DIN EN ISO 11665-1 (VDE 0493-1-6651)

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

Einsprüche bis 2019-08-28

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 11665-1
(VDE 0493-1-6651):2015-11

Entwurf

Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 – Teil 1: Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte: Quellen und Messverfahren (ISO/FDIS 11665-1:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 11665-1:2019

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/FDIS 11665-1:2019);
German and English version prEN ISO 11665-1:2019

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement –
Air: radon 222 –
Partie 1: Origine du radon et de ses descendants à vie courte, et méthodes de mesure associées (ISO/FDIS 11665-1:2019);
Version allemande et anglaise prEN ISO 11665-1:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-06-28 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 dke@vde.com 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 die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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 81 Seiten

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ... .

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN ISO 11665-1:2019 „Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 – Teil 1: Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte: Quellen und Messverfahren“, (Schluss-Entwurf) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Organisation für Normung (ISO) und das Europäische Komitee für Normung (CEN) haben vereinbart, dass ein auf ISO-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei ISO und CEN zur Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument ISO/FDIS 11665-1:2019 „Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 1: Origins of radon and its short-lived decay products and associated measurement methods“ unverändert in den Schluss-Entwurf prEN ISO 11665-1:2019 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des ISO/FDIS entsprechend der diesbezüglich durch die ISO erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 2 „Radiological protection“ des TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet.

Dokumente, die bei CEN als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

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) zuständig.

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.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 11665-1 (VDE 0493-1-6651):2015-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) die Einleitung wurde ergänzt;

b) die Gestaltung von Abschnitt 3 „Begriffe“ wurde an die neuen ISO/IEC-Direktiven angepasst;

c) die Aufstellung in 8.2 „Einflussgrößen“ wurde konkretisiert;

d) die Beschreibung der Variation der Radon-Aktivitätskonzentration in Gebäuden (A.2.4) wurde ergänzt;

e) die Literaturhinweise wurden ergänzt.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Inhalt

Seite

Vorwort 3
Einleitung 4
1 Anwendungsbereich 7
2 Normative Verweisungen 7
3 Begriffe und Formelzeichen 7
3.1 Begriffe 7
3.2 Symbole 15
4 Grundlagen des Messverfahrens 16
5 Geräte und Einrichtungen 16
6 Probenahme 16
6.1 Allgemeines 16
6.2 Zweck der Probenahme 17
6.3 Merkmale der Probenahme 17
6.4 Bedingungen der Probenahme 17
6.4.1 Aufbau der Probenahmeeinrichtung 17
6.4.2 Dauer der Probenahme 18
6.4.3 Volumen der Luftprobe 19
7 Nachweisverfahren 19
7.1 Silber-aktivierte Zinksulfid-Szintillation 19
7.2 Gammaspektrometrie 19
7.3 Flüssigszintillation 20
7.4 Ionisation der Luft 20
7.5 Halbleiter (Nachweis von Alphateilchen) 20
7.6 Festkörperspurdetektoren (FKSD) 20
7.7 Entladung einer elektrisch geladenen Oberfläche innerhalb einer Ionisationskammer 20
8 Messung 20
8.1 Verfahren 20
8.2 Einflussgrößen 23
8.3 Kalibrierung 23
8.4 Qualitätskontrolle 23
9 Ergebnisdarstellung 24
10 Prüfbericht 24
Anhang A (informativ) Radon und seine Folgeprodukte: Überblick 25
Anhang B (informativ) Beispiele von Ergebnissen sowohl für Punktmessungen als auch für kontinuierliche und integrierende Messungen der ^{222}Rn-Aktivitätskonzentration 35
Anhang C (informativ) Beispiel eines Berichtsformulars 37
Literaturhinweise 38

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Seite

Bilder

Bild 1 – Aufbau der Normenreihe ISO 11665 ... 6
Bild 2 – Schema einer Probenahmestelle außerhalb eines Gebäudes ... 18
Bild A.1 – ^{238}U und seine Folgeprodukte ... 25
Bild A.2 – ^{232}Th und seine Folgeprodukte ... 26
Bild A.3 – ^{235}U und seine Folgeprodukte ... 26
Bild A.4 – Beispiel für den Tagesgang der Radon-Aktivitätskonzentration im Freien ... 27
Bild A.5 – Beispiel der zeitlichen Variabilität der Radon-Aktivitätskonzentration im Freien ... 28
Bild A.6 – Radonwerte in einem Haus während einer Periode von 24 Stunden (Schweden) ... 29
Bild A.7 – Monatliche Variation der Radon-Aktivitätskonzentration in Innenräumen, gemessen in verschiedenen Stockwerken eines Hauses ... 30
Bild A.8 – Veränderung der monatlichen Durchschnittswerte der Radon-Aktivitätskonzentration an zwei verschiedenen Standorten, die weniger als 1 km auseinander liegen ... 30
Bild A.9 – Beispiel für die Variation der Radon-Aktivitätskonzentration in einem Haus: der Effekt der natürlichen Belüftung ist offensichtlich ... 31
Bild A.10 – Allgemeine Darstellung des Prozesses der Radonexposition ... 32
Bild A.11 – Beispiel für die saisonale Veränderung der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der ^{222}Rn-Folgeprodukte im Freien – Monatliche Mittelwerte für eine Zeitdauer von 9 Monaten ... 34
Bild B.1 – Beispiel der ^{222}Rn-Aktivitätskonzentration, gemessen im Zentralmassiv (Frankreich) während einer Messdauer von einem Monat ... 35
Bild B.2 – Einfluss der Integrationszeit auf das Messergebnis der ^{222}Rn-Aktivitätskonzentration; die Messungen wurden in Saint-Priest-La-Prugne (Loire, Frankreich) innerhalb eines Zeitraums von 3 Jahren durchgeführt ... 36

Tabellen

Tabelle 1 – Dauer der Probenahme für verschiedene Verfahren ... 19
Tabelle 2 – Eigenschaften der Messverfahren, die in ISO 11665 beschrieben werden ... 22
Tabelle A.1 – Potenzielle Alpha-Energie der kurzlebigen ^{222}Rn-Folgeprodukte ... 33

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 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.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom ISO/TC 85, *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*, Unterkomitee SC 2, *Radiological protection*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 11665-1:2012), die geringfügig geändert wurde. Die Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

– Aktualisierung der Einleitung;
– in A.2.4 wurden Einzelheiten zur Änderung der Radon-Aktivitätskonzentration über Zeit und Ort in Gebäuden ergänzt;
– Aktualisierung der Literaturhinweise.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 11665 kann auf der ISO-Internetseite abgerufen werden.

Alle Rückmeldungen und Fragen zu diesem Dokument sind erbeten an die Nationale Normungsorganisation des Lesers. Eine vollständige Liste dieser Organisationen ist auf www.iso.org/members.html zu finden.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Einleitung

Die Radonisotope 222, 220, 219 sind radioaktive Gase, die durch Zerfall der Radiumisotope 226, 224 und 223 entstehen, welche wiederum Folgeprodukte von ^{238}U, ^{232}Th und ^{235}U sind. All diese Radionuklide sind in der Erdkruste enthalten (für weitere Informationen siehe Anhang A). 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 Folgeprodukte (Polonium, Wismut, Blei usw.), welche ebenfalls radioaktiv sind. Die potenzielle Gefahr 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. Der 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). Deshalb ist in diesem Dokument mit dem Begriff Radon nur ^{222}Rn 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 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 [3] beschrieben.

