

DIN ISO 18589-3

ICS 13.080.01; 17.240

**Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
Erdboden –****Teil 3: Messung von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden
(ISO 18589-3:2007)**

Measurement of radioactivity in the environment –

Soil –

Part 3: Measurement of gamma-emitting radionuclides (ISO 18589-3:2007)

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement –

Sol –

Partie 3: Mesurages des radionucléides émetteurs gamma (ISO 18589-3:2007)

Gesamtumfang 26 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen	4
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Formelzeichen	7
4 Prinzip.....	8
5 Geräte für die Gammaspektrometrie	8
6 Probenbehälter	9
7 Verfahren	9
7.1 Verpackung der Proben für Messzwecke.....	9
7.2 Untergrundpegel im Labor.....	10
7.3 Kalibrierung	10
7.4 Messungen und Korrekturen bei natürlichen Radionukliden	11
8 Darstellung der Ergebnisse	11
8.1 Berechnung der Aktivität je Masseneinheit	11
8.2 Standardunsicherheit.....	13
8.3 Erkennungsgrenze	14
8.4 Nachweisgrenze	14
8.5 Vertrauensgrenze	14
8.6 Korrekturen für Beiträge von anderen Radionukliden und vom Untergrund	15
9 Prüfbericht	17
Anhang A (informativ) Berechnung der Aktivität je Masseneinheit aus einem Gammaspektrum mit Hilfe der Subtraktion des linearen Untergrunds	18
Anhang B (informativ) Analyse der in Bodenproben enthaltenen natürlichen Radionuklide mit Hilfe der Gammaspektrometrie.....	20
Literaturhinweise.....	26
Bild A.1 – Diagramm der linearen Untergrundsubtraktion bei der Gammaspektrometrie	18
Bild B.1 – Natürliche Zerfallsreihe	21
Tabelle B.1 – Ausgewählte Gammalinien (oberhalb von 25 keV) für die Bestimmung von natürlichen Radionukliden und ihre Interferenzen	25

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN ISO 18589-3:2007-10.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium GUK 967.2 „Aktivitätsmessgeräte für den Strahlenschutz“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de), Gemeinschaftsgremium mit dem Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., zuständig. Dieses hat zur Detailbehandlung seinen Arbeitskreis GAK 967.2.2 „Umweltmessungen“ eingesetzt.

ISO 18589-3 wurde vom SC 2 „Radiation protection“ des TC 85 „Nuclear energy“ der Internationalen Normungsorganisation (ISO) erarbeitet.

In der Reihe DIN ISO 18589 sind derzeit folgende Teile veröffentlicht bzw. vorgesehen:

- DIN ISO 18589-1:2009, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 1: Allgemeiner Leitfaden und Begriffe.*
- DIN ISO 18589-2:2009, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 2: Leitlinie für die Auswahl der Probenahmestrategie, Probenahme und Vorbehandlung der Proben.*
- DIN ISO 18589-3:2009, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 3: Messung von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden.*
- DIN ISO 18589-4, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 4: Messung von Plutoniumisotopen (Plutonium-238 und Plutonium-239 + 240) durch Alphaspektrometrie.*
(Zurzeit Norm-Entwurf)
- DIN ISO 18589-5, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 5: Messung von Strontium-90.*
(Zurzeit Norm-Entwurf)
- DIN ISO 18589-6, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 6: Messung der Alpha- und Beta-Gesamtaktivitäten.*
(Zurzeit Norm-Entwurf)

