

Handbuch RTM 2200 Soil Gas

Version 06/2020

SARAD GmbH
Wiesbadener Straße 10
01159 Dresden
www.sarad.de
info@sarad.de



Inhalt

Bedienelemente	2
Messkoffer.....	3
Inbetriebnahme.....	3
Stromversorgung.....	3
Bedienung.....	4
Durchführen einer Messung.....	4
Kontinuierliche Messung (10 min, 15 min , 30 min und 60 min)	4
Radon-Bodenluftmessung (soil gas).....	5
Anzeige der Messwerte.....	5
Auslesen der gespeicherten Daten	6
Überwachungsfunktionen und Alarmmeldungen.....	6
Vermeidung von Kondensation und Verifizierung von Messwerten	7
GPS Empfänger	7
Wartung des Gerätes.....	8
Akku.....	8
Filter.....	8
Kalibrierung/Prüfung.....	8
Schlauchverbindungen	8
Probenahme mit der Schlagsonde	8
Permeabilitätsmessung.....	9
Permeabilität und Radon Potential.....	9
Messverfahren, Messgenauigkeit und Vergleichbarkeit mit anderen Ausrüstungen.....	9
Messbereich und Einsatzbedingungen.....	11

Entsorgungshinweis.....	11
Lieferumfang	11
RTM2200 – Technische Daten.....	12
Quellenangabe	13

Weiterführende Informationen zum Gerät finden Sie im Handbuch der DACM Gerätefamilie.

Bedienelemente



- A) Signalleuchte
- B) Schottverschraubung Lufteinlass
- C) Schottverschraubung Luftauslass
- D) Wassereintrittsschutz
- 1) Lufteintritt Radonmonitor
- 2) Luftauslass Radonmonitor
- 3) Anschlussbuchse für Schwimmschalter Wassereintrittsschutz
- 4) Anschlussbuchse für Signalleuchte
- 5) Ladebuchse
- 6) RS232 Schnittstelle
- 7) USB Schnittstelle
- 8) Taste
- 9) Lade-LED
- 10) Alarm-LED

Messkoffer

Für den Feldeinsatz wird das RTM2200 Soil Gas in einem robusten Messkoffer geliefert. Dieser entspricht dem Schutzgrad IP67. Auf dem Deckel des Koffers ist eine Leuchte (A) montiert, die den Betriebszustand des Gerätes auch bei geschlossenem Kofferdeckel signalisiert. Der Anschluss der Leuchte erfolgt über eine dreipolige Steckverbindung (4) an der Frontplatte des Gerätes.

An der linken Seitenwand des Koffers befinden sich zwei Schottverschraubungen (B/C) mit Schlauchtüllen zum äußeren Anschluss von flexiblen Schläuchen mit einem Innendurchmesser von sechs Millimetern (B - oberer Anschluss Lufteintritt, C- unterer Anschluss Luftaustritt).

Das RTM2200 Soil Gas ist mit einem Wassereintrittsschutz (D) ausgestattet. Dieser besteht aus einer hermetisch dichten Edelstahl-Dose mit Schraubdeckel, an dem ein Schwimmerschalter montiert ist. Bei versehentlichem Ansaugen von Wasser wird die Pumpe umgehend abgeschaltet, so dass kein Wasser in das Gerät gelangen kann. Ein an der linken Seitenwand des Gerätes montierter Halteclip dient der Befestigung und Positionierung der Edelstahldose. **Die Dose muss stets in senkrechter Position betrieben werden.** Der Wassereintrittsschutz wird mit kurzen Schläuchen mit der oberen Schottverschraubung des Koffers (B) und den Lufteintritt (1) des Gerätes verbunden. Die Durchflussrichtung ist dabei beliebig. Das Anschlusskabel wird an die entsprechende zweipolige Buchse (3) an der Frontplatte des Gerätes angeschlossen.

In Falle eines unbeabsichtigten Wassereintritts müssen zunächst die Kabel- und Schlauchverbindungen vom Wassereintrittsschutz getrennt werden. Dann kann die Dose aus der Halterung gezogen und das bereits angesaugte Wasser nach Öffnen des Deckels entfernt werden. Vor der Wiederverwendung sollte die Dose vollständig getrocknet werden, so dass kein Restwasser in das Messgerät gelangen kann.

Wird der Wassereintrittsschutz nicht verwendet, so muss der mitgelieferte Dummy-Stecker in die zweipolige Buchse (3) gesteckt werden. Beim Schließen des Kofferdeckels ist darauf zu achten, dass kein Schlauch oder Kabel geknickt oder eingeklemmt wird.

