

Handbuch

RTM 2200 Soil Gas

Monitor für die Radon/Thoron-Bodenluftmessung

Version 04/2025

Referenzierte Dokumente:
Software Handbuch dVISION

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



Inhalt

Anwendungsgebiete.....	3
Bedienelemente	3
Messkoffer	3
Inbetriebnahme	4
Stromversorgung	4
Bedienung.....	5
Durchführen einer Messung.....	5
Bodenluftmessung (Messzyklen Soil gas 0.4lpm, Soil gas 1.2lpm)	5
Anschluss der Bodenluftsonde	5
Messablauf.....	6
Kontinuierliche Permeabilitätsmessung (Permeabilität L (0,4 lpm), Permeabilität H (1,2 lpm)).....	7
Kontinuierliche Messung (Radon 10 min, 15 min , 30 min und 60 min).....	7
Anzeige der Messwerte	8
Auslesen der gespeicherten Daten.....	9
Gas-Sensoren zur Qualitätssicherung	9
Betrieb des CH ₄ -Sensors.....	10
Überwachungsfunktionen und Alarmmeldungen.....	11
Vermeidung von Kondensation und Verifizierung von Messwerten	11
GPS Empfänger.....	12
Wartung des Gerätes	12
Akku.....	12
Filter.....	12
Kalibrierung/Prüfung.....	12
Schlauchverbindungen	13
Probenahme mit der Schlagsonde.....	13
Probenahme mit Packer-Sonde	13
Permeabilitätsmessung	13
Permeabilität und Radon Potential	13
Messverfahren, Messgenauigkeit und Vergleichbarkeit mit anderen Ausrüstungen	14
Messbereich und Einsatzbedingungen	15
Entsorgungshinweis	16
Lieferumfang.....	16
RTM 2200 Soil Gas – Technische Daten.....	18
Quellenangabe.....	20

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

Anwendungsgebiete

Das neue *RTM 2200 Soil Gas* ist das ultimative Werkzeug für die schnelle, genaue und sichere Radonbodenluftmessung (DIN EN ISO 11665-11) per Tastendruck.

Einsatzbeispiele:

- **Geologische Untersuchungen, Vulkanismus- und Erdbebenforschung**
- **Bodenluftmessungen bezüglich des Radon-Risikos bei Bauvorhaben, etc.**
- **Messungen von Radon in der Luft, in Wasserproben, Exhalation, Emanation uvm.**

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 RTM 2200 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 RTM 2200 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. **ACHTUNG:** Nach dem Anstecken Arretierung rechtsherum drehen und vorm Abziehen Arretierung linksherum drehen.

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:

„**Bodenluft 0,4 lpm**“

„**Bodenluft 1,2 lpm**“

Messprogramme zur Radon-Bodenluftmessung und Permeabilitätsbestimmung

„**Permeabilität L**“

„**Permeabilität H**“

kontinuierliche Permeabilitätsmessung (ohne Radon) mit 1 min Messintervall

„**Radon 5 min**“, „**Radon 15 min**“, „**Radon 30 min**“, „**Radon 60 min**“:

kontinuierliche Radon-Messung (ohne Permeabilität) mit entsprechendem Messintervall

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].

Bodenluftmessung (Messzyklen Soil gas 0.4lpm, Soil gas 1.2lpm)

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). Bei Wassereintritt zuerst Kabel und Schlauch zwischen Gerät und Wassereintrittsschutz entfernen. Danach das Gefäß aus der Halterung ziehen, Deckel öffnen und das Wasser vollständig entfernen (auch aus Schläuchen und Fittings).

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 Luftschlauch der Bodensonde angeschlossen.

Es darf nur die im Gerät konfigurierte Bodensonde verwendet werden. Andernfalls werden falsche Messwerte berechnet, da die Geometrie der Sonde Teil des Signalpfades ist.

