

**DIN EN ISO 11665-5
(VDE 0493-1-6655)**
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 2020-01-29

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 11665-5
(VDE 0493-1-6655):2015-11

Entwurf
Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
Luft: Radon-222 –
**Teil 5: Kontinuierliche Messverfahren für die Aktivitätskonzentration
(ISO/FDIS 11665-5:2019);**
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 11665-5:2019

Measurement of radioactivity in the environment –

Air: radon-222 –

Part 5: Continuous measurement methods of the activity concentration

(ISO/FDIS 11665-5:2019);

German and English version prEN ISO 11665-5:2019

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement –

Air: radon 222 –

Partie 5: Méthodes de mesure en continue de l'activité volumique

(ISO/FDIS 11665-5:2019);

Version allemande et anglaise prEN ISO 11665-5:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-11-29 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 36 Seiten

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

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN ISO 11665-5:2019 „Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 – Teil 5: Kontinuierliche Messverfahren für die Aktivitätskonzentration“, (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 11665-5:2019 „Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 5: Continuous measurement methods of the activity concentration“ unverändert in den Schluss-Entwurf prEN ISO 11665-5:2019 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 beigelegt. 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 11665-5 (VDE 0493-1-6655):2015-11 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 Literaturhinweise wurden aktualisiert.

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	6
4 Messprinzip	6
5 Geräte und Einrichtungen	7
6 Probenahme	7
6.1 Zweck der Probenahme	7
6.2 Merkmale der Probenahme	7
6.3 Bedingungen der Probenahme	7
6.3.1 Allgemeines	7
6.3.2 Aufbau der Probenahmeeinrichtung	7
6.3.3 Dauer der Probenahme	7
6.3.4 Integrationsintervall	8
6.3.5 Volumen der Luftprobe	8
7 Nachweisverfahren	8
8 Messung	8
8.1 Verfahren	8
8.2 Einflussgrößen	8
8.3 Kalibrierung	8
9 Darstellung der Ergebnisse	9
9.1 Radon-Aktivitätskonzentration	9
9.2 Standardunsicherheit	9
9.3 Nachweis- und Erkennungsgrenze	9
9.4 Vertrauensbereiche	9
10 Prüfbericht	10
Anhang A (informativ) Messverfahren mit einer Durchflussionisationskammer und einer Ionisationskammer mit Strommessung	11
A.1 Allgemeines	11
A.2 Grundlagen des Messverfahrens	11
A.3 Geräte und Einrichtungen	12
A.4 Probenahme	13
A.5 Einflussgrößen	14

	Seite
A.6 Darstellung der Ergebnisse	14
A.6.1 Radon-Aktivitätskonzentration.....	14
A.6.2 Standardunsicherheit.....	15
A.6.3 Erkennungsgrenze	15
A.6.4 Nachweisgrenze	15
Literaturhinweise.....	17
Bilder	
Bild A.1 – Grundlegende Darstellung eines Messsystems zur Bestimmung der Radon-Aktivitätskonzentration mit einer Durchflussionisationskammer und einer Ionisationskammer mit Strommessung (Pumpe im Abluftstrom).....	13
Tabellen	
Tabelle A.1 – Ansprechvermögen einer 10-l-Ionisationskammer auf verschiedene Radionuklide im Vergleich zu Radon	12

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 11665-5:2012), die geringfügig geändert wurde. Die Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Aktualisierung der Einleitung;
- 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.

Einleitung

Die Radonisotope ^{222} , ^{220} , ^{219} sind radioaktive Gase, die durch Zerfall der Radiumisotope ^{226} , ^{224} und ^{223} entstehen, welche wiederum Folgeprodukte von Uran-238, Uran-235 und Thorium-232 sind. All diese Radionuklide sind in der Erdkruste enthalten. 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, radioaktive Folgeprodukte (Polonium, Wismut, Blei usw.). Die potenzielle Gesundheitsgefahr des Radons für den Menschen entsteht vor allem durch seine Folgeprodukte und nicht durch das Gas selbst. Je nachdem, ob sie an atmosphärische Aerosole angelagert sind oder nicht, können Radon-Folgeprodukte inhaled 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 ISO 11665-1:2019, Anhang A). Deshalb ist in diesem Teil der ISO 11665 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 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 dem Lifestyle der Bewohner ab.