Inbetriebnahme

Aus Gründen der Transportsicherheit wurde die Gerätesicherung bei der Auslieferung entfernt. Nehmen Sie das Gerät nach dem Trennen aller Schlauch- und Kabelverbindungen von der Frontplatte aus dem Messkoffer und setzen Sie die mitgelieferte Glassicherung in den Sicherungshalter an der Geräterückseite ein. Stellen Sie die Schlauch- und Kabelverbindungen zwischen dem Gerät und dem Wassereintrittsschutz bzw. dem Messkoffer wieder her. Verbinden Sie das Gerät mit dem Ladenetzteil (5 -Ladebuchse), um den internen Akku vollständig zu laden. Durch Betätigen der Taste (8) wird das Display aktiviert (evtl. muss der Akku erst eine gewisse Zeit aufgeladen werden). Nach dem Entfernen und Wiedereinsetzen der Sicherung muss der gewünschte Messzyklus stets neu ausgewählt werden (siehe Abschnitt „Bedienung“)

Stromversorgung

Der interne 12V NiMH Akku erlaubt einen autonomen Betrieb über ca. mehrere Tage. Sinkt die Akkuspannung unter 11,2 Volt, wird die laufende Messung abgebrochen. Zum Schutz des Akkus wird das Gerät bei weiterer Entladung (< 10,8 Volt) vollständig von diesem getrennt. Erst nach dem Aufladen des Akkus kann das Display wieder aktiviert werden. Das Gerät kann auch bei angestecktem

Ladenetzteil betrieben werden. Die LED „CHARGE“ (9) leuchtet während des Ladevorganges und verlischt bei vollständiger Ladung. Zum Schutz des Akkus wird der Ladevorgang bei Temperaturen über 40°C unterbrochen.

Bedienung

Der Touch Screen wird durch Betätigen der Taste (8) aktiviert. Erfolgt innerhalb von vier Minuten keine Bedienung, wird dieser wieder deaktiviert.

Durchführen einer Messung

Bei Auslieferung stehen folgende Messprogramme zur Verfügung:

„10 min“, „15 min“, „30 min“, „60 min“:

kontinuierliche Messung mit entsprechendem Messintervall

„Soil gas“

Messprogramm zur Radon-Bodenluftmessung und Permeabilitätsbestimmung

Weitere individuelle Messprogramme können erstellt werden.

Zur Auswahl des gewünschten Messprogramms tippen Sie die auf Schaltfläche [CYCLE] im Hauptmenu und wählen anschließend den entsprechenden Listeneintrag. Beginnen Sie die Messung mit der Schaltfläche [START].

Kontinuierliche Messung (10 min, 15 min, 30 min und 60 min)

Bei der Durchführung von Raumluftmessungen muss der mitgelieferte Staubfilter an den Lufteintritt (B) des Koffers angeschlossen werden. Es ist darauf zu achten, dass die Luft den Filter von der bedruckten zur nicht bedruckten Seite durchströmt. Ein falsch angeschlossener kann den Lufteintritt vollständig blockieren. Bei starker Verschmutzung ist der Staubfilter zu wechseln.

Die Messung der Radonkonzentration erfordert stets ein Messintervall innerhalb dessen die Zerfälle von Radon und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten registriert werden. Um die durch das Wesen des radioaktiven Zerfalls bedingte Schwankungsbreite des Ergebnisses zu minimieren, sollte das Messintervall möglichst groß gewählt werden.

Es werden stets zwei Ergebnisse für die Radonkonzentration ausgegeben:

Radon fast: Es wird nur das direkte Radonfolgeprodukt Po-218 zur Bestimmung der Aktivitätskonzentration verwendet. Die Ansprechzeit beträgt lediglich zwölf Minuten, jedoch ist die statistische Unsicherheit aufgrund der geringeren Zählstatistik höher als für den „Radon slow“ Wert.

Radon slow: Es werden die kurzlebigen Radonfolgeprodukte Po-218 und Po-214 zur Bestimmung der Aktivitätskonzentration verwendet. Dadurch wird die statistische Unsicherheit zu Lasten einer längeren Ansprechzeit von zwei Stunden minimiert.

Die Ansprechzeit ist die Zeitspanne, die das Messgerät bei einer Änderung der Aktivitätskonzentration in der Messluft benötigt, um den richtigen Wert anzuzeigen. Die Ansprechzeit ist keine Geräteeigenschaft sondern liegt in den Halbwertszeiten der Radonfolgeprodukte begründet. Der „Radon fast“ Wert sollte bei schnellen Konzentrationswechseln

und mittleren bis hohen Radonkonzentrationen verwendet werden. Als Messzyklus sollten 10 bzw. 15 Minuten gewählt werden. Bei relativ konstanten Bedingungen wird nach ca. zwei Stunden ein Gleichgewicht erreicht, so dass beide Größen sehr ähnliche Werte zeigen. Nähere Informationen können der Applikationsschrift „Messprinzip – Statistik – Versuchsplanung“ entnommen werden.

