

DIN EN ISO 13164-1



ICS 13.060.60; 17.240

Einsprüche bis 2019-10-30

Entwurf**Wasserbeschaffenheit –****Radon 222 –****Teil 1: Grundlagen (ISO 13164-1:2013);****Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 13164-1:2019**

Water quality –

Radon-222 –

Part 1: General principles (ISO 13164-1:2013);

German and English version prEN ISO 13164-1:2019

Qualité de l'eau –

Radon 222 –

Partie 1: Principes généraux (ISO 13164-1:2013);

Version allemande et anglaise prEN ISO 13164-1:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-08-30 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, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 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 67 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 13164-1:2013 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 147 „Water quality“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 13164-1:2019 durch das Technische Komitee CEN/TC 230 „Wasseranalytik“ übernommen, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche 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 13164 besteht unter dem allgemeinen Titel *Wasserbeschaffenheit — Radon-222* aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Grundlagen*
- *Teil 2: Verfahren mittels Gammaskpektrometrie*
- *Teil 3: Verfahren mittels Emanometrie*
- *Teil 4: Verfahren mittels zweistufiger Flüssigszintillationszählung*

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

IEC 61577 (all parts)	siehe DIN IEC 61577 (alle Teile)
ISO 5667-1	siehe DIN EN ISO 5667-1
ISO 5667-3	siehe DIN EN ISO 5667-3
ISO 6107-1:2004	siehe DIN ISO 6107-1:2017-11
ISO 6107-2:2006	siehe DIN ISO 6107-2:2017-11
ISO 10703	siehe DIN EN ISO 10703
ISO 11665-5	siehe DIN EN ISO 11665-5
ISO 11665-6	siehe DIN EN ISO 11665-6
ISO 11929	siehe DIN ISO 11929
ISO 13164-2	siehe DIN EN ISO 13164-2
ISO 13164-3	siehe DIN EN ISO 13164-3
ISO/IEC 17025	siehe DIN EN ISO/IEC 17025
ISO 80000-10	siehe DIN EN ISO 80000-10

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN IEC 61577 (alle Teile), *Strahlenschutz-Messgeräte — Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten*

DIN EN ISO 5667-1, *Wasserbeschaffenheit — Probenahme — Teil 1: Anleitung zur Erstellung von Probenahmeprogrammen und Probenahmetechniken*

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

DIN EN ISO 10703, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der Aktivitätskonzentration von Radionukliden — Verfahren mittels hochauflösender Gammaskpektrometrie*

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

DIN EN ISO 11665-6, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt — Luft: Radon-222 — Teil 6: Punktmessverfahren für die Aktivitätskonzentration*

DIN EN ISO 13164-2, *Wasserbeschaffenheit — Radon-222 — Teil 2: Verfahren mittels Gammaskpektrometrie*

DIN EN ISO 13164-3, *Wasserbeschaffenheit — Radon-222 — Teil 3: Verfahren mittels Emanometrie*

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

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

DIN ISO 6107-1:2017-11, *Wasserbeschaffenheit — Wörterbuch — Teil 1*

DIN ISO 6107-2:2017-11, *Wasserbeschaffenheit — Wörterbuch — Teil 2*

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

— Leerseite —

Wasserbeschaffenheit — Radon 222 — Teil 1: Grundlagen (ISO 13164-1:2013)

Qualité de l'eau — Radon 222 — Partie 1 : Principes généraux (ISO 13164-1:2013)

Water quality — Radon-222 — Part 1: General principles (ISO 13164-1:2013)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	3
Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole und Abkürzungen	11
4 Kurzbeschreibung des Messverfahrens.....	11
5 Probenahme.....	12
6 Transport und Lagerung.....	13
7 Vorbereitung der Analysenprobe	16
7.1 Entgasungstechniken.....	16
7.2 Permeationsverfahren	16
7.3 Flüssig-Extraktionsverfahren	16
8 Nachweisverfahren.....	16
8.1 Gammaskpektrometrie.....	16
8.2 Silber-aktivierte Zinksulfid-ZnS(Ag)-Szintillation	17
8.3 Luftionisation	17
8.4 Halbleiter (Alphadetektor)	17
8.5 Flüssigszintillation.....	17
9 Messverfahren.....	17
9.1 Allgemeines.....	17
9.2 Gammaskpektroskopisches Verfahren	17
9.3 Emanometrisches Verfahren.....	18
9.4 Flüssigszintillationszählverfahren (LSC)	20
9.5 Permeationsverfahren	20
10 Kalibrierung.....	20
11 Qualitätssicherungs- und Qualitätskontrollprogramm.....	20
11.1 Allgemeines.....	20
11.2 Einflussgrößen.....	20
11.3 Überprüfung der Geräte.....	21
11.4 Überprüfung des Verfahrens.....	21
11.5 Nachweis der Eignung der analysierenden Person.....	21
12 Angabe der Ergebnisse	21
13 Analysenbericht.....	21
Anhang A (informativ) Radon und seine Zerfallsprodukte in Wasser	23
Anhang B (informativ) Beispiele für Datensatzformulare	27
Literaturhinweise	31

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 13164-1:2013 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 147 „Water quality“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 13164-1:2019 durch das Technische Komitee CEN/TC 230 „Wasseranalytik“ übernommen, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 13164-1:2013 wurde von CEN als prEN ISO 13164-1:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 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. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten 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 erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 147, *Water quality*, Unterkomitee SC 3, *Radioactivity measurements*.

