

DIN EN ISO 13165-3



ICS 13.060.60; 17.240

Entwurf

Einsprüche bis 2023-05-10
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 13165-3:2020-12

**Wasserbeschaffenheit –
Radium-226 –
Teil 3: Verfahren mittels Kopräzipitation und Gammaskpektrometrie
(ISO/DIS 13165-3:2023);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 13165-3:2023**

Water quality –
Radium-226 –
Part 3: Test method using coprecipitation and gamma-spectrometry
(ISO/DIS 13165-3:2023);
German and English version prEN ISO 13165-3:2023

Qualité de l'eau –
Radium 226 –
Partie 3: Méthode d'essai par coprécipitation et spectrométrie gamma
(ISO/DIS 13165-3:2023);
Version allemande et anglaise prEN ISO 13165-3:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-03-10 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 naw@din.de 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 den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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 45 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13165-3:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 147 „Water quality“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 230 „Wasseranalytik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 119-01-03-08 UA „Radioaktivitätsmessung im Wasser“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

DIN EN ISO 13165 besteht unter dem allgemeinen Titel *Wasserbeschaffenheit — Radium-226* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Verfahren mit dem Flüssigszintillationszähler
- Teil 2: Verfahren mittels Emanometrie
- Teil 3: Verfahren mittels Kopräzipitation und Gammaskpektrometrie

Es ist erforderlich, bei den Untersuchungen nach dieser Norm Fachleute oder Facheinrichtungen einzuschalten und bestehende Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Bei Anwendung der Norm ist im Einzelfall je nach Aufgabenstellung zu prüfen, ob und inwieweit die Festlegung von zusätzlichen Randbedingungen erforderlich ist.

Die vorliegende Norm enthält das vom DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) und von der Wasserchemischen Gesellschaft — Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) — gemeinsam erarbeitete Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung: Verfahren mittels Kopräzipitation und Gammaskpektrometrie (C 27).

Bezeichnung des Verfahrens:

Radium-226 — Verfahren mittels Kopräzipitation und Gammaskpektrometrie (C 27):

Verfahren DIN EN ISO 13165-3-C 27

Die als DIN-Normen veröffentlichten Deutschen Einheitsverfahren sind bei der Beuth Verlag GmbH einzeln oder zusammengefasst erhältlich. Außerdem werden die genormten Deutschen Einheitsverfahren in der Loseblattsammlung „Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung“ gemeinsam von der Beuth Verlag GmbH und der Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA publiziert.

Normen oder Norm-Entwürfe mit dem Gruppentitel „*Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung*“ sind in folgende Gebiete (Haupttitel) aufgeteilt:

Allgemeine Angaben (Gruppe A)

Sensorische Verfahren (Gruppe B)

Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C)

Anionen (Gruppe D)

Kationen (Gruppe E)

Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F)

Gasförmige Bestandteile (Gruppe G)

Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H)

Mikrobiologische Verfahren (Gruppe K)

Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L)

Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M)

Einzelkomponenten (Gruppe P)

Schlamm und Sedimente (Gruppe S)

Suborganismische Testverfahren (Gruppe T)

Über die bisher erschienenen Teile dieser Normen gibt die Geschäftsstelle des Normenausschusses Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Telefon 030 2601–2448, oder die Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, Auskunft.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 5667-3	siehe	DIN EN ISO 5667-3
ISO 10703	siehe	DIN EN ISO 10703
ISO 11665-1	siehe	DIN EN ISO 11665-1 (VDE 0493-1-6651)
ISO 11665-5	siehe	DIN EN ISO 11665-5 (VDE 0493-1-6655)
ISO 11929 (alle Teile)	siehe	DIN EN ISO 11929 (alle Teile)
		DIN ISO 11929 (alle Teile)
ISO 18589-3	siehe	DIN EN ISO 18589-3 (VDE 0493-4-5893)
ISO 20042	siehe	DIN EN ISO 20042
ISO 80000-10	siehe	DIN EN ISO 80000-10
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 13165-3:2020-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) vollständige Überarbeitung der Einleitung;
- b) das Prinzip der Messung (Abschnitt 5) wurde erweitert;
- c) die Geräteüberprüfung (ehemals Unterabschnitt 9.3) wurde gestrichen;
- d) Formeln für die Erfassungsintervalle nach der Normenreihe ISO 11929 wurden aktualisiert;
- e) Anforderungen an den Prüfbericht wurden aktualisiert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5667-3, *Wasserbeschaffenheit — Probenahme — Teil 3: Konservierung und Handhabung von Wasserproben*

