

Untersuchung des CO₂ Einflusses auf die Sensitivität der SARAD Radonmesskammer

Veikko Oeser

SARAD GmbH, Wiesbadener Straße 10, 01159 Dresden

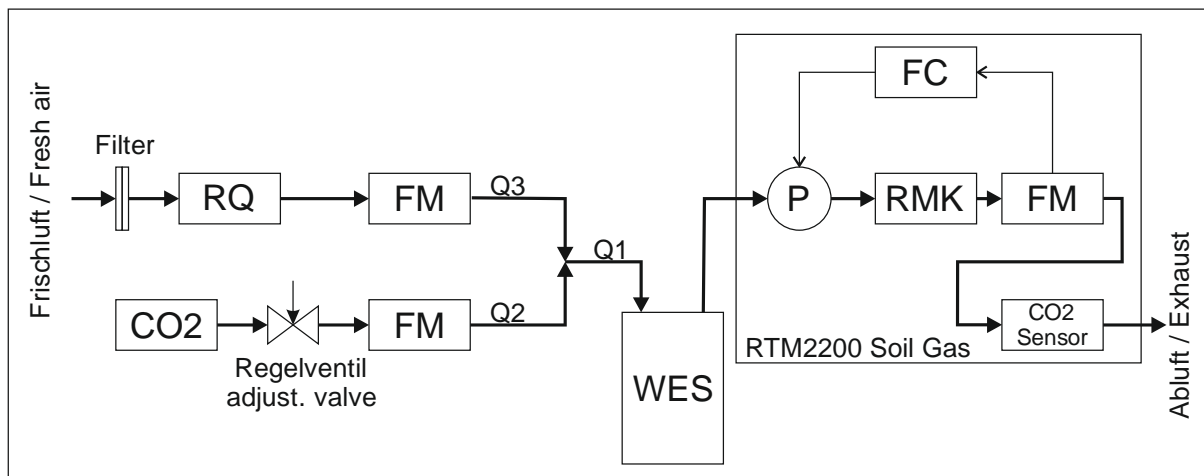
15. 2. 2022

Motivation

Die Bodenluft bildet die Fortsetzung der Erdatmosphäre in den oberflächennahen Bodenschichten. Somit ähneln sich die Zusammensetzungen von Bodenluft und bodennaher Atmosphäre. In der Bodenluft können aber geologisch und vegetativ bedingt deutlich erhöhte Konzentrationen von Kohlenstoffdioxid (CO₂) auftreten. Diese liegen in der Regel im niedrigen Prozent-Bereich, können jedoch beim Austritt geogener Gase höhere Konzentrationen erreichen [1]. Für die Messung von Radon in der Bodenluft werden in der Regel spektroskopische Geräte wie das SARAD RTM2200 Soil Gas oder das RTM 1688-2 zur Vermeidung von Interferenzen durch Thoron (Rn-220) verwendet. Alle Geräte vom Typ RTM 2200, RTM 1688-2 und EQF 32xx verwenden dieselbe Messkammer zur Bestimmung der Radonkonzentration. Daraus ergibt sich die Frage, ob eine erhöhte Konzentration von CO₂ Auswirkungen auf die Sensitivität dieser Messgeräte hat.

Der durchgeführte Versuch zeigt, dass die Variation der CO₂ Konzentration im Bereich von 400 ppm (freie Atmosphäre) und 20% das Ergebnis der Radonmessung nicht beeinflusst.

Versuchsaufbau



RQ	Radonquelle
CO2	CO2-Flasche
FM	Flow-Meter
WES	Wassereintrittsschutz
P	Pumpe
FC	Flow Controller
RMK	Radon-Messkammer

Durch die Verwendung einer zertifizierten Radon-Durchflussquelle kann durch einen konstanten Durchfluss eine konstante Radonkonzentration in diesem Luftstrom generiert werden:

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

C_{Rn}	Radon-Aktivitätskonzentration im Volumenstrom [Bq/m ³]
E	Emanationsrate [Bq/s]
Q	Volumenstrom [l/min]

Mit dieser Anordnung kann auf eine Referenzmessung verzichtet werden, da das für die Referenzmessung verwendete Gerät ebenfalls durch die Variation der CO₂ Konzentration beeinflusst werden könnte. Für die Prüfung wurde ein Gerät vom Typ RTM 2200 Soil Gas verwendet, da dieses sowohl über eine Durchflussregelung als auch einen internen CO₂ Sensor verfügt. Als Sollwert für den Volumenstrom wurde ein Wert von 0,5 l/min gewählt. Die Messung mittels externem Durchflussmesser ergab einen tatsächlichen Volumenstrom (Q1) von 0,53 l/min. Die Emanationsrate der Quelle beträgt 0,20 Bq/s, woraus eine zu erwartende Radon-Aktivitätskonzentration von 22,6 kBq/m³ resultiert.