Radon-Bodenluftmessung (soil gas)

Das Gerät darf bei Bodenluftmessungen oder Messung der Radonkonzentration in Wasserproben niemals ohne den Wassereintrittsschutz (D) betrieben werden. Wurde versehentlich Wasser angesaugt, so erfolgt eine Alarmmeldung (Signalleuchte, Display-Meldung). Vor jeder Messkampagne sind alle Schlauchverbindungen und die Dose des Wassereintrittsschutzes auf Dichtheit zu prüfen. Dazu wird der Lufteintritt am Messkoffer bei laufender Messung blockiert. Nach kurzer Zeit muss die Signalleuchte aufleuchten und am Display angezeigte Durchfluss den Wert Null annehmen. Für Bodenluftmessungen wird der Staubfilter am Lufteintritt entfernt. An den Lufteintritt wird stattdessen der Luftschauch der Bodensonde angeschlossen.

Für die Radon Bodenluftmessung stellt das RTM2200 Soil Gas ein eigenes Messprogramm zur Verfügung. Während der Probenahme wird die Bodenpermeabilität bestimmt. Nach dem Anschluss des Gerätes an die Bodensonde kann die Messung gestartet werden. Es sind keinerlei weitere Bedienungen erforderlich. Am Ende einer Messung wird der komplette interne Luftkreislauf des Gerätes über ein integriertes Ventilsystem mit Frischluft gespült. Während des Spülvorganges leuchtet die auf dem Deckel des Messkoffers montierte Signalleuchte (A). Das Gerät kann dann bereits zum nächsten Messort transportiert und an die Bodensonde angeschlossen werden. Die Messung dauert inklusive Frischluftspülung 20 Minuten. Danach wird die Messung automatisch gestoppt und das Gerät wechselt in den Standby Modus.

Für die korrekte Angabe der Radon Bodenluft-Aktivitätskonzentration ist stets der Wert „Radon fast“ zu verwenden.

Anzeige der Messwerte

Tippen Sie im Hauptmenü auf die Schaltfläche [INTERVAL], um die Messergebnisse für bereits gespeicherte Messintervalle anzuzeigen. Verwenden Sie die die untere Navigationsleiste zur Auswahl der Messgröße und die obere Navigationsleiste zur Auswahl des Messzeitpunktes.

Um die sekundlich aktualisierten Messwerte anzuzeigen, tippen sie auf die Schaltfläche [RECENT]. Die Messgröße kann ebenfalls mit den Schaltflächen der Navigationsleiste ausgewählt werden.

Folgende Messgrößen werden angezeigt

Messgröße	Bedeutung	Bemerkungen
Radon fast Radon slow Thoron	Radon- und Thoron-Aktivitätskonzentration	Für fast/slow Berechnung (Siehe Abschnitt „Kontinuierliche Messung“). MIN/MAX entspricht 1-Sigma Fehlergrenzen. Im „RECENT“ Menü wird die Anzahl der detektierten Zerfälle im laufenden Messintervall angezeigt. Im „INTERVAL“ Menü wird zusätzlich das Alpha-Spektrum angezeigt. Umschaltung der Anzeige durch „TOGGLE“ Button.
Permeability	Bodenpermeabilität	Nur bei Bodenluft-Messung. Die Messung

		beginnt 1 Minute nach Start und dauert ca. 4 Minuten. Die Messwerte werden im Sekundenintervall abgetastet und gemittelt.
Flow control	Steuergröße der Pumpensteuerung	Angabe in Prozent vom maximal verfügbaren Regelbereich.
Pump current	Betriebsstrom der Pumpe	Überwachung bezüglich Überlastung, Verschleiß und Defekt.
Battery	Batteriespannung	
Bar. pressure	Barometrischer Druck	
Temperature	Temperatur im internen Luftkreislauf	Durch die Verlustleistung des Gerätes und die daraus resultierende Erwärmung liegt der Messwert in der Regel etwas höher als in der Umgebung
Rel. humidity	Relative Luftfeuchte im internen Luftkreislauf	Durch die Erwärmung des Gerätes liegt der Messwert in der Regel etwas niedriger als in der Umgebung, da die Wasserdampf-Konzentration im Gerät der der Umgebungsluft entspricht.
Flow rate	Luftstrom	Entspricht dem Sollwert des Durchfluss-Reglers
Soil moisture	Bodenfeuchte	Nur bei Option mit Bodenfeuchtesonde
Soil temperature	Bodentemperatur	Nur bei Option mit Bodenfeuchtesonde
Diff. pressure	Differenzdruck	Nur bei Option mit Differenzdrucksensor für Blowerdoor Tests o. ä.