Anschluss der Bodenluftsonde

An der linken Frontplatte des Gerätes befinden sich Schlauchnippel für den Eintritt und den Austritt der Bodenluftprobe sowie ein Anschluss für den Differenzdrucksensor. Am Lufteintritt befindet sich ein Filter, um Staubpartikel zurückzuhalten, die besonders bei trockenen und sandigen Böden zu einer Funktionsstörung der Pumpe führen können. Um eine korrekte Messung des Differenzdrucks unabhängig vom Verschmutzungsgrad des Filters zu gewährleisten, erfolgt der Anschluss des Drucksensors mittels T-Stück vor dem Filter und dem Wassereintrittsschutz. Diese Verbindung wird im Messkoffer hergestellt (Abb. unten), so

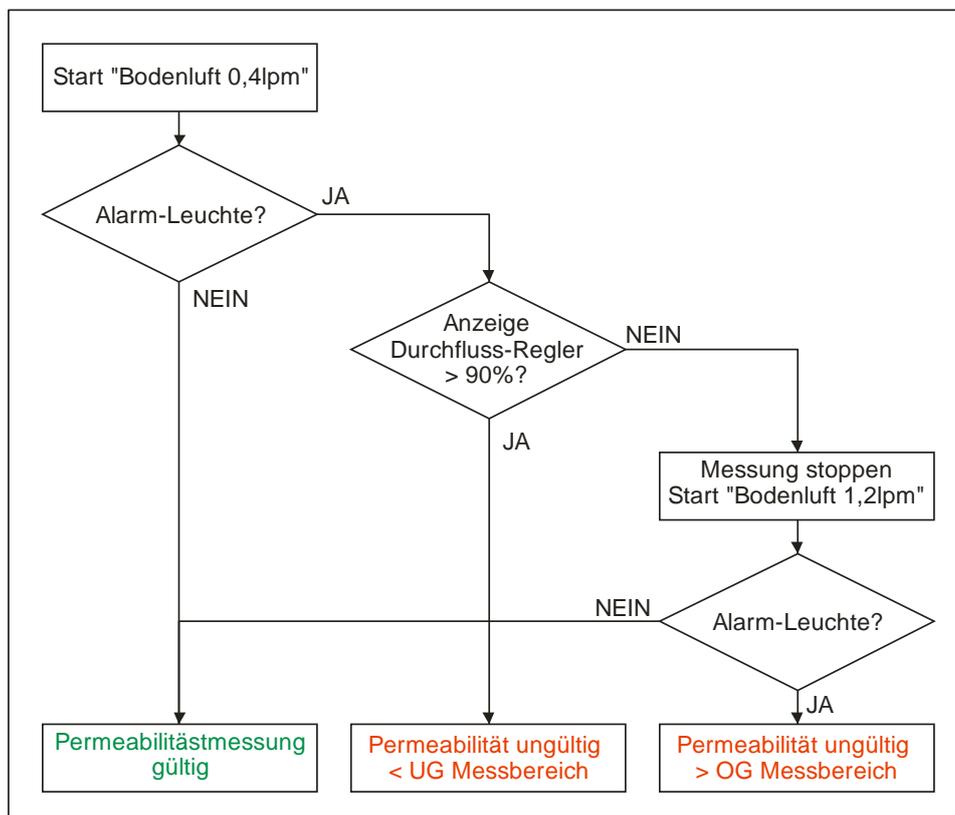
dass nur die Anschlüsse für die Probenluft über Schottverschraubungen nach außen geführt sind.



Der Filter sollte bei Anzeichen einer Verschmutzung gewechselt werden, da in diesem für das Ansaugen der Luftprobe eine höhere Pumpenleistung erforderlich ist. Dadurch wird der Messbereich der Bodenluftsonde in Richtung geringer Permeabilität eingeschränkt.

Messablauf

Für die Radon Bodenluftmessung stellt das RTM 2200 Soil Gas zwei Messprogramme zur Verfügung, deren einzigen Unterschied der zur Permeabilitätsmessung verwendete Volumenstrom darstellt. Die folgende Grafik zeigt die empfohlene Vorgehensweise für die Verwendung der beiden Bodenluftzyklen. Hinweis: Um das 90% Kriterium des Durchfluss-Reglers zu prüfen, muss der aktuelle Messwert bei laufender Pumpe während der Permeabilitätsmessung beobachtet werden.



Die untere und obere Messbereichsgrenze (UG, OG) wird durch die verwendete Sonde bestimmt. **Messwerte, die außerhalb der Messbereichsgrenzen ermittelt wurden sind ungültig.**

Hinweis: Im Falle einer Bodenpermeabilität oberhalb der oberen Messbereichsgrenze wird die Alarm-Leuchte erst mit dem Beginn der Permeabilitäts-Messperiode innerhalb des Zyklus (s.u.) aktiviert.