DIN EN ISO 10703, *Wasserbeschaffenheit — Gammastrahlung emittierende Radionuklide — Verfahren mittels hochauflösender Gammaskpektrometrie*

DIN EN ISO 11665-1 (VDE 0493-1-6651), *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt — Luft: Radon-222 — Teil 1: Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte: Quellen und Messverfahren*

DIN EN ISO 11665-5 (VDE 0493-1-6655), *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt — Luft: Radon-222 — Teil 5: Kontinuierliches Messverfahren für die Aktivitätskonzentration*

DIN EN ISO 11929 (alle Teile), *Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Überdeckungsintervalls) bei Messungen ionisierender Strahlung — Grundlagen und Anwendungen*

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 20042, *Bestimmung der Radioaktivität — Gammastrahlung emittierende Radionuklide — Allgemeines Messverfahren mittels Gammaskpektrometrie*

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 11929 (alle Teile), *Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung — Grundlagen und Anwendungen*

**Wasserbeschaffenheit – Radium-226 – Teil 3: Verfahren mittels Kopräzipitation und
Gammaskpektrometrie (ISO/DIS 13165-3:2023)**

Water quality – Radium-226 – Part 3: Test method using coprecipitation and gamma-spectrometry
(ISO/DIS 13165-3:2023)

Qualité de l'eau – Radium 226 – Partie 3: Méthode d'essai par coprécipitation et spectrométrie gamma
(ISO/DIS 13165-3:2023)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole	9
5 Grundlage der Messung	10
6 Reagenzien und Geräte	10
6.1 Reagenzien	10
6.2 Geräte	11
7 Probenahme	11
7.1 Probenabfüllung	11
7.2 Transport und Lagerung der Probe	11
8 Abläufe	12
8.1 Vorbereitung der Blindprobe	12
8.2 Probenvorbereitung	12
8.3 Zählverfahren	12
9 Qualitätssicherungs- und Qualitätskontrollprogramm	13
9.1 Allgemeines	13
9.2 Einflussgrößen	13
9.3 Überprüfung des Verfahrens	13
9.4 Nachweis der Eignung der analysierenden Person	14
10 Angabe der Ergebnisse	14
10.1 Allgemeines	14
10.2 Aktivitätskonzentration von wasserlöslichem ^{226}Ra	14
10.3 Standardunsicherheit der Aktivitätskonzentration	14
10.4 Erkennungsgrenze	15
10.5 Nachweisgrenze	15
10.6 Grenzen des Überdeckungsintervalls	15
10.6.1 Grenzen des probabilistisch symmetrischen Überdeckungsintervalls	15
10.6.2 Das kürzeste Überdeckungsintervall	16
10.7 Korrekturen der Einwirkungen von anderen Radionukliden und des Nulleffekts	16
10.7.1 Allgemeines	16
10.7.2 Einwirkung von anderen Radionukliden	17
10.7.3 Einwirkungen vom Nulleffekt	17
11 Angabe der Ergebnisse	18
Anhang A (informativ) Uran, Thorium und Neptunium und deren Zerfallsreihen	20
Literaturhinweise	22

Bilder

Bild A.1 — Uran 235 und seine Zerfallsreihe [17]	20
Bild A.2 — Uran 238 und seine Zerfallsreihe [17]	20
Bild A.3 — Thorium 232 und seine Zerfallsreihe [17]	21
Bild A.4 — Neptunium 237 und seine Zerfallsreihe [17]	21

Tabellen

Tabelle 1 — Symbolverzeichnis	9
--	----------

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13165-3:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 147 Water quality“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 230 „Wasseranalytik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 13165-3:2020 ersetzen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 13165-3:2023 wurde von CEN als prEN ISO 13165-3:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO 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 Normungsthemen 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-Directives, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Directives, 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 erhaltenen 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, en: World Trade Organization) 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 147, *Water quality*, Unterkomitee SC 3, *Radioactivity measurements*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 13165-3:2016), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- komplette Überarbeitung der Einleitung;
- Ausweitung des Messprinzips (Abschnitt 5);
- Löschen der Geräteprüfung (ehemals 9.3);
- Anpassung der Formeln für das Überdeckungsintervall nach der Normenreihe ISO 11929;
- Anpassung der Anforderungen an den Prüfbericht.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 13165 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

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

Radioaktivität aus natürlich vorkommenden und anthropogenen Quellen ist in der gesamten Umwelt vorhanden. Daher können Wasserkörper (Oberflächengewässer, Grundwässer, Meerwasser) Radionuklide aus natürlichen und anthropogenen Quellen enthalten:

- natürliche Radionuklide, einschließlich ^{40}K , ^3H , ^{14}C , und solche aus der Thorium- und Uran-Zerfallsreihe (Anhang A), insbesondere ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{234}U , ^{238}U , und ^{210}Pb , können in Wässern aufgrund natürlicher Ursachen auftreten (z. B. Desorption aus Böden und Auswaschung durch Regenwasser) oder Freisetzungen durch technologische Prozesse unter Verwendung von natürlich auftretenden radioaktiven Materialien (z. B. Abbau und Aufbereitung von Mineralsanden oder Produktion und Anwendung von Phosphat-Düngern);
- anthropogene Radionuklide, wie Elemente der Transurane (Americium, Plutonium, Neptunium, Curium), ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr und gamma-strahlende Radionuklide, können ebenfalls in natürlichen Wässern vorkommen. Geringe Mengen dieser Radionuklide werden durch den nuklearen Brennstoffzyklus als Ergebnis genehmigter betrieblicher Freisetzungen in die Umwelt freigesetzt. Radionuklide, die für medizinische und industrielle Anwendung verwendet werden, werden auch nach der Verwendung in die Umwelt [1] freigesetzt. Anthropogene Radionuklide werden im Wasser auch als Ergebnis von Kontaminationen durch Fallouts aus der Explosion von Nuklearwaffen in der Atmosphäre und Störfällen, wie solchen, die in Tschernobyl und Fukushima erfolgt waren, gefunden.

Die Aktivitätskonzentration von Radionukliden kann in Gewässern, abhängig von lokalen geologischen Eigenschaften und klimatischen Bedingungen, variieren und kann sowohl räumlich wie auch zeitlich durch Ableitungen aus nuklearen Anlagen während geplanten, bestehenden und durch Notfälle entstehenden Expositionssituationen angereichert werden [2][3]. Daher kann Trinkwasser [4] Radionuklide in Aktivitätskonzentrationen enthalten, die für den Menschen ein Gesundheitsrisiko darstellen.

Radionuklide in Abwässern werden üblicherweise geprüft bevor sie in die Umwelt freigesetzt werden. Gewässer und Trinkwässer werden, wie von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlen, auf ihren Gehalt an Radionukliden überwacht, um Maßnahmen treffen zu können, die sicherstellen, dass es keine gesundheitsschädigende Effekte für die Öffentlichkeit gibt. Um diese internationalen Vorgaben einzuhalten, legen nationale Regelwerke für gewöhnlich die genehmigten Konzentrationsgrenzwerte fest, die in die Umwelt abgegeben werden dürfen und geben Richtwerte für geplante, bestehende und durch Notfälle entstehende Expositionssituationen in Gewässern und Trinkwässern an. Die Einhaltung dieser Grenzwerte kann geprüft werden, indem Messergebnisse mit ihren dazugehörigen Messunsicherheiten verwendet werden, wie sie in ISO/IEC Guide 98-3 [5] and ISO 5667-20 [6] festgelegt sind.

Die ^{226}Ra -Aktivitätskonzentration kann aufgrund nach örtlichen geologischen und klimatischen Eigenschaften sehr unterschiedlich sein und zwischen $0,001 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ in Oberflächengewässern bis zu $50 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ in natürlichen Grundwässern schwanken. Abhängig von der Expositionssituation, gibt es unterschiedliche Grenz- und Richtwerte, die zum Handeln zwingen, um Gesundheitsrisiken zu minimieren. Die WHO empfiehlt für ^{226}Ra in Trinkwasser einen Richtwert von $1 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ [2].

ANMERKUNG Der Richtwert ist die Aktivitätskonzentration (auf die nächste Größenordnung gerundet), die mit der Aufnahme von $2 \text{ l} \cdot \text{d}^{-1}$ Trinkwasser über eine Zeitspanne von einem Jahr auftritt und zu einer effektiven Dosis von $0,1 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ bei Erwachsenen führt. Dies ist eine effektive Dosis, die nicht Anlass zu nachweisbaren negativen gesundheitlichen Wirkungen gibt [4].

Diese Prüfmethode darf für Wasserprobe verwendet werden, nach sachgemäßer Probenahme, Probenumgang und Probenvorbereitung (siehe entsprechende Teile der Normenreihe ISO 5667 [5]).