Hinweis: Eine Messgröße wird im „RECENT“ Menü nur angezeigt, wenn diese innerhalb des Messzyklus tatsächlich verwendet wird. So werden z.B. die Permeabilität und Radon bei der Bodenluftmessung erst einige Zeit nach dem Start der Messung angezeigt.

Auslesen der gespeicherten Daten

Die Kommunikation erfolgt alternativ über die RS232 (6) oder die USB Schnittstelle (7). Die RS232 Schnittstelle wird deaktiviert sobald eine Verbindung über USB besteht. Die Kommunikation wird stets durch die Betriebssoftware „dVISION“ gesteuert. Die Messdaten können während einer laufenden Messung ausgelesen werden. Nach Stoppen der Messung kann die Übertragungsgeschwindigkeit deutlich erhöht werden, indem die Schaltfläche [CARD READER] betätigt wird. Dieser Modus muss auch in der Betriebssoftware aktiviert werden. Diese Funktion ist nur für die USB Verbindung verfügbar. Die Software dVISION erlaubt auch die selektive Datenübertragung für einen wählbaren Zeitraum.

Überwachungsfunktionen und Alarmmeldungen

Während des Betriebes können Warnungen generiert werden. Diese werden als Text am Display angezeigt und durch die Warnleuchten am Gerät (Leuchte an der Frontplatte) und Messkoffer (Signalleuchte auf dem Deckel) signalisiert. Die Alarmmeldungen bleiben bestehen, bis diese per Touchscreen vom Anwender quittiert wurden. Besteht die Ursache der Warnung weiter, so wird diese erneut ausgelöst.

Meldung	Grund	Abhilfe
„High humidity“	Gefahr von Kondensation in der Messkammer durch hohe	Spülung mit trockener Luft.

	rel. Luftfeuchte	
„Low permeability“	Der Normdurchfluss kann bei maximalem Unterdruck nicht erreicht werden <ul style="list-style-type: none"> - sehr geringe Bodenpermeabilität - Schlauch blockiert - Staubfilter extrem verschmutzt 	Schlauch/Staubfilter kontrollieren. Abbruch der Bodenluftmessungen (bei sehr geringer Permeabilität hat der Messwert keine Aussagekraft)
„Water protection“	Die Pumpe wurde durch den Wassereintrittsschutz gestoppt	Wasser aus Wassereintrittsschutz entfernen. Wenn Wassereintrittsschutz nicht verwendet wird Dummy-Stecker auf Buchse (3) stecken.

Ein Abbruch der Messung erfolgt ohne zusätzliches Warnsignal wenn

- die Batteriespannung den Wert von 11,2V unterschreitet
- die Stromaufnahme der Pumpe unerwartet hoch ist (>300mA)

Vermeidung von Kondensation und Verifizierung von Messwerten

An den Oberflächen von Messkammer und Detektor darf keine Feuchtigkeit abgelagert werden. Im Zusammenhang mit der erforderlichen Hochspannung resultieren Kriechströme, die das Detektorsignal überlagern. Eine korrekte Messung ist dann nicht mehr möglich. Kondensation tritt dann auf, wenn warme, mit Wasserdampf gesättigte Luft auf eine kalte Oberfläche trifft. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn eine Bodenluftmessung bei einem sehr feuchten und warmen Boden vorgenommen wird, die Umgebungstemperatur des Messgerätes aber deutlich unter der des Bodens liegt (z.B. Kälteeinbruch nach Regen). Das Gerät warnt bei einer rel. Feuchte von über 90%, so dass ein weiterer Anstieg beobachtet und die evtl. Messung rechtzeitig abgebrochen werden kann. Sollte dennoch Kondensation im Gerät entstehen, muss dieses durch Spülen der Kammer (Messung) mit wenig feuchter Luft getrocknet werden.

Bei Messungen unter möglicherweise kondensierende Bedingungen sollte das gespeicherte Alpha-Spektrum am Display visuell bewertet werden. Die einzelnen Peaks müssen sauber ausgeprägt sein. Ist dies der Fall, kann von einem gültigen Messwert ausgegangen werden.

