



## **Strahlenschutz-Messgeräte – Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten Teil 5: Allgemeine Eigenschaften von Radon und Radon-Folgeprodukten und ihre Messverfahren**

Radiation protection instrumentation –  
Radon and radon decay product measuring instruments –  
Part 5: General properties of radon and radon decay products and their  
measurement methods

Instrumentation pour la radioprotection –  
Instruments de mesure du radon et des descendants du radon –  
Partie 5: Propriétés générales et procédures de mesure du radon et des  
descendants du radon

---

**Medieninhaber und Hersteller:**  
OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik

**ICS** 13.280

**Copyright © OVE – 2021.**  
**Alle Rechte vorbehalten!** Nachdruck oder  
Vervielfältigung, Aufnahme auf oder in sonstige Medien  
oder Datenträger nur mit Zustimmung gestattet!

**Ident (IDT) mit** IEC TR 61577-5:2019 (Übersetzung)

OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik  
Eschenbachgasse 9, 1010 Wien  
E-Mail: [verkauf@ove.at](mailto:verkauf@ove.at)  
Internet: <http://www.ove.at>  
Webshop: [www.ove.at/webshop](http://www.ove.at/webshop)  
Tel.: +43 1 587 63 73

**zuständig** OVE/TK MR  
Mess- und Regelungstechnik

## Nationales Vorwort

Dieser Technische Report hat den Status einer nationalen elektrotechnischen Norm gemäß ETG 1992. Bei ihrer Anwendung ist dieses Nationale Vorwort zu berücksichtigen.

Für den Fall einer undatierten normativen Verweisung (Verweisung auf einen Standard ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste Ausgabe dieses Standards.

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

Der Rechtsstatus dieser nationalen elektrotechnischen Norm ist den jeweils geltenden Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz zu entnehmen.

Bei mittels Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz verbindlich erklärten rein österreichischen elektrotechnischen Normen ist zu beachten:

- Hinweise auf Veröffentlichungen beziehen sich, sofern nicht anders angegeben, auf den Stand zum Zeitpunkt der Herausgabe dieser rein österreichischen elektrotechnischen Norm. Zum Zeitpunkt der Anwendung dieser rein österreichischen elektrotechnischen Norm ist der durch die Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz oder gegebenenfalls auf andere Weise festgelegte aktuelle Stand zu berücksichtigen.
- Informative Anhänge und Fußnoten sowie normative Verweise und Hinweise auf Fundstellen in anderen, nicht verbindlichen Texten werden von der Verbindlicherklärung nicht erfasst.

Europäische Normen (EN) von CENELEC werden gemäß den CENELEC-Regeln durch Veröffentlichung eines identen Titels und Textes in das Gesamtwerk der nationalen elektrotechnischen Normen übernommen, wobei der Nummerierung der Zusatz OVE vorangestellt wird.

**Inhalt**

Seite

1	Anwendungsbereich .....	11
2	Normative Verweisungen .....	11
3	Symbole, Größen und Einheiten .....	11
3.1	Symbole.....	11
3.2	Größen und Einheiten .....	13
4	Radon in der Umgebung .....	13
4.1	Entstehung, Ausbreitung und Zerfall .....	13
4.2	Radon im Gestein und im Erdboden und sein Transport in die Atmosphäre.....	14
4.3	Radonkonzentration in der Außenluft.....	15
4.4	Radonkonzentration in Häusern und an Arbeitsplätzen.....	15
5	Radon-Folgeprodukte in der Atmosphäre .....	16
5.1	Physikalische Vorgänge bei Folgeprodukten in gasförmigen Medien .....	16
5.2	Merkmale von Aerosolen und ihre Beeinflussung durch die Lüftungsbedingungen .....	17
6	Physikalische und chemische Eigenschaften von Radon und Radon-Folgeprodukten.....	17
6.1	Physikalische und chemische Eigenschaften .....	17
6.2	Löslichkeit von Radon in Flüssigkeiten .....	18
6.3	Radiologische Eigenschaften und radioaktives Gleichgewicht .....	18
6.4	Wechselwirkung von Alphateilchen mit Materie und ihre Energiedeposition.....	21
7	Messung von <sup>222</sup> Rn und <sup>220</sup> Rn und ihren Folgeprodukten .....	22
7.1	Relevante Messgrößen und Einheiten .....	22
7.1.1	Aktivitätskonzentration ( <i>C</i> ).....	22
7.1.2	Gleichgewichtsäquivalente Radon-Aktivitätskonzentration ( <i>EEC</i> , <i>C<sub>eq</sub></i> ).....	22
7.1.3	Gleichgewichtsfaktor ( <i>F</i> ).....	23
7.1.4	Radonexposition ( <i>P<sub>Rn</sub></i> ) .....	23
7.1.5	Potenzielle Alphaenergie ( <i>ε<sub>p</sub></i> ).....	23
7.1.6	Potenzielle Alpha-Energiekonzentration ( <i>C<sub>p</sub></i> ).....	24
7.1.7	Potenzielle Alphaenergie-Exposition ( <i>P<sub>p</sub></i> ) .....	26
7.1.8	Der nichtangelagerte und der angelagerte Anteil der potenziellen Alpha-Energiekonzentration .....	26
7.2	Geräte zur Messung der Radon-Aktivitätskonzentration in Luft.....	26
7.3	Messung von Radon-Folgeprodukten .....	27

