

**DIN ISO 11665-4
(VDE 0493-1-6654)****DIN**

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 13.040.01; 17.240

Ersatz für
DIN ISO 11665-4
(VDE 0493-1-6654):2013-05
Siehe Anwendungsbeginn

**Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
Luft: Radon-222 –
Teil 4: Integrierendes Messverfahren zur Bestimmung des
Durchschnittswertes der Radon-Aktivitätskonzentration mittels passiver
Probenahme und zeitversetzter Auswertung
(ISO 11665-4:2021)**

Measurement of radioactivity in the environment –
Air: radon-222 –
Part 4: Integrated measurement method for determining average activity concentration using
passive sampling and delayed analysis
(ISO 11665-4:2021)

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement –
Air: radon 222 –
Partie 4: Méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'activité volumique moyenne
du radon avec un prélèvement passif et une analyse en différé
(ISO 11665-4:2021)

Gesamtumfang 40 Seiten

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

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für diese Norm ist 2021-06-01.

Für DIN ISO 11665-4 (VDE 0493-1-6654):2013-05 besteht eine Übergangsfrist bis 2021-12-31.

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten	6
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	7
Vorwort.....	8
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe und Symbole	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Symbole.....	11
4 Kurzbeschreibung.....	11
5 Geräte.....	12
6 Probenahme	12
6.1 Ziel der Probenahme	12
6.2 Merkmale der Probenahme	12
6.3 Bedingungen der Probenahme	12
6.3.1 Allgemeines	12
6.3.2 Aufbau der Messeinrichtung.....	12
6.3.3 Dauer der Probenahme.....	13
6.3.4 Volumen der Luftprobe	13
7 Nachweisverfahren.....	14
8 Messung	14
8.1 Verfahren.....	14
8.2 Einflussgrößen.....	14
8.3 Kalibrierung	14
9 Darstellung der Ergebnisse	14
9.1 Durchschnittswert der Radon-Aktivitätskonzentration.....	14
9.2 Standardunsicherheit.....	15
9.3 Nachweis- und Erkennungsgrenze	15
9.4 Grenzen des Vertrauensbereichs.....	15
10 Prüfbericht	15
Anhang A (informativ) Messverfahren mit Festkörperspurdetektor	17
Anhang B (informativ) Messverfahren mit Elektretdetektor	23

Anhang C (informativ) Messverfahren mit Aktivkohle	31
Literaturhinweise	40

Bilder

Bild A.1 – Festkörperspurdetektor in offener und in geschlossener Konfiguration	18
Bild B.1 – Konfiguration einer Messeinrichtung mit einem Elektretdetektor	24
Bild B.2 – Radon-Aktivitätskonzentration über eine gegebene Expositionsdauer für eine um 30 V reduzierte Elektretspannung (unter Annahme einer Gammadosisleistung aus der Umgebung von 100 nGy h^{-1}) – Beispiel für die drei Kombinationen n1, m2 und n2.....	25
Bild C.1 – Gerät mit Aktivkohle.....	32
Bild C.2 – Veränderung des Kalibrierfaktors mit der Expositionsdauer (Dauer der Probenahme) und der relativen Luftfeuchte (nur zur Illustration)	33
Bild C.3 – Veränderung des Kalibrierfaktors mit der Masse des während der Dauer der Probenahme absorbierten Wassers (nur zur Illustration)	34

Tabellen

Tabelle 1 – Beispiele von Merkmalen der Probenahme für die verschiedenen Messverfahren, die die Anforderungen dieses Dokuments erfüllen	13
Tabelle B.1 – Beispiele für Typen von Anreicherungskammern und Elektretdetektoren.....	24
Tabelle B.2 – Beispiele der Dauer der Probenahme in Stunden für verschiedene Kombinationen (Anreicherungskammer/Elektret) und eine Potentialdifferenz von 30 V	26
Tabelle C.1 – Korrekturen des Kalibrierfaktors für einen 100-g-Detektor infolge von Veränderungen der relativen Luftfeuchte (gemessen durch die Masse des während der Expositionsdauer absorbierten Wassers) und für verschiedene Expositionsdauern (nur zur Illustration)	36

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN ISO 11665-4 (VDE 0493-1-6654):2020-03.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GK 851 „Aktivitätsmessgeräte für den Strahlenschutz“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de), Gemeinschaftsgremium mit dem DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR), zuständig.

