

DIN EN ISO 13165-1



ICS 13.060.60; 17.240

EntwurfEinsprüche bis 2019-10-09
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 13165-1:2015-11**Wasserbeschaffenheit –****Radium-226 –****Teil 1: Verfahren mit dem Flüssigszintillationszähler (ISO 13165-1:2013);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 13165-1:2019**

Water quality –

Radium-226 –

Part 1: Test method using liquid scintillation counting (ISO 13165-1:2013);

German and English version prEN ISO 13165-1:2019

Qualité de l'eau –

Radium 226 –

Partie 1: Méthode d'essai par comptage des scintillations en milieu liquide
(ISO 13165-1:2013);

Version allemande et anglaise prEN ISO 13165-1:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-08-09 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 42 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 13165-1:2013 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 147 „Water quality“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 13165-1:2019 durch das Technische Komitee CEN/TC 230 „Wasseranalytik“ übernommen, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 119-01-03 AA „Wasseruntersuchung“ 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.

Bezeichnung des Verfahrens:

Radium-226 - Verfahren mit dem Flüssigszintillationszähler (C 25):

Verfahren DIN EN ISO 13165-1 — C 25

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

ISO 3696	siehe	DIN ISO 3696
ISO 5667-1	siehe	DIN EN ISO 5667-1
ISO 5667-3	siehe	DIN EN ISO 5667-3
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025
ISO 80000-10	siehe	DIN EN ISO 80000-10

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 13165-1:2015-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Übernahme als DIN-EN-ISO-Norm.

Die in den Literaturhinweisen unter [5] genannte ISO 8258 wurde zurückgezogen und durch ISO 7870-2, *Control charts — Part 2: Shewhart control charts* ersetzt.

Die in den Literaturhinweisen unter [6] genannte ISO 11929 wurde zurückgezogen und durch

- ISO 11929-1, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the coverage interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application — Part 1: Elementary applications*;
- ISO 11929-2, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the coverage interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application — Part 2: Advanced applications*;

- ISO 11929-3, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the coverage interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application — Part 3: Applications to unfolding methods*

ersetzt. Die entsprechenden nationalen Normen der Reihe DIN ISO 11929 sind in Vorbereitung.

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 Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN und von der Wasserchemischen Gesellschaft - eine Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker - gemeinsam erarbeitete Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung:

Radium-226 - Verfahren mit dem Flüssigszintillationszähler (C 25).

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 (Hausanschrift: Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin), Auskunft.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

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

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*

Wasserbeschaffenheit — Radium-226 — Teil 1: Verfahren mit dem Flüssigszintillationszähler (ISO 13165-1:2013)

Qualité de l'eau — Radium 226 — Partie 1 : Méthode d'essai par comptage des scintillations en milieu liquide (ISO 13165-1:2013)

Water quality — Radium-226 — Part 1: Test method using liquid scintillation counting (ISO 13165-1:2013)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Symbole, Definitionen und Einheiten	8
4 Grundlage des Verfahrens	9
5 Reagenzien und Geräte	9
5.1 Reagenzien	9
5.2 Geräte	9
6 Probenahme	10
7 Einrichtung und Kalibrierung der Geräte	10
7.1 Herstellung der Kalibrierquellen	10
7.2 Optimierung der Zählbedingungen	10
7.3 Zählausbeute	11
7.4 Herstellung und Messung von Blindproben	11
8 Durchführung	11
8.1 Direktzählung	11
8.2 Thermische Vorkonzentrierung	12
8.3 Herstellung der Probe	12
8.4 Messung der Probe	12
9 Qualitätskontrolle	12
10 Angabe der Ergebnisse	13
10.1 Berechnung der massebezogenen Aktivität	13
10.2 Standardunsicherheit	13
10.3 Erkennungsgrenze	14
10.4 Nachweisgrenze	14
10.5 Grenzen des Vertrauensintervalls	14
10.6 Berechnung anhand der Aktivitätskonzentration	15
11 Prüfung auf Störungen	15
12 Analysenbericht	15
Anhang A (informativ) Geräteeinstellungen und Validierungsdaten	16
A.1 Einstellung und Kalibrierung der Geräte	16
A.2 Durchführung	17
A.3 Angabe der Ergebnisse	17
A.4 Validierungsdaten	17
A.4.1 Linearität	17
A.4.2 Präzision unter Wiederholungsbedingungen	18
A.4.3 Präzision unter Reproduzierbarkeitsbedingungen	19
A.4.4 Genauigkeit (Richtigkeit)	19
A.4.5 Nachweisgrenzen	19