Radon dringt durch konstante Diffusion, die von dem immer bestehenden Gefälle der Radonkonzentration im Bodenuntergrund und innerhalb des Gebäudes herrührt, und durch nicht konstante Konvektion aufgrund von 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 dem Lifestyle der Bewohner ab.

Um das Risiko für Personen zu begrenzen, wurden von der Weltgesundheitsorganisation ein nationaler Referenzwert von 100 $Bq \cdot m^{-3}$ empfohlen [4]. Wenn dieser nicht eingehalten werden kann, sollten 300 $Bq \cdot m^{-3}$ nicht überschritten werden. Diese Empfehlung wurde den EU-Mitgliedsstaaten vorgelegt, die nationale Referenzwerte für die Radonaktivität in Innenräumen festlegen müssen. Die Referenzwerte für die mittlere jährliche Aktivitätskonzentration in Luft darf nicht höher als 300 $Bq \cdot m^{-3}$ sein [5].

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.

ISO 11665 besteht aus mehreren Teilen (siehe Bild 1), die Folgendes behandeln:

– Messverfahren für ^{222}Rn und seine kurzlebigen Folgeprodukte (siehe ISO 11665-2, ISO 11665-3, ISO 11665-4, ISO 11665-5 und ISO 11665-6);

ANMERKUNG 1 Es gibt sehr viele Verfahren zur Messung der Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn und der potenziellen Alpha-Energiekonzentration seiner kurzlebigen Folgeprodukte. Die Auswahl des Messverfahrens wird von der erwarteten Höhe der Konzentration und von der beabsichtigten Verwendung der Daten, wie beispielsweise für die Forschung oder für gesundheitsbezogene Bewertungen [8], [9] abhängen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

- Messverfahren für die Exhalationsrate von ^{222}Rn (siehe ISO 11665-7 und ISO 11665-9);

  ANMERKUNG 2 ISO 11665-7 bezieht sich auf ISO 11665-5 und ISO 11665-6.

- Messverfahren für ^{222}Rn im Boden (siehe ISO 11665-11);
- das Vorgehen bei der Messung von ^{222}Rn in Gebäuden (siehe ISO 11665-8);
- Messverfahren für den Diffusionskoeffizienten von ^{222}Rn (siehe ISO/TS 11665-12 und ISO/TS 11665-13).

  ANMERKUNG 3 Zum Zweck der Erstbewertung eines Gebäudes bezieht sich ISO 11665-8 auf ISO 11665-4 und für zusätzliche Untersuchungen auf ISO 11665-5, ISO 11665-6 und ISO 11665-7.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

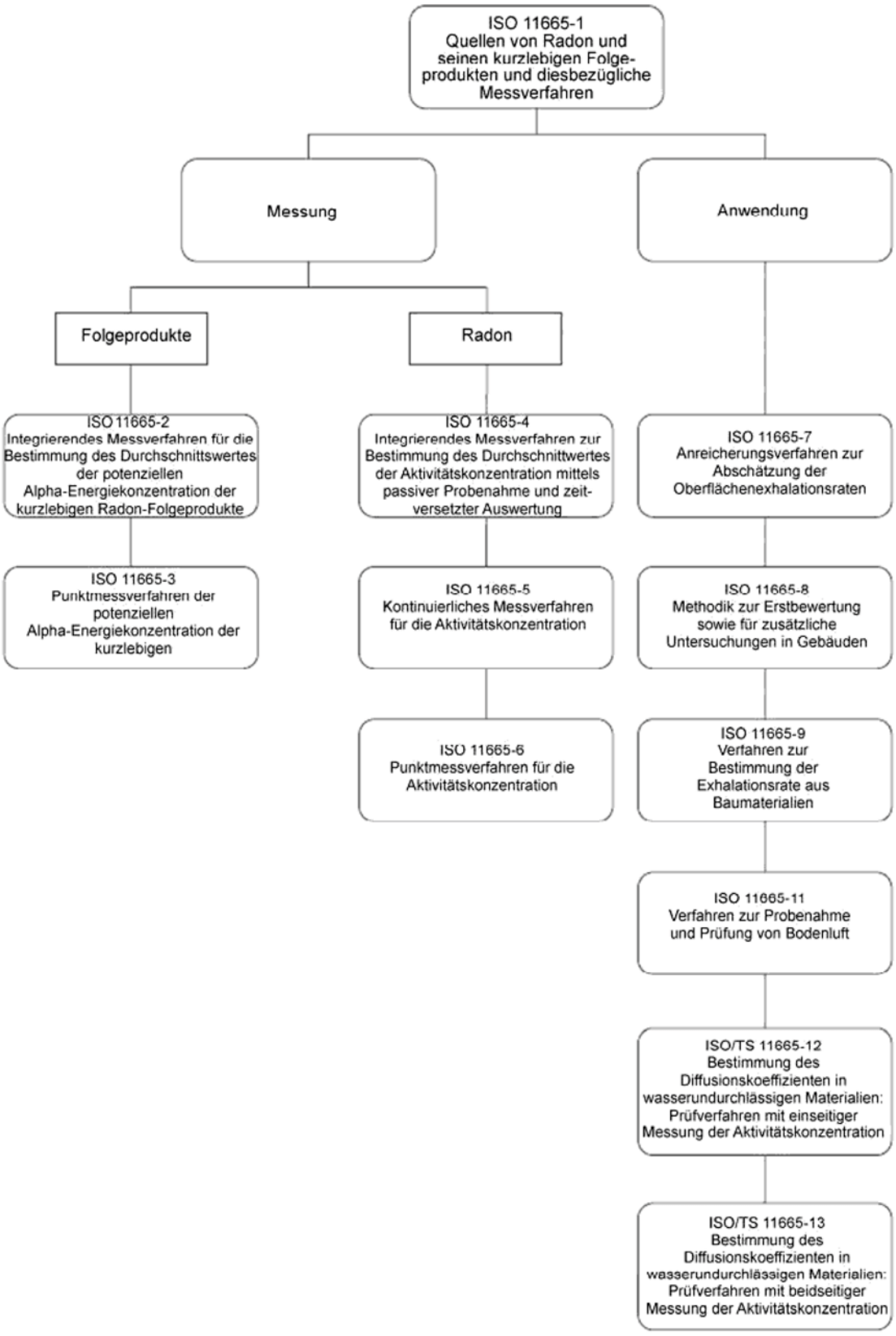


Bild 1 – Aufbau der Normenreihe ISO 11665

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 – Teil 1: Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte: Quellen und Messverfahren

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist eine Anleitung für die Durchführung von Messungen der ^{222}Rn-Aktivitätskonzentration und der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen ^{222}Rn-Folgeprodukte in der Luft.