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

Die enthaltene ISO-Publikation wurde vom SC 2 „Radiological protection“ des TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies and radiological protection“ der Internationalen Normungsorganisation (ISO) erarbeitet.

ISO 11665 besteht unter dem Haupttitel *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte: Quellen und Messverfahren
- Teil 2: Integrierendes Messverfahren für die Bestimmung des Durchschnittswertes der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte
- Teil 3: Punktmessverfahren der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte
- Teil 4: Integrierendes Messverfahren zur Bestimmung des Durchschnittswertes der Aktivitätskonzentration mittels passiver Probenahme und zeitversetzter Auswertung
- Teil 5: Kontinuierliche Messverfahren für die Aktivitätskonzentration
- Teil 6: Punktmessverfahren für die Aktivitätskonzentration
- Teil 7: Anreicherungsverfahren zur Abschätzung der Oberflächenexhalationsrate
- Teil 8: Methodik zur Erstbewertung sowie für zusätzliche Untersuchungen in Gebäuden
- Teil 9: Bestimmung der Exhalationsrate aus Baumaterialien
- Teil 11: Verfahren zur Probenahme und Prüfung von Bodenluft
- Teil 12: Bestimmung des Diffusionskoeffizienten in wasserundurchlässigen Materialien: Prüfverfahren mit einseitiger Messung der Aktivitätskonzentration
- Teil 13: Bestimmung des Diffusionskoeffizienten in wasserundurchlässigen Materialien: Prüfverfahren mit beidseitiger Messung der Aktivitätskonzentration

Zu Radon-Messgeräten bestehen in der Reihe IEC 61577 unter dem Haupttitel *Strahlenschutz-Messgeräte – Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten* die folgenden Teile:

- Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- Teil 2: Besondere Anforderungen für Messgeräte für Rn-222 und Rn-220
- Teil 3: Besondere Anforderungen an Messgeräte für Radonfolgeprodukte
- Teil 4: Einrichtungen für die Herstellung von Referenzatmosphären mit Radonisotopen und ihren Folgeprodukten (STAR)
- Teil 5: Allgemeine Eigenschaften von Radon und Radon-Folgeprodukten und ihre Messverfahren (DIN IEC 61577-5 (VDE 0493-1-10-5) zurzeit in Vorbereitung)

Änderungen

Gegenüber **DIN ISO 11665-4 (VDE 0493-1-6654):2013-05** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Einleitung wurde ergänzt;
- b) die Formulierung des Textes wurde punktuell redaktionell überarbeitet und konkretisiert, ohne die Anforderungen zu ändern;
- c) die Nationalen Fußnoten wurden ergänzt;
- d) die Literaturhinweise wurden aktualisiert.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 11665-4 (VDE 0493-1-6654): 2013-05

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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