A.4.6 Unsicherheiten	19
Literaturhinweise.....	20

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 13165-1:2013 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 147 „Water quality“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 13165-1:2019 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 13165-1:2013 wurde von CEN als prEN ISO 13165-1:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet.

Die Hauptaufgabe der Technischen Komitees besteht in dem Erarbeiten von Internationalen Normen. Die von den Technischen Komitees angenommenen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedsorganisationen zur Umfrage zur Verfügung gestellt. Für eine Veröffentlichung als Internationale Norm wird eine Zustimmung von mindestens 75 % der Mitgliedsländer, die abgestimmt haben, benötigt.

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.

ISO 13165-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 147, *Water quality*, Unterkomitee SC 3, *Radioactivity measurements* erarbeitet.

ISO 13165 besteht unter dem allgemeinen Titel *Water quality — Radium-226* aus den folgenden Teilen:

- *Part 1: Test method using liquid scintillation counting*
- *Part 2: Test method using emanometry*

Der folgende Teil ist in Vorbereitung:

- *Part 3: Test method using coprecipitation and gamma-spectrometry*

Einleitung

In der gesamten Umwelt ist Radioaktivität aus unterschiedlichen natürlich vorkommenden und anthropogenen Quellen vorhanden. Daher können auch Wasserkörper (Oberflächen-, Grund- und Meerwasser) Radionuklide natürlichen und künstlichen (d. h. anthropogenen) Ursprungs enthalten.

- a) Natürliche Radionuklide, einschließlich Kalium-40 sowie solche der Zerfallsreihe von Thorium und Uran, darunter insbesondere Radium-226, Radium-228, Uran-234, Uran-238 und Blei-210, können aus natürlichen Ursachen im Wasser vorhanden sein (z. B. bedingt durch Desorption aus dem Boden und Auswaschung durch Regen). Sie können auch durch technische Prozesse beim Einsatz natürlich vorkommender radioaktiver Materialien (z. B. Abbau und Verarbeitung von Mineralsanden oder Herstellung und Anwendung von Phosphatdünger) im Wasser freigesetzt worden sein.
- b) Anthropogene Radionuklide, wie z. B. Transurane (Americium, Plutonium, Neptunium und Curium), Tritium, Kohlenstoff-14, Strontium-90 und Gammastrahlen emittierende Radionuklide, können ebenfalls in natürlichen Gewässern festgestellt werden, da ihre routinemäßige Freisetzung in die Umwelt über die Abwässer von Einrichtungen des Kernbrennstoffkreislaufs sowie im Nachgang zu ihrer Nutzung in unversiegelter Form in der Medizin oder Industrie in geringen Mengen zulässig sein kann. Darüber hinaus finden sie sich aufgrund des Fallouts aus früheren Kernwaffenexplosionen in der Atmosphäre sowie bedingt durch die Unfälle in Tschernobyl und Fukushima im Wasser wieder.

Daher kann Trinkwasser Radionuklide in Aktivitätskonzentrationen enthalten, die für den Menschen ein Gesundheitsrisiko darstellen. Um die Trinkwasserbeschaffenheit (einschließlich Mineral- und Quellwasser) im Hinblick auf die enthaltenen Radionuklide zu beurteilen und Hinweise zur Minderung des Gesundheitsrisikos durch Maßnahmen zur Verringerung der Aktivitätskonzentration von Radionukliden geben zu können, werden Wasserressourcen (Grundwasser, Flüsse, Seen, Meere usw.) sowie das Trinkwasser auf ihre radioaktiven Inhaltsstoffe nach den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) überwacht.