ISO 13164 besteht unter dem allgemeinen Titel *Water quality — Radon-222 aus den folgenden Teilen*:

- *Part 1: General principles*
- *Part 2: Test method using gamma-ray spectrometry*
- *Part 3: Test method using emanometry*

The following part is under preparation:

- *Part 4: Test method using two-phase liquid scintillation counting*

Diese korrigierte Version der ISO 13164-1:2013 enthält folgende Korrekturen:

- Tabelle 2: Die Häkchen, die in den letzten beiden Spalten falsch ausgedruckt wurden, werden jetzt als X dargestellt. Das X aus den Zellen „Gammaspektrometrie — vor Ort“ und „Flüssigszintillation — vor Ort“ wurde jeweils entfernt.
- Anhang B: Die Beispiele für Datensatzformulare für B.2 und B.3 wurden umgekehrt. Sie sind jetzt an den richtigen Stellen.

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 Kalium-40, und solche aus der Thorium- und Uran-Zerfallsreihe, insbesondere Radium-226, Radium-228, Uran-234, Uran-238, Blei-210, 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), Tritium, Kohlenstoff-14, Strontium-90 und gammastrahlende Radionuklide, können ebenfalls in natürlichen Wässern vorkommen, da sie routinemäßig in geringen Mengen im Abwasser aus Einrichtungen des Kernbrennstoffkreislaufs in die Umwelt und nach deren Verwendung in unverschlossener Form in der Medizin oder Industrie freigesetzt werden dürfen. Sie sind auch im Wasser zu finden, was auf den radioaktiven Niederschlag zurückzuführen ist, der durch die Explosion von Nuklearwaffen in der Atmosphäre und die Störfälle in Tschernobyl und Fukushima entstanden ist.

Trinkwasser kann daher Radionuklide in Aktivitätskonzentration enthalten, die ein Risiko für die menschliche Gesundheit darstellen könnten. Um die Beschaffenheit von Trinkwasser (einschließlich Mineralwässer und Quellwässer) hinsichtlich seines Gehalts an Radionukliden zu beurteilen und einen Leitfaden zur Minderung der Gesundheitsrisiken durch Maßnahmen zur Reduktion der Radionuklidkonzentrationen geben zu können, werden Wasserressourcen (Grundwasser, Fluss-, See-, Meerwasser usw.) und Trinkwasser auf ihren Gehalt an Radioaktivität überwacht, wie von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlen.

Standardprüfverfahren für Radon-222-Aktivitätskonzentrationen in Wasserproben werden von Prüflaboren benötigt, die solche Messungen zur Erfüllung der Anforderungen der nationalen Behörden durchführen. Labore müssen möglicherweise eine besondere Akkreditierung für die Messung von Radionukliden in Trinkwasserproben erlangen.

Die Radonaktivitätskonzentration im Oberflächenwasser ist sehr niedrig, in der Regel unter 1 Bq l^{-1} . Im Grundwasser variiert die Aktivitätskonzentration von 1 Bq l^{-1} bis 50 Bq l^{-1} in Sedimentgesteinsgrundwasserleitern, von 10 Bq l^{-1} bis 300 Bq l^{-1} in Brunnen und von 100 Bq l^{-1} bis $1\,000 \text{ Bq l}^{-1}$ in kristallinen Gesteinen. Die höchsten Aktivitätskonzentrationen werden üblicherweise in Gesteinen mit hoher Urankonzentration gemessen (Literaturhinweis [30]).

Es wurden große Unterschiede in den Aktivitätskonzentrationen von Radon in Grundwasserleitern beobachtet. Selbst in einer Region mit relativ einheitlichen Gesteinsarten kann ein Teil des Brunnenwassers eine Radonaktivitätskonzentration aufweisen, die weit über dem Durchschnittswert derselben Region liegt. Es wurden auch erhebliche saisonale Schwankungen aufgezeichnet (siehe Anhang A).

Wasser kann chemische Substanzen lösen, wenn es von der Bodenoberfläche zu einem Grundwasserleiter oder Quellwasser gelangt. Das Wasser kann durch Gesteine gelangen oder einige Zeit lang in diesen verbleiben, von denen einige Formationen eine hohe Konzentration natürlicher Radionuklide enthalten können. Unter günstigen geochemischen Bedingungen kann das Wasser einige dieser natürlichen Radionuklide selektiv lösen.