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

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

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	ISO/IEC Guide 98-3 ^a	–	–
EN ISO 11665-1:2019	ISO 11665-1:2019	DIN EN ISO 11665-1 (VDE 0493-1-6651):2020-02	VDE 0493-1-6651
–	ISO 11665-8	DIN ISO 11665-8 (VDE 0493-1-6558)	VDE 0493-1-6558
–	ISO 11929 (alle Teile)	DIN ISO 11929-1 (VDE 0493-9291) DIN ISO 11929-2 (VDE 0493-9292) DIN ISO 11929-3 (VDE 0493-9293) DIN ISO 11929-4 (VDE 0493-9294)	VDE 0493-9291 VDE 0493-9292 VDE 0493-9293 VDE 0493-9294
EN ISO 13164 (alle Teile)	ISO 13164 (alle Teile)	DIN EN ISO 13164-1 DIN EN ISO 13164-2 DIN EN ISO 13164-3 DIN EN ISO 13164-4	– – – –
EN ISO/IEC 17025	ISO/IEC 17025	DIN EN ISO/IEC 17025	–
–	ISO 18589-3:2007 <i>ersetzt durch:</i>	DIN ISO 18589-3:2009-02 <i>ersetzt durch:</i>	–
EN ISO 18589-3:2017	ISO 18589-3:2015	DIN EN ISO 18589-3 (VDE 0493-4-5893):2017-12	VDE 0493-4-5893
–	IEC 61577-1	DIN IEC 61577-1 (VDE 0493-1-10-1)	VDE 0493-1-10-1
EN 61577-2	IEC 61577-2	DIN EN 61577-2 (VDE 0493-1-10-2)	VDE 0493-1-10-2
^a Bezüglich der Messung ionisierender Strahlung siehe auch DIN IEC/TR 62461 (VDE 0493-1000):2015-07.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 61577-2 (VDE 0493-1-10-2), Strahlenschutz-Messgeräte – Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten – Teil 2: Besondere Anforderungen für Messgeräte für Rn-222 und Rn-220

DIN EN ISO 11665-1 (VDE 0493-1-6651):2020-02, Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 – Teil 1: Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte: Quellen und Messverfahren (ISO 11665-1:2019); Deutsche Fassung EN ISO 11665-1:2019

DIN EN ISO 13164-1, Wasserbeschaffenheit – Radon 222 – Teil 1: Grundlagen

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 13164-4, Wasserbeschaffenheit – Radon 222 – Teil 4: Verfahren mittels zweistufiger Flüssigszintillationszählung

DIN EN ISO 18589-3 (VDE 0493-4-5893):2017-12, Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 3: Messung von Gammastrahlen emittierenden Radionukliden mittels Gammaskpektrometrie (ISO 18589-3:2015); Deutsche Fassung EN ISO 18589-3:2017

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

DIN IEC 61577-1 (VDE 0493-1-10-1), Strahlenschutz-Messgeräte – Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN IEC/TR 62461 (VDE 0493-1000):2015-07, Strahlenschutz-Messgeräte – Bestimmung der Unsicherheit beim Messen (IEC/TR 62461:2015)

DIN ISO 11665-8 (VDE 0493-1-6558), Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 – Teil 8: Methodik zur Erstbewertung sowie für zusätzliche Untersuchungen in Gebäuden

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

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

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

DIN ISO 11929-4 (VDE 0493-9294), Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Überdeckungsintervalls) bei Messungen ionisierender Strahlung – Teil 4: Anwendungsleitfaden

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen 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-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.

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 85, *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*, Unterkomitee SC 2, *Radiological protection*, erarbeitet.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 11665-4:2020), die geringfügig geändert wurde. Die Änderungen gegenüber der Vorgängerausgabe sind folgende:

- Aktualisierung der Einleitung;
- Aktualisierung der Literaturhinweise.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 11665 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

Die Radonisotope 222, 219 und 220 (auch als Thoron bekannt) sind radioaktive Gase, die durch Zerfall der Radiumisotope 226, 223 und 224 entstehen, welche wiederum Folgeprodukte von Uran-238, Uran-235 und Thorium-232 sind; all diese Radionuklide sind in der Erdkruste enthalten (zu weiterer Information siehe [Anhang A^{N1}](#)). Durch den Zerfall von Radon entstehen feste Elemente, die ebenfalls radioaktiv sind und die schließlich stabiles Blei bilden [1].

Beim Zerfall emittiert Radon Alphateilchen und bildet feste, ebenfalls radioaktive Folgeprodukte (Polonium, Wismut, Blei usw.). Die potenzielle Gesundheitsgefahr des Radons für den Menschen entsteht vor allem durch seine festen Folgeprodukte und nicht durch das Gas selbst. Je nachdem, ob sie an atmosphärische Aerosole angelagert sind oder nicht, können Radon-Folgeprodukte inhaliert und entsprechend ihrer Größe in unterschiedlichen Tiefen des bronchopulmonalen Trakts deponiert werden [2], [3], [4], [5].

