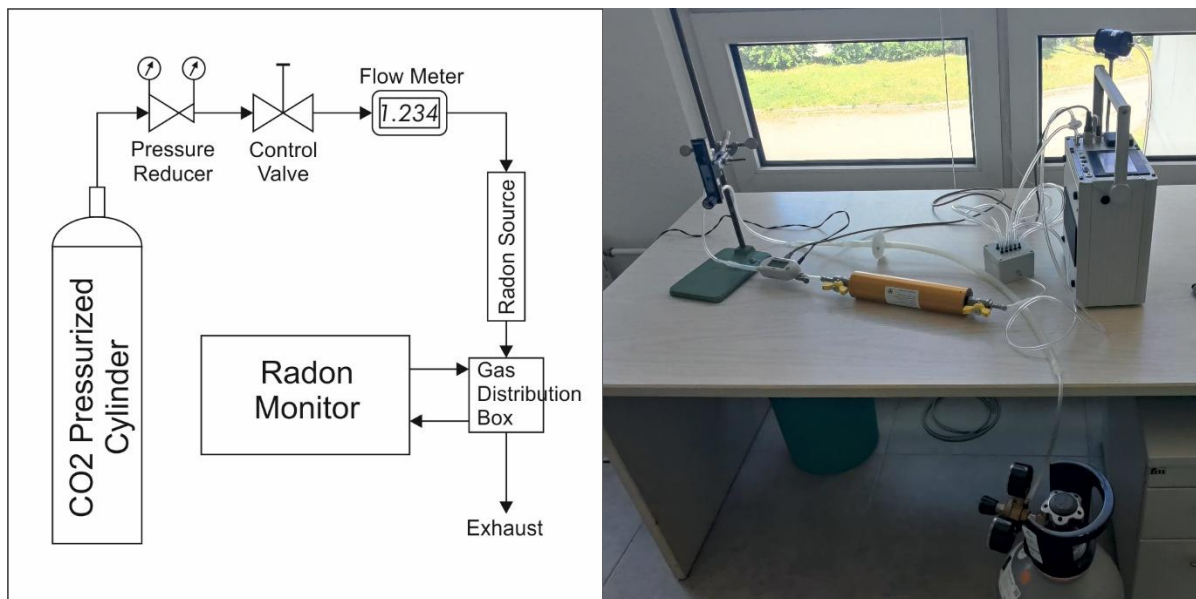


Testbericht Radon-Messung in einer 100% CO2 Atmosphäre

Veikko Oeser
SARAD GmbH
Wiesbadener Straße 10
01159 Dresden
Deutschland

Dieser Test wurde durchgeführt, um einen möglichen Einfluss einer 100% CO2 Atmosphäre anstelle von Luft auf die Messung der Radon-Aktivitätskonzentration mit den Geräten RTM2300 bzw. EQF33xx festzustellen.

Versuchsaufbau



Die CO2 Atmosphäre wurde mit einer handelsüblichen CO2 Druckflasche mit Druckminderer hergestellt. Mit einem manuellen Regelventil (Schwebekörper-Durchflussmesser mit Nadelventil) wurde der Durchfluss während des Tests auf einem konstanten Wert gehalten. Die Überwachung erfolgte mit einem dem Regelventil nachgeschalteten, kalibrierten Massen-Durchflusssensor der Firma TSI (Model 4143). Mit einer CMI Radonquelle wurde Radon in den Luftstrom eingebracht. Die Aktivitätskonzentration ergibt sich durch

$$C_{Rn} = \frac{E}{Q}$$

- C_{Rn} Radon-Aktivitätskonzentration
- E Emanationsrate der Radon-Quelle
- Q Volumenstrom durch die Quelle

An den Ausgang der Radonquelle wurde eine Verteilerbox mit einem Volumen von ca. 200ml angeschlossen, von welcher das Messgas über einen Schlauch ins Freie gelangt. Durch die kontinuierliche Durchströmung befindet sich in der Verteilerbox eine 100%ige CO₂ Atmosphäre mit definierter und konstanter Radon-Aktivitätskonzentration. Eingang und Ausgang des Radonmonitors wurden über zwei weitere Schlauchanschlüsse an die Verteilerbox angeschlossen. Damit arbeitet der Radonmonitor im Umluftbetrieb und misst die in der Verteilerbox enthaltene Atmosphäre. Aufgrund der im Verhältnis zu den internen Volumina hohen Volumenströme wird die am Anfang des Tests noch im System enthaltene Luft innerhalb weniger Minuten durch das CO₂ ersetzt.