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 61452:1995	–	–
–	ISO 31-9:1992 + A1:1998	–	–
–	ISO 10703:2007	–	–
–	ISO 11074:2005 + Corr.:2006	Entwurf siehe E DIN ISO 11074:2006-06	–
–	ISO 11929-7:2005	DIN 25482-10:2000-05	VDE 0493 Bbl 1
–	–	siehe jedoch DIN VDE 0493 Bbl 1 (VDE 0493 Bbl 1):2006-09	
–	Derzeit in Revision. Zurzeit Entwurf ISO/DIS 11929:2008	und Entwurf E DIN ISO 11929:2008-06	
EN ISO/IEC 17025:2005	ISO/IEC 17025:2005	DIN EN ISO/IEC 17025:2005-05	–
–	ISO 18589-1:2005	DIN ISO 18589-1:2009	–
–	ISO 18589-2:2007	DIN ISO 18589-2:2009	–
ENV 13005:1999	GUM:1995	DIN V ENV 13005:1999-06	VDE 0493 Bbl 2
–	IEC/TR 62461:2006	für Strahlungsmessungen siehe DIN VDE 0493 Bbl 2 (VDE 0493 Bbl 2):2007-06	

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN 25482-10:2000-05, *Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen – Teil 10: Allgemeine Anwendungen*

DIN V ENV 13005:1999-06, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*; Deutsche Fassung ENV 13005:1999

DIN EN ISO/IEC 17025:2005-05, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien* (ISO/IEC 17025:2005); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2005

DIN ISO 11074-1:1997-06, *Bodenbeschaffenheit – Wörterbuch – Teil 1: Begriffe und Definitionen aus dem Bereich Bodenschutz und Bodenkontamination* (ISO 11074-1:1996)

E DIN ISO 11074:2006-06, *Bodenbeschaffenheit – Wörterbuch* (ISO/FDIS 11074:2005)

E DIN ISO 11929:2008-06, *Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen* (ISO/DIS 11929:2008)

DIN ISO 18589-1:2009, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 1: Allgemeiner Leitfaden und Begriffe* (ISO 18589-1:2005)

DIN ISO 18589-2:2009, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 2: Leitlinie für die Auswahl der Probenahmestrategie, Probenahme und Vorbehandlung der Proben* (ISO 18589-2:2007)

DIN VDE 0493 Beiblatt 1 (VDE 0493 Beiblatt 1):2006-09, *Strahlenschutz-Messgeräte – Beiblatt 1: Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen – Hinweise zur Anwendung der Normen der Reihen ISO 11929 und DIN 25482*

DIN VDE 0493 Beiblatt 2 (VDE 0493 Beiblatt 2):2007-06, *Strahlenschutz-Messgeräte – Bestimmung der Unsicherheit beim Messen* (IEC/TR 62461:2006)

Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
Erdboden –
Teil 3: Messung von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden

Einleitung

Diese Internationale Norm wird in mehreren Teilen veröffentlicht, welche je nach Erfordernis gemeinsam oder einzeln anzuwenden sind. Die Teile 1 bis 6, betreffend die Bestimmung von Aktivität im Boden, wurden gleichzeitig erstellt. Sie ergänzen sich gegenseitig und richten sich an die für die Bestimmung von Aktivität im Boden Verantwortlichen. Die ersten beiden Teile sind allgemeiner Natur. Die Teile 3 bis 5 behandeln nuklid-spezifische Messungen, Teil 6 nicht-nuklidspezifische Messungen der Alpha- und Betagesamtaktivitäten.

Weitere Teile können künftig zu ISO 18589 ergänzt werden, wenn es erforderlich werden sollte, die Messung weiterer Radionuklide zu standardisieren.

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil der ISO 18589 wird die Bestimmung einer großen Anzahl von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden in Böden und die Messung ihrer Aktivität mit Hilfe der Gammaspektrometrie beschrieben. Dieses zerstörungsfreie Verfahren dient bei großvolumigen Proben (bis zu etwa 3 000 cm³) der Bestimmung aller vorhandenen Gamma-Emitter mit einer Photonenenergie zwischen 5 keV und 3 MeV in einer einzigen Messung.

Dieser Teil der ISO 18589 kann von Prüflabors angewendet werden, die routinemäßige Aktivitätsmessungen durchführen, da die Mehrzahl der Radionuklide durch die Emission von Gammastrahlung zwischen 40 keV und 2 MeV gekennzeichnet ist.