Während des Bodenluft-Messzyklus werden die benötigten Sensoren zu unterschiedlichen Zeiten aktiviert:

Minute 1 bis 5

- Erste Messung mit CO₂/O₂ Sensor (falls vorhanden) - CO₂(1) und O₂(1)

Minute 13 bis 18

- Bestimmung der Radonkonzentration
- Bestimmung der Bodenpermeabilität (mit 0,4l/min oder 1,2 l/min Durchfluss)
- Zweite Messung der CO₂/O₂ Sensoren (falls vorhanden) - CO₂(2) und O₂(2)

Minute 19 bis 20

- Spülung der Messkammer mit Frischluft

Während der gesamten Zyklusdauer wird die Bodenluft mit 0,4 l/min angesaugt (außer während Minute 13 bis 18 bei „Soil gas 1,2lpm“/„Bodenluft 1,2lpm“ und der Kammerspülung)

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 Messwert „Radon fast“ zu verwenden.

Kontinuierliche Permeabilitätsmessung (Permeabilität L (0,4 lpm), Permeabilität H (1,2 lpm))

Diese Zyklen können zum schnellen Prüfen der Bodenverhältnisse verwendet werden. Die Messung sollte über mehrere Minuten vorgenommen werden bis sich der Messwert stabilisiert hat. Diese Zeit wird für die Einstellung des Strömungsgleichgewichtes im Boden benötigt.

Kontinuierliche Messung (Radon 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.

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 je nach gewähltem Messzyklus 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 Messwerte werden während der Messperiode 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
CO2(1), CO2(2)	CO2 Gaskonzentration	Nur bei Option mit CO2 Sensor, jeweils Messwerte am zu Beginn (1) und am Ende (2) der Messung
O2(1), O2(2)	O2 Gaskonzentration	Nur bei Option mit O2 Sensor, jeweils Messwerte am zu Beginn (1) und am Ende (2) der Messung

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 ab Minute 13 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.

Gas-Sensoren zur Qualitätssicherung

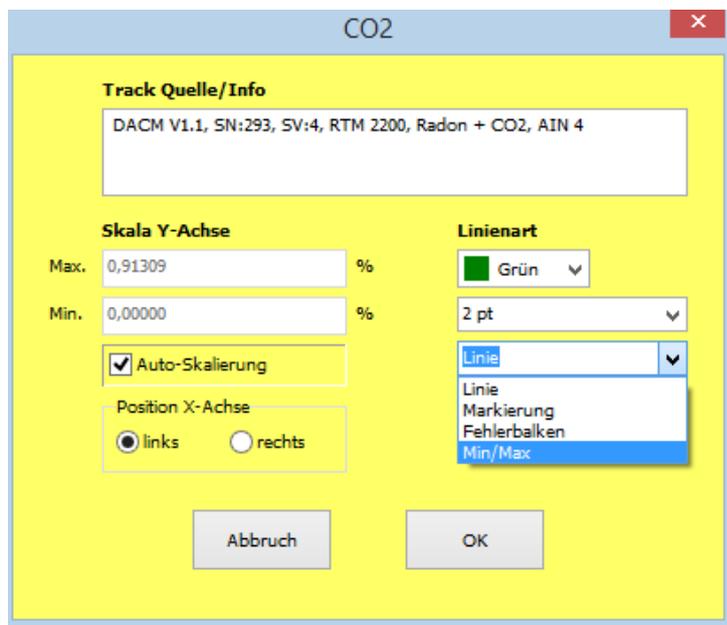
Das RTM 2200 Soil Gas verfügt optional über Sensoren für CO₂, O₂ oder CH₄. Diese dienen vorrangig zur Qualitätssicherung einer Bodenluftmessung. Die Messung erfolgt über ein Intervall von jeweils fünf Minuten zu Beginn und am Ende des Bodenluft-Messzyklus. Im Gerät werden jeweils Minimal-, Maximal- und Mittelwert abgespeichert. Bei einer Bodenluftmessung sollten die Gaskonzentrationen von umgebungslufttypischen Werten auf Bodenluftkonzentrationen steigen (CO₂) bzw. sinken (O₂) und auf diesen Werten verharren. Die absoluten Werte der Bodenluftkonzentrationen spielen eine untergeordnete Rolle, da

diese stark vom untersuchten Boden abhängig sind. Ein davon abweichendes Verhalten deutet auf Frischluftzufuhr bei ungenügend gedichteter Sonde hin.