Versuchsdurchführung

Zunächst wurde mit dem Regelventil der Massen-Durchfluss eingestellt. Da der TSI Sensor für Luft kalibriert wurde ist die Verwendung eines Korrekturfaktors für CO₂ erforderlich. Von TSI wird kein spezifischer Faktor für dieses Gas angegeben. Im Allgemeinen liegen die typischen Korrekturwerte für thermische Massendurchfluss-Sensoren bei 0,74. Es wurde ein Anzeigewert von 1,83 slpm eingestellt, was unter Verwendung des Korrekturfaktors einem CO-Massendurchfluss von 2,47 slpm entspricht. Als Standardbedingungen für den Sensor gelten 21,1°C und 101,3kPa, so dass der Volumendurchfluss bei 28°C (Temperatur während des Versuchs) ca. 2,53 l/min betrug. Der Schwebekörper-Durchflussmesser am Regelventil (Messung des Volumen-Durchflusses) bestätigte diesen Wert mit einer Anzeige von 2,6 l/min.



Die nominale Emanationsrate der Radonquelle beträgt 0,4475 Bq/s. Damit ergibt sich im Luftstrom eine Radonkonzentration von ca. 10600 Bq/m³.

Die Radon-Messung wurde mit dem EQF429 über eine Periode von drei Stunden mit einem Messintervall von 30 Minuten durchgeführt. Die interne Volumenstrom betrug 1,35 slpm bezogen auf Luft). Die beiden ersten Messwerte wurden verworfen, da die Radonquelle vor dem Versuch geschlossen war und im Moment des Öffnens eine sehr hohe Konzentration abgegeben wurde. Es wurden die Ergebnisse des Fast-Mode verwendet. Die folgende Abbildung zeigt die vom Radonmonitor akquirierten Messwerte.



Messergebnisse

Die gemessene mittlere Radonkonzentration für die vier verwendeten Messwerte betrug 9893 Bq/m^3 . Daraus ergibt sich eine Abweichung von $-6,7\%$ bezogen auf die generierte Radon-Konzentration von 10600 Bq/m^3 .

Die Standardunsicherheit der Emanationsrate der Radon-Quelle beträgt laut Zertifikat $1,5\%$. Der Toleranzbereich des Massen-Durchflusssensors wird vom Hersteller mit $1,75\%$ angegeben. Daraus ergibt sich entsprechend GUM eine Standardunsicherheit von $2,35\%$ bzw. eine erweiterte Unsicherheit von $4,7\%$ ($k = 2$, 95% Vertrauensintervall) für die generierte Radon-Aktivitätskonzentration.

Der aus der Zählstatistik abgeleitete Standardunsicherheit der Radonmessung beträgt $1,5\%$. Die aus der Rückführung (BfS Berlin) resultierende Standardunsicherheit des Kalibrierfaktors wird im Zertifikat mit 3% angegeben. Die Gesamt-Standardunsicherheit beträgt demnach $3,35\%$ und die erweiterte Unsicherheit $6,7\%$.

Unsicherheitsbereiche:

Generierte Radonkonzentration: $10102 \text{ Bq/m}^3 \dots 11098 \text{ Bq/m}^3$

Gemessene Radonkonzentration: $9230 \text{ Bq/m}^3 \dots 10556 \text{ Bq/m}^3$

Beide Unsicherheitsbereiche überlappen sich, so dass ein signifikanter Einfluss der CO_2 Atmosphäre nicht nachgewiesen werden kann.

Diskussion

Es wird angenommen, dass die Emanation der Radon-Quelle unabhängig vom durchgeleiteten Gas oder Gasgemisch stattfindet, so dass die Emanationsrate für Luft und CO_2 identisch ist. Eine gegenteilige Annahme ist aufgrund der Quellen-Konstruktion und den physikalischen Prozessen unwahrscheinlich.

Die Unsicherheit der Messung wird hauptsächlich durch die Kalibrierunsicherheit bestimmt, die durch eine lange Kalibrierkette begründet ist. Die Gerätekalibrierung und die Emanationsrate der Quelle werden auf zwei verschiedenen nationale Normale zurückgeführt.

Einen wesentlichen, nicht bewertbaren Unsicherheitsfaktor stellt der Korrekturfaktor für den Massen-Durchflusssensor dar. Eine verlässliche Quelle ist nicht verfügbar und eine KI-Anfrage gibt einen Faktor von 0,7 anstelle von 0,74 an. Dies würde mit dem Anzeigewert des Schwebekörper-Durchflussmesser korrespondieren. Die generierte Aktivitätskonzentration würde dann 10290 Bq/m^3 betragen.

Ebenfalls nicht betrachtet wurde die intrinsische Unsicherheit des Radonmonitors, welche im Datenblatt mit 2,5% angegeben ist.