Die Messverfahren werden in drei Kategorien eingeteilt:

a) Punktmessverfahren;

b) kontinuierliche Messverfahren;

c) integrierende Messverfahren.

Dieses Dokument stellt verschiedene Verfahren bereit, die im Allgemeinen zur Messung von ^{222}Rn und seiner kurzlebigen Folgeprodukte angewendet werden.

Dieses Dokument gibt auch eine Anleitung zur Bestimmung der Eigenmessunsicherheit für die in den verschiedenen Teilen dieser Norm beschriebenen Messverfahren.

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/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*

IEC 61577-2, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 2: Specific requirements for radon measuring instruments*

IEC 61577-3, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 3: Specific requirements for radon decay product measuring instruments*

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

– ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter http://www.iso.org/obp

– IEC Electropedia: verfügbar unter http://www.electropedia.org/

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

3.1.1
aktive Probenahme
(en: active sampling)
Probenahme mit aktiven Einrichtungen, wie Pumpen, zur Probenahme aus der Atmosphäre

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.2.22]

3.1.2
Aktivität
(en: activity; disintegration rate)
Anzahl der spontanen Kernzerfälle, die in einer vorgegebenen Menge eines Materials während eines ausreichend kurzen Zeitintervalls vorkommen, dividiert durch dieses Zeitintervall

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Aktivität A wird ausgedrückt durch Gleichung (1):

$$A = \lambda \cdot N \quad (1)$$

Dabei ist

λ die Zerfallskonstante je Sekunde;

N die Anzahl der Atome.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Zerfallskonstante ist verknüpft mit der radioaktiven Halbwertszeit durch die Gleichung:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (2)$$

Dabei ist

$T_{1/2}$ die radioaktive Halbwertszeit in Sekunden.

3.1.3
Aktivitätskonzentration
(en: activity concentration)
Aktivität je Volumeneinheit

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.1.2]

3.1.4
angelagerter Anteil
(en: attached fraction)
Anteil der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte, der an Aerosolteilchen angelagert ist

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.2.15]

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Größe des Trägeraerosols, an dem der überwiegende Teil der Teilchen angelagert ist, liegt mit dem Medianwert im Allgemeinen im Bereich zwischen 0,1 µm und 0,3 µm.

3.1.5
mittlere Aktivitätskonzentration
Durchschnittswert der Aktivitätskonzentration
(en: average activity concentration)
Radonexposition dividiert durch die Probenahmedauer

3.1.6
mittlere potenzielle Alpha-Energiekonzentration
Durchschnittswert der potenziellen Alpha-Energiekonzentration
(en: average potential alpha energy concentration)
potenzielle Alpha-Energieexposition dividiert durch die Probenahmedauer

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

3.1.7
Hintergrundrauschen[N1]
(en: background noise)
Signale, die nicht durch die nachzuweisende Strahlung hervorgerufen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Es kann zwischen Signalen unterschieden werden, deren Ursache Strahlenquellen sind, die innerhalb oder außerhalb des Detektors liegen und nicht Ziel der Messung sind, und solchen, die durch Fehler in der Elektronik des Nachweissystems und dessen Stromversorgung hervorgerufen werden.

3.1.8
kontinuierliche Messung
(en: continuous measurement)
Messung, bei der die Probenahme kontinuierlich (oder integrierend über Intervalle zwischen 1 min und 120 min) mit einer simultanen oder einer zeitlich geringfügig verzögerten Analyse erfolgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dauer der Probenahme muss der Dynamik des untersuchten Phänomens angepasst sein, um die zeitliche Veränderung der Radon-Aktivitätskonzentration zu beobachten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zur weiteren Information siehe Anhang B.

3.1.9
Diffusionslänge
(en: diffusion lenght)
Entfernung, die ein Atom bis zum Zerfall infolge der Wirkung von Diffusionskräften zurücklegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Diffusionslänge l ist durch Gleichung (3) gegeben:

$$l = \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{1/2} \tag{3}$$

Dabei ist

D die Diffusionskonstante in Quadratmeter je Sekunde;

λ die Zerfallskonstante je Sekunde.

3.1.10
Gleichgewichtsfaktor
(en: equilibrium factor)
Verhältnis der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte in einem vorgegebenen Luftvolumen zu derjenigen potenziellen Alpha-Energiekonzentration, die sich ergeben würde, wenn das im betrachteten Volumen vorliegende Radon im radioaktiven Gleichgewicht mit seinen Folgeprodukten ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die sich in der Atmosphäre befindenden kurzlebigen ^{222}Rn-Folgeprodukte sind selten im radioaktiven Gleichgewicht mit ihrem Mutternuklid (da sie beispielsweise an Wände angelagert sind oder vom Belüftungssystem eliminiert werden). Der Gleichgewichtsfaktor wird verwendet, um den Grad des „Ungleichgewichtes“ zu kennzeichnen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Gleichgewichtsfaktor liegt zwischen 0 und 1. In Gebäuden variiert der Gleichgewichtsfaktor im Allgemeinen zwischen 0,1 und 0,9 mit einem Durchschnittswert von 0,4 [4], [6].

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Gleichgewichtsfaktor F_{eq} wird durch Gleichung (4) ausgedrückt:

$$F_{eq} = \frac{E_{PAEC,^{222}Rn}}{5{,}57 \cdot 10^{-9} \times C_{^{222}Rn}} \tag{4}$$

[N1] Nationale Fußnote: In der Normenreihe werden auch die Begriffe „Untergrund“ und „Nulleffekt“ verwendet.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Dabei ist

$E_{PAEC,^{222}Rn}$ die potenzielle Alpha-Energiekonzentration von ^{222}Rn in Joule je Kubikmeter;

$5{,}57 \times 10^{-9}$ die potenzielle Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen ^{222}Rn-Folgeprodukte, die einem Becquerel ^{222}Rn, das sich im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Folgeprodukten befindet, entspricht, in Joule je Becquerel;

$C_{^{222}Rn}$ die Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn in Becquerel je Kubikmeter.

3.1.11
Kurzzeit-Probenahme
(en: grab sampling)
Sammlung einer Probe (d. h. von Luft, die Radon oder Aerosolpartikel enthält) während einer Zeitdauer, die kurz im Vergleich zu Fluktuationen der untersuchten Größe (d. h. der Aktivitätskonzentration der Luft) ist

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.2.18]

3.1.12
Richtwert
(en: guideline value)
Wert zur Beurteilung, ob ein Messverfahren für die Messgröße aus wissenschaftlichen, gesetzlichen oder anderen Gründen gestellten Anforderungen genügt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Richtwert kann z. B. als Aktivität, spezifische Aktivität oder Aktivitätskonzentration, Oberflächenaktivität oder Dosisrate gegeben sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Vergleich der Nachweisgrenze mit dem Richtwert erlaubt eine Entscheidung darüber, ob das für die Messung vorgesehene Messverfahren gestellten Anforderungen genügt und damit für den Messzweck geeignet ist oder nicht. Das Messverfahren genügt den Anforderungen, wenn die Nachweisgrenze kleiner ist als der Richtwert.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Richtwert darf nicht mit anderen Werten verwechselt werden, die aus Konformitätsanforderungen oder gesetzlichen Grenzen rühren.