Für Labore, die die Aktivitätskonzentration von Radium-226 in Wasserproben bestimmen, ist daher eine Internationale Norm zur Durchführung dieser Messungen angebracht. Diese werden bisweilen von staatlichen Behörden gefordert, da die Labore unter Umständen eine spezielle Akkreditierung für die Radionuklidmessung in Trinkwasserproben benötigen.

Die Aktivitätskonzentration von Radium-226 kann aufgrund der örtlichen geologischen und klimatischen Eigenschaften sehr unterschiedlich sein und zwischen $0,001 \text{ Bq l}^{-1}$ in Oberflächengewässern und bis zu 50 Bq l^{-1} in natürlichen Grundwässern schwanken. Die WHO empfiehlt für Radium-226 in Trinkwasser einen Richtwert von 1 Bq l^{-1} [7].

ANMERKUNG Dieser Richtwert bezieht sich auf die Aktivitätskonzentration bei einer täglichen Aufnahme von 2 l Trinkwasser im Jahr, was zu einer wirksamen Dosis je Einwohner von 0,1 mSv im Jahr führt. Diese wirksame Dosis stellt ein sehr geringes Risiko dar und verursacht voraussichtlich keine erkennbaren Gesundheitsstörungen.

Diese Internationale Norm ist eine aus einer Reihe von Normen für die Bestimmung der Aktivitätskonzentration von Radionukliden in Wasserproben.

WARNUNG — Anwender dieses Teils von ISO 13165 sollten mit der üblichen Laborpraxis vertraut sein. Dieser Teil von ISO 13165 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 den Untersuchungen nach diesem Teil von ISO 13165 Fachleute einzuschalten.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 13165 legt ein Verfahren für die Bestimmung der Aktivitätskonzentration von Radium-226 (^{226}Ra) in nicht-salzhaltigem Wasser durch Extraktion des Tochterisotops Radon-222 (^{222}Rn) und dessen Messung mithilfe eines Flüssigszintillationszählers fest.

Bei Verwendung derzeit erhältlicher Flüssigszintillationszähler ist Radium-226 mit diesem Verfahren in Aktivitätskonzentrationen ab 50 mBq l^{-1} messbar. Dieses Verfahren eignet sich nicht für die Messung anderer Radiumisotope.

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 3696, *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*

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

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

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Symbole, Definitionen und Einheiten

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Definitionen, Symbole und Abkürzungen nach ISO 80000-10, ISO/IEC Guide 98-3 sowie die folgenden:

a	massebezogene Aktivität der Probe zur Messzeit, in Becquerel je Gramm
a_S	massebezogene Aktivität der ^{226}Ra -Standardlösung zur Messzeit, in Becquerel je Gramm
a^*	Erkennungsgrenze der massebezogenen Alpha-Aktivität, in Becquerel je Gramm
$a^\#$	Nachweisgrenze der massebezogenen Alpha-Aktivität, in Becquerel je Gramm
$a^<, a^>$	untere und obere Grenze des Vertrauensbereichs, in Becquerel je Gramm
c_A	Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Liter
m	Masse der Messprobe, in Gramm
m_1	Masse der ursprünglichen Probe, erhitzt oder gegebenenfalls konzentriert, in Gramm
m_2	Masse der erhitzten oder konzentrierten Probe, in Gramm
m_3	Masse der in das Fläschchen übertragenen erhitzten oder konzentrierten Probe, in Gramm
m_S	Masse der für die Vorbereitung der Kalibrierprobe verwendeten ^{226}Ra -Standardlösung, in Gramm
r_0	Zählrate der Blindprobe im Alpha-Fenster, in reziproken Sekunden
r_g	Gesamtzählrate der Probe im Alpha-Fenster, in reziproken Sekunden
r_S	Zählrate der Kalibrierprobe im Alpha-Fenster, in reziproken Sekunden
t_0	Messdauer der Blindprobe, in Sekunden
t_g	Messdauer der Probe, in Sekunden
t_S	Messdauer der Kalibrierung, in Sekunden
$u(a)$	Standardunsicherheit in Bezug auf das Messergebnis, in Becquerel je Gramm
U	erweiterte Messunsicherheit nach folgender Berechnung: $U = ku(a)$ mit $k = 1, 2, \dots$, in Becquerel je Gramm
w	Faktor entsprechend $1/\varepsilon m$
ε	Alpha-Zählausbeute
ρ	Dichte, in Gramm je Liter

