

Verfahren zur Bestimmung der Radon-222-Aktivitätskonzentration mit Radon-Monitoren

K-Rn-222-LUFT-03

Bearbeiter:

T. Beck

Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung
bei erhöhter natürlicher Radioaktivität (ENORM)

Verfahren zur Bestimmung der Radon-222-Aktivitätskonzentration mit Radon-Monitoren

1 Anwendbarkeit

Dieses Verfahren ist für die Überwachung der mittleren Rn-222-Aktivitätskonzentration im Freien oder in der Raumluft geeignet. Dabei können Rn-222-Aktivitätskonzentrationen oberhalb von $10 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ nachgewiesen werden. Damit erfüllt das Verfahren die Anforderungen der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI Bergbau).

2 Probeentnahme

Ein Radon-Monitor ist ein kontinuierlich messendes Gerät zur Bestimmung der mittleren Rn-222-Aktivitätskonzentration. Der aktuelle Wert der Messgröße wird direkt angezeigt. Die Radon-Monitore müssen den Anforderungen der internationalen Norm DIN IEC 61577-2 genügen (1).

Der Radon-Monitor ist sowohl vor extremen klimatischen Einflüssen, wie z. B. Temperatur und Nässe, als auch vor mechanischer Beschädigung geschützt aufzustellen. Der Radon-Monitor kann sowohl für Langzeit- als auch für Kurzzeitmessungen eingesetzt werden. Bei Langzeitmessungen wird die Messdauer allein durch die elektrischen Eigenschaften des Monitors, z. B. die Leistungsaufnahme bei Batteriebetrieb oder die Größe des Messwertspeichers, begrenzt. Die kleinste praktikable Messdauer wird durch die Diffusionsprozesse des Radons in das empfindliche Kammervolumen und durch die Zählstatistik vorgegeben.

Hinweise zum Standort der Radon-Monitore sind im Verfahren K-Rn-222-LUFT-01 beschrieben.

Neben der Diffusion von Radon können auch aktive Verfahren zur Durchspülung des empfindlichen Volumens mit der Luft durch Einsatz eines Pumpsystems verwendet werden. Dazu sind entsprechende Vorkehrungen zur Rückhaltung von Aerosolpartikeln, zur Lufttrocknung und Kontrolle des Volumenstromes zu treffen. Falls Zuführungsleitungen erforderlich sind, müssen folgende Grundsätze zur Vorbehandlung der Luft eingehalten werden:

- Die Zuführungsleitungen müssen aus Materialien mit geringer Permeabilität für Radon, wie z. B. aus Polytetrafluorethylen, Kupfer oder Edelstahl, bestehen.
- Eine Kondensatbildung in der Zuführungsleitung ist zu vermeiden.
- Die bei zu hohen Feuchtigkeitsgehalten der zu untersuchenden Luft notwendige Entfeuchtung ist ohne Beeinflussung des Radongehaltes, z. B. mittels speziell konstruierter Kühlfallen oder durch Verwendung hygroskopischer Stoffe wie Calciumchlorid (CaCl_2), vorzunehmen.

3 Analyse

Eine chemische Analyse entfällt bei diesem Verfahren.

4 Messung der Aktivität

4.1 Prinzip des Messverfahrens

Für die Messung der Rn-222-Aktivitätskonzentration werden Radon-Monitore mit Impuls-Ionisationskammern oder mit Halbleiterdetektoren zur elektrostatischen Sammlung ionisierter Zerfallsprodukte verwendet. Das kleinste praktikable Messintervall beträgt eine Stunde.

4.1.1 Monitore mit Impuls-Ionisationskammern

Das in die Impuls-Ionisationskammer gelangte Rn-222 und seine kurzlebigen Zerfallsprodukte emittieren infolge ihres radioaktiven Zerfalles Alphateilchen, welche sich im elektrischen Feld zur negativ geladenen Kathode bewegen und entlang ihres Weges Luftmoleküle ionisieren. Die bei diesem Prozess entstehenden Elektronen bewegen sich unter dem Einfluss des elektrischen Feldes zur Anode. Der entstehende Stromimpuls ist proportional zu der im Kammervolumen an die Luft übertragenen Energie der Alphateilchen. Durch Auswahl einer geeigneten Impulshöhen Diskriminierung zur Messung von Rn-222 und seiner Zerfallsprodukte kann die Ansprechwahrscheinlichkeit für ebenfalls in das Kammervolumen eindringendes Rn-220 reduziert werden.

