

DIN EN ISO 11665-2
(VDE 0493-1-6652)
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 11665-2
(VDE 0493-1-6652):2015-11

Entwurf
Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
Luft: Radon-222 –
**Teil 2: Integrierendes Messverfahren für die Bestimmung des
Durchschnittswertes der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der
kurzlebigen Radon-Folgeprodukte
(ISO/FDIS 11665-2:2019);**
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 11665-2:2019

Measurement of radioactivity in the environment –

Air: radon-222 –

Part 2: Integrated measurement method for determining average potential alpha energy concentration of its short-lived decay products
(ISO/FDIS 11665-2:2019);

German and English version prEN ISO 11665-2:2019

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement –

Air: radon 222 –

Partie 2: Méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'énergie alpha potentielle volumique moyenne de ses descendants à vie courte
(ISO/FDIS 11665-2:2019);

Version allemande et anglaise prEN ISO 11665-2:2019

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 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 11665-2:2019 „Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 – Teil 2: Integrierendes Messverfahren für die Bestimmung des Durchschnittswertes der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte“, (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 11665-2:2019 „Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 2: Integrated measurement method for determining average potential alpha energy concentration of its short-lived decay products“ unverändert in den Schluss-Entwurf prEN ISO 11665-2:2019 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 11665-2 (VDE 0493-1-6652):2015-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Einleitung wurde ergänzt;
- b) Verweisungen wurden aktualisiert;
- c) die Überschrift von Abschnitt 4 wurde modifiziert;
- d) die Literaturhinweise wurden ergänzt.

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 Kurzbeschreibung	6
5 Geräte und Vorrichtungen	7
5.1 Allgemeines	7
5.2 Messeinrichtung	7
5.2.1 Probenahmesystem	7
5.2.2 Messkopf	7
5.3 Auswertesystem	8
6 Probenahme	8
6.1 Zweck der Probenahme	8
6.2 Merkmale der Probenahme	8
6.3 Bedingungen der Probenahme	9
6.3.1 Allgemeines	9
6.3.2 Aufbau der Probenahmeeinrichtung	9
6.3.3 Dauer der Probenahme	9
6.3.4 Volumen der Luftprobe	9
7 Nachweisverfahren	9
8 Messung	10
8.1 Verfahren	10
8.2 Einflussgrößen	10
8.3 Kalibrierung	11
9 Ergebnisdarstellung	11
9.1 Durchschnittswert der potenziellen Alpha-Energiekonzentration	11
9.2 Standardunsicherheit	12
9.3 Nachweis- und Erkennungsgrenze	12
9.4 Vertrauensbereiche	13
10 Prüfbericht	13
Anhang A (informativ) Beispiel eines Verfahrens, das die Anforderungen dieses Dokuments erfüllt	15
Literaturhinweise	17

Bilder

Bild 1 – Beispiel eines Probennahmesystems für die Bestimmung des Durchschnittswerts der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen ^{222}Rn - Folgeprodukte mit vier Energiebereichen.....	8
---	---

Tabellen

Tabelle A.1 – Ergebnisse von Messungen der potenziellen Alpha-Energiekonzentration.....	16
---	----

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 11665-2:2012), 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 ^{238}U , ^{232}Th und ^{235}U 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 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.

Radon gilt heute als die Hauptursache für die natürliche Strahlenexposition des Menschen. Der UNSCEAR-Bericht (2006) [2] 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 Teil der ISO 11665 mit dem Begriff Radon nur ^{222}Rn gemeint.

Die Radon-Aktivitätskonzentration kann zeitlich und örtlich über eine oder mehrere Größenordnungen variieren. Die Exposition durch Radon und seine Folgeprodukte variiert erheblich von Ort zu Ort. Sie hängt erstens von der Menge des aus dem Boden und den Baumaterialien emittierten Radons und zweitens vom Grad der Anreicherung sowie den Wetterbedingungen an den Expositionsorten ab.

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 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 $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ empfohlen [5]. Wenn dieser nicht eingehalten werden kann, sollten $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ nicht überschritten werden. Diese Empfehlung wurde 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 $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 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.

Schwankungen der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte im Bereich von wenigen Nanojoule je Kubikmeter bis zu einigen Tausend Nanojoule je Kubikmeter werden gemessen.

Die potenzielle Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen ^{222}Rn -Folgeprodukte in der Atmosphäre kann mittels Punktmessung und integrierender Messverfahren (siehe ISO 11665-1) ermittelt werden. Dieser Teil der ISO 11665 behandelt integrierende Messverfahren. Integrierende Messverfahren werden für die Bewertung der Strahlenexposition des Menschen angewendet [4].