4 Grundlage des Verfahrens

Die massebezogene Aktivität von ^{226}Ra wird mittels Flüssigszintillationszähler durch Zählung des Tochterisotops ^{222}Rn beim Isotopengleichgewicht (99,56 %) bestimmt, das 30 d nach Vorbereitung der Probe erreicht wird. Das ^{222}Rn -Isotop wird aus einer wässrigen Lösung mithilfe eines nicht mit Wasser mischbaren Szintillationscocktails im Szintillationsfläschchen extrahiert, [1] bis [4].

Die wässrige Probe wird mit Säure versetzt, erhitzt und, sofern möglich, durch langsames Verdampfen konzentriert, damit ^{222}Rn zur Verbesserung der Nachweisgrenze desorbiert wird. Die konzentrierte wässrige Probe wird in ein radondichtes Szintillationsfläschchen übertragen und ein nicht mit Wasser mischbarer Szintillationscocktail hinzugegeben.

Nach 30 d wird die Probe unter Berücksichtigung der Alpha- und Beta-Diskriminierung mittels Flüssigszintillationszählung (LSC, en: liquid scintillation counting) gemessen. Dabei werden nur die Alpha-Emissionen des ^{222}Rn und die der kurzlebigen Tochterprodukte (^{218}Po , ^{214}Po) berücksichtigt, da diese Zählbedingung eine bessere Nachweisgrenze sicherstellt.

5 Reagenzien und Geräte

5.1 Reagenzien

Alle Reagenzien müssen eine anerkannte analytische Reinheit aufweisen und dürfen, mit Ausnahme von 5.1.3 und 5.1.4, keine messbare Alpha- und Beta-Aktivität zeigen.

5.1.1 Laborwasser, destilliert oder deionisiert, der Qualität 3 nach ISO 3696.

Deionisiertes Wasser kann messbare Mengen an ^{222}Rn und dessen kurzlebigen Tochterisotopen enthalten. Daher wird dringend empfohlen, das Wasser unter kräftigem Rühren zum Kochen zu bringen und es vor der Verwendung einen Tag stehen zu lassen. Ansonsten mit einem Stickstoffstrom behandeln; für 2 l etwa 1 h.

5.1.2 Salpetersäure, $c(\text{HNO}_3) = 15,8 \text{ mol l}^{-1}$, $\rho = 1,42 \text{ g ml}^{-1}$, Massenanteil $w(\text{HNO}_3) = 70 \%$.

5.1.3 Szintillationscocktail, handelsüblicher nicht mit Wasser mischbarer Szintillationscocktail, der für Alpha- und Beta-Diskriminierung geeignet ist (z. B. Cocktails auf Diisopropylnaphthalin-Basis).

5.1.4 ^{226}Ra -Standardlösung.

^{226}Ra -Standardlösungen müssen Kalibrierzertifikate beigelegt sein, in denen mindestens die Aktivitätskonzentration, die Messunsicherheit und/oder die Bestätigung der Einhaltung einer identifizierten metrologischen Spezifikation angegeben ist.

5.2 Geräte

5.2.1 Analysewaage.

5.2.2 Heizplatte mit Magnetrührer und Rührstab.

5.2.3 pH-Messgerät.

5.2.4 HDPE-Weithals-Probenflaschen, Nennvolumina zwischen 100 ml und 500 ml.

5.2.5 Flüssigszintillationszähler, mit der Möglichkeit der Alpha- und Beta-Diskriminierung sowie mit temperaturgeregelter Zählkammer und vorzugsweise einer Einrichtung zur Messung extrem niedriger Radioaktivität für bessere Nachweisgrenzen.