Um das Risiko für Personen zu begrenzen, wurden 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 [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.

Die ^{222}Rn -Aktivitätskonzentration in der Atmosphäre kann mittels Punktmessverfahren, kontinuierlichen und integrierenden Messverfahren unter Anwendung von aktiver oder passiver Probenahme (siehe ISO 11665-1) ermittelt werden. Dieses Dokument behandelt kontinuierliche Messverfahren für ^{222}Rn .

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

**Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
Luft: Radon-222 –
Teil 5: Kontinuierliche Messverfahren für die Aktivitätskonzentration**

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt kontinuierliche Messverfahren für ^{222}Rn . Es gibt Hinweise für die kontinuierliche Messung der zeitlichen Veränderung der Radon-Aktivitätskonzentration in offenen und umschlossenen Atmosphären.

Dieses Dokument dient der Bewertung der zeitlichen Schwankungen der Radon-Aktivitätskonzentration in der Umgebung, in öffentlichen Gebäuden, in Wohnhäusern und an Arbeitsplätzen in Abhängigkeit von Einflussgrößen wie der Belüftung und/oder den meteorologischen Bedingungen.

Das beschriebene Messverfahren ist anwendbar auf Luftproben mit Radon-Aktivitätskonzentrationen größer als 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 confidence 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*

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

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.

C	Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
C^*	Erkennungsgrenze der Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
$C^\#$	Nachweisgrenze der Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
$C^<$	untere Grenze des Vertrauensbereichs des Durchschnittswerts der Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
$C^>$	obere Grenze des Vertrauensbereichs des Durchschnittswerts der Aktivitätskonzentration, in Becquerel je Kubikmeter
U	erweiterte Unsicherheit, gegeben durch $U = k \cdot u$ () mit $k = 2$
u ()	dem Messergebnis zugeordnete Standardunsicherheit
u_{rel} ()	relative Standardunsicherheit
μ	Messgröße
μ_0	Nulleffekt
ω	Korrektionsfaktor, zusammengesetzt aus Kalibrierfaktor und klimatischen Korrekturfaktoren

4 Messprinzip

Die kontinuierliche Messung der Radon-Aktivitätskonzentration beruht auf den folgenden Elementen:

- kontinuierliche In-situ-Probenahme eines Luftvolumens, das zuvor gefiltert wurde und für die zu untersuchende Atmosphäre repräsentativ ist;
- kontinuierlicher Nachweis der Strahlungen, die von Radon und den sich im Nachweisvolumen aufbauenden Folgeprodukten emittiert werden.

Verschiedene Messverfahren erfüllen die Anforderungen dieses Dokuments. Sie unterscheiden sich grundsätzlich durch den Typ und die Art des Nachweises der physikalischen Größe. Beispiele für eine physikalische Größe und das mit ihr verbundene Nachweisverfahren sind:

- Ionisationsstrom, bestehend aus mehreren zehntausend Ionenpaaren, die von jedem Alphateilchen erzeugt werden, das von Radon in der Nachweiskammer und den darin gebildeten Folgeprodukten emittiert wird (siehe [Anhang A](#));
- Ladungen, die in einem Festkörper [Halbleiter (Silizium)] durch Ionisation infolge von Alphateilchen des Radons und seiner Folgeprodukte gebildet werden; die Ladungen werden mittels geeigneter Elektronik nachgewiesen.

Die Messergebnisse sind unmittelbar verfügbar. Ein mittlerer oder integrierter Wert kann durch ein geeignetes Verfahren erhalten werden, dem ein Zeitintervall zugrunde liegt, das vergleichbar mit dem untersuchten Phänomen, jedoch grundsätzlich kleiner oder gleich 1 h ist.

Um die zeitlichen Veränderungen der Radon-Aktivitätskonzentration zu überwachen, muss die Messperiode vergleichbar sein mit der Dynamik des untersuchten Phänomens. Zum Beispiel beträgt die kleinste signifikante Periode, um den Tagesgang nachzuweisen, ungefähr eine Woche.

Die kontinuierliche Messung gestattet die Bewertung der zeitlichen Schwankungen der Radon-Aktivitätskonzentration. Für Messungen, die im Freien durchgeführt werden, müssen die saisonalen und klimatischen Bedingungen in Betracht gezogen werden.