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 2: Integriertes Messverfahren für die Bestimmung des Durchschnittswertes der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt integrierende Messverfahren für kurzlebige ^{222}Rn -Folgeprodukte [4]. Es gibt Hinweise für die Bestimmung des Durchschnittswerts der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen ^{222}Rn -Folgeprodukte in der Luft und für die Bedingungen zum Einsatz der Messgeräte.

Dieses Dokument beinhaltet die Probenahme während Zeiträumen, die von wenigen Wochen bis zu einem Jahr variieren. Dieses Dokument ist nicht anwendbar auf Messsysteme mit einer maximalen Dauer der Probenahme von weniger als einer Woche.

Das hier beschriebene Messverfahren ist anwendbar für Luftproben mit einer potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen ^{222}Rn -Folgeprodukte von größer als 10 nJ m^{-3} und kleiner als $1\,000 \text{ nJ m}^{-3}$.

ANMERKUNG Zur Information behandelt dieses Dokument auch den Fall von ^{220}Rn -Folgeprodukten und zeigt die Ähnlichkeit im Verhalten der Radonisotope 222 und 220.

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/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 61577-3, *Radiation Protection Instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 3: Specific requirements for radon decay product 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.

a	Schwächungskoeffizient des im Kollimator befindlichen ^{222}Rn , der dem Bereich P_1 zugeordnet ist (theoretisch ermittelt und vom Hersteller vorgegeben)
b	Schwächungskoeffizient des im Kollimator befindlichen ^{222}Rn , der dem Bereich P_2 zugeordnet ist (theoretisch ermittelt und vom Hersteller vorgegeben)
$E_{\text{AE},i}$	Energie des Alphateilchen, das durch Zerfall des Nuklids i entsteht, in Joule
$\bar{E}_{\text{PAEC},i}$	mittlere potenzielle Alpha-Energiekonzentration des Nuklids i , in Joule je Kubikmeter
$\bar{E}_{\text{PAEC},i}^*$	Erkennungsgrenze des Durchschnittswerts der potenziellen Alpha-Energiekonzentration des Nuklids i , in Joule je Kubikmeter
$\bar{E}_{\text{PAEC},i}^\#$	Nachweisgrenze des Durchschnittswerts der potenziellen Alpha-Energiekonzentration des Nuklids i , in Joule je Kubikmeter
$\bar{E}_{\text{PAEC},i}^\triangleleft$	untere Grenze des Vertrauensbereichs des Durchschnittswerts der potenziellen Alpha-Energiekonzentration des Nuklids i , in Joule je Kubikmeter
$\bar{E}_{\text{PAEC},i}^\triangleright$	obere Grenze des Vertrauensbereichs des Durchschnittswerts der potenziellen Alpha-Energiekonzentration des Nuklids i , in Joule je Kubikmeter
n	Anzahl der nachgewiesenen Ereignisse in jedem der Bereiche P_i
P_i	Bereich, in dem Alphateilchen nachgewiesen werden, für $i = 1, 2, 3, 4$
$R_{P_i,j}$	j -ter Nettowert der Ereignisse im Bereich P_i mit abgezogenem Untergrund für $i = 1, 2, 3, 4$
$\bar{R}_{P_i}$	mittlerer Nettowert der Ereignisse im Bereich P_i mit abgezogenem Untergrund für $i = 1, 2, 3, 4$
$\bar{R}_0$	Mittelwert des Untergrunds
r	Verhältnis zwischen der Anzahl der Alphateilchen, die von ^{212}Bi (α -Emitter bei 36 %) emittiert werden, und der Anzahl von Alphateilchen, die durch ^{212}Po (zu 64 % gebildet durch β -Zerfall von ^{212}Bi) emittiert werden; 0,56
U	erweiterte Unsicherheit gegeben durch $U = k \cdot u()$ mit $k = 2$
$u()$	dem Messergebnis zugeordnete Standardunsicherheit
$u_{\text{rel}}()$	relative Standardunsicherheit
V	Volumen der Probe, in Kubikmeter
ε_{gd}	geometrische Nachweiseffektivität (theoretisch ermittelt), d. h. Verhältnis zwischen der Anzahl der gezählten Spuren und der Anzahl der Alphateilchen, die von den Ablagerungen auf dem Filter emittiert werden
ε_{hc}	Sammeleffektivität (experimentell ermittelt), d. h. Verhältnis zwischen der Anzahl der Atome der kurzlebigen Folgeprodukte, die je Einheit des beprobten Luftvolumen gesammelt wurden, und der Anzahl der Atome je Luftvolumeneinheit in der Umgebung des Dosimeterkopfes

4 Kurzbeschreibung

Die integrierte Messung der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte beruht auf:

- der kontinuierlichen Probenahme der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte eines Luftvolumens, das repräsentativ für die zu untersuchende Atmosphäre ist, durch ein hocheffektives Membranfilter;
- Zählung und Klassifizierung der von den gesammelten kurzlebigen Folgeprodukten emittierten Alphateilchen in vier Energiebereiche (Alphateilchen mit den Energien $E_{\text{AE},^{218}\text{Po}}$ und $E_{\text{AE},^{214}\text{Po}}$ entstanden durch Zerfall von ^{218}Po und ^{214}Po und den Zerfall der potenziellen Alphaemitter ^{214}Pb und ^{214}Bi) unter Verwendung eines Festkörperspurdetektors;

- c) Berechnung der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen ^{222}Rn -Folgeprodukte.