[QUELLE: ISO 11929:2019, 3.18]

3.1.13
integrierende Messung
(en: integrated measurement)
Messung mit kontinuierlicher Probenahme der Luft bei den physikalischen Größen (Anzahl von Kernspuren, Anzahl elektrischer Ladungen usw.), die mit dem Zerfall von Radon und/oder seiner Folgeprodukte funktional verbunden sind, über die Zeit, gefolgt von der die Auswertung nach dem Aufsummieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Für weitere Informationen siehe Anhang B.

3.1.14
Langzeitmessung
(en: long-term measurement)
Messung einer Luftprobe, deren Probenahmezeit größer als einen Monat ist.

3.1.15
Messgröße
(en: measurand)
Größe, die Gegenstand einer Messung ist

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.3]

3.1.16
Messsystem
(en: measuring system)
Satz von einem oder mehrerer Messgeräte und anderer Einrichtungen, einschließlich Messsonde und Zubehör, die zur Bestimmung des Werts der Messgröße innerhalb festgelegter Grenzen der Einflussgrößen eingesetzt werden

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 3.2]

3.1.17
passive Probenahme
(en: passive sampling)
Probenahme mit Geräten, die über keine aktiven Komponenten wie z. B. Pumpen zur Probenahme aus der Atmosphäre verfügen, wobei bei den meisten Geräten die Probenahme hauptsächlich durch Diffusion erfolgt

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.2.21, modifiziert]

3.1.18
potenzielle Alpha-Energie der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte
(en: potential alpha energy of short-lived radon decay products)
Gesamtbetrag der Energie der Alphateilchen, die beim Zerfall der kurzlebigen ^{222}Rn-Folgeprodukte entlang der Zerfallsreihe bis zum ^{210}Pb freigesetzt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die potenzielle Alpha-Energie $E_{PAE,^{222}Rn}$ der kurzlebigen ^{222}Rn-Folgeprodukte wird durch Gleichung (5) ausgedrückt:

$$E_{PAE,^{222}Rn} = \left[\left(E_{AE,^{218}Po} + E_{AE,^{214}Po}\right)\cdot\left(N_{^{218}Po}\right) + E_{AE,^{214}Po}\cdot\left(N_{^{214}Pb} + N_{^{214}Bi}\right) + E_{AE,^{214}Po}\cdot\left(N_{^{214}Po}\right)\right] \quad (5)$$

Dabei ist

$E_{AE,^{218}Po}$ die Alpha-Energie, die durch den Zerfall von ^{218}Po entsteht, in Joule;
$E_{AE,^{214}Po}$ die Alpha-Energie, die durch den Zerfall von ^{214}Po entsteht, in Joule;
$N_{^{218}Po}$ die Anzahl der Atome von ^{218}Po;
$N_{^{214}Pb}$ die Anzahl der Atome von ^{214}Pb;
$N_{^{214}Bi}$ die Anzahl der Atome von ^{214}Bi;
$N_{^{214}Po}$ die Anzahl der Atome von ^{214}Po.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Gesamtbetrag der Energie der Alphateilchen, die beim Zerfall der kurzlebigen ^{220}Rn-Folgeprodukte entlang der Zerfallsreihe bis zum ^{208}Pb freigesetzt werden, wird durch Gleichung (6) ausgedrückt.

$$E_{PAE,^{220}Rn} = \begin{bmatrix}\left(E_{AE,^{216}Po} + 0{,}36\cdot E_{AE,^{212}Bi} + 0{,}64\cdot E_{AE,^{212}Po}\right)\cdot\left(N_{^{216}Po}\right)\\ +\left(0{,}36\cdot E_{AE,^{212}Bi} + 0{,}64\cdot E_{AE,^{212}Po}\right)\cdot\left(N_{^{212}Pb} + N_{^{212}Bi}\right) + E_{AE,^{212}Po}\cdot\left(N_{^{212}Po}\right)\end{bmatrix} \quad (6)$$

Dabei ist

$E_{PAE,^{220}Rn}$ die potenzielle Alpha-Energie von ^{220}Rn in Joule;
$E_{AE,^{216}Po}$ die Alpha-Energie, die durch den Zerfall von ^{216}Po entsteht, in Joule;
$E_{AE,^{212}Bi}$ die Alpha-Energie, die durch den Zerfall von ^{212}Bi entsteht, in Joule;
$E_{AE,^{212}Po}$ die Alpha-Energie, die durch den Zerfall von ^{212}Po entsteht, in Joule;
$N_{^{212}Pb}$ die Anzahl der Atome von ^{212}Pb;
$N_{^{212}Bi}$ die Anzahl der Atome von ^{212}Bi;
$N_{^{212}Po}$ die Anzahl der Atome von ^{212}Po.

3.1.19
potenzielle Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte
(en: potential alpha energy concentration of the short-lived radon decay products)
Konzentration jeglicher Mischung aus kurzlebigen Radon-Folgeprodukten in der Luft im Sinne der Alpha-Energie, die während des kompletten Zerfalls bis ^{210}Pb und/oder ^{208}Pb freigesetzt wird

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.2.2]

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Anmerkung 1 zum Begriff: Die potenzielle Alpha-Energiekonzentration $E_{PAEC,i}$ des Nuklids i wird durch Gleichung (7) ausgedrückt:

$$E_{PAEC,i} = \frac{E_{PAE,i}}{V} \quad (7)$$

Dabei ist

$E_{PAE,i}$ die potenzielle Alpha-Energie des Nuklids i in Joule;

V das Probenvolumen in Kubikmeter.

3.1.20
potenzielle Alpha-Energieexposition
(en: potential alpha energy concentration exposure)
Integral der potenziellen Alpha-Energiekonzentration über die Expositionszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Exposition der potenziellen Alpha-Energiekonzentration X_{PAEC} wird durch Gleichung (8) ausgedrückt:

$$X_{PAEC} = \int_0^t E_{PAEC} \cdot dt \quad (8)$$

Dabei ist

E_{PAEC} die potenzielle Alpha-Energiekonzentration in Joule je Kubikmeter;

t die Probenahmezeit in Sekunden.

3.1.21
Primärnormal
(en: primary standard)
Normal, das wegen seines Besitzes der höchsten metrologischen Qualitäten geschaffen wurde oder allgemein akzeptiert ist und dessen Wert ohne Referenz zu anderen Normalen derselben Größe akzeptiert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Konzept des Primärnormals gilt gleichermaßen für Basisgrößen und abgeleitete Größen.