7.3.1	Allgemeiner Überblick über die Messgeräte .....	27
7.3.2	Probenahme von nichtangelagerten Radon-Folgeprodukten .....	28
7.3.3	Zählverfahren zur Messung der Aktivitätskonzentrationen und der potenziellen Alpha-Energiekonzentration .....	29
8	Qualitätssicherung .....	34
8.1	Definition und Nutzen .....	34
8.2	Qualitätskontrolle .....	34
8.3	Validierung und Rückführbarkeit von Messungen .....	34
8.3.1	Validierung von Verfahren .....	34
8.3.2	Typprüfung von Radonmessgeräten .....	35
8.3.3	Messvergleiche zwischen Laboratorien .....	35
8.3.4	Messtechnische Rückführung und Kalibrierung .....	35
9	Bestimmung der Messunsicherheit, der Erkennungs- und der Nachweisgrenze .....	36
9.1	Allgemeines .....	36
9.2	Verfahren zur Bestimmung der Messunsicherheit .....	36
Anhang A (informativ) Tabellen und Bilder .....		38
Anhang B (informativ) Radioaktive Zerfallsgleichungen .....		43
B.1	Allgemeines .....	43
B.2	Symbole .....	43
B.3	Vorbetrachtungen und Annahmen .....	43
B.4	Aufbau der Filteraktivität während der Probenahme .....	44
B.5	Abnahme der Filteraktivität nach Beendigung der Probenahme .....	45
B.6	Anzahl der nach der Probenahme zu registrierenden Alphazerfälle .....	47
Anhang C (informativ) Analyse der Unsicherheit bei der Bestimmung der Aktivitätskonzentration von Radon- und Thoron-Folgeprodukten mittels des Verfahrens der mehrfach aufeinanderfolgenden Zählungen .....		49
C.1	Symbole .....	49
C.2	Unsicherheiten der Parameter der Modellfunktion .....	49
C.3	Erkennungsgrenze .....	52
C.4	Nachweisgrenze .....	53
C.5	Grenzen des Vertrauensbereichs .....	53
C.6	Bester Schätzwert und seine Unsicherheit .....	54
Literaturhinweise .....		55
<b>Bilder</b>		
Bild 1 – Tägliche Schwankungen der Radonaktivitätskonzentration in Keller, 1. und 2. Etage eines Einfamilienhauses gemessen über 12 Tage .....		16
Bild 2 – Zerfall von <sup>222</sup> Rn nach Zufuhr von 1 000 Bq und Bildung von Folgeprodukten .....		19
Bild 3 – Zerfall von <sup>220</sup> Rn (Thoron) nach Zufuhr von 1 000 Bq und Bildung von Folgeprodukten .....		19
Bild 4 – Aktivitätsaufbau von <sup>222</sup> Rn und seinen Folgeprodukten für eine kontinuierliche Zufuhr von <sup>222</sup> Rn mit einer Rate von 1 Bq/s (ohne Anfangsaktivitäten) .....		20