Die Leitlinien der WHO zu Radon in der Trinkwasserversorgung aus dem Jahr 2008 schlagen vor, dass Kontrollen durchgeführt werden sollten, wenn die Radonkonzentration von Trinkwasser für die öffentliche Wasserversorgung 100 Bq l^{-1} überschreitet. Es wird auch empfohlen, dass jede neue, insbesondere öffentliche Trinkwasserversorgung mit Grundwasser geprüft werden sollte, bevor sie für den allgemeinen Verbrauch verwendet wird. Wenn die Radonkonzentration 100 Bq l^{-1} überschreitet, sollte eine Aufbereitung der Wasserquelle durchgeführt werden, um die Radonwerte deutlich unter diesen Wert zu senken (Literaturhinweis [41]).

Diese Internationale Norm gehört zu einer Reihe von Internationalen Normen für die Messung von Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in Wasserproben.

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 Anwenders, angemessene Sicherheits- und Schutzmaßnahmen zu treffen und sicherzustellen, dass diese mit nationalen Festlegungen übereinstimmen.

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

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 13164 enthält allgemeine Leitlinien für die Probenahme, Verpackung und den Transport von Wasserproben aller Art zur Messung der Aktivitätskonzentration von Radon-222.

Die Prüfverfahren gliedern sich in zwei Kategorien:

- a) direkte Messung der Wasserprobe ohne Phasenübergang (siehe ISO 13164-2);
- b) indirekte Messung durch Übertragung des Radon-222 von der wässrigen Phase in eine andere Phase (siehe ISO 13164-3).

Die Prüfverfahren können entweder im Labor oder vor Ort angewendet werden.

Das Labor ist dafür verantwortlich, die Eignung dieses Prüfverfahrens für die zu prüfenden Wasserproben sicherzustellen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 5667-1, *Water quality — Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques*

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 13164-2, *Water quality — Radon-222 — Part 2: Test method using gamma-ray spectrometry*

ISO 13164-3, *Water quality — Radon-222 — Part 3: Test method using emanometry*

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, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

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

3.1.1

Aktivität

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

[QUELLE: ISO 921:1997,[1] 23]

3.1.2

Aktivitätskonzentration im Wasser

Aktivität je Wasservolumen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Aktivitätskonzentration im Wasser wird in Becquerel je Liter angegeben.

3.1.3

Aktivitätskonzentration in der Luft

Aktivität je Luftvolumen nach der Entgasungsphase

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Aktivitätskonzentration in der Luft wird in Becquerel je Kubikmeter angegeben.

3.1.4

Analysenprobe

Anteil der Gesamtprobe, der der Untersuchung unterzogen wird

3.1.5

Bunsenscher Absorptionskoeffizient

Volumen eines bei Standardtemperatur (273,15 K) und Standardpartialdruck (0,1 MPa) gelösten Gases geteilt durch das Volumen des Lösemittels bei einer Temperatur T und Standarddruck (0,1 MPa)

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf Literaturhinweis [10], S. 239.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die moderne Praxis empfiehlt, dass die Gaslöslichkeit als Molalität, Molenbruch oder Molverhältnis angegeben wird (siehe Literaturhinweis [10]). In vielen Untersuchungen zur Radonmessung in Wasser kommt der Bunsensche Absorptionskoeffizient jedoch häufig vor.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Löslichkeit von Radon in Wasser nimmt mit abnehmender Wassertemperatur zu (siehe Anhang A).

3.1.6

kontinuierliche Messung von Radon in Wasser

Messung der Radonaktivitätskonzentration kontinuierlicher Proben an einer bestimmten Probenahmestelle in der Wasserumgebung

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Form der Analyse wird verwendet, um Änderungen der Aktivitätskonzentration von Radon im Wasser an der Probenahmestelle über die Zeit zu überwachen.

3.1.7

kontinuierliche Probenahme

Verfahren, bei dem Proben kontinuierlich aus einem Wasserkörper entnommen werden

[QUELLE: ISO 6107-2:2006, [3] 32, modifiziert]

3.1.8

Entgasung

Übertragung von gelöstem Radon vom Wasser auf die Luft, üblicherweise mittels eines physikalischen Verfahrens

3.1.9

direkte *In-situ*-Messung

automatisches Analysesystem, bei dem mindestens der Messfühler in den Wasserkörper eingetaucht ist

3.1.10

Einzelprobe

örtliche Einzelprobe

Einzelprobe, die zu einem beliebigen Zeitpunkt oder an einem beliebigen Ort aus einem Wasserkörper entnommen wurde

3.1.11

Lösung

Mischen von zwei Phasen unter Bildung einer neuen homogenen Phase

3.1.12

Trinkwasser

trinkbares Wasser

Wasser mit Güteeigenschaften, die es für den menschlichen Genuss geeignet machen

[ISO 6107-1:2004, [2] 30]

3.1.13

Grundwasser

Wasser, das Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und in der Regel wiedergewonnen werden kann

[QUELLE: ISO 6107-1:2004,[2] 41, modifiziert]

3.1.14

intermittierende Probenahme

Verfahren, bei dem Einzelproben aus einem Wasserkörper entnommen werden

3.1.15

Leitungswasser

Wasser, das von einer Trinkwasseraufbereitungsstation, einer Quelle oder einem Bohrloch in ein Verteilungssystem oder eine Talsperre eingespeist wird