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.1.3]

3.1.22
radioaktives Gleichgewicht von ^{222}Rn mit seinen kurzlebigen Folgeprodukten
(en: radioactive equilibrium of radon-222 with its short-lived decay products)
Umstand, bei dem die Aktivität eines jeden kurzlebigen Radon-Folgeprodukts gleich der Radonaktivität ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Im radioaktiven Gleichgewicht verringert sich die Aktivität eines jeden Folgeprodukts wie die Radonaktivität.

3.1.23
Radonemanation
(en: radon emanation)
Vorgang, bei dem ein Radonatom das Korn eines Feststoffs, in dem es gebildet wurde, verlässt und in den freien Porenraum gelangt

3.1.24
Radonexhalation
(en: radon exhalation)
Vorgang, bei dem ein Radonatom, das durch Emanation gebildet wurde, infolge von Transportphänomenen (Diffusion, Konvektion) im Material die Oberfläche des betrachteten Materials erreicht und in das umgebende Medium (Luft) abgegeben wird

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

3.1.25
Radonexhalationsrate
(en: radon exhalation rate)
Wert der Aktivitätskonzentration von Radonatomen, die aus einem Material je Zeiteinheit austreten

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Radonexhalationsrate unter der Bedingung, dass die Radon-Aktivitätskonzentration auf der Oberfläche des Materials gleich null ist, wird als freie Radonexhalationrate bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die freie Radonexhalationrate ist näherungsweise die Radonexhalationsrate, bei der die Radonaktivität an der Materialoberfläche einen ausreichend kleinen Wert besitzt.

3.1.26
Radon-Oberflächenexhalationsrate
(en: radon surface exhalation rate)
Wert der Aktivitätskonzentration von Radonatomen, die aus einem Material je Oberflächeneinheit und je Zeiteinheit austreten

3.1.27
Radon-Massenexhalationsrate
(en: radon mass exhalation rate)
Wert der Aktivitätskonzentration von Radonatomen, die aus einem Material je Masse und je Zeiteinheit austreten

3.1.28
Radonexposition
(en: radon exposure)
Integral der Radon-Aktivitätskonzentration über die Expositionszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Radonexposition X wird durch die Gleichung (9) ausgedrückt:

$$X = \int_0^t C \mathrm{d}t \tag{9}$$

Dabei ist

C die Aktivitätskonzentration in Becquerel je Kubikmeter;

t die Probenahmezeit in Sekunden.

3.1.29
Referenzatmosphäre
(en: reference atmosphere)
radioaktive Atmosphäre, in der die Einflussparameter (Aerosole, Radioaktivität, Klima usw.) genügend gut bekannt sind oder geregelt werden, sodass die Atmosphäre für eine Prüfung von Messgeräten für Radon und Radon-Folgeprodukte geeignet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die betreffenden Werte der Parameter müssen auf anerkannte Normale rückführbar sein.

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.2.26, modifiziert: Der letzte Satz der Definition wurde zu Anmerkung 1 zum Begriff]

Anmerkung 2 zum Begriff: Adaptiert aus IEC 61577-1:2006.

3.1.30
Referenzquelle
(en: reference source)
radioaktives Sekundärnormal, das zur Kalibrierung von Messgeräten verwendet wird

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.2.25]

3.1.31
Probenahmezeit
(en: sampling duration)
Zeitdauer der Probenahme an einem vorgegebenen Messpunkt

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

3.1.32
Probenahmeplan
(en: sampling plan)
in Abhängigkeit von den festgelegten Prinzipien und Strategien angefertigte genaue Aufzeichnung über räumliche und zeitliche Daten der Probenahme, die Häufigkeit, die Probenkennzeichnung, den Probenumfang usw. sowie Angaben über personelle Kapazitäten zur Durchführung

Anmerkung 1 zum Begriff: Für weitere Informationen siehe ISO/IEC 17025:2005, 5.7.

3.1.33
Probenahmestrategie
(en: sampling strategy)
Satz technischer Prinzipien, die in Abhängigkeit vom Zweck und dem festgelegten Ort die zwei Hauptfragen beantworten: die Dichte und die räumliche Verteilung der Probenahmestellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Probenahmestrategie stellt einen Satz technischer Optionen bereit, die für den Probenahmeplan erforderlich sind.

3.1.34
Sensor, Aufnehmer
(en: sensor)
Element eines Messsystems, auf das das Phänomen, ein Körper oder ein Stoff, die Träger der Messgröße sind, direkt einwirken

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 3.8]

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Detektor" wird verwendet.

3.1.35
kurzlebige Folgeprodukte
(en: short-lived decay products)
Radionuklide, die infolge des Zerfalls von Radon-222 (^{222}Rn) entstehen und eine Halbwertszeit von weniger als 1 h besitzen: Polonium-218 (^{218}Po), Blei-214 (^{214}Pb), Wismut-214 (^{214}Bi) und Polonium-214 (^{214}Po)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild A.1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Folgeprodukte des Radons-220 (^{220}Rn) wie Polonium-216 (^{216}Po), Blei-212 (^{212}Pb), Wismut-212 (^{212}Bi), Polonium-212 (^{212}Po) und Thallium-208 (^{208}Tl) können die Messung von ^{222}Rn störend beeinflussen (siehe Bild A.2).

3.1.36
Kurzzeitmessung
(en: short-term measurement)
Messung, welche auf der Entnahme einer Probe beruht, die während einer mit der Halbwertszeit von Radon vergleichbaren Zeitdauer genommen wurde

3.1.37
Punktmessung
(en: spot measurement)
Messung, welche auf einer Kurzzeitprobenahme beruht, die während einer Zeitdauer von weniger als 1 h an einem vorgegebenen Messort genommen wurde und deren Auswertung (z. B. Zählung) simultan oder nach Ablauf einer festgelegten Zeit erfolgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Für weitere Informationen siehe Anhang B.

3.1.38
nichtangelagerter Anteil der $E_{\mathrm{PAEC},^{222}\mathrm{Rn}}$
(en: unattached fraction of $E_{\mathrm{PAEC},^{222}\mathrm{Rn}}$)
Teil der potenziellen Alpha-Energiekonzentration, der durch kurzlebige Folgeprodukte hervorgerufen wird, die nicht an Aerosolteilchen angelagert sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die betreffende Partikelgröße liegt im Größenbereich von Nanometern.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Falle von ^{220}Rn kann die relativ lange Halbwertszeit von ^{212}Pb zu Fällen führen, bei denen ^{220}Rn vollständig verschwindet vor ^{212}Bi; in diesem Fall kann der nichtangelagerte Anteil von $RnDP_{220}$ nicht bestimmt werden.