GPS Empfänger

Das RTM2200 Soil Gas ist mit einem hochwertigen GPS Empfänger ausgestattet. Dieser verwendet die Signale der Navigationssysteme NAVSTAR (GPS), GLONASS und Galileo für eine maximale Genauigkeit. Die an der Gerätefrontplatte platzierte Antenne darf nicht abgeschirmt werden. Störsignale durch starke HF-Sender (z.B. Mobiltelefon in der direkten Umgebung der Antenne) müssen vermieden werden. Der Deckel des Koffers beeinträchtigt das Signal nicht und kann demzufolge geschlossen werden.

Die Bestimmung der Position erfolgt durch die Bildung eines geometrischen Mittels aus den jede Sekunde anfallenden Koordinaten über das eingestellte Messintervall. Die Genauigkeit der

Positionsbestimmung hängt von verschiedenen Umgebungsfaktoren ab. Als Richtwert kann für eine zwanzigminütige Bodenluftmessung eine Ungenauigkeit von ca. 5 bis 6 Metern angenommen werden.

Wartung des Gerätes

Akku

Die Batterie und der Laderegler des Gerätes sind für einen zyklischen Betrieb optimiert. Dauerhafter Netzbetrieb ohne jegliche Entladung der Batterie führt zu einem vorzeitigen Kapazitätsverlust. SARAD bietet optional die Umstellung des Systems für Dauernetzbetrieb an. Die Batterie sollte direkt nach der Verwendung des Gerätes wieder aufgeladen werden. Bei längerem Nichtgebrauch sollte die Sicherung aus dem Gerät entfernt werden, da auch im Standby ein geringer Strom die Batterie entlädt. Die längere Lagerung einer tiefentladenen Batterie führt zur irreversiblen Zerstörung ihrer chemischen Struktur.

Filter

Der Staubfilter muss ersetzt werden, wenn visuell eine starke Verschmutzung wahrgenommen wird oder ohne angeschlossene Bodensonde die Warnung „Low permeability“ erscheint.

Kalibrierung/Prüfung

Durch das verwendete Messprinzip (Alphaspektroskopie) kann keine Kontamination durch Po-210 erfolgen und somit auch kein Nulleffekt entstehen. Eine Kalibrierung und Prüfung des Gerätes muss zyklisch entsprechend den geltenden gesetzlichen Vorschriften durchgeführt werden (z.B. alle zwei Jahre).

Schlauchverbindungen

Flexible Schläuche verlieren mit fortschreitender Nutzung ihre Elastizität und können porös bzw. rissig werden. Deshalb müssen Schläuche ersetzt werden, sobald eine einwandfreie Dichtheit nicht mehr gewährleistet ist.

Probenahme mit der Schlagsonde

Schlagsonden haben sich als Standard-Verfahren für in-situ Bodenluftmessungen etabliert. Richtige Anwendung vorausgesetzt, ermöglichen sie die schnelle und zuverlässige Entnahme von Bodenluft.

Eine Schlagsonde besteht aus einem einen Meter langen Rohr, auf dessen unteres Ende eine sogenannte "verlorene Spitze" aufgesetzt wird. Mittels Hammer wird das Rohr mit der Spitze voran in den Boden getrieben. Zum Schutz des Rohrendes wird auf dieses während des Eintreibens eine Schlaghülse aufgesteckt. Die Sonde hat die richtige Position erreicht, wenn das obere Ende noch ca. 15cm aus dem Boden ragt. Um eine maximale Abdichtung der Sonde gegenüber dem umgebenden Erdreich zu erzielen, muss das Rohr gerade und ohne Pendelbewegung eingeschlagen werden. Anschließend wird die Treibstange in das Rohr eingeführt und die verlorene Spitze mit einigen Hammerschlägen (Schlaghülse verwenden) aus dem Rohr getrieben. Der Vorgang ist beendet, wenn das obere Ende der Treibstange noch ca. 1cm aus dem Rohr herausragt. So entsteht im Boden ein Probenvolumen mit definierter Geometrie als Voraussetzung für die Permeabilitätsmessung. Die Treibstange kann jetzt herausgezogen und der Verbindungsschlauch zum RTM2200 soil gas auf das oberer Ende des Rohres aufgesteckt werden. Die Schlauchverbindung ist vor jeder Messung auf

Dichtheit zu prüfen. Als Verbindung zur Sonde sollte stets ein Silikonschlauch mit einem Innendurchmesser von 8mm verwendet werden. Verwenden Sie zwischen der Sonde und dem Lufteintritt des Gerätes stets die Wassereintritts-Sicherung. Starten Sie nun Bodenluft Messzyklus am Gerät, um Radonkonzentration und Permeabilität simultan zu messen.