Für Messungen, die in Gebäuden durchgeführt werden, müssen die Nutzungsgewohnheiten der Bewohner, das Höhengniveau des Messorts (Keller, Erdgeschoss, Stockwerk) und die natürliche Belüftung (geöffnete oder geschlossene Türen und Fenster) berücksichtigt werden.

5 Geräte und Einrichtungen

Die Anordnung muss das Folgende einschließen:

- a) eine Probenahmeeinrichtung, einschließlich Filter, um eine Luftprobe in das Nachweisvolumen zu überführen, eine Einheit zur Luftförderung für die Probenahme, sofern eine aktive Probenahme erfolgt, und ein Nachweisvolumen;
- b) ein der physikalischen Größe entsprechendes Messgerät.

Das verwendete Messgerät muss die Anforderungen nach **IEC 61577-2** erfüllen.

Ein Beispiel eines Geräts (Ionisationskammer) für ein spezielles Messverfahren ist in [Anhang A](#) beschrieben.

6 Probenahme

6.1 Zweck der Probenahme

Zweck der Probenahme ist, eine Luftprobe, die repräsentativ für die zu untersuchende Atmosphäre ist, in kontinuierlichen Kontakt mit dem Detektor zu bringen.

6.2 Merkmale der Probenahme

Die Probenahme kann passiv (durch natürliche Diffusion) oder aktiv (Pumpen) sein.

Die Probenahme muss durch ein Filter erfolgen, das den Zutritt von in der Luft befindlichen Aerosolen, insbesondere von Radon-Folgeprodukten, während der Probenahme verhindert.

Das Filter darf kein Radon absorbieren.

Die Probenahmeeinrichtung muss unter Bedingungen betrieben werden, die kein Zusetzen des Filters bewirken (dies würde zu einer Veränderung der Messbedingungen führen, z. B. zur Verringerung der beprobten Gasmenge infolge des Druckabfalls in der Messkammer).

Im Falle des Zusetzens durch Pumpen während der Probenahme könnte sich der Druckabfall erhöhen, welcher zu einer Leistungsreduzierung des Messgeräts und möglicher Perforation des Filters führt.

Bei natürlicher Diffusion kann das Zusetzen während der Probenahme dazu führen, dass die Luft im Nachweisvolumen nicht erneuert wird.

6.3 Bedingungen der Probenahme

6.3.1 Allgemeines

Die Probenahme muss erfolgen wie in ISO 11665-1 festgelegt. Ort, Datum und Zeitpunkt der Probenahme müssen aufgezeichnet werden.

6.3.2 Aufbau der Probenahmeeinrichtung

Der Aufbau der Probenahmeeinrichtung muss erfolgen wie in ISO 11665-1 festgelegt.

6.3.3 Dauer der Probenahme

Die Dauer der kontinuierlichen Probenahme entspricht der Messperiode, welche der Dynamik des zu untersuchenden Phänomens angepasst sein muss.

6.3.4 Integrationsintervall

Das Integrationsintervall bestimmt die Zeitauflösung der Messung. Verschiedene Parameter, wie die erwartete Radon-Aktivitätskonzentration oder die Dynamik der Änderung des Radonniveaus, müssen bei der Auswahl eines geeigneten Integrationsintervalls berücksichtigt werden.

6.3.5 Volumen der Luftprobe

Für die aktive Probenahme muss das Probenahmenvolumen mittels eines Durchflussmessgeräts gemessen werden, das für die Temperatur und die Schwankung des Luftdrucks korrigiert wurde (angegeben in m^3 bei Standarddruck und -temperatur, 1 013 bar und 0 °C).

Für die passive Probenahme ist die direkte Messung des Probenahmenvolumens nicht erforderlich; es muss ein Kalibrierfaktor (mit der Einheit Aktivität je Volumen) verwendet werden.

7 Nachweisverfahren

Es muss ein geeignetes Nachweisverfahren entsprechend ISO 11665-1 angewendet werden.

8 Messung

8.1 Verfahren

Das Messverfahren richtet sich nach dem verwendeten Nachweisverfahren.