Prüfung:

- Der Minimalwert von CO₂(1) sollte im Bereich von 0,04...0,06 % ppm liegen
- Maximalwert von CO₂(1) sowie Minimalwert, Maximalwert und Mittelwert von CO₂(2) sollten im Rahmen der Messunsicherheit identisch sein und über dem Minimalwert von CO₂(1) liegen
- Der Maximalwert von O₂(1) sollte im Bereich von 20...21 % liegen
- Minimalwert von O₂(1) sowie Minimalwert, Maximalwert und Mittelwert von O₂(2) sollten im Rahmen der Messunsicherheit identisch sein und unter dem Maximalwert von O₂(1) liegen

Hinweis: Um Minima und Maxima einer Messgröße im exportierten Textfile (dVISION Software) zu erhalten, muss diese Option für die gewählte Messgröße aktiviert werden. Nach Doppelklick auf den Messgrößen-Eintrag in der Liste links neben der Messreihen-Grafik öffnet sich folgendes Dialogfenster:



Hier ist vor dem Export der Daten der Eintrag Min/Max zu wählen.

Betrieb des CH₄-Sensors

Wenn das Gerät mit einem CH₄ (Methan) Sensor ausgestattet ist, erfordert dieser einen regelmäßigen Abgleich des Nullpunktes mit einer methanfreien Luftprobe. Zu diesem Zweck steht ein spezieller Messzyklus mit dem Namen „CH₄ zero“ zur Verfügung. Der Nullpunktgleich sollte vor jedem Einsatz des Gerätes durchgeführt werden. Nach dem Ende des Messzyklus kann mit dem Gerät gemessen werden. Zum Abgleich eignet sich z.B. Frischluft, die über den zusätzlichen Schlauchanschluss an der linken Frontplatte zugeführt werden kann.

Der Sensor benötigt nach dem Zuschalten der Betriebsspannung beim Start eines Messzyklus eine Aufwärmzeit von 15 Minuten. Während dieser Zeitspanne wird anstelle des Messwertes der Messbereichsendwert des Sensors ausgegeben. Bei kontinuierlicher

Messung müssen deshalb die Messwerte verworfen werden, welche diese Zeitspanne ganz oder teilweise enthalten (bei Messintervallen größer 15 Minuten demzufolge der erste Messwert). Bei Einzelmessungen sind die Messzyklen so gestaltet, dass die Messung der CH₄ Konzentration erst ab der sechzehnten Minute erfolgt.

Überwachungsfunktionen und Alarmmeldungen

Während des Betriebes können Warnungen generiert werden. Diese werden als Text am Display angezeigt und/oder durch die Warnleuchten am Gerät (Leuchte an der Frontplatte) und Messkoffer (Signalleuchte auf dem Deckel) signalisiert. Einige der 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 rel. Luftfeuchte	Spülung mit trockener Luft.
„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)
„High permeability“	Die durch den Volumenstrom im Boden erzeugte Druckdifferenz ist zu gering, um korrekt gemessen zu werden	Wechsel auf den Bodenluft-Zyklus mit 1,2lpm Durchfluss, um den Messbereich zu erweitern.
„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 RTM 2200 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. 15 cm 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. 1 cm** 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 RTM 2200 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.

Probenahme mit Packer-Sonde

Folgen Sie den Anwendungshinweisen des jeweiligen Herstellers. Achten Sie darauf, dass die Konfiguration des RTM 2200 Soil Gas der verwendeten Sonde angepasst ist.

Permeabilitätsmessung

Wichtig! Sollten Sie beide Sonden von SARAD erworben und geliefert bekommen haben, erhielten Sie auch die von SARAD für die Benutzung der beiden Bodengassonden notwendigen Gerätekonfigurationen. Je nachdem welche Bodenluftsonde eingesetzt wird, sollten Sie dann für die Bodengassonde vor der Messung die entsprechende Gerätekonfiguration mittels dConfig Software ins Gerät laden. Wenn Sie für die zweite mitgelieferte Bodengassonde keine weitere Gerätekonfiguration haben oder Fragen haben, wenden Sie sich bitte an SARAD.