	Seite
Bild 5 – Aktivitätsaufbau von $^{220}\text{Rn}$ (Thoron) und seinen Folgeprodukten für eine kontinuierliche Zufuhr von $^{220}\text{Rn}$ mit einer Rate von 1 Bq/s (ohne Anfangsaktivität) .....	20
Bild 6 – Gesamtes Bremsvermögen der in verschiedene Materialien eindringenden Alphateilchen, die Diagramme verwenden Daten aus .....	21
Bild 7 – Beiträge der einzelnen Depositionsprozesse zur Gesamteffektivität (exemplarisch für ein Drahtsieb berechnet) .....	28
Bild 8 – Abscheidungseffektivität eines Drahtsiebs in Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit (exemplarisch für ein Drahtsieb berechnet) .....	28
Bild 9 – Messabweichung des Verfahrens nach MARKOV, angegeben in Prozent für verschiedene Verhältnisse von Folgeprodukten in der Luftprobe .....	31
Bild 10 – Verfahren der mehrfachen sukzessiven Zählung .....	32
Bild A.1 – Probenahme und Messverfahren, die für Radonmessgeräte üblicherweise verwendet werden .....	38
Bild A.2 – Probenahme und Messverfahren, die für Messgeräte für Radon-Folgeprodukte üblicherweise verwendet werden .....	38
Bild B.1 – Schematische Darstellung von Probenahme und Messung .....	47
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Koeffizienten für die Berechnung der gleichgewichtsäquivalenten Konzentration aus gemessenen Aktivitätskonzentrationen von Radon-Folgeprodukten .....	22
Tabelle 2 – Potenzielle Alphaenergie je Atom für $^{222}\text{Rn}$ -Folgeprodukte einschließlich Standardunsicherheiten .....	25
Tabelle 3 – Potenzielle Alphaenergie je Atom für $^{220}\text{Rn}$ -Folgeprodukte einschließlich Standardunsicherheiten .....	25
Tabelle 4 – Zeitschema des Verfahrens von Thomas .....	30
Tabelle 5 – Zeitschema des Verfahrens von MARKOV .....	31
Tabelle A.1 – Physikalische und chemische Eigenschaften .....	39
Tabelle A.2 – $^{226}\text{Ra}$ , $^{222}\text{Rn}$ und Radionuklide der $^{222}\text{Rn}$ -Zerfallsreihe .....	39
Tabelle A.3 – $^{224}\text{Ra}$ , $^{220}\text{Rn}$ und Radionuklide der $^{220}\text{Rn}$ -Zerfallsreihe .....	40
Tabelle A.4 – Reichweite bei kontinuierlichem Energieverlust (CSDA) von Alphateilchen, die von $^{222}\text{Rn}$ - und $^{220}\text{Rn}$ -Folgeprodukten emittiert werden .....	41
Tabelle A.5 – Löslichkeit von Radon in organischen Stoffen .....	41
Tabelle A.6 – Diffusionskoeffizienten und Diffusionslängen für Radon in verschiedenen Materialien .....	42

# Strahlenschutz-Messgeräte

## Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten

### Teil 5: Allgemeine Eigenschaften von Radon und Radon-Folgeprodukten und ihre Messverfahren

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 61577 enthält grundlegende Daten und technische Informationen, um das Design von Geräten und deren praktische Anwendung für die Messung zu unterstützen. Das Dokument umfasst  $^{222}\text{Rn}$  und  $^{220}\text{Rn}$  und deren kurzlebige Folgeprodukte. Es unterstützt die Anwendung der technischen Normen der Reihe IEC 61577 und enthält physikalische und technische Grundlagen der Messverfahren. Für weitere Informationen wird auf die Literaturhinweise verwiesen.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Ergänzungen zum vorliegenden Dokument 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).

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  $^{222}\text{Rn}$  and  $^{220}\text{Rn}$  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*

IEC 61577-4, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 4: Equipment for the production of reference atmospheres containing radon isotopes and their decay products (STAR)*

IEC TR 62461:2015, *Radiation protection instruments – Determination of uncertainty in measurement*

## 3 Symbole, Größen und Einheiten

### 3.1 Symbole

$L$	Ostwald-Koeffizient
$C_{\text{Rn,liquid}}, C_{\text{Rn}}$	Aktivitätskonzentration von Radon in einer Flüssigkeit, Aktivitätskonzentration von Radon in Luft in Becquerel je Kubikmeter ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ )
$T_{\text{H}_2\text{O}}$	Temperatur von Wasser in Grad Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )
$A, A_i$	Aktivität, Aktivität des Radionuklids $i$ in Becquerel (Bq)
$\lambda_i$	Radioaktive Zerfallskonstante des Radionuklids $i$ in je Sekunde ( $\text{s}^{-1}$ )
$Q_i$	Zufuhrrate, Entstehungsrate des Radionuklids $i$ in je Sekunde ( $\text{s}^{-1}$ )
$t, t_s$	Zeit, Probenahmezeit in Sekunden (s)
$V$	Volumen in Kubikmeter ( $\text{m}^3$ )