Die Beimischung von CO₂ erfolgt über ein Regelventil aus einer handelsüblichen Druckgasflasche mit Druckminderer. Zur Kontrolle wurden die Teil-Volumenströme (Q2, Q3) mit Durchflussmessern überwacht. Durch eine entsprechend lange Schlauchverbindung und den dem RTM 2200 Soil Gas vorgeschalteten Wassereintrittsschutz ist eine hinreichende Vermengung gegeben. Aufgrund der Regelung von Q1 verringert sich bei erhöhtem Durchfluss Q2 der Durchfluss Q3. Auf die Radonkonzentration hat dies keinen Einfluss, da das emanierte Radon in Q1 verdünnt wird.

Nach einer Messung mit normaler Raumluft wurde die CO₂ Konzentration in Schritten von ca. 5% erhöht. Die Messzeit für jedes CO₂ Niveau betrug vier Stunden, lediglich über Nacht erfolgte keine Neueinstellung.

Verwendete Hilfsmittel

Zur Bestimmung von Q2 wurde ein kalorimetrischer Massendurchfluss-Sensor der Firma Kobold verwendet (MAS1004, Messbereich 0...0,1 l/min Luft). Die Kalibrierung muss für die Volumenstrommessung von CO₂ angepasst werden. Der Korrekturfaktor beträgt 0,74, d.h. bei einer Anzeige von 0,1 l/min beträgt der tatsächliche CO₂-Durchfluss 0,74 l/min.

Der Volumenstrom Q2 wurde mit einem kalorimetrischen Durchflussmesser der Firma Tylan (FM3901, Messbereich 0...5 l/min Luft) gemessen.

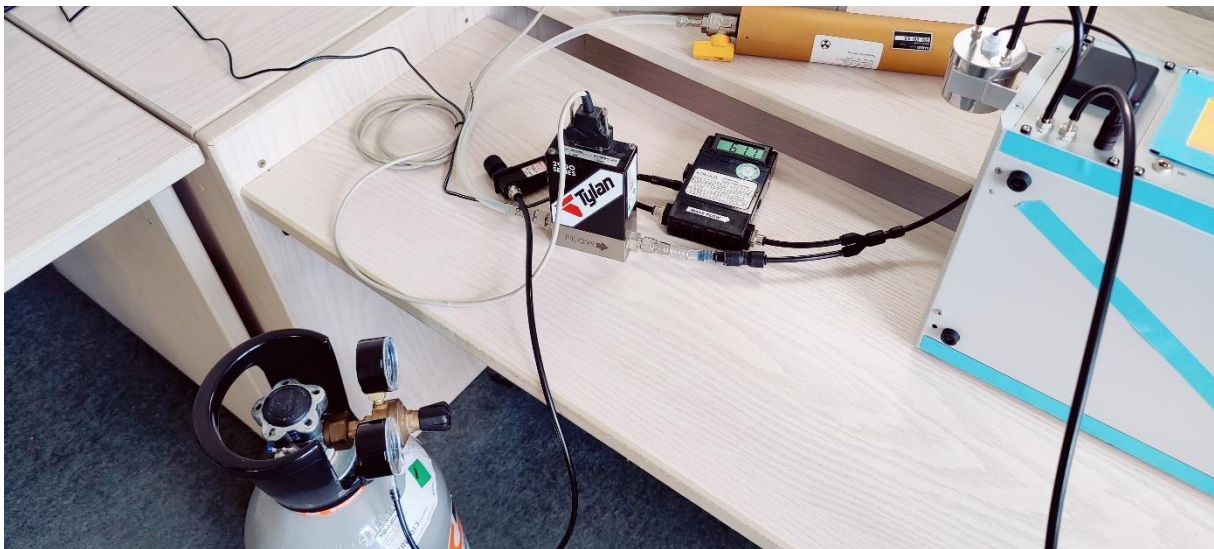
Die Durchflussmessung im Regler des RTM 2200 erfolgt ebenfalls kalorimetrisch (First Sensor FMA, Messbereich 0...6 l/min). Bei einer Beimischung von max. 20% CO₂ und einem Korrekturfaktor von 0,74 bezüglich Luft erscheint die Änderung des geregelten Durchflusses durch den CO₂ Anteil vernachlässigbar.

Bei der Radon-Quelle handelt es sich um eine Emanationsquelle von CMI (Czech Meteorologic Institute) mit einer nominalen Ra-226 Aktivität von 100 kBq/m³ und einer Emanationsrate von 0,2 Bq/s.

Als CO₂ Quelle wurde eine Druckgasflasche mit einer Netto-Füllmenge von 10 kg reinem CO₂ verwendet.

Beim Radonmonitor handelt es sich um ein SARAD RTM2200 Soil Gas mit Wassereintrittsschutz, CO₂ und CH₄ Sensor. Der im Gerät verwendete CO₂ Sensor vom Typ Vaisala GMP 251 besitzt einen Messbereich von 0...20%. Das RTM 2200 Soil Gas wurde zuvor im durch die DAkkS akkreditierten Radon-Kalibrierlabor der SARAD GmbH kalibriert.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Versuchsaufbau.