Dieses Dokument wurde entwickelt um den Bedarf von Laboren zu entsprechen, die diese Messungen die manchmal von den nationalen Behörden gefordert sind, durchführen, die sie gegebenenfalls eine spezielle Akkreditierung für Radionuklidanalytik im Trinkwasser benötigen.

Dieses Dokument gehört zu einer Reihe von Normen zur Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in Wasserproben.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 13165 legt die Bestimmung der Aktivitätskonzentration von Radium-226 (^{226}Ra) in allen Arten von Wasser durch Mitfällung und anschließende Gammaskpektrometrie fest (siehe ISO 18589-3 [7]).

Das beschriebene Verfahren eignet sich zur Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen von löslichem ^{226}Ra von mehr als $0,02 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ bei einem Probenvolumen von 1 l bis 100 l eines beliebigen Wassertyps.

Für Wasserproben mit einem Volumen von weniger als 1 l kann eine direkte Gammaskpektrometrie nach ISO 10703 mit einer höheren Nachweisgrenze durchgeführt werden.

ANMERKUNG Dieses Prüfverfahren kann angepasst werden, um andere natürlich vorkommenden Radiumisotope, wie ^{223}Ra , ^{224}Ra und ^{228}Ra , zu bestimmen, sofern deren Aufwuchszeiten berücksichtigt werden.

WARNUNG — Anwender dieses Dokuments sollten mit der üblichen Laborpraxis vertraut sein. Dieses Dokument gibt nicht vor, alle unter Umständen mit der Anwendung des Verfahrens verbundenen Sicherheitsaspekte anzusprechen. Es liegt in der Verantwortung des Arbeitgebers, angemessene Sicherheits- und Schutzmaßnahmen zu treffen und sicherzustellen, dass diese mit nationalen Festlegungen übereinstimmen.

WICHTIG — Es ist erforderlich, bei Untersuchungen nach diesem Dokument entsprechend qualifizierte Mitarbeiter einzuschalten.

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 5667-3, *Water quality — Sampling — Part 3: Preservation and handling of water samples*

ISO 10703, *Water quality — Determination of the activity concentration of radionuclides — Method by high resolution gamma-ray spectrometry*

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

ISO 12749 (alle Teile), *Nuclear energy — Vocabulary*

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

ISO 80000-10, *Quantities and units — Part 10: Atomic and nuclear physics*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 12749 und ISO 80000-10 und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

Aktivität

Anzahl spontaner Kernzerfälle, die in einer bestimmten Materialmenge während eines angemessen kleinen Zeitintervalls, geteilt durch dieses Zeitintervall, auftreten

3.2

Bezugsnormal

an einem bestimmten Ort oder bei einer bestimmten Organisation verfügbares Normal, im Allgemeinen von der höchsten metrologischen Qualität, aus der die dort durchgeführten Messungen abgeleitet werden

3.3

Gebrauchsnormal

Normal, das in der Regel gegen ein *Bezugsnormal* (3.2) kalibriert wird und routinemäßig zur Kalibrierung oder Überprüfung von Materialmaßen, Messinstrumenten oder Referenzmaterialien verwendet wird. Es kann als Lösung mit bekannter *Aktivität* (3.1) verwendet werden, die durch genaues Verdünnen oder Lösen eines Bezugsnormals erhalten wird

4 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

Tabelle 1 — Symbolverzeichnis

V	Volumen der Analysenprobe	l
A	Aktivität eines Radionuklids in der Kalibrierprobe, zur Kalibrierungszeit	Bq
c_A	Aktivitätskonzentration von ^{226}Ra , ohne und mit Korrekturen	$\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$
M_{sulfate}	Masse des Bariumsulfats	g
M_{nitrate}	Masse des Bariumnitrats	g
$M_{\text{carbonate}}$	Masse des Bariumcarbonats	g
t_g	Messdauer des Probenspektrums	s
t_0	Messdauer des Nulleffektspektrums, in Sekunden	s
$n_{N,E}, n_{N0,E}$	Impulsanzahl in der Nettofläche des betrachteten Peaks, bei der Energie E, im Probenspektrum, im Nulleffektspektrum bzw. im Kalibrierspektrum	
$n_{g,E}, n_{g0,E}$	Impulsanzahl in der Bruttofläche des betrachteten Peaks, bei der Energie E, im Probenspektrum, im Nulleffektspektrum bzw. im Kalibrierspektrum	
$n_{b,E}, n_{b0,E}$	Impulsanzahl im Untergrund des betrachteten Peaks, bei der Energie E, im Probenspektrum, im Nulleffektspektrum bzw. im Kalibrierspektrum	
ε_E	Effizienz des Detektors bei der Energie E und bei der tatsächlichen Messgeometrie	
f_E	Korrekturfaktor, der alle notwendigen Korrekturen berücksichtigt	
R_C	chemische Ausbeute	
P_E	Wahrscheinlichkeit der Emission eines Gammastrahls bei der Energie E je Zerfall jedes Radionuklids, d. h. des Verzweigungsverhältnisses oder der Anzahl von γ Quanten je Zerfall	
λ	Zerfallskonstante des jeweiligen Radionuklids	s^{-1}
$u(c_A)$	Standardunsicherheit der Aktivitätskonzentration	$\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$
U	erweiterte Messunsicherheit mit $k = 2$	$\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$
c_A^*	Erkennungsgrenze	$\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$