Ein Beispiel eines Messverfahrens mit einer Ionisationskammer ist in [Anhang A](#) beschrieben.

8.2 Einflussgrößen

Verschiedene Größen können zu einer systematischen Messunsicherheit führen und zu nicht repräsentativen Ergebnissen führen. In Abhängigkeit vom Messverfahren und der Überwachung von allgemeinen Einflussgrößen, die in [IEC 61577-1](#) und ISO 11665-1 angegeben sind, müssen insbesondere die folgenden Größen berücksichtigt werden:

- a) Temperatur, Feuchte und Turbulenz der Atmosphäre; diese Parameter sind bei der Wahl des Messorts zu berücksichtigen;
- b) Untergrundstrahlung;
- c) Gerätenulleffekt;
- d) elektromagnetisches Feld;
- e) Anwachsen des Druckabfalls infolge des Zusetzens des Ansaugfilters;
- f) mögliche Anwesenheit anderer Alphastrahler (Radium, Radonisotope, Aktinide usw.) im Nachweisvolumen; wenn die Anwesenheit eines anderen Radonisotops vermutet wird, muss es durch eine geeignete Einrichtung, z. B. eine Alterungskammer, von der Messung ausgeschlossen werden;
- g) mögliche Anwesenheit von anderen Gammastrahlern im Nachweisvolumen.

Den in den Betriebsanweisungen für das Messgerät festgelegten Empfehlungen des Herstellers muss Folge geleistet werden.

8.3 Kalibrierung

Das gesamte Messgerät (Probenahmeeinrichtung, Durchflussmessgerät, Detektor und Elektronik) muss kalibriert werden wie in ISO 11665-1 festgelegt.

Das Verhältnis zwischen der vom Nachweissystem gemessenen physikalischen Größe (Anzahl elektrischer Ladungen, Zählrate usw.) und der in der Luft vorliegenden Radon-Aktivitätskonzentration muss unter Verwendung von Messungen in ^{222}Rn -Referenzatmosphären festgestellt werden. Die ^{222}Rn -Aktivitätskonzentration in der Referenzatmosphäre muss auf einen ^{222}Rn -Gas-Primärstandard rückführbar sein.

Das Kalibrierergebnis eines Geräts muss rückführbar auf Messungen an einem Primärstandard sein.

9 Darstellung der Ergebnisse

9.1 Radon-Aktivitätskonzentration

Die Radon-Aktivitätskonzentration wird nach Gleichung (1) berechnet:

$$C = (\mu - \mu_0) \cdot \omega \quad (1)$$

9.2 Standardunsicherheit

Entsprechend ISO/IEC Guide 98-3 wird die Standardunsicherheit von C nach Gleichung (2) berechnet:

$$u(C) = \sqrt{\omega^2 \cdot [u^2(\mu) + u^2(\mu_0)] + C^2 \cdot u_{\text{rel}}^2(\omega)} \quad (2)$$

9.3 Nachweis- und Erkennungsgrenze

Die mit der Messung verbundenen charakteristischen Grenzen müssen ISO 11929 (alle Teile) berechnet werden. Ein Beispiel für die Berechnung der Unsicherheiten und charakteristischen Grenzen wird in [Anhang A](#) anhand eines speziellen Messverfahrens angegeben.

9.4 Vertrauensbereiche

Die untere, $C^{\triangleleft}$, und die obere, $C^{\triangleright}$, Grenze des Vertrauensbereichs müssen mittels der Gleichungen (3) und (4) berechnet werden (siehe ISO 11929 (alle Teile)):

$$C^{\triangleleft} = C - k_p \cdot u(C); p = \omega \cdot (1 - \gamma/2) \quad (3)$$

$$C^{\triangleright} = C + k_q \cdot u(C); q = 1 - \omega \cdot \gamma/2 \quad (4)$$

Dabei ist

$\omega = \Phi[y/u(y)]$, mit Φ als Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung;

$\omega = 1$ darf gesetzt werden, wenn $C \geq 4 \cdot u(C)$, in diesem Fall ist:

$$C^{\triangleleft\triangleright} = C \pm k_{1-\gamma/2} \cdot u(C) \quad (5)$$

$\gamma = 0,05$ mit $k_{1-\gamma/2} = 1,96$ wird häufig als Standard gewählt.