch ein Messverfahren zur Bestimmung der Aktivität von ^{90}Sr bei Vorhandensein von ^{89}Sr .

Die in diesem Dokument beschriebenen Prüfverfahren können ebenfalls zur Messung von Radionukliden in Klärschlamm, Sediment, Baumaterialien und -produkten, die auf geeignete Probennahmeverfahren folgen, angewendet werden.

Werden eine Probengröße von 20 g und Messzeiten von 1 000 min verwendet, können Nachweisgrenzen für ^{90}Sr von $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ bis $0,5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ mit konventionellen und kommerziell erhältlichen Proportional- und Flüssigszintillationszählern erreicht werden, wenn die Gegenwart von ^{89}Sr vernachlässigt werden kann. Ist ^{89}Sr in der Prüfprobe vorhanden, können Nachweisgrenzen von $1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ bis $2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ für beide Radionuklide, ^{90}Sr und ^{89}Sr , erreicht werden, wenn dieselbe Probengröße, Messzeit und Proportionalzähler oder Flüssigszintillationszähler wie im vorherigen Fall verwendet wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 11074, *Soil quality – Vocabulary*

ISO 11929 (alle Teile), *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the coverage interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application*

ISO 19361, *Measurement of radioactivity – Determination of beta emitters activities – Test method using liquid scintillation counting*

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

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*

^{N1} Nationale Fußnote: Mit Betastrahlern sind Radionuklide gemeint, die rein nur Betateilchen emittieren.

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)*

3 Begriffe

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 11074, **ISO 18589-1**, ISO 11929 (alle Teile) und ISO 80000-10.

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

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

3.2 Symbole

m	Masse der Prüfmenge, in Kilogramm
a_i	Aktivität je Masseneinheit des Radionuklids i , in Becquerel je Kilogramm
$A_{s,i}$	Aktivität der Kalibrierquelle von Radionuklid i zum Kalibrierzeitpunkt, in Becquerel
A_i	Aktivität der Probenquelle von Radionuklid i zum Zeitpunkt $t = 0$, in Becquerel
t_g	Probenzähldauer, in Sekunden
t_0	Untergrundzähldauer, in Sekunden
t_s	Kalibrierquellenzähldauer
r_g	Gesamtzählrate je Sekunde
r_0	Untergrundzählrate je Sekunde
r_s	Kalibrierquellenzählrate je Sekunde
$R_{c,i}$	chemische Ausbeute der Extraktion von Radionuklid i
ε_i	Zählausbeute von Radionuklid i
λ_i	Zerfallskonstante von Radionuklid i
t_d, t_f	Anfangs- und Endzeitpunkt der Messung, bezogen auf $t = 0$, in Sekunden
r_{gj}	Gesamtzählrate je Sekunde für Messung j
r_{0j}	Untergrundzählrate je Sekunde für Messung j
r_j	Nettozählrate je Sekunde für Messung j
t_j	Startzeitpunkt der Messung j , bezogen auf $t = 0$
$u(X)$	Standardunsicherheit in Verbindung mit X
U	erweiterte Unsicherheit, errechnet nach $U = k \cdot u(X)$ mit $k = 1, 2, \dots$
a_i^*	Erkennungsgrenze für Radionuklid i , in Becquerel je Masseneinheit
$a_i^\#$	Nachweisgrenze von Radionuklid i , in Becquerel je Masseneinheit
$a_i^{\triangleleft}, a_i^{\triangleright}$	untere bzw. obere Grenze des Vertrauensintervalls von Radionuklid i , in Becquerel je Masseneinheit

4 Kurzbeschreibung

4.1 Allgemeines

^{90}Sr , ^{90}Y und ^{89}Sr können aus Sicht des Nachweises als reine Betateilchen emittierende Radionuklide betrachtet werden. Ihre Betaemissionsenergien und Halbwertszeiten sind in Tabelle 1 angegeben [2], [3].