[QUELLE: IEC 61577-1:2006, 3.2.14]

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

A_i	Aktivität des Nuklids i, in Becquerel
C_i	Aktivitätskonzentration des Nuklids i, in Becquerel je Kubikmeter
$\bar{C}_i$	Durchschnittswert der Aktivitätskonzentration des Nuklids i, in Becquerel je Kubikmeter
D	Diffusionskoeffizient, in Quadratmeter je Sekunde
$E_{AE,i}$	Energie des Alphateilchen, dass durch Zerfall des Nuklids i entsteht, in Joule
$E_{PAE,i}$	potenzielle Alpha-Energie des Nuklids i, in Joule
$E_{PAEC,i}$	potenzielle Alpha-Energiekonzentration des Nuklids i, in Joule je Kubikmeter
$\bar{E}_{PAE,i}$	Durchschnittswert der potenziellen Alpha-Energie des Nuklids i, in Joule
$\bar{E}_{PAEC,i}$	Durchschnittswert der potenziellen Alpha-Energiekonzentration des Nuklids i, in Joule je Kubikmeter
F_{eq}	Gleichgewichtsfaktor (dimensionslos)
l	Diffusionslänge, in Meter
N_i	Anzahl der Atome des Nuklids i
$T_{1/2,i}$	radioaktive Halbwertszeit des Nuklids i, in Sekunden
t	Zeitdauer der Probenahme, in Sekunden
U	erweiterte Unsicherheit gegeben durch $U = k \cdot u(\ )$ mit $k = 2$
$u(\ )$	dem Messergebnis zugeordnete Standardunsicherheit
V	Volumen der Probe, in Kubikmeter
X	Radonexposition, in Becquerel-Stunden je Kubikmeter
X_{PEAC}	potenzielle Alpha-Energieexposition, in Joule-Stunden je Kubikmeter
Y	primäres Messergebnis für die Messgröße
y^*	Erkennungsgrenze der Messgröße
$y^\#$	Nachweisgrenze der Messgröße
$y^\triangleleft$	untere Grenze des Vertrauensbereichs der Messgröße
$y^\triangleright$	obere Grenze des Vertrauensbereichs der Messgröße
ϕ	Exhalationsrate, in Becquerel je Quadratmeter je Sekunde
ϕ_f	freie Exhalationsrate, in Becquerel je Quadratmeter je Sekunde
ϕ_m	Massenexhalationsrate, in Becquerel je Quadratmeter je Sekunde
ϕ_s	Oberflächenexhalationsrate, in Becquerel je Quadratmeter je Sekunde
λ_i	Zerfallskonstante des Nuklids i, je Sekunde

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

4 Grundlagen des Messverfahrens

Die Messverfahren dieses Dokuments beruhen auf:

a) der Probenahme eines zur Untersuchung bestimmten repräsentativen Luftvolumens;

b) dem Nachweis der Strahlung, die durch den nachfolgenden radioaktiven Zerfall der Radonisotope und ihrer Folgeprodukte freigesetzt wird.

ANMERKUNG Ergebnisse von Messungen der Radon-Aktivitätskonzentration sind beispielhaft in Anhang B enthalten.

5 Geräte und Einrichtungen

Für die verschiedenen Messverfahren gibt es spezielle Geräte und Vorrichtungen, die in den unterschiedlichen Teilen der ISO 11665 beschrieben werden. Die Geräte und Vorrichtungen müssen den Anforderungen der IEC 61577-1, IEC 61577-2 und IEC 61577-3 entsprechen.

6 Probenahme

6.1 Allgemeines

Die Auswahl eines geeigneten Verfahrens zur Probenahme ist in hohem Maße vom festgelegten Ort (Bergwerke, im Freien, Häuser, öffentliche Gebäude, Arbeitsplätze usw.), der beabsichtigten Verwendung der Messdaten und der vermuteten Aktivitätskonzentration abhängig.

Sowohl die Radon-Aktivitätskonzentration als auch die potenzielle Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Folgeprodukte variieren zeitlich sehr stark (siehe Anhang A). Eine zeitliche Variation über mehr als eine Größenordnung kann an einem Messort beobachtet werden. Aus diesem Grund hängt das Messergebnis von der Dauer der Probenahme, welche sich von einigen Minuten bis zu einigen Stunden oder über mehrere Monate [10] erstrecken kann, und vom Zeitpunkt der Probenahme (siehe Bild B.2) ab.

Die Extrapolation vom Durchschnitt der Aktivitätskonzentration, welche während eines vorgegebenen Zeitpunkts und einer festgelegten Dauer der Probenahme gemessen wurde, auf den Durchschnittswert zu anderen Zeiten erfordert die Kenntnis der Variabilität der Radonaktivität während des jeweiligen Zeitraums. Die dieser Variabilität zugeordnete Unsicherheit kann unter Umständen so groß sein, dass das Ergebnis den Zweck der Messung nicht erfüllt.

Es ist deshalb wichtig, dass die Auswahl des Verfahrens zur Probenahme, deren Dauer und ihr Zeitpunkt dem Zweck der Messung und der geforderten Unsicherheit entsprechen. Aus diesem Grund müssen Messergebnisse eines Untersuchungsprogramms, die auf einer kurzen Probenahmedauer beruhen, mit Bedacht verwendet werden.

In Abhängigkeit vom Messzweck wird die Probenahme entsprechend den verschiedenen Verfahren oder Probenahmestrategien durchgeführt. Was immer der Zweck der Messung ist, die Probenahmestrategie muss sorgfältig ausgewählt werden, da sie eine große Zahl von Entscheidungen bestimmt und schwerwiegende und kostenintensive Handlungen verursachen kann.

Die Messergebnisse der Radon-Aktivitätskonzentration sowie der potenziellen Alpha-Energiekonzentration können nur dann richtig interpretiert werden, wenn die Probe repräsentativ für die zu untersuchende Luft ist.

Soweit möglich, muss die Probenahmestrategie den folgenden Stufen entsprechen:

a) Analyse historischer Aufzeichnungen, um die frühere Nutzung der Probenahmefläche zu ermitteln;

b) Erkundung der Fläche (in einigen Fällen können analytische Untersuchungstechniken mit portablen Detektoren zur Messung der Radioaktivität verwendet werden, um die Flächen im Detail zu untersuchen);

c) Identifikation bevorzugter Migrationswege und/oder Anreicherungsbereiche;

d) Erkundung der Fläche unter Berücksichtigung der vorzunehmenden Probenahme.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Die Einführung dieser Strategie, welche auch die Definition von Anforderungen an die Datenqualität entsprechend den zu analysierenden Parametern einschließt, ist Grundlage für die Aufstellung des Probenahmeplans.

Der Probenahmeplan muss die Tätigkeiten benennen, die entsprechend den Anforderungen der ISO/IEC 17025 auszuführen sind.

6.2 Zweck der Probenahme

Der Zweck der Probenahme ist die Bereitstellung von ausreichend repräsentativen Proben, damit die Messergebnisse dem Ziel der Messung genügen.

6.3 Merkmale der Probenahme

Die Probenahme kann entweder aktiv oder passiv sein.

Die Zeit (Datum und Stunden), die Dauer und der Ort der Probenahme sowie die Festlegung, ob die Probenahme aktiv oder passiv durchgeführt wird, müssen für alle Messgeräte zur Bestimmung von Radon und seinen Folgeprodukten im Freien oder in einer begrenzten Atmosphäre spezifiziert werden.

Für jedes Messverfahren für Radon und seine Folgeprodukte werden die Merkmale der Probenahme in den verschiedenen Teilen der ISO 11665 beschrieben.