3.1.16

Ostwald-Koeffizient

Volumen eines bei einer gegebenen Temperatur und einem gegebenen Druck gelösten Gases geteilt durch das Volumen des Lösemittels bei der gleichen Temperatur und dem gleichen Druck

Anmerkung 1 zum Begriff: Basierend auf Literaturhinweis [10], S. 1147.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die moderne Praxis empfiehlt, dass die Gaslöslichkeit als Molalität, Molenbruch oder Molverhältnis angegeben wird (siehe Literaturhinweis [10]). In vielen Untersuchungen zur Radonmessung in Wasser kommt der Ostwald-Koeffizient jedoch häufig vor.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Löslichkeit von Radon in einer Flüssigkeit nimmt mit abnehmender Flüssigkeitstemperatur zu (siehe Anhang A).

3.1.17

Radontransport durch Permeation

Übertragung von Radon von einem Medium auf ein anderes über ein drittes homogenes Medium (Membran)

3.1.18

Rohwasser

unbehandeltes Wasser oder Wasser, das einer Anlage zur Behandlung oder zur weiteren Behandlung zugeführt wird

[QUELLE: ISO 6107-1:2004,[2] 59]

3.1.19

Talsperre

Konstruktion, teilweise oder ganz vom Menschen erstellt, zur Speicherung oder Regulierung und Überwachung von Wasser

[QUELLE: ISO 6107-2:2006,[3] 107, modifiziert]

3.1.20

Oberflächenwasser

auf der Erdoberfläche (ständig oder zeitweise) fließendes oder stehendes Wasser

[QUELLE: ISO 6107-1:2004,[2] 74]

3.1.21

Probe

im Idealfall repräsentative Teilmenge eines spezifizierten Wasserkörpers, die ihm entweder einzeln oder kontinuierlich zum Zweck der Untersuchung verschiedener definierter Kenngrößen entnommen wird

[QUELLE: ISO 6107-2:2006,[3] 111]

3.1.22

Probenahme

Verfahren, bei dem einem Wasserkörper eine idealerweise repräsentative Teilmenge zum Zweck der Untersuchung verschiedener definierter Kenngrößen entnommen wird

[QUELLE: ISO 6107-2:2006,[3] 114]

3.1.23

Probenahmestelle

genaue Probenahmeposition innerhalb eines Probenahmegebietes, von dem Proben gezogen werden

[QUELLE: ISO 6107-2:2006,[3] 117]

3.1.24

Probenahmebereich

Ausmaß eines Wasserkörpers, über dem Proben entnommen werden

3.1.25

kurzlebige ²²²Rn-Zerfallsprodukte

Radionuklide mit einer Halbwertszeit < 1 h, die durch den Zerfall von Radon-222 (²²²Rn) erzeugt werden, nämlich Polonium-218 (²¹⁸Po), Blei-214 (²¹⁴Pb), Wismut-214 (²¹⁴Bi) und Polonium-214 (²¹⁴Po)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.1.26

Punktmessung von Radon in Wasser

Messung der Radonaktivitätskonzentration in einer Einzelwasserprobe, die entweder sofort oder nach einer bekannten Verzögerung durchgeführt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das erhaltene Ergebnis ist nur repräsentativ für die Zeit, zu der die Probe entnommen wurde.

3.1.27

Übertragung

Verschiebung oder Transport von Radon von einer Phase zur anderen

3.2 Symbole und Abkürzungen

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

c	Aktivitätskonzentration in der Luft nach Entgasung, in Becquerel je Kubikmeter
c_A	Aktivitätskonzentration in Wasser, in Becquerel je Liter
c_A^*	Erkennungsgrenze, in Becquerel je Liter
$c_A^\#$	Nachweisgrenze, in Becquerel je Liter
$c_A^{\triangleleft}, c_A^{\triangleright}$	untere und obere Grenze des Vertrauensbereichs, in Becquerel je Liter
c_l	Aktivitätskonzentration in einer Flüssigkeit, in Becquerel je Liter
L	Ostwald-Koeffizient
T_{H_2O}	Temperatur der Wasserprobe, in Grad Celsius
U	erweiterte Messunsicherheit nach folgender Berechnung: $U = k \cdot u()$ mit $k = 2$
$u(c_A)$	Standardunsicherheit in Bezug auf das Messergebnis
V	Volumen der Analysenprobe, in Litern
α	Bunsenscher Absorptionskoeffizient

4 Kurzbeschreibung des Messverfahrens

Radon-222 (^{222}Rn) ist ein radioaktives Gas, das durch den Zerfall von Radium-226 (^{226}Ra) entsteht und eines der Zerfallsprodukte von Uran-238 (^{238}U) ist, das natürlich in der Erdkruste vorkommt (siehe Anhang A). Der Zerfall von Radon-222 erfolgt durch eine Reihe nichtflüchtiger radioaktiver Elemente, was zu stabilem Blei-206 führt (siehe Bild 1) (Literaturhinweis [9]).