Dieser Teil der ISO 18589 ist für die Überwachung der Umwelt und die Inspektion von Arealen geeignet und ermöglicht bei Störfällen eine schnelle Beurteilung der Aktivität gammastrahlender Radionuklide.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 31-9, *Quantities and units – Part 9: Atomic and nuclear physics*

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

ISO 11074, *Soil quality – Vocabulary*

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

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

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

Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML

3 Begriffe und Formelzeichen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe und Formelzeichen nach ISO 18589-1, ISO 11074, ISO 31-9 und ISO 10703 und die folgenden Formelzeichen.

$m_{tp}^{N1)}$	Masse der Prüfmenge, in Kilogramm
A	Aktivität jedes Radionuklids in der Kalibrierquelle zum Kalibrierzeitpunkt, in Becquerel
a, a_c	Spezifische Aktivität (Aktivität je Masseneinheit) jedes Radionuklids ohne bzw. mit Korrekturen, in Becquerel je Kilogramm
t_g	Probenspektrum-Zähldauer, in Sekunden
t_0	Untergrundspektrum-Zähldauer, in Sekunden
t_s	Kalibrierspektrum-Zähldauer, in Sekunden
$n_{N,E}, n_{N0,E}, n_{Ns,E}$	Zahl der Zählimpulse in der Nettofläche des Peaks bei Energie E im Probenspektrum, im Untergrundspektrum bzw. im Kalibrierspektrum
$n_{g,E}, n_{g0,E}, n_{gs,E}$	Zahl der Zählimpulse in der Bruttofläche des Peaks bei Energie E im Probenspektrum, im Untergrundspektrum bzw. im Kalibrierspektrum
$n_{b,E}, n_{b0,E}, n_{bs,E}$	Zahl der Zählimpulse im Untergrund des Peaks bei Energie E im Probenspektrum, im Untergrundspektrum bzw. im Kalibrierspektrum
ε_E	Wirkungsgrad des Detektors bei Energie E bei der tatsächlichen Messgeometrie
P_E	Wahrscheinlichkeit der Emission von Gammastrahlung mit der Energie E je Zerfall, nuklidspezifisch
$\mu_1(E), \mu_2(E)$	Linearer Schwächungskoeffizient bei der Photonenenergie E der Probe bzw. der Kalibrierquelle, in Zentimeter^{-1}
$\mu_{m,i}(E)$	Massenschwächungskoeffizient bei der Photonenenergie E des Elements i , in Quadratzentimetern je Gramm
h	Höhe der Probe im Behälter, in Zentimeter
w_i	Massenanteil des Elements i (dimensionslos)
ρ	Schüttdichte des Probenmaterials, in Gramm je Kubikzentimeter
λ	Zerfallskonstante jedes Radionuklids, in Sekunden^{-1}
$u(a), u(a_c)$	Standardunsicherheit im Zusammenhang mit dem Messergebnis, ohne bzw. mit Korrektur, in Becquerel je Kilogramm
U	Erweiterte Unsicherheit, errechnet mit $U = k \cdot u(a)$, wobei $k = 1, 2, \dots$, in Becquerel je Kilogramm
a^*, a_c^*	Erkennungsgrenze für jedes Radionuklid ohne bzw. mit Korrektur, in Becquerel je Kilogramm
$a^\#, a_c^\#$	Nachweisgrenze für jedes Radionuklid ohne bzw. mit Korrektur, in Becquerel je Kilogramm
$a^<, a^>$	Unter- bzw. Obergrenze des Vertrauensbereichs für jedes Radionuklid, in Becquerel je Kilogramm
N1) Nationale Fußnote: In der ISO-Publikation ist hier m ohne Indizes angegeben, in Abschnitt 8 aber mit Indizes verwendet.	

4 Prinzip

Die Aktivität der in den Bodenproben vorhandenen Gammastrahlung emittierenden Radionuklide wird mit den Verfahren der Gammaskpektrometrie auf Basis der Analyse der Energien und der Peakflächen bei voller Energie in den Gammalinien bestimmt. Diese Verfahren ermöglichen die Bestimmung und Quantifizierung der Radionuklide [1], [2].

