

APPLICATION NOTE AN-006_DE

Bestimmung der Radon Exhalation auf Oberflächen

Version Oktober 2007

Diese Applikationsschrift beschreibt die einfache und schnelle Bestimmung der Exhalation von Radon auf Oberflächen mit Hilfe eines Radonmonitors und einer Exhalationshaube.

Physikalische Grundlagen

Die Bestimmung der Radonexhalation mittels Radonmonitor beruht auf der Untersuchung des Konzentrationsanstieges zur Ausbildung eines stabilen Plateaus der Aktivitätskonzentration des Radons in einem definierten Volumen und in definierter Zeit.

Der Radonfluss (oder die Exhalationsrate) E [$\text{Bq} / (\text{m}^2\text{s})$] auf einer Oberfläche wird definiert als das Verhältnis der (Radon-)Aktivität A [Bq] bezogen auf eine Radon abgebende Fläche (Inhalt F [m^2]) und eine Zeitdauer t [s]:

$$E = A / (F * t) \quad [\text{Bq} / (\text{m}^2\text{s})] \quad (1)$$

Betrachtet werde eine quaderförmige oder zylindrische Exhalationshaube mit der Grundfläche des Inhalts F [m^2] und der Höhe h [m], also mit dem Volumen V :

$$V = F * h \quad [\text{m}^3] \quad (2)$$

In diesem Volumen werde im Zeitintervall der Länge t [s] ein Konzentrationsanstieg C_{Diff} [Bq/m^3] ermittelt. Dabei bezeichnet die (Aktivitäts-)Konzentration C [Bq / m^3] des Radons in Aerosolen das Verhältnis der (Radon-)Aktivität A [Bq] bezogen auf das (Gas-)Volumen V :

$$C = A / V \quad [\text{Bq} / \text{m}^3] \quad (3)$$

Mit den durch Messungen beschaffbaren Größen C_{Diff} , h , t lässt sich die Exhalationsrate als

$$E = C_{\text{Diff}} * h / t \quad (4)$$

darstellen:

$$\begin{aligned} E &= A / (F t) && [\text{Bq} / (\text{m}^2\text{s})] \\ &= (V / V) * A / (F t) && [(\text{m}^3 / \text{m}^3) (\text{Bq} / (\text{m}^2\text{s}))] \\ &= (A / V) * (V / (F * t)) && [(\text{Bq} / \text{m}^3) (\text{m}^3 / (\text{m}^2\text{s}))] \\ &= C * (F * h) / (F * t) && [(\text{Bq} / \text{m}^3) (\text{m}^2\text{m} / (\text{m}^2\text{s}))] \\ &= C * h / t && [(\text{Bq} / \text{m}^3) (\text{m} / \text{s})] \end{aligned} \quad (5)$$

Beispiel: In einer Exhalationshaube von 12 cm Höhe über einer Grundfläche werde innerhalb einer Stunde die Maximalkonzentration von 1.540 Bq/m³ gemessen. Die Konzentration der Außenluft wurde zuvor mit 100 Bq/m³ bestimmt. Für den Radonfluss E ergibt sich:

$$E = (120 \text{ mm} * 1440 \text{ Bq/m}^3) / 3600 \text{ s} = 48 \text{ mBq} / (\text{m}^2\text{s})$$

Messverfahren

Zunächst wird ein Radonmonitor mit interner oder angeschlossener externer Pumpe in Betrieb gesetzt, um die Radonaktivitätskonzentration C_1 der Umgebungsluft zu ermitteln. Nun wird die Exhalationshaube der Höhe h auf die zu untersuchende Fläche aufgesetzt, geeignet zum Andrücken der Anschmiegalze fixiert (in horizontaler Position z.B. Gewichte auflegen) und schließlich abgedichtet, je nach Beschaffenheit mit weiterem Erdmaterial, Silikon, Klebefolie oder ähnlichem. Der bereits laufende Monitor (ggf. mit externer Pumpe) wird nun mit seinen Zu- und Abluftanschlüssen an die beiden Anschlüsse der Exhalationshaube mittels PVC-Schläuchen gekoppelt, so dass ein geschlossener Kreislauf entsteht, durch welchen die vorhandene Innenluft zirkuliert. Die Zeit t vom Beginn des Kurzschlusses bis zum Erreichen der maximalen Radonaktivitätskonzentration und deren Wert C_2 werden festgehalten. Aus $C_{\text{Diff}} = C_2 - C_1$ sowie h und t wird dann gemäß (4) die Exhalationsrate E ermittelt.