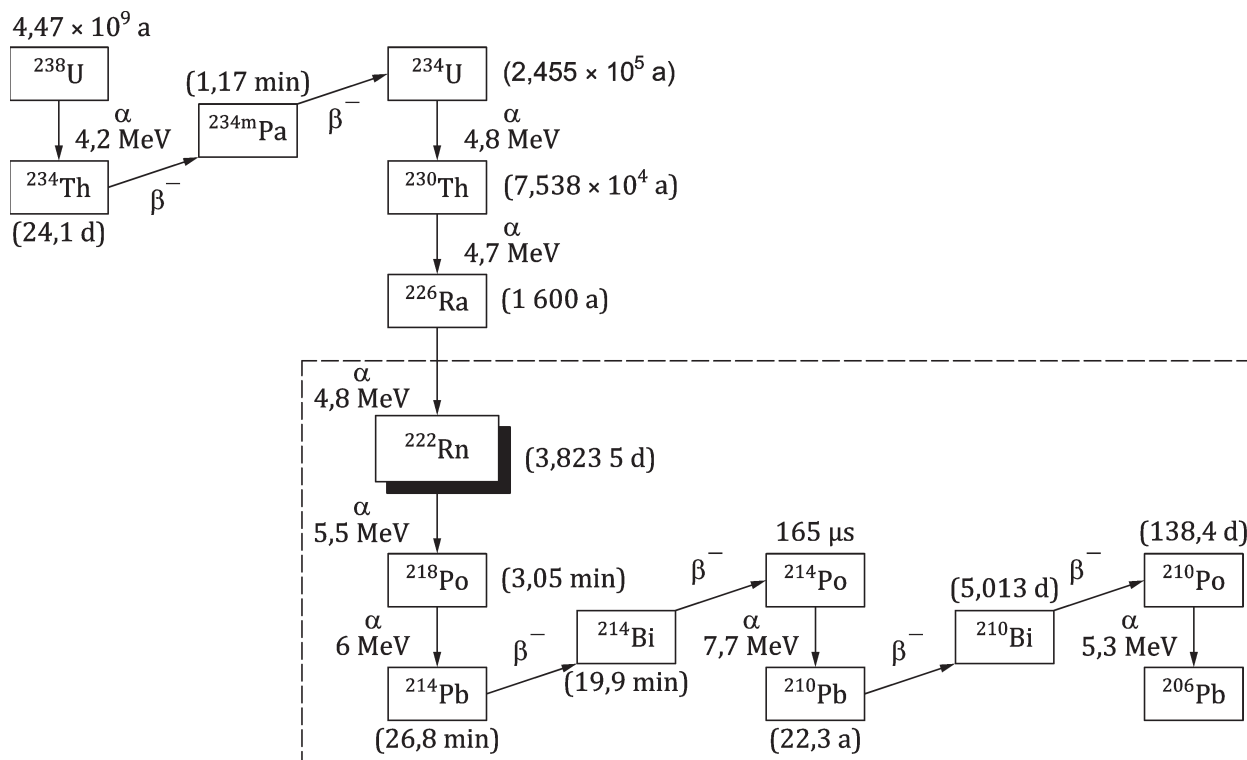


Bild 1 — Uran-238 und seine Zerfallsprodukte

Zur Messung der Aktivitätskonzentration von Radon-222 in Wasser stehen eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung.

Die Messung der Aktivitätskonzentration von Radon-222 in Wasser umfasst folgende Vorgänge:

- Abfüllen einer repräsentativen Probe des Wassers zum Zeitpunkt t in einen geeigneten Behälter;
- Lagerung und Transport der Probe, wenn die Messung in einem Labor durchgeführt wird;
- Vorbereitung der Analysenprobe durch Überführen des im Wasser gelösten Radons in eine andere Phase, wenn dies für die Nachweisverfahren (emanometrische oder Flüssigszintillationszählung) erforderlich ist;
- Bestimmung der Radonaktivitätskonzentration im Wasser mit verschiedenen Nachweisverfahren direkt oder über seine Zerfallsprodukte (siehe Bild 2).

Das Ergebnis der Messung wird in Becquerel je Liter angegeben.

Die in den verschiedenen Teilen dieser Internationalen Norm festgelegten Verfahren gelten für alle Arten von Wasser (siehe Tabelle 2), und das Verfahren wird nach dem Zweck der Messung, der phänomenologischen Beobachtung oder der radiologischen Folgenabschätzung unter Berücksichtigung des in der Rohprobe erwarteten Werts der Radonaktivitätskonzentration ausgewählt.

5 Probenahme

Die Probenahme muss nach ISO 5667-1 und ISO 5667-3 durchgeführt werden.

Die Probenahmebedingungen müssen ISO 5667-1 und ebenso den in Tabelle 1 angegebenen Bedingungen entsprechen, um den Austausch mit der Atmosphäre so weit wie möglich zu verringern und das Radon in der Wasserprobe in Lösung zu halten.