Permeabilitätsmessung

Permeabilität und Radon Potential

Als Radonpotential bezeichnet man das Produkt aus Bodenpermeabilität und Radon-Bodenluftkonzentration. Je höher die beiden Werte, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine große Menge an Radon im Bereich der bodenberührenden Teile eines Bauwerkes verfügbar ist. Die Unsicherheit einer Permeabilitätsmessung wird vor allem durch die Inhomogenität des Bodens und Abweichungen von der definierten Geometrie des Probenvolumens bestimmt. Bei einem in-situ Verfahren liegen dem Anwender darüber keinerlei Informationen vor. Eine in-situ Messung der Permeabilität kann demzufolge nur der Abschätzung der tatsächlichen Verhältnisse dienen. Für die Radonmessung ergeben sich durch Probenahme und unterschiedliche Umgebungsbedingungen während der Messung ebenfalls relativ große Unsicherheiten.

Umfangreiche Untersuchungen dazu wurden von Neznal [1][2] durchgeführt, der unter Berücksichtigung der oben genannten Unsicherheiten einen sogenannten Radon-Index einführt. Der Radon-Index kann lediglich die Werte "gering, mittel und hoch" annehmen, welche das Radon-Risiko für ein geplantes Bauwerk relativ sicher bewerten.

Dazu werden in einer Tabelle drei definierten Permeabilitätsbereichen jeweils drei Radon-Konzentrationsbereiche zugeordnet. Zur Ermittlung des Radon-Index wählt man anhand der Permeabilitätsmessung die zugehörige Spalte aus und sucht die Zeile deren Radon-Konzentrationsbereich die gemessene Radonkonzentration enthält. Der Radon-Index kann nun in der letzten Spalte der ermittelten Zeile abgelesen werden.

Permeabilität k [m ²]	> 4E-12	4E-13 ... 4E-12	> 4E-13	Radon Index
Radon Konzentration [kBq/m ³]	< 30	< 20	< 10	gering
	30 ... 100	20 ... 70	10 ... 30	mittel
	> 100	> 70	> 30	hoch

Messverfahren, Messgenauigkeit und Vergleichbarkeit mit anderen Ausrüstungen

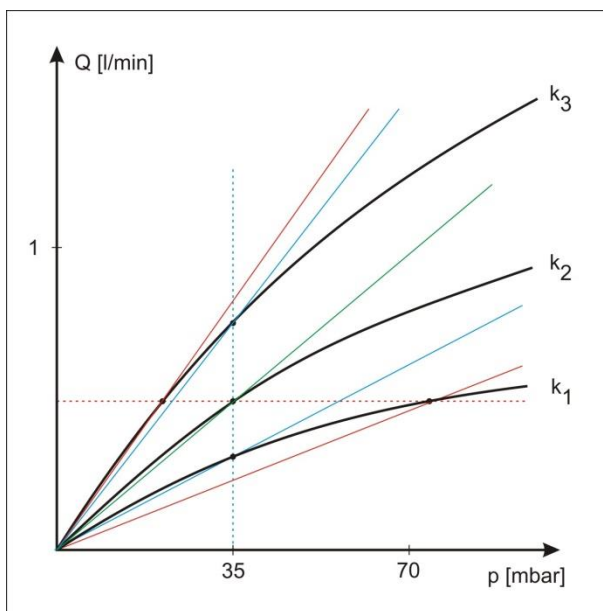
Eine in-situ Messung der Boden-Permeabilität k erfolgt durch Messung des Druckabfalls im Boden und dem durch den Boden fließenden Luft-Volumenstrom nach dem Gesetz von Darcy. Fasst man alle ausrüstungsspezifische Parameter und Naturkonstante zusammen, so kann man die Gleichung wie folgt schreiben:

$$k = C \cdot \frac{Q}{\Delta p}$$

- C Gerätekostante
- Q im Boden erzeugter Volumenstrom
- Δp Druckabfall im Boden zwischen Sonde und Umgebungsluft

Das Gesetz von Darcy gilt für laminare Strömungen, da nur in diesem Fall ein linearer Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Druckdifferenz besteht. Eine laminare Strömung kann jedoch nur angenommen werden wenn Volumenstrom und Druckdifferenz gegen Null gehen. Dies ist in der Praxis nicht umsetzbar, da für alle Ausrüstungen gleichermaßen ein Volumenstrom bzw. ein Differenzdruck zur Messung generiert werden muss. Die Wahl eines dieser Parameter bestimmt den Arbeitspunkt der Ausrüstung. Beim RTM2200 Soil Gas wird ein konstanter Volumenstrom (0,4 l/min) eingepreßt und der damit erzeugte Druckabfall im Boden gemessen. Bei Ausrüstungen mit Fallkörpern wird hingegen ein konstanter Druck (20...100 mbar) erzeugt und der Volumenstrom mittels Messung der Fallzeit bestimmt.