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-13 (gering)	4E-13 ... 4E-12 (mittel)	> 4E-12 (hoch)	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

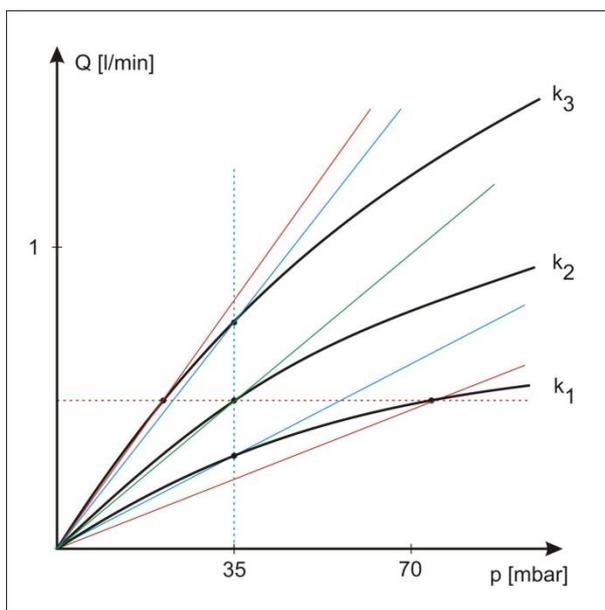
Eine in-situ Messung der Boden-Permeabilität k erfolgt durch Messung des Druckabfalls im Boden und dem durch den Boden fließenden Luft-Volumenstrom nach dem Gesetz von Darcy. Fasst man alle ausrüstungsspezifische Parameter und Naturkonstante zusammen, so kann man die Gleichung wie folgt schreiben:

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

- C Gerätekonstante
- 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 RTM 2200 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 RTM 2200 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 RTM 2200 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 nichtlinearen 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 RTM 2200 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. Der Messbereich variiert mit der verwendeten Bodenluftsonde.

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 Bodenluftsonde durchgeführt werden, für die das RTM 2200 Soil Gas konfiguriert wurde. Bei Verwendung anderer Sonden muss das Gerät entsprechend parametrieren werden. Für die Einhaltung der Messgeometrie am Einsatzort (Position und Größe des Probenahme-Volumens) ist der Anwender verantwortlich. **Eine veränderte Messgeometrie führt zu einem fehlerhaften Messergebnis.** Es dürfen keine langen Schläuche oder Schläuche mit geringem Durchmesser zwischen Gerät und Bodensonde eingefügt werden. Es ist der mitgelieferte Standardschlauch (l = 1 m, di = 8 mm) zu verwenden. Der Drucksensor (insbesondere dessen Nullpunkt) ist einer periodischen Prüfung und Kalibrierung zu unterziehen. Dies kann durch einen definierten Strömungswiderstand erfolgen. Bei einem gut eingestellten Nullpunkt schwanken die Anzeigewerte zwischen positiven und negativen Werten mit einem Betrag deutlich oberhalb des angegebenen Messbereiches. Für die Nullpunktmessung sollte die Sonde angeschlossen sein und an Frischluft platziert werden.

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

Artikelnummer	Bezeichnung	Menge
22040021	RTM 2200 Soil Gas	1
	Steckernetzteil	1
	Wassereintrittsschutz	eingebaut
	GPS Empfänger	eingebaut
	Staubfilter (40µm)	2
	Sicherung	2
	PVC Luftschlauch (6,35 x 3,18 mm)	1,5 m
	PVC Luftschlauch (10x6mm)	1,5 m
	USB Kabel	1
	RS232 Kabel	1
	Transportkoffer (IP67)	1
	dVision/dConfig (SARAD) (Win),Handbuch	1 CD*
	Kalibrierzertifikat	1
	Garantiezertifikat	1

*auch auf der Homepage <https://sarad.de> verfügbar

Optionales Zubehör:

Nr.	Artikelnummer	Bezeichnung	Menge	Vermerk
1	10010003	Aqua Kit inkl. 1x Schlauch 1m (6x3mm) 2x Übergangsstücke 5/10mm 2x Schläuche 15cm (10x6mm)	1	Für Rn in Wasser Messung
2	10010004	Gastransfermembran	1	Für Rn in Wasser Messung
3	10010007	Bodenluftsonden, 1m Inkl..2x Übergangsstücke 10/13mm, 2x Übergangsstücke 5/10mm, 1x Schlauch 1,5m (6x3mm) 1x Schlauch 1,5m (10x6mm