Der Probenbehälter muss beschriftet werden.

Ort, Datum und Uhrzeit der Probenahme müssen aufgezeichnet werden.

Bei der Messung sehr niedriger Radonaktivitätskonzentrationen ($< 10 \text{ Bq l}^{-1}$) wird jeglicher Kontakt zwischen der Probe und der Atmosphäre bei Entnahme der Probe vermieden.

Wenn für Messverfahren besondere Vorsichtsmaßnahmen erforderlich sind, sind diese in den entsprechenden Teilen der ISO 13164 aufgeführt (z. B. muss bei Verwendung von Entgasungstechniken die Wassertemperatur aufgezeichnet werden).

6 Transport und Lagerung

Transport- und Lagerbedingungen müssen so angepasst werden, dass die Unversehrtheit der Probe sichergestellt wird.

Die Temperatur für Transport und Lagerung der Probe muss unter der des ursprünglichen Wassers liegen (jedoch über 0°C). Der Behälter muss geschützt und versiegelt sein, um ein Öffnen während des Transports zu vermeiden. Der Behälter ist in geeigneter Weise zu verpacken, insbesondere um den Verschluss herum, um ein Auslaufen zu verhindern.

Die Probe muss so bald wie möglich nach der Probenahme gemessen werden. Wenn die Probe vor der Messung längere Zeit gelagert werden muss, muss sie bei niedriger Temperatur in einem Kühlschrank oder einer ähnlichen Lagereinrichtung in Übereinstimmung mit ISO 5667-1 und ISO 5667-3 gelagert werden.

Die Dauer des Transports und der Lagerung vor der Analyse muss angesichts der Halbwertszeit von Radon-222, der erwarteten Aktivitätskonzentration und der Nachweisgrenze des zu verwendenden Messverfahrens so kurz wie möglich sein.

Erfahrungsgemäß ist es wichtig, dass die Zeit zwischen Probenahme und Analyse 48 h nicht überschreitet.