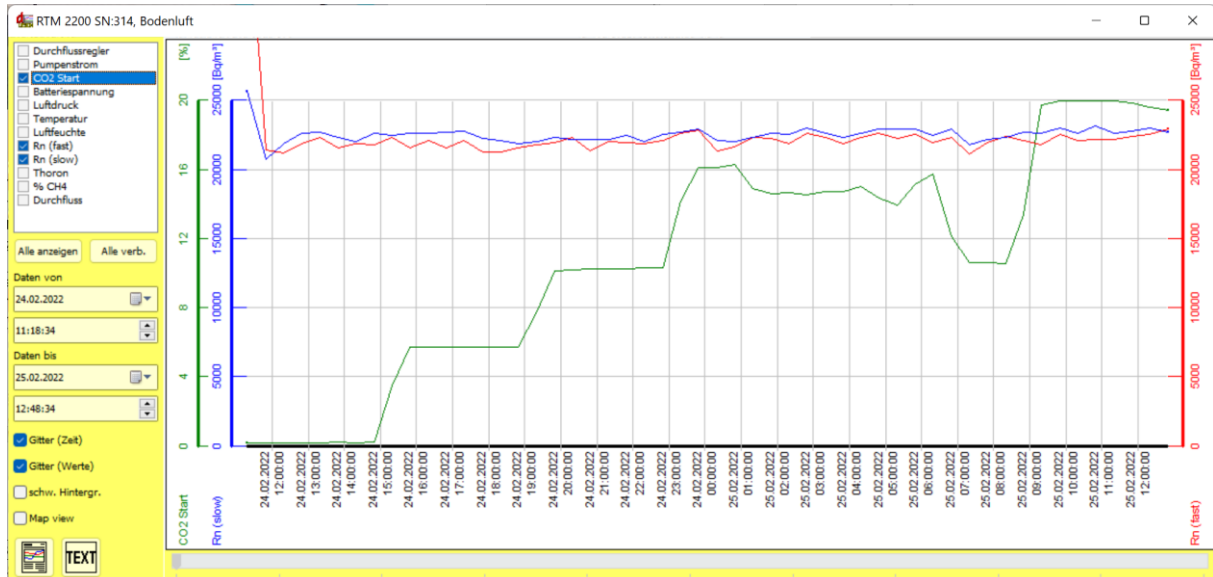
Ergebnisse

Die in der Tabelle angegebenen Werte beziehen sich auf den Mittelwert von jeweils sieben Messwerten (Messintervall 30 min) für ein eingestelltes CO₂ Niveau. Der jeweils erste Wert nach erfolgter Einstellung wurde verworfen. Die angegebene erweiterte Standardunsicherheit bezieht sich auf die Zählstatistik des RTM 2200 Soil Gas. Entsprechend GUM [2] ist bei einer Anzahl von Einzelwerten kleiner 20 der Erweiterungsfaktor $k = 2$ für das anzugebende Vertrauensintervall von 95% zu erweitern. Für sieben Werte beträgt der Erweiterungsfaktor 2,43.

CO ₂ Konzentration	Gemessene Radonkonzentration in Bq/m ³	Abweichung bezogen auf 400 ppm in %	Erweiterte Standardunsicherheit in %
400 ppm	22466	-	±2,7
5,7 %	22412	-0,25	±3,4
10,3 %	22255	-0,94	±1,9
14,8%	22664	+0,88	±2,2
19,9%	22852	+1,72	±1,9

Alle Messwerte bewegen sich im Rahmen des zu erwartenden Unsicherheits-Budgets. Tendenziell ist eine leichte Erhöhung des Radonmesswertes bei steigender CO₂ Konzentration zu erkennen. Diese ist jedoch nicht auf einen realen CO₂ Einfluss zurückzuführen, sondern auf die Reduzierung des tatsächlichen Durchflusses Q1 bezüglich des Anzeigewertes des Durchflussmessers in der Regelung. Durch den steigenden CO₂ Gehalt erhöht sich die Dichte der Messluft, so dass der kalorimetrische Sensor einen zu hohen Istwert ausgibt und die Pumpe abregelt. Die während der Messung aufgetretenen Änderungen des barometrischen Drucks (ca. 12 mbar) führen ebenfalls zu geringfügigen Änderungen der Istwert-Messung (Hinweis: kalorimetrische Durchflussmesser bestimmen stets den Massendurchfluss in SLM).

Die folgende Abbildung zeigt einen Screenshot mit den Messdaten des CO₂-Tests (Grün = CO₂; Rot = C_{Rn}(fast); Blau = C_{Rn}(slow))



Literatur

[1] Handbuch der Bodenkunde – Gasphase im Boden (Prozesse und Konzentrationen); Prof. Dr. Jürgen Böttcher; Wiley Online Library

[2] EA-4/02 M: 2013 Ermittlung der Messunsicherheit bei Kalibrierungen (Deutsche Übersetzung)