ANMERKUNG Im Fall von ^{220}Rn bedeutet dies die Klassifizierung und Zählung von Alphateilchen mit Energien von $E_{\text{AE},^{212}\text{Bi}}$ und $E_{\text{AE},^{212}\text{Po}}$, die durch den Zerfall von ^{216}Po und ^{212}Po und den Zerfall der potenziellen Alphaemitter ^{212}Pb und ^{212}Bi entstanden sind.

5 Geräte und Vorrichtungen

5.1 Allgemeines

Das Gerät muss eine Messvorrichtung einschließen, die ein Probenahmesystem, einen Messkopf (siehe Bild 1) sowie ein Auswertesystem umfasst. Das verwendete Gerät muss die Anforderungen von IEC 61577-1 und IEC 61577-3 erfüllen.

5.2 Messeinrichtung

5.2.1 Probenahmesystem

Das Probenahmesystem muss die folgenden Komponenten einschließen:

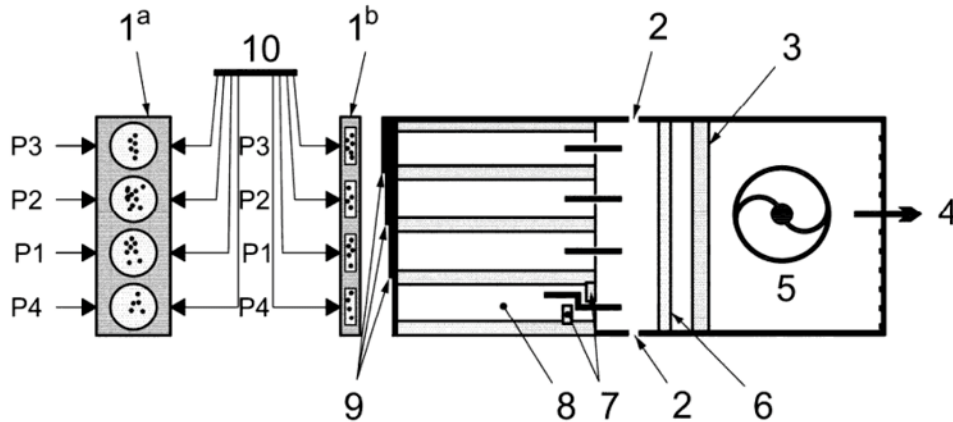
- a) ein hocheffizientes Membranfilter aus Zelluloseacetat zur Sammlung von Radon-Folgeprodukten;
- b) eine Probenahmepumpe mit einer Förderrate, die mit der Luft und den messtechnischen Eigenschaften des Messkopfs vereinbar ist;
- c) ein Durchflussmessgerät, das über die gesamte Dauer der Probenahme das gesammelte Luftvolumen misst.

Das Probenahmesystem ist in Strömungsrichtung der Luft hinter dem Messkopf angeordnet.

5.2.2 Messkopf

Der Messkopf muss die folgenden Komponenten einschließen:

- a) drei boPET-Folien unterschiedlicher Dicke, die an einem Ende des Kollimators zur Energiediskriminierung in drei Energiebereiche angeordnet sind; die dadurch gebildete Anordnung reduziert die Energie eines jeden Alphateilchens, das von den gesammelten Radionukliden emittiert wird, auf eine Energie in einem Bereich, der mit den Eigenschaften des verwendeten Detektors vereinbar ist;
- b) einen Festkörperspurdetektor (FKSD).



Legende

- | | | | |
|---|-------------------------------|----|---|
| 1 | Festkörperspurdetektor (FKSD) | 7 | Diffusionsbarriere |
| 2 | Lufteinlass | 8 | Kollimator |
| 3 | Durchflussmessgerät | 9 | boPET-Folie (biaxial orientierte Polyethylenterephthalat-Folie) |
| 4 | Luftaustritt | 10 | Auswertebereich |
| 5 | Vakuumpumpe | | |
| 6 | hocheffektives Filter | | |
| a | Draufsicht | | |
| b | Seitenansicht | | |

Bild 1 – Beispiel eines Probenahmesystems für die Bestimmung des Durchschnittswerts der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen ^{222}Rn - Folgeprodukte mit vier Energiebereichen

5.3 Auswertesystem

Das Auswertesystem muss die folgenden Komponenten einschließen:

- eine Vorrichtung und geeignete Chemikalien zur Ätzung des Detektors;
- ein optisches Mikroskop und Zubehör für das Erfassen und Zählen von geätzten Spuren.