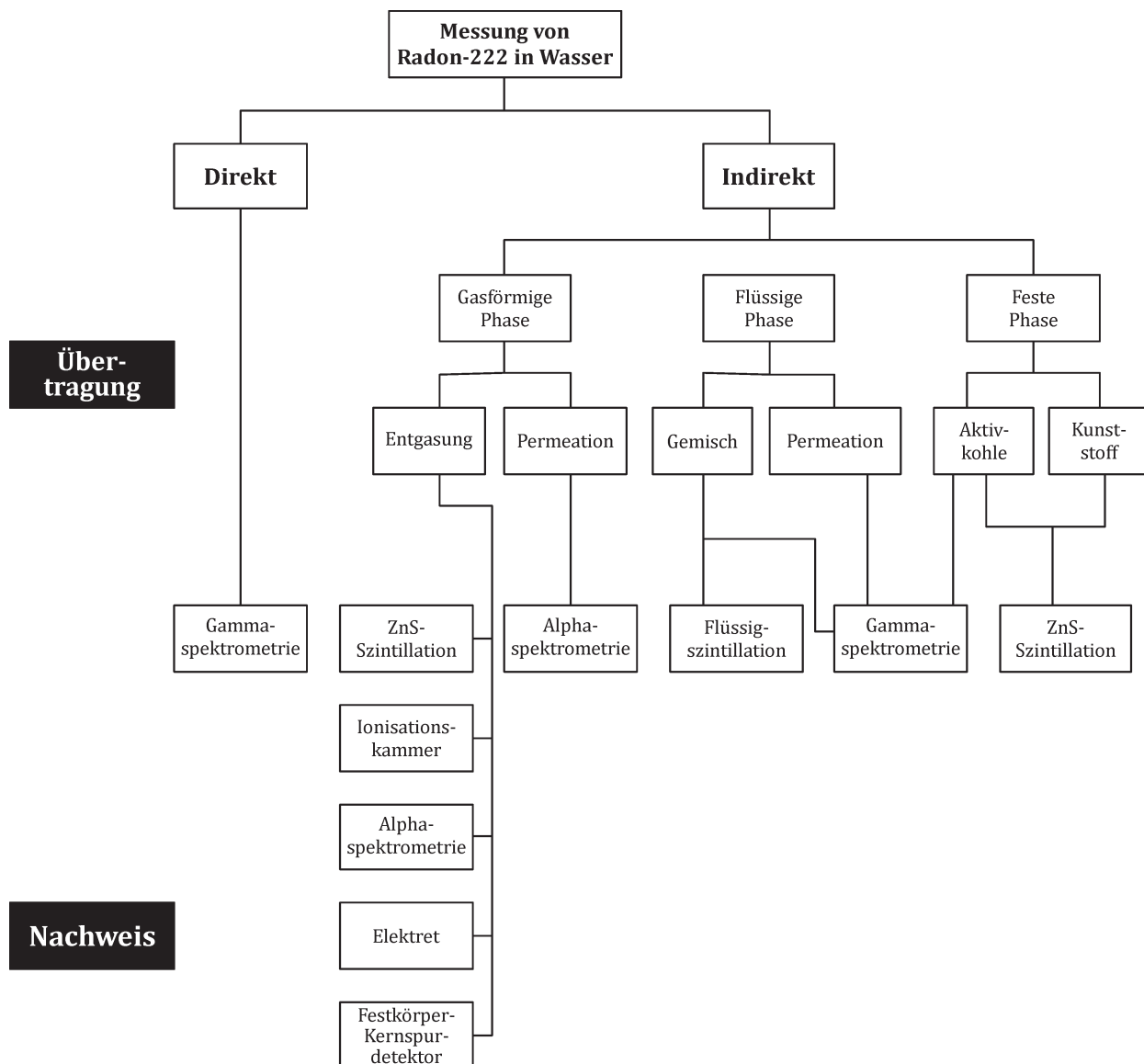


Bild 2 — Diagramm zur Veranschaulichung der Techniken zur Messung von Radon in Wasser

Tabelle 1 — Probenahmebedingungen

Probenahme- verfahren	Behälter	Probenahmeschritte
Probenahme aus einem Auslass (Leitungshahn, Quelle usw.)	<ul style="list-style-type: none"> — Der Behälter muss aus einem Werkstoff bestehen, der für Radon nicht porös ist (z. B. Aluminium). Die Verwendung von stark hydrophoben Werkstoffen wird vermieden, um vorhandene Gasblasen an den Wänden des Behälters zu minimieren. Die Verwendung von Fett und Öl wird wegen der hohen Löslichkeit von Radon in diesen Substanzen vermieden. — Das Volumen des Behälters muss an die für das gewählte Messverfahren erforderliche Größe der Analysenprobe angepasst werden (siehe die relevanten Teile dieser Internationalen Norm). — Der Behälter muss luftdicht verschlossen sein (z. B. mit einem aluminiumbeschichteten Deckel). — Der Behälter muss stoß- und druckfest sein 	<ul style="list-style-type: none"> — Die Geräte werden vorbereitet. — Der Leitungshahn wird geöffnet, um einen Dauerdurchfluss zu erhalten und Turbulenzen am Auslass des Hahns und an den Wänden des Behälters zu vermeiden. — Die Probe wird vorsichtig entnommen, damit der Wasserstrahl gegen die Wände des Behälters fließen kann. — Der Behälter wird vollständig gefüllt, um Luft im Behälter zu vermeiden. Der Behälter darf jedoch nicht durch Turbulenzen überlaufen. — Der Behälter wird verschlossen. <p>ANMERKUNG In einigen Fällen kann es erforderlich sein, das Versorgungssystem vor der Probenahme zu spülen</p>
Probenahme durch Eintauchen in stehendes Wasser	<ul style="list-style-type: none"> — Typ und Größe des Behälters, siehe oben. — Gegebenenfalls muss der Behälter unter Wasser geschlossen werden 	<ul style="list-style-type: none"> — Die Geräte werden vorbereitet. — Es wird sichergestellt, dass die Probenahme- stelle für den betroffenen Wasserkörper repräsentativ ist. Es ist wahrscheinlich, dass eine Schichtung die Entnahme mehrerer Proben in unterschiedlichen lateralen Positionen oder Tiefen erforderlich macht. — Die Probe wird vorsichtig entnommen, um Turbulenzen zu minimieren. — Der Behälter wird vollständig gefüllt, um Luft im Behälter zu vermeiden. — Der Behälter wird verschlossen
Probenahme durch Eintauchen in fließendes Wasser	<ul style="list-style-type: none"> — Typ und Größe des Behälters, siehe oben. — Gegebenenfalls muss der Behälter unter Wasser geschlossen werden 	<ul style="list-style-type: none"> — Die Geräte werden vorbereitet. — Es wird sichergestellt, dass die Probenahme- stelle für den betroffenen Wasserkörper repräsentativ ist. Es ist wahrscheinlich, dass eine Schichtung die Entnahme mehrerer Proben in unterschiedlichen lateralen Positionen oder Tiefen erforderlich macht. — Der Behälter wird der Fließrichtung zugewandt. — Die Probe wird vorsichtig entnommen. — Der Behälter wird vollständig gefüllt, um Luft im Behälter zu vermeiden. — Der Behälter wird verschlossen

7 Vorbereitung der Analysenprobe

7.1 Entgasungstechniken

Mit Entgasungstechniken wird das in der Wasserphase gelöste Radon in die Luftphase überführt, damit es mit Radonmessgeräten nachgewiesen und gemessen werden kann.

Da der Ostwald-Koeffizient von Radon in Wasser relativ niedrig ist, entgast das gelöste Radon auf natürliche Weise mit relativ langsamer Kinetik (über einige Stunden) in die Luft.

Um den Entgasungsprozess zu beschleunigen, dürfen verschiedene Mittel eingesetzt werden:

- Schütteln der Probe;
- Belüftung der Wasserprobe mit feinen Luftblasen zur Vergrößerung der Luftaustauschfläche;
- Verringern des Drucks in der Luftphase.