Geeignete Radonmonitore

Das beschriebene Messverfahren stellt einige Forderungen an den verwendeten Radonmonitor, die hier erläutert werden sollen.

Zunächst kann nur ein Monitor mit einem geschlossenen Gaskreislauf (d.h. gedichtete Kammer mit Schlauchanschlüssen) verwendet werden. Vorteilhaft ist eine interne Pumpe. Auch diese muss dicht sein. Gut eignen sich Membranpumpen während Drehschieberpumpen in der Regel zu große Leckraten erzeugen.

Um eine hinreichend kurze Messzeit (Abklingen der Aktivierung) zu erhalten, ist ein spektroskopisch (Alpha-Spektroskopie) arbeitender Monitor unerlässlich. Das interne Volumen des Radonmonitors muss möglichst gering sein, da dieses sowie die Sensitivität des Monitors entscheidend für die Nachweisgrenzen des Verfahrens sind.

Für die Exhalationsmessung empfiehlt sich deshalb das RTM1688-2 mit einem internen Volumen von nur 130 ml bei einer Sensitivität von mehr als 3 cpm/(kBq/m³) im „Fast-Mode“. Auch das RTM2200 ist geeignet, obwohl das interne Volumen mit 370 ml größer und die nominale Sensitivität (bei hoher Feuchtigkeit) mit ca. 1,5 cpm/(kBq/m³) im „Fast-Mode“ geringer ist. Beide Monitore arbeiten spektroskopisch und verfügen über eine interne Membranpumpe.

Nachweisgrenzen

Die Nachweisgrenze des Messverfahrens wird im Wesentlichen durch die Messanordnung selbst (Volumina), die Sensitivität des verwendeten Radonmonitors sowie die Dauer des zur Konzentrationsbestimmung verwendeten Messintervalls bestimmt. Da die Nachweisgrenze bzw. der statistische Fehler einer Messung ausschließlich von der Anzahl der innerhalb des gewählten Messzeitraumes registrierten Zerfallsereignisse abhängig ist, gelten folgende Optimierungsregeln:

- Verwendung eines Radonmonitors mit hoher Sensitivität
- Möglichst langes Messintervall für die Bestimmung der Luftkonzentration

Verfahrensanweisung

- Starten und Spülen des Radonmonitors mit Frischluft (mindestens 15 Minuten pumpen) und Ermitteln der Radonkonzentration
- Platzieren und Abdichten der Exhalationshaube
- Herstellen der Schlauchverbindungen zum Radonmonitor
- Ermitteln der maximalen Radonkonzentration der Innenluft und Ermitteln der hierzu erforderlichen Zeit

ACHTUNG: Das beschriebene Verfahren sollte stets unter Aufsicht durchgeführt werden. Es darf kein Wasser in den Radonmonitor gesaugt werden. Dies kann zur Zerstörung der Pumpe sowie der Sensoren/Detektoren führen.

Vermeiden Sie Messfehler durch sorgfältiges Abdichten der Systemkomponenten

Abschlussbemerkungen

Auf Grund der verschiedenen objektiven Einflussfaktoren sowie der stets subjektiven Probenahme kann eine verlässliche und reproduzierbare Bestimmung der Radonexhalation nur erfolgen, wenn die Messbedingungen möglichst konstant gehalten werden. Unter Laborbedingungen dürfte das wenig problematisch sein, für Feldmessungen sind allerdings erhöhte Ungenauigkeiten einzukalkulieren.

Es sollte auf jeden Fall eine Kalibriermessung unter Verwendung einer definierten Exhalationsprobe und unter strikter Einhaltung des späteren Messablaufes durchgeführt werden.