6 Probenahme

6.1 Zweck der Probenahme

Der Zweck der Probenahme ist die unterbrechungsfreie Sammlung aller Aerosole, die sich während der Dauer der Probenahme (mindestens eine Woche) in der Umgebungsluft befinden und Träger von kurzlebigen Radon-Folgeprodukten sind. Die Größe der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte (angelagerter und nichtangelagerter Anteil) bleibt dabei unberücksichtigt.

6.2 Merkmale der Probenahme

Die Probenahme muss unter den in ISO 11665-1 festgelegten Bedingungen durchgeführt werden.

Die kurzlebigen Radon-Folgeprodukte werden kontinuierlich aus der untersuchten Atmosphäre mittels Ansaugen und Filterung eines bekannten Luftvolumens durch ein hocheffektives Membranfilter gesammelt. Die Entnahme der Luftprobe muss dabei richtungsunabhängig sein.

Das Membranfilter muss so nah wie möglich am Eintrittsbereich des Sammlers liegen, um die Folgeprodukte der Luft mit maximaler Effektivität zu sammeln.

Um in der Lage zu sein, die emittierten Alphateilchen korrekt zu zählen, muss das Probenahmesystem für eine Ablagerung auf der Oberfläche des Filters geeignet sein, damit das Überdecken von Aerosolen verhindert wird.

Das Probenahmesystem muss unter Bedingungen eingesetzt werden, die das Verstopfen des Membranfilters ausschließen. Dies würde die Selbstabsorption der Alphastrahlung oder eine Reduzierung der Förderrate zur Folge haben.

Während der Probenahme muss die Förderate stabil sein (Schwankungen um nicht mehr als 10 % um den Durchschnittswert), damit die Probenahme für die gesamte Dauer repräsentativ bleibt. Dies kann durch die Verwendung eines Durchflussreglers (kritische Düse, Servoventil usw.) erfolgen.

6.3 Bedingungen der Probenahme

6.3.1 Allgemeines

Die Probenahme muss entsprechend ISO 11665-1 durchgeführt werden.

6.3.2 Aufbau der Probenahmeeinrichtung

Der Aufbau der Probenahmeeinrichtung muss entsprechend ISO 11665-1 durchgeführt werden.

Im besonderen Fall einer Innenraummessung ist die Probenahmeeinrichtung wie folgt aufzubauen:

- a) auf einer Fläche ohne direkte Sonneneinstrahlung;
- b) von Heizungsquellen (Heizstrahler, Panoramafenster, elektrische Einrichtungen usw.) entfernt;
- c) von Verkehrsflächen, Türen und Fenstern, Wänden und natürlichen Belüftungspfaden entfernt (sie könnten z. B. auf einem Möbelstück wie einem Regal oder einer Kommode platziert werden).

6.3.3 Dauer der Probenahme

Die Dauer der Probenahme ist gleich dem Zeitintervall zwischen dem Ende des Aufbaus und dem Beginn des Abbaus der Messeinrichtung am Ort der Probenahme.

Die Zeit (Datum und Stunden) des Auf- und Abbaus des Probenahmesystems muss aufgezeichnet werden.

Die Dauer der Probenahme muss dem gewünschten Messzweck und dem untersuchten Phänomen angemessen sein.

Es wird mindestens eine Dauer von einer Woche gefordert, um ein Messergebnis oberhalb der Nachweisgrenze zu erhalten.

Um die Strahlenexposition des Menschen zu bestimmen, ist zu empfehlen, Messungen mit einer Probenahmedauer von mehreren Monaten durchzuführen.

Der Anwender sollte sich der Sättigungseigenschaften des Detektors (FKSD) bewusst sein und den Probenahmeverlauf so einstellen, dass sichergestellt ist, dass eine Sättigung nicht auftritt.

6.3.4 Volumen der Luftprobe

Das Volumen der Luftprobe muss durch Messung der Durchflussrate oder des Volumens während der Probenahme mit einem kalibrierten System (z. B. kritische Düse) festgestellt werden (siehe IEC 61577-3).

Das Gesamtvolumen der Luftprobe während der Dauer der Probenahme ist aufzuzeichnen.

7 Nachweisverfahren

Der Nachweis erfolgt mittels eines Festkörperspurdetektors (FKSD) entsprechend ISO 11665-1.