7.2 Permeationsverfahren

Das Permeationsverfahren verwendet eine physikalische Barriere wie eine Membran mit physikalischen und chemischen Eigenschaften, die die Übertragung von Radon aus dem Wasser in die Luft auf der anderen Seite der Membran ermöglicht (siehe Literaturhinweis [11]).

Die Permeation von Radon durch Membranen beinhaltet einen komplexen Prozess, der mehrere aufeinanderfolgende Stufen umfasst:

- Adsorption des Radons auf einer der Seiten der Membran;
- Lösung des Radons in der Membran;
- Diffusion des Radons in der Membran unter dem Einfluss des Konzentrationsgradienten;
- Freisetzung des Radons an der gegenüberliegenden Grenzfläche der Membran.

7.3 Flüssig-Extraktionsverfahren

Radon ist in organischen Lösemitteln löslicher als in Wasser (siehe Anhang A). Um die Extraktion von Radon aus Wasser zu erleichtern und es in der organischen Phase zu konzentrieren, dürfen organische Lösemittel wie Toluol oder Hexan verwendet werden (siehe Literaturhinweis [12]).

8 Nachweisverfahren

8.1 Gammaspektrometrie

Die Aktivitätskonzentration des ^{222}Rn wird aus den Gammalinien von ^{214}Bi oder ^{214}Pb abgeleitet, die unter Verwendung eines NaI (Natriumiodid)- oder Ge (Germanium)-Detektors gemessen wurden.

Der NaI-Detektor wird zum Screening sowie zur semi-quantitativen und semi-qualitativen Bestimmung verwendet.

Der Ge-Detektor dient zur qualitativen und quantitativen Bestimmung.

8.2 Silber-aktivierte Zinksulfid-ZnS(Ag)-Szintillation

Einige Elektronen in Szintillationsmedien wie ZnS(Ag) haben die besondere Eigenschaft, Photonen zu emittieren, indem sie in ihren Grundzustand zurückkehren, wenn sie von einem Alphateilchen angeregt werden. Diese Photonen können mit einem Photovervielfacher nachgewiesen werden.

Dies ist das Prinzip, das für Szintillationszellen wie Lucas-Zellen (siehe Literaturhinweis [13]) zur Radon-Punktmessung (siehe ISO 11665-6 [5]) angewendet wird.

8.3 Luftionisation

Jedes Alphateilchen erzeugt auf seinem Weg durch die Luft mehrere Zehntausend Ionenpaare, die unter bestimmten Untersuchungsbedingungen einen Ionisationsstrom erzeugen. Obwohl dieser Strom sehr niedrig ist, kann er mit einer Ionisationskammer gemessen werden, die die Aktivitätskonzentration von Radon und seinen Zerfallsprodukten angibt. Bei der Probenahme durch ein Filtermedium diffundiert nur Radon in die Ionisationskammer und das Signal ist proportional zur Radonaktivitätskonzentration (siehe Literaturhinweis [14] und [15] und ISO 11665-5 [4]).

8.4 Halbleiter (Alphadetektor)

Ein Halbleiterdetektor, z.B. aus Silizium, wandelt die Energie eines einfallenden Alphateilchens in elektrische Ladung um. Diese Ladungen werden in Impulse mit einer Amplitude umgewandelt, die proportional zur Energie der vom Radon und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten emittierten Alphateilchen ist (siehe Literaturhinweis [16]).

ANMERKUNG Dieses Nachweisprinzip ist gelegentlich mit elektrostatischer Abscheidung der Alphastrahler-Isotope verbunden.

8.5 Flüssigszintillation

Bei dieser Technik wird eine homogene Szintillationsmischung verwendet, indem der Wasserprobe ein flüssiger Szintillationscocktail zugesetzt wird. Die aus dem Zerfall des Radons resultierenden Alphateilchen geben ihre Energie an das Szintillationsmittel ab und regen die Moleküle an. Wenn die angeregten Moleküle in ihren Grundzustand zurückkehren, emittieren sie Photonen, die von einem Photodetektor erfasst werden können (siehe Literaturhinweis [17]).

9 Messverfahren

9.1 Allgemeines

Die Messverfahren gliedern sich in zwei Kategorien:

- direkte Messung der Wasserprobe ohne Vorbereitung der Analysenprobe;
- indirekte Messung durch Übertragung des Radon-222 von der wässrigen Phase in eine andere Phase vor Ausführung der Messung.

Eine Zusammenfassung der Messverfahren, die eine Dauer von weniger als 24 h aufweisen, zusammen mit ihrem jeweiligen Anwendungsbereich, erfolgt in Tabelle 2.

Die Auswahl des Messverfahrens richtet sich nach dem Ziel der Anfrage (siehe Tabelle 2).

9.2 Gammaspektroskopisches Verfahren

Die Aktivitätskonzentration von Radon-222 im Wasser wird durch direkte Gamma-Analyse der Probe in einem geeigneten Behälter mit bekanntem Volumen bestimmt. Die Zählperiode beginnt nach mehreren