Tabelle 1 (fortgesetzt)

$c_A^\#$	Nachweisgrenze	$\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$
$c_A^<, c_A^>$	untere und obere Grenze des probabilistischen symmetrischen Überdeckungsintervalls jedes Radionuklids	$\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$
$c_A^{<}, c_A^{>}$	untere und obere Grenze des kürzesten Überdeckungsintervalls	$\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$

5 Grundlage der Messung

Die Messung der ^{226}Ra -Aktivitätskonzentration in Wasser erfolgt in zwei getrennten Schritten: einem Proben-vorbereitungsschritt, gefolgt von einer Messung durch Gammastrahlungsspektrometrie [8][9].

Nach der Filtration und Ansäuerung der Wasserprobe (siehe ISO 5667-3), um die Messung der Aktivitätskonzentration der löslichen ^{226}Ra -Fraktion sicherzustellen, wird ^{226}Ra unter Verwendung eines Bariumträgers als sein Sulfatsalz gefällt. Die Radium- und Bariumsulfate werden dann gewaschen, getrocknet und gewogen. Die chemische Ausbeute erfolgt gravimetrisch.

Für Wasserproben, bei denen möglicherweise eine Konzentration an löslichem Barium vorliegt, sollte ein anderer Tracer verwendet werden, um eine chemische Ausbeute über 100 % zu vermeiden.

Wenn ein radiometrischer Tracer wie ^{133}Ba als interner Standard zur Beurteilung der Ausbeute verwendet wird, wird diese Ausbeute anstelle von R_C in den Gleichungen (2) und Gleichungen (4) verwendet.

Die ^{226}Ra -Aktivitätskonzentration des Niederschlags wird durch Gammastrahlungsspektrometrie unter Verwendung eines hochreinen Germaniumdetektors mit geringem System-Nulleffekt gemessen.

Ein sekuläres Gleichgewicht zwischen Radon und seinen Zerfallsprodukten ist Voraussetzung wenn ^{226}Ra mithilfe von ^{214}Bi und ^{214}Pb gemessen werden soll. Das Gleichgewicht wird vier Wochen nach dem letzten Mitfällungsschritt erreicht. Der Gleichgewichtszustand erfordert ein Probengefäß, das luftdicht ist.

Vorhandene andere Gammastrahler wie ^{235}U im Niederschlag können die Quantifizierung der ^{226}Ra -Aktivität beeinträchtigen.

ANMERKUNG Da die in dieser Prüfmethode beschriebene Kopräzipitation nicht zwischen bestimmten Radiumisotopen unterscheidet, kann sie zur Bestimmung anderer natürlich vorkommender Radiumisotope, wie ^{223}Ra , ^{224}Ra und ^{228}Ra , angepasst werden, wenn die jeweiligen Aufwuchszeiten berücksichtigt werden. Bei diesem Verfahren erlaubt die Gleichgewichtseinstellungsdauer von 4 Wochen jedoch nicht die Bestimmung von ^{223}Ra , ^{224}Ra oder ^{228}Ra .

6 Reagenzien und Geräte

6.1 Reagenzien

Falls nicht anders festgelegt, werden nur analysenreine Reagenzien und destilliertes Wasser oder demineralisiertes Wasser bzw. Wasser von gleicher Reinheit und ohne unerwünschte Radioaktivität verwendet (ISO 3696) [10].

6.1.1 Konzentrierte Salpetersäurelösung (HNO_3), $14,5 - 15,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$.

6.1.2 Salpetersäurelösung (HNO_3), auf $0,4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ verdünnt.

6.1.3 Salpetersäurelösung (HNO_3), auf $3,2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ verdünnt.

6.1.4 Trägerlösung, $10,0 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{Ba}^{2+}$.