6.4 Bedingungen der Probenahme

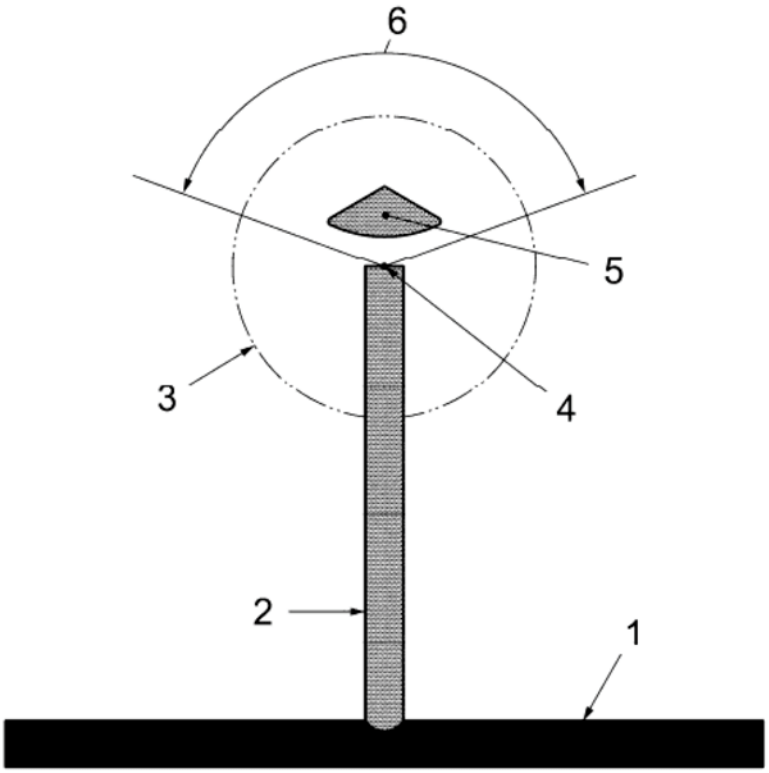
6.4.1 Aufbau der Probenahmeeinrichtung

6.4.1.1 Probenahme außerhalb von Gebäuden

Außerhalb von Gebäuden müssen die Probenahmestellen entsprechend folgender Merkmale verteilt werden: Topographie, vorherrschende Windrichtung, Nutzung (Urban, Industrie, Landwirtschaft und häuslicher Bereich) und potenzielle Freisetzungsstellen.

Die Probenahme auf einer offenen Fläche muss repräsentativ für die zu messende Luft sein. Jegliche natürliche und künstliche Hindernisse (abgesehen vom Wetterschutz) müssen außerhalb eines von der Probenahmestelle vertikal nach unten gerichteten Kegels mit einem Öffnungswinkel von 140° liegen. Des Weiteren müssen sie sich außerhalb einer Kugel mit einem Durchmesser von 1 m um die Probenahmestelle befinden [11] (siehe Bild 2). Die Probenahmestelle muss zwischen 1 m und 2 m oberhalb der Oberfläche (z. B. Erdboden) angeordnet sein. Die Anordnung darf nicht die umgebende Atmosphäre stören.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07



Legende

1	Erdboden	4	Probenahmestelle
2	Halterung	5	Wetterschutz
3	kugelförmiger Bereich ohne Hindernisse (1 m im Durchmesser)	6	kegelförmiger Bereich ohne Hindernisse (140°)

Bild 2 – Schema einer Probenahmestelle außerhalb eines Gebäudes

6.4.1.2 Probenahme innerhalb von Gebäuden

Innerhalb eines Hauses hängt die Auswahl des Orts und die Anzahl der Probenahmestellen vom Zweck der Messung (Untersuchung, Quellensuche, Studie des Radontransports, Verifikation der Homogenität des zu messenden Parameters, Suche nach Anomalien oder Strahlenexposition des Menschen usw.), der Architektur des Hauses (Kriechkeller, Untergeschoss, Stockwerk, Erdgeschoss, Baumaterialien usw.), den Merkmalen des Raums sowie den verwendeten Messeinrichtungen ab (siehe ISO 11665-8).

6.4.2 Dauer der Probenahme

Die Dauer der Probenahme kann von wenigen Minuten bis zu einigen Stunden oder mehreren Monaten variieren.

Aufgrund der großen zeitlichen und räumlichen Variabilität sowohl der Radon-Aktivitätskonzentration als auch der potenziellen Alpha-Energiekonzentration (siehe Anhang A) muss die Dauer der Probenahme dem beabsichtigten Messziel entsprechen (siehe Tabelle 1).

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Tabelle 1 – Dauer der Probenahme für verschiedene Verfahren

Messung	Art der Probenahme	Dauer der Probenahme	Eigenschaften des Messergebnisses
Punktmessung	Kurzzeitprobenahme	Weniger als 1 h	Nur für die momentane Aktivitätskonzentration an einer vorgegebenen Stelle repräsentativ
Kontinuierlich	Kontinuierlich	Variabel	Repräsentativ für die Variation der Aktivitätskonzentration während der Probenahmedauer an einer vorgegebenen Stelle. Diese Probenahme wird verwendet, um die zeitliche Variation der Radon-Aktivitätskonzentration zu verfolgen; die Probenahmedauer muss mit der Dynamik des untersuchten Phänomens vereinbar sein.
Kurzzeitig integrierend		Einige Tage	Repräsentativ für die Aktivitätskonzentration während der Probenahmedauer an einer vorgegebenen Stelle.
Langzeitig integrierend		Mehrere Monate	Abschätzung des jährlichen Mittelwerts der Aktivitätskonzentration an einer vorgegebenen Stelle; diese Messung wird häufig für die Bewertung der Radonexposition des Menschen verwendet.

6.4.3 Volumen der Luftprobe

Für aktive Messverfahren wird das Volumen der Luftprobe mittels eines Durchflussmessgeräts gemessen, das für die Temperatur und den Druck korrigiert wird (das Volumen der Luftprobe wird in Kubikmeter für Normaltemperatur von 0 °C und Normaldruck von 1,013 bar angegeben).

Bei der passiven Probenahme ist die direkte Messung des Volumens der Luftprobe nicht erforderlich. Es wird stattdessen ein Kalibrierfaktor in Aktivität je Volumeneinheit zur Berechnung der Aktivitätskonzentration verwendet.

7 Nachweisverfahren

Sieben unterschiedliche Nachweisverfahren werden angewendet. Siehe 7.1 bis 7.7.

7.1 Silber-aktivierte Zinksulfid-Szintillation

Szintillierende Medien, wie z. B. Silber-aktiviertes Zinksulfid ZnS (Ag), haben die besondere Eigenschaft, dass durch Wechselwirkung mit Alphateilchen Elektronen in einem angeregten Zustand gelangen. Bei ihrem anschließenden Übergang in den Grundzustand werden Photonen emittiert. Diese Photonen können mittels eines Photoelektronenvervielfachers nachgewiesen werden.