Jeder Strömungswiderstand (so auch der Boden) weist ein nichtlineares Verhalten auf, d.h. der Differenzdruck nimmt bei steigendem Durchfluss überproportional zu. Aus diesem Grund wird für Δp und Q größer Null stets eine zu geringe Permeabilität ermittelt. Je geringer die tatsächliche Permeabilität umso höher fällt die Abweichung aus. Eine Ausrüstung misst genauer je geringer Druckabfall und Volumenstrom ausfallen. Vergleicht man Ausrüstungen mit Fallkörpern (konstanter Druck) und das RTM2200 Soil Gas (konstanter Volumenstrom), so gibt es einen Permeabilitätswert, ab dem ein konstanter Volumenstrom einen geringeren Druckabfall zur Folge hat. In Richtung höherer Permeabilität liefert demzufolge das RTM2200 Soil Gas die genaueren Werte während für geringere Permeabilitäten die Ausrüstungen mit Fallkörpern im Vorteil sind. Die unten stehende Abbildung veranschaulicht den Sachverhalt.



Die schwarzen Kurven zeigen den nicht-linearen Verlauf der Strömungskennlinien von drei Böden mit unterschiedlicher Permeabilität ($k_3 > k_2 > k_1$). Die Arbeitspunkte der Ausrüstungen ergeben sich aus den Schnittpunkten der Kurven mit dem bereitgestellten Durchfluss (RTM, rote gestrichelte Linie) bzw. Vordruck (Fallkörper, blaue gestrichelte Linie). Die gemessene Permeabilität entspricht dem Anstieg der Geraden durch die jeweiligen Arbeitspunkte. Die tatsächliche Permeabilität würde dem Anstieg der Kurven im Punkt Null entsprechen. Für die Permeabilität k_2 sind die Arbeitspunkte identisch (grüne Linie), beide Ausrüstungen zeigen denselben Messwert. Bei k_3 wird die

Permeabilität vom System mit Fallkörper unterschätzt, bei k_1 vom System mit konstantem Durchfluss.

Eine Ausrüstung sollte deshalb dem jeweils interessierenden Permeabilitätsbereich angepasst werden. Entsprechend dem Abschnitt "Permeabilität und Radonpotential" sind für die Abschätzung des Radonpotentials vor allem die Grenzen zwischen den drei indizierten Permeabilitätsklassen ($4E-12 \text{ m}^2$ bzw. $4E-13 \text{ m}^2$) von Interesse. Ein weiteres Kriterium für Feldmessungen ist die Messzeit. Bei geringer Permeabilität werden bei Ausrüstungen mit Fallkörper die Volumenströme sehr klein, was Fallzeiten bis in den Stundenbereich zur Folge hat.

Gleiche Arbeitspunkte für das RTM2200 Soil Gas und das in [1] zitierte Fallkörper-Permeabilitätsmessgerät „Radon JOK“ liegen bei einer Permeabilität von etwa $3E-14 \text{ m}^2$ vor.

Messbereich und Einsatzbedingungen

Die untere Messbereichsgrenze für die Permeabilität ergibt sich aus dem maximal von der Pumpe bereitgestellten Unterdruck, während die obere Grenze durch die minimal messbare Druckdifferenz bestimmt wird. Das RTM2200 soil gas besitzt einen Messbereich von ca. $2E-14 \text{ m}^2$ bis $1E-11 \text{ m}^2$.

Oberhalb der oberen Grenze läuft der Messwert gegen Unendlich, da der Differenzdruck im Nenner der Darcy-Gleichung steht. Durch pulsieren de Luftstromes können deshalb starke Sprünge in der Anzeige oder auch negative Werte auftreten. Durch Mittelwertbildung über die Messperiode werden diese Schwankungen ausgeglichen. Bei Überschreitung der Messbereichsgrenzen wird die Alarm-Leuchte aktiviert.

Die Messung muss stets mit der von SARAD gelieferten oder einer identischen Schlagsonde durchgeführt werden. Die Sonde muss stets vollständig (825mm) in den Boden eingeschlagen und die verlorene Spitze um 120 mm ausgetrieben werden. Eine veränderte Messgeometrie führt zu einer ungültigen Messung. Es dürfen keine langen Schläuche oder Schläuche mit geringem Durchmesser zwischen Gerät und Bodensonde eingefügt werden. Es ist der mitgelieferte Standardschlauch ($l = 1\text{m}$, $d_i = 8\text{mm}$) zu verwenden. Der Drucksensor (insbesondere dessen Nullpunkt) ist einer periodischen Prüfung und Kalibrierung zu unterziehen. Dies kann durch einen definierten Strömungswiderstand erfolgen.