4.1.2 Monitore mit elektrostatischer Sammlung ionisierter Zerfallsprodukte

Für Radon-Monitore mit elektrostatischer Sammlung ionisierter Radon-Zerfallsprodukte werden Halbleiterdetektoren verwendet. Bei diesem Messverfahren wird der Detektor in einer Kammer, deren Wände überwiegend aus elektrisch leitfähigem Material bestehen, angeordnet. Die Oberfläche des Halbleiterdetektors wird in Bezug auf die Kammerwand auf negatives Potential gelegt, so dass sich ein elektrisches Feld im Inneren der Kammer aufbaut. Die positiv geladenen Zerfallsprodukte des in die Kammer gelangten Rn-222 und seine kurzlebigen Zerfallsprodukte bewegen sich im elektrischen Feld und werden auf der Detektoroberfläche gesammelt. Dort zerfallen sie weiter unter Emission von Alpha- und Betastrahlung. Die Alphastrahlung wird vom Detektor registriert. Durch Auswahl eines geeigneten Energiebereichs ist eine separate Messung von Rn-222- und Rn-220-Zerfallsprodukten möglich.

4.2 Kalibrierung

Zur Kalibrierung werden die Radon-Monitore während einer bestimmten Zeitdauer in einer Rn-222-Atmosphäre bekannter Radonkonzentration exponiert. Die klimatischen Bedingungen der Kalibrieratmosphäre sollen den Umgebungsbedingungen bei der Messung entsprechen. Wenn der Radon-Monitor mit einem aktiven Verfahren zur Durchspülung des empfindlichen Volumens betrieben wird, ist ein definier-

ter Volumenstrom (in der Regel vom Hersteller vorgegeben) einzustellen und im Kalibrierschein zu protokollieren.

Die Kalibrierung ist mindestens im Abstand von 2 Jahren zu wiederholen. Beim Wechsel des Detektors oder bei anderen Änderungen, welche die Gültigkeit der Kalibrierung beeinflussen können, ist eine erneute Kalibrierung des Radon-Monitors erforderlich.

5 Berechnung der Analyseergebnisse

Die aktuellen Messwerte werden direkt angezeigt. Mit Hilfe eines speziellen Computerprogramms können alle aufgezeichneten Messdaten aus dem Messwertspeicher des Radon-Monitors ausgelesen werden.

Die Gesamtmessunsicherheit setzt sich aus den Unsicherheiten für die Bestimmung der Aktivitätskonzentration und der Probeentnahme zusammen. Grundsätzliche Angaben zu den Unsicherheiten der Messung sind den Geräteunterlagen zu entnehmen. Im Routinebetrieb kann eine Gesamtmessunsicherheit in der Größenordnung von 10 % toleriert werden.

Durch extreme klimatische Bedingungen, wie z. B. Feuchtigkeit und Temperatur, als auch durch Staub und Schmutz treten zusätzliche Messunsicherheiten bei der Probeentnahme auf. Das Messverhalten unter extremen klimatischen Umgebungsbedingungen ist durch spezielle technische Prüfungen des Radon-Monitors zu untersuchen. Insbesondere bei Radon-Monitoren mit elektrostatischer Sammlung ionisierter Radon-Zerfallsprodukte kann eine hohe Luftfeuchtigkeit zu erheblichen Messunsicherheiten führen.

6 Nachweisgrenzen des Verfahrens

Die Nachweisgrenze der Rn-222-Aktivitätskonzentration hängt in entscheidendem Maße von den Geräteparametern wie Messkammervolumen und Nachweiswahrscheinlichkeit ab. Eine Nachweisgrenze der mittleren Rn-222-Aktivitätskonzentration von $10 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ist mit ausgewählten handelsüblichen Radon-Monitoren erreichbar. Die individuelle Nachweisgrenze ist der Messgerätedokumentation zu entnehmen.

7 Verzeichnis der erforderlichen Chemikalien und Geräte

7.1 Chemikalien

Es sind keine Chemikalien erforderlich.

7.2 Geräte

Kontinuierlich messender Radon-Monitor.

Literatur

- (1) Norm DIN IEC 61577 Teil 2 Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukte; Spezielle Anforderungen für Radon-Messgeräte. 2001-09