Tabelle 1 – Durchschnittliche Betaemissionsenergien und Halbwertszeiten von ^{90}Sr , ^{90}Y und ^{89}Sr

	^{90}Sr	^{90}Y	^{89}Sr
Betaenergie	196 keV	926,7 keV	584,6 keV
Halbwertszeit	28,8 Jahre	2,67 Tage	50,6 Tage

^{89}Sr und ^{90}Sr können direkt gemessen werden. ^{90}Sr kann über die Messung seines Tochterprodukts ^{90}Y ermittelt werden. Alle Messungen basieren auf einer chemischen Trennung, gefolgt von einer Betazählung des Elements unter Verwendung eines Proportionalzählers (PC) oder eines Flüssigszintillationszählers (LSC) (siehe Tabelle 2).

In einem vorherigen Schritt wird Strontium aus einer Bodenprüfprobe mittels der Säuremethode abgetrennt und befindet sich in der Aufschlusslösung. Der Tracer oder der Träger wird am Beginn dieses Schrittes des Verfahrens hinzugefügt und, wenn es die Zeit erlaubt, gewöhnlich bis zu einem Tag abgewartet, bis man das Gleichgewicht vor dem Beginn des Strontium-Aufschlusses erhält.

Ein Strontium-Trennverfahren für Bodenproben ist in Abschnitt 6 beschrieben.

4.2 Chemische Trennung

Nach dem Aufschluss der Bodenprobe muss das Strontium durch Ausfällen oder durch chromatographische Abtrennung über ein spezifisches Harz, z. B. Kronen-Ether-Harz, aus der Aufschlusslösung isoliert werden. Yttrium kann durch Ausfällen oder Flüssig-Flüssig-Extraktion isoliert werden.

Der Trennschritt sollte zu der höchstmöglichen Menge an reinem Element führen. Das gewählte Verfahren muss deshalb selektiv sein und eine hohe radiochemische Ausbeute liefern. Da Radioisotope von Thorium, Blei und Wismut mit hoher Aktivität im Boden vorkommen, müssen sie eliminiert werden, weil sie im Messschritt die Erkennung der Emission von ^{90}Sr , ^{90}Y oder ^{89}Sr stören können. Weitere Bodenbestandteile, die sich störend auswirken können, wie z. B. Erdalkalielemente, Calcium für Strontium, Transuran- und Lanthanidelemente für Yttrium, müssen ebenfalls eliminiert werden, da sie die chemische Ausbeute der Extraktion verringern.

Die Ausbeute der radiochemischen Trennung wird mit Hilfe eines Trägers, wie z. B. stabiles Sr oder Y, oder mit einem radioaktiven Tracer wie ^{85}Sr ermittelt. Empfohlen wird die Methode der Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) oder der Atomemissionsspektroskopie (ICP-AES) oder Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) zur Messung des inaktiven Trägers und die Gammaspektrometrie zur Messung des ^{85}Sr . Die Träger lassen sich auch mit gravimetrischen Verfahren bestimmen, doch können in den Auslauglösungen enthaltene inaktive Elemente, im Wesentlichen Erdalkalielemente, eine zu hohe radiochemische Ausbeute vortäuschen, was insbesondere für die Strontiummessung zutrifft.

Wenn stabiles Strontium als Träger hinzugegeben wird, muss dessen ursprüngliche Konzentration vor der Zugabe des Trägers in der Prüfprobe bekannt sein, um die Berechnung einer zu hohen Ausbeute der radiochemischen Trennung zu vermeiden.

Die drei gebräuchlichen Techniken für die chemische Trennung sind: Fällung, Flüssig-Flüssig Extraktion und chromatographische Trennung unter Verwendung von selektivem Kronen-Ether Harz [4], [5], [6]. In den Abschnitten 7, 8 und 9 ist für jeden dieser Techniken ein Verfahren beschrieben.