Entsorgungshinweis

Das Gerät darf nicht im Hausmüll entsorgt werden. Das Gerät enthält wertvolle, gut recycelbare Komponenten, die einer Wiederverwendung zugeführt werden müssen. Senden Sie das Gerät nach Ablauf der Nutzungsdauer entweder zum Hersteller zurück oder bringen Sie dieses zu einem zertifizierten Wertstoffhändler.

Lieferumfang

- RTM2200 Soil Gas: Gerät im Messkoffer (Schlauchanschlüsse/Signalleuchte) mit integrierter Wassereintrittssicherung
- Ladenetzteil
- Dummy-Stecker für Wassereintrittsschutz
- Staubfilter
- USB Kabel

RTM2200 – Technische Daten

Radonmessung	
Detektor	4 x 200 mm ² ionenimplantierter Siliziumdetektor
Internes Volumen	300 ml (Gesamtvolumen des Luftkreislaufs inkl. Wassereintrittsschutz)
Messbereich	0 ... 10 MBq/m ³
Sensitivität	3 bzw. 7 cpm/(kBq/m ³) für fast bzw. slow Mode
Ansprechzeit	12 bzw. 120 min für fast bzw. slow Mode
Messung/Analyse	Alpha-Spektroskopie mit separater Berechnung der Radon- und Thoron-Konzentration Speicherung aller Einzelspektren
Pumpe	Hochwertige und leistungsstarke Membranpumpe Durchfluss 0,5/1 l/min prozessorgeregt
Kammerspülung	Automatische Umschaltung zwischen Frischluft und Probenluft über Magnetventile
Bodenpermeabilität	
Messprinzip	Differenzdruckmessung bei geregelter Durchfluss (1 l/min)
Messbereich	$8 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 \dots 8 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$
Probenahme	Schlauchanschluss an Bodenluft-Schlagsonde
Überwachungsfunktionen	
Batteriespannung	Messung wird bei entladener Batterie gestoppt, Hardware-Tiefentladeschutz
Durchfluss	Alarm, wenn der Normdurchfluss nicht erreicht werden kann (z.B. geringe Permeabilität)
Stromaufnahme Pumpe	Messung wird bei defekter oder verschlissener Pumpe automatisch gestoppt
Wassereintrittsschutz	Pumpe wird durch Schwimmerschalter automatisch abgeschaltet, sobald Wasser angesaugt wird. Zum Entleeren abnehmbarer Edelstahlbehälter.
Interne Sensoren	
Rel. Feuchtigkeit	0 ...100%, Genauigkeit $\pm 2\%$

Temperatur	-20 ... 40°C, Genauigkeit ± 0.5°C
bar. Druck	800 ... 1200mbar, Genauigkeit 0,5% MW
Durchfluss	0 ... 2 l/min, Genauigkeit ± 5% @ 1 l/min Feuchtigkeit/Temperatur-Sensor im Luftkreislauf
Allgemein	
GPS Empfänger	Hohe Genauigkeit durch parallelen Empfang von GPS, Galileo und GLONASS
Messprogramme	Kontinuierliche Messung (1, 5, 15, 30 und 60 Minuten) Bodenluft-Messzyklus (20 Minuten) Weitere Messzyklen können vom Anwender definiert werden
Datenspeicher	SD Card, 2 GB (ca. 1 Mio. Daten-Records)
Bedienung/Anzeige	Touchscreen 6 x 9cm, bei direkter Sonneneinstrahlung lesbar Schnittstellen: USB, RS232
Stromversorgung	12V NiMH-Akku, Steckernetzteil
Abmessungen/Gewicht	235mm x 140mm x 255mm / ca. 6kg (nur Gerät)
Messkoffer	Peli 1430 mit Schottverschraubungen und Signalleuchte (B x T x H: 417 x 221 x 334, Gewicht 2,9kg)
Software	dVISION/dCONFIG, Server-Software für Internetverbindung
Lieferumfang	Gerät im Messkoffer Ladenetzteil USB-Auslesekabel
Optionen	TDR-Bodenfeuchtesensor Differenzdrucksensor 0 ... 25 Pa Weitere Sensoren auf Anfrage

Quellenangabe

[1] RELIABILITY OF THE NEW METHOD FOR ASSESSING THE RADON RISK –
GAS PERMEABILITY CLASSIFICATION

Matěj Neznal, Martin Neznal; Radon v.o.s. corp. Novákových 6, 180 00 Praha 8, Czech Republic

[2] Barnett, I., Pacherová, P., Neznal, M., Neznal, M., 2008, Special Papers No. 19. Czech Geological Survey. Praha.

ISBN 978-80-7075-707-9