Dieses Prinzip wird bei Szintillationskammern (z. B. Lucas Cell [12]) zur Punktmessung von Radon verwendet

ZnS(Ag)-Szintillationskammern können auch verwendet werden, um die auf einem Filter gesammelten Radon-Folgeprodukte nachzuweisen [13], [14], [15], [16].

ANMERKUNG Dieses Messprinzip wird mitunter auch mit kontinuierlicher Probenahme verwendet [17].

7.2 Gammaspektrometrie

Radon, das an der in einem Behälter befindlichen Aktivkohle adsorbiert ist [18], [19], [10], wird nach Einstellung des radioaktiven Gleichgewichts mittels gammaspektrometrischen Messungen seiner Folgeprodukte (^{214}Bi und ^{214}Pb) bestimmt [20].

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

7.3 Flüssigszintillation

Radon, das an der Aktivkohle einer Glasampulle (en: vial) adsorbiert ist, wird durch Zugabe eines Szintillationscocktails bestimmt. Nach Einstellung des Gleichgewichts werden die durch das Radon und seine Folgeprodukte (^{218}Po, ^{214}Bi, ^{214}Pb, ^{214}Po) emittierten Alpha- und Betateilchen gezählt [21].

7.4 Ionisation der Luft

Beim Durchgang durch Luft bildet jedes Alphateilchen einige zehntausend Ionenpaare, die in geeigneten experimentellen Anordnungen einen Ionisationsstrom verursachen. Trotz der geringen Stromstärke ist der Ionisationsstrom messbar, und die Aktivitätskonzentration von Radon und seinen Folgeprodukten kann mittels einer Ionisationskammer ermittelt werden. Das Signal ist proportional der Radon-Aktivitätskonzentration, wenn die durch die Kammer zirkulierende Luft gefiltert wird [22], [23] und nur Radon in die Ionisationskammer diffundiert.

7.5 Halbleiter (Nachweis von Alphateilchen)

Ein Halbleiterdetektor (z. B. aus Silizium) verwandelt die Energie eines einfallenden Alphateilchens in elektrische Ladungen. Die entstehenden elektrischen Impulse besitzen eine Pulshöhe, die proportional zur Energie der durch Radon und seine Folgeprodukte emittierten Alphateilchen ist [24].

ANMERKUNG Dieses Nachweisprinzip ist auch bei der elektrostatischen Abscheidung von alpha-emittierenden Isotopen verwendet.

7.6 Festkörperspurdetektoren (FKSD)

Beim Durchgang durch bestimmte polymere Kernspurdetektoren (wie z. B. Zellulosenitrat) löst ein Alphateilchen Ionisationen aus. Nach dem Durchgang des Teilchens ist die Rekombination der gebildeten Ionen nicht vollständig, so dass die verbliebenen latenten Spuren durch eine geeignete Ätzung sichtbar gemacht werden können. Auf dem Detektor sind die geätzten Spuren als Löcher oder Kegel sichtbar, deren Anzahl der Anzahl der nachzuweisenden Alphateilchen proportional ist [25], [26].

7.7 Entladung einer elektrisch geladenen Oberfläche innerhalb einer Ionisationskammer

Eine auf elektrisch positivem Potential liegende Scheibe aus Polytetrafluoräthylen (PTFE) wird in eine Ionisationskammer eingesetzt, die aus leitfähigem Plastikmaterial besteht und ein vorgegebenes Volumen besitzt. Durch das sich innerhalb der Ionisationskammer aufbauende elektrostatische Feld werden die infolge des Zerfalls von Radon und seinen Folgeprodukten gebildeten Ionen auf der Scheibe gesammelt. Die gesammelten Ionen reduzieren das Potential der Scheibe entsprechend der Radon-Aktivitätskonzentration. Die mittels eines Elektrometers gemessene Potentialdifferenz ist direkt proportional zur Radon-Aktivitätskonzentration während der Expositionsdauer [27], [28].

8 Messung

8.1 Verfahren

Wie in 6.1 dargestellt, ist die Dauer der Probenahme entscheidend für das Erreichen des Messziels und der geforderten Genauigkeit. Zur anschaulicheren Darstellung können die Messverfahren basierend auf der Dauer der Probenahme unterschieden werden: Punktmessverfahren, kontinuierliche Messverfahren, integrierende Messverfahren. Die von diesen drei Messverfahren gelieferten Informationen sind im Folgenden kurz beschrieben:

a) Integrierendes Messverfahren: Dieses gibt Aufschluss über den Durchschnittswert der ^{222}Rn- oder der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte in der Luft während einer Zeitdauer von wenigen Tagen bis zu einem Jahr. Langzeit-integrierende Messverfahren werden zur Bewertung der Strahlenexposition des Menschen durch Radon und seine Folgeprodukte angewendet.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

b) Kontinuierliches Messverfahren: Das kontinuierliche Messverfahren gestattet die Bewertung der zeitlichen Veränderung der Radon-Aktivitätskonzentration in der Umgebung, in öffentlichen Gebäuden, in Häusern und an Arbeitsplätzen in Abhängigkeit von der Belüftung und/oder den metrologischen Bedingungen.

c) Punktmessverfahren: Dieses gibt Aufschluss über den im Bereich von wenigen Minuten an einem festgelegten Ort vorliegenden kurzzeitigen Wert der Radon-Aktivitätskonzentrationen oder der potenziellen Alpha-Energiekonzentrationen in freien oder umschlossenen Atmosphären.

Die Auswahl des Messverfahrens ist abhängig vom Ziel und der Verwendung der Messergebnisse. Die Messverfahren, die Probenahme und der Strahlungsnachweis, die in den verschiedenen Teilen der ISO 11665 beschrieben werden, sind in Tabelle 2 angegeben.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07

Tabelle 2 – Eigenschaften der Messverfahren, die in ISO 11665 beschrieben werden

Messverfahren	Probenahmeverfahren		Nachweisverfahren						
	Merkmal	Art	Ionisations-kammer	Alpha-Spektrometrie	ZnS(Ag)-Szintillation	Flüssig-szintillation	Gamma-Spektrometrie	FKSD	Elektret
Punktmessung	Aktive	Kurzzeit-probenahme			ISO 11665-6 ISO 11665-3[a] ISO 11665-7[b]		ISO 11665-6 ISO 11665-9[b]		
Kontinuierlich		Kontinuierlich	ISO 11665-5	ISO 11665-5	ISO 11665-7[b]				
Kurzzeitig integrierend								ISO 11665-2[a]	
Langzeitig integrierend								ISO 11665-2[a]	
Kontinuierlich	Passive	Kontinuierlich	ISO 11665-5 ISO 11665-10	ISO 11665-5 ISO 11665-10	ISO 11665-7[b]				
Kurzzeitig integrierend							ISO 11665-4	ISO 11665-4	ISO 11665-4
Langzeitig integrierend							ISO 11665-4	ISO 11665-4	ISO 11665-4

[a] Messverfahren für Radon-Folgeprodukte.

[b] Messverfahren der Exhalationsrate.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 11665-1:2019-07