Radon gilt heute als die Hauptursache für die natürliche Strahlenexposition des Menschen. UNSCEAR [6] legt dar, dass weltweit Radon rund 52 % der globalen mittleren Exposition durch natürliche Strahlung verursacht. Die radiologische Wirkung des Isotops 222 (48 %) ist weit signifikanter als die des Isotops 220 (4 %), während das Isotop 219 als vernachlässigbar angesehen wird (siehe [Anhang A^{N1}](#)). Deshalb ist in dem vorliegenden Dokument mit dem Begriff Radon nur Radon-222 gemeint.

Die Radon-Aktivitätskonzentration kann zeitlich und örtlich von einer bis zu mehreren Größenordnungen variieren. Die Exposition durch Radon und seine Folgeprodukte variiert erheblich von Ort zu Ort, da sie von der Menge des aus dem Boden emittierten Radons, den Baumaterialien, den Wetterbedingungen und dem Grad der Anreicherung in den Bereichen, in denen sich Personen aufhalten, abhängt.

Da Radon sich vorzugsweise in umschlossenen Räumen wie Häusern anreichert, verursacht Radon in Innenräumen den Hauptbeitrag zur Exposition der Bevölkerung. Das aus dem Erdreich über Öffnungen eindringende Radon wird als die Hauptquelle für Radon in Innenräumen angesehen. Andere Quellen sind in anderen Normen der Reihe ISO 11665 und, für Wasser, in den Normen der Reihe ISO 13164 [7] beschrieben.

Radon dringt durch Diffusion, die von dem immer bestehenden Gefälle der Radonkonzentration im Bodenuntergrund und innerhalb des Gebäudes herrührt, und durch Konvektion in Abhängigkeit von den Druckunterschieden zwischen der Raumluft und der im Bodenuntergrund enthaltenen Luft in Gebäude ein. Die Radonkonzentration in der Raumluft hängt von der Radonkonzentration im Bodenuntergrund, der Gebäudestruktur, der technischen Ausstattung (Kamin, Belüftungssystem u. a.), Umwelteigenschaften des Gebäudes (Temperatur, Luftdruck usw.) und der Lebensweise der Bewohner ab.

Um das Risiko für Personen zu begrenzen, wurde von der Weltgesundheitsorganisation ein nationaler Referenzwert von $100 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ empfohlen [5]. Wenn dieser nicht eingehalten werden kann, sollten $300 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ nicht überschritten werden. Diese Empfehlung wurde von den EU-Mitgliedsstaaten für die Festlegung von nationalen Referenzwerten für die Radonaktivität in Innenräumen übernommen. Die Referenzwerte für die mittlere jährliche Aktivitätskonzentration in Luft darf nicht höher als $300 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ sein [18].

Um das Risiko für die Gesamtbevölkerung zu reduzieren, sollten Bauvorschriften eingeführt werden, die vorbeugende Radonmessungen in im Bau befindlichen Gebäuden und Messungen zur Radon-Begrenzung in bestehenden Gebäuden vorschreiben. Radonmessungen sind erforderlich, da Bauvorschriften alleine nicht sicherstellen können, dass die Radonkonzentration unterhalb des Referenzwerts liegt.

Die ^{222}Rn -Aktivitätskonzentration in der Atmosphäre kann mittels Punktmessverfahren, kontinuierlicher und integrierender Messverfahren unter Anwendung von aktiver oder passiver Probenahme (siehe [ISO 11665-1](#)) ermittelt werden. Dieses Dokument behandelt integrierende Messverfahren für ^{222}Rn mit passiver Probenahme.

ANMERKUNG Die Quellen von ^{222}Rn und seinen kurzlebigen Folgeprodukten in der Atmosphäre und andere Messverfahren werden allgemein in [ISO 11665-1](#) beschrieben.

^{N1} Nationale Fußnote: Gemeint ist hier [Anhang A](#) der [DIN EN ISO 11665-1 \(VDE 0493-1-6651\):2020-02](#).

Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 –

Teil 4: Integrierendes Messverfahren zur Bestimmung des Durchschnittswertes der Radon-Aktivitätskonzentration mittels passiver Probenahme und zeitversetzter Auswertung

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt integrierende Messtechniken für ^{222}Rn mit passiver Probenahme. Es gibt Hinweise zur Messung des Durchschnittswerts der Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn in der Luft, die auf einer einfach anzuwendenden und kostensparenden passiven Probenahme beruht, und zu den Nutzungsbedingungen des Messgeräts.

Dieses Dokument beinhaltet Proben, die ohne Unterbrechung während Zeiträumen von einigen Tagen bis zu einem Jahr genommen werden.

Dieses Messverfahren ist anwendbar auf Luftproben mit Radon-Aktivitätskonzentrationen über 5 Bq m^{-3} .

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 11665-1, *Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 1: Origins of radon and its short-lived decay products and associated measurement methods*

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

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

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

IEC 61577-1, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 1: General principles*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach **ISO 11665-1**.

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

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

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole nach **ISO 11665-1** und die folgenden Symbole.

$\bar{C}$	Durchschnittswert der Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
$\bar{C}^*$	Erkennungsgrenze des Durchschnittswerts der Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
$\bar{C}^\#$	Nachweisgrenze des Durchschnittswerts der Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
$\bar{C}^\Delta$	untere Grenze des Vertrauensbereichs des Durchschnittswerts der Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
$\bar{C}^\triangleright$	obere Grenze des Vertrauensbereichs des Durchschnittswerts der Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
t	Dauer der Probenahme, in Stunden
U	erweiterte Unsicherheit, gegeben durch $U = k \cdot u()$ mit $k = 2$
$u()$	dem Messergebnis zugeordnete Standardunsicherheit
$u_{\text{rel}}()$	relative Standardmessunsicherheit
μ	Messgröße
μ_0	Messwert des Untergrundeffekts
ω	Korrektionsfaktor unter Einbeziehung des Kalibrierfaktors und der Dauer der Probenahme

4 Kurzbeschreibung

Die integrierende Messung des Durchschnittswerts der Radon-Aktivitätskonzentration beruht auf den folgenden Elementen:

- der kontinuierlichen passiven Probenahme der Luft, die repräsentativ für die zu untersuchende Atmosphäre ist, durch freie Konvektion und natürliche Diffusion mittels eines offenen Detektors (offen zur Luft)^{N2} oder durch natürliche Diffusion in einen geschlossenen Detektor (mit einer Anreicherungskammer);
- gleichzeitiger Summierung der messbaren physikalischen Größen (geätzte Spuren, elektrische Ladungen, radioaktive Atome usw.) mittels eines geeigneten Detektors;
- Messung der aufsummierten physikalischen Größe, die mit dem Durchschnittswert der Radon-Aktivitätskonzentration während der fraglichen Dauer der Probenahme direkt verbunden ist.

Verschiedene Messverfahren erfüllen die Anforderungen dieses Dokuments. Sie werden grundsätzlich durch den Typ und die Messung der aufsummierten physikalischen Größe unterschieden. Diese physikalische Größe und die mit ihr verbundene Messung kann z. B. sein:

- „latente Spuren“, die in einem Polymer (Festkörperspurdetektor, FKSD) infolge der Ionisation durch Alphateilchen des Radons und seiner Folgeprodukte gebildet werden; diese latenten Spuren werden nachgewiesen und gezählt (siehe [Anhang A](#));
- Ladungen, die in einem Festkörper (Halbleiter, Silizium) infolge Ionisationen durch Alphateilchen von Radon und seinen Folgeprodukten gebildet werden; sie werden durch geeignete Elektronik nachgewiesen;
- Entladung eines Elektreten (nicht wiederaufladbares, positiv geladenes Element) infolge der Ionisation der Luft durch radioaktiven Zerfall von Radon und seinen Folgeprodukten; die durch die Entladung hervorgerufene Veränderung der Spannung wird gemessen (siehe [Anhang B](#));
- an Aktivkohle absorbierte ²²²Rn-Atome; die Emissionsraten der von den Folgeprodukten ²¹⁴Pb und ²¹⁴Bi emittierten Gammastrahlung werden mit einem Gammaskpektrometer gemessen (siehe [Anhang C](#)).

Die Analyse der physikalischen Variablen kann nicht unmittelbar erfolgen und kann Laborarbeiten erfordern.

^{N2} Nationale Fußnote: Die hier beschriebene offene Konfiguration ist in Deutschland nicht für Messungen, die im Rahmen der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen durchgeführt werden, zugelassen.

Das Ergebnis der integrierenden Messung ist die Radonexposition des Detektors für die Dauer der Probenahme. Der Durchschnittswert der Radon-Aktivitätskonzentration wird durch Division der Exposition durch die Dauer der Probenahme berechnet.

5 Geräte

Das Gerät muss das Folgende einschließen:

- a) einen Detektor zur Sammlung der physikalischen Effekte (Festkörperspurdetektor, Siliziumdetektor, Elektretdetektor, Aktivkohle usw.) ohne oder mit einer Anreicherungskammer, bestehend aus leitfähigem Plastikmaterial mit bekanntem Nachweisvolumen; bei geschlossener Konfiguration ist dieser Detektor in einer mit einem Filter geschlossenen Anreicherungskammer angeordnet, bei offener Konfiguration (ohne Anreicherungskammer) befindet sich der Detektor in direkter Verbindung zur Atmosphäre;
- b) ein für die gesammelte physikalische Größe geeignetes Nachweissystem.

Die notwendigen Geräte und Einrichtungen für jedes Messverfahren werden in den [Anhängen A, B und C](#) angegeben.

6 Probenahme

6.1 Ziel der Probenahme

Das Ziel der Probenahme ist es, den Detektor (Festkörperspurdetektor, Siliziumdetektor, Elektretdetektor, Aktivkohle usw.) innerhalb des wie üblich belegten Bereichs der zu untersuchenden Atmosphäre zu platzieren.

6.2 Merkmale der Probenahme

Die Probenahme ist passiv.

In einer geschlossenen Konfiguration erfolgt die Probenahme über ein Filter, so dass nur Alphateilchen des Radons durch den Detektor registriert werden (siehe Abschnitt 5). Die Probenahme muss unter Bedingungen erfolgen, die das Zusetzen des Filters verhindern, was veränderte Messbedingungen zur Folge hätte. Wenn sich das Filter während der Probenahme zusetzt, besteht das Risiko, dass die Luft im Nachweisvolumen nicht erneuert wird.

Bei offener Konfiguration zeichnet der Detektor gleichzeitig die Alphaemissionen von Radon und seinen Folgeprodukten nahe der Oberfläche auf. Er zeichnet auch jeden Alphaemitter, der in der analysierten Atmosphäre anwesend ist, in dem vom Hersteller angegebenen Energiebereich auf. Diese Konfiguration muss unter Bedingungen verwendet werden, die verhindern, dass das Gerät ungünstigen Einflüssen ausgesetzt ist (staubige Atmosphäre, Fettablagerung usw.), welche veränderte Messbedingungen zur Folge hätten.

6.3 Bedingungen der Probenahme

6.3.1 Allgemeines

Die Probenahme muss durchgeführt werden wie in [ISO 11665-1](#) beschrieben^{N3}.

6.3.2 Aufbau der Messeinrichtung

Der Aufbau der Messeinrichtung muss durchgeführt werden wie in [ISO 11665-1](#) beschrieben.

^{N3} Nationale Fußnote: Die Messgeräte können auch zur Ermittlung der individuellen Strahlenexposition eingesetzt werden. In diesem Fall kann der Detektor von der betreffenden Person am Körper getragen werden. Der Trageort muss dabei so gewählt werden, dass das Messergebnis repräsentativ für die eingeatmete Luft ist.