Art und Geometrie der Detektoren wie auch der Proben verlangen entsprechende Kalibrierungen von Energie und Wirkungsgrad [3], [4], [5]. Werden für die Messung von Proben mit geringer Masse Detektoren mit Bohrung eingesetzt, ist besondere Sorgfalt geboten, um Koinzidenz- und Summationseffekte entsprechend zu berücksichtigen (siehe 8.1.4).

ANMERKUNG Mit Natriumiodid-Detektoren ist die Messung der Aktivität im Boden nur in bestimmten Fällen möglich. Deshalb behandelt dieser Teil von ISO 18589 ausschließlich die Gammaskpektrometrie mit Halbleiterdetektoren.

5 Geräte für die Gammaskpektrometrie

Gammaskpektrometer bestehen grundsätzlich aus

- einem Halbleiterdetektor mit einem Kühlsystem (flüssiger Stickstoff, Kältebaugruppe usw.),
- einer Abschirmung aus Blei und/oder anderen Materialien gegen Umgebungsstrahlung,
- entsprechender Elektronik (Hochspannungsversorgung, Signalverstärkersystem, Analog-Digital-Wandler),
- einem Vielkanalanalysator,
- einem PC zur Darstellung der Messspektren und zur Verarbeitung der Daten.

Die allgemein verwendeten Halbleiterdetektoren werden aus hochreinen Germaniumkristallen (HP Ge) hergestellt. Typ und Geometrie dieser Detektoren bestimmen ihr Einsatzgebiet. Beispielsweise wird für die Messung von Photonen mit einer Energie unter 400 keV die Benutzung von Detektoren mit dünnen Kristallen empfohlen, um den Störeinfluss von Photonen hoher Energie zu minimieren. Für die Messung von Photonen mit hoher Energie (über 200 keV) ist es jedoch günstiger, einen großvolumigen Koaxialdetektor des P-Typs zu verwenden oder einen Koaxialdetektor des N-Typs einzusetzen, der Strahlung sowohl hoher als auch niedriger Energie erfassen kann.

Im Bereich natürlicher Radioaktivität ist es vorteilhaft, für die Messung ein Ultra-Low-Level-Gerät zu verwenden, d. h. einen Messaufbau, bei dem Detektor- und Abschirmungsmaterial so gewählt sind, dass ein sehr geringer Untergrund sichergestellt ist. Dazu gehören Vorverstärker und Verstärker mit sehr niedrigem Rauschpegel. Die Abschirmung sollte groß genug sein, um nach Anordnung des Detektors in der Gehäusemitte und Einfügen der 1-l-Proben einen ausreichend großen Abstand zu allen Wänden sicherzustellen. Dadurch entsteht ein Raum mit sehr geringem Untergrund der Baumaterialien und sehr geringer Radonkonzentration in der Raumluft. Optimal ist es, die Messinstrumente in der Raummitte in maximal möglichem Abstand von den Wänden anzuordnen. Eine Zwangsbelüftung des Messraums kann möglicherweise zur Stabilisierung des Untergrundpegels beitragen. Andererseits kann die Zwangsbelüftung auch wieder Probleme mit sich bringen, wenn die angesaugte Außenluft infolge der Erwärmung des Bodens einen zu hohen Radongehalt aufweist (insbesondere, wenn im Frühling der Boden auftaut). Es ist stets günstig, den inneren Teil der Abschirmung mit Stickstoff zu füllen. Dazu kann der gasförmige Stickstoff, der dem Dewargefäß des Detektoraufbaus entweicht, in das Innere der Abschirmung geleitet werden.

Die wichtigsten Kriterien für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Detektors sind:

- a) Energieauflösung (Gesamtbreite bei halber Höhe des Full-Energy-Peaks, FWHM), die dem Detektor die Unterscheidung zweier benachbarter Gammapeaks ermöglicht;
- b) absoluter Wirkungsgrad, der das Verhältnis der im Peak bei voller Energie erfassten Photonen zur Zahl der emittierten Photonen als Prozentzahl angibt;
- c) Peak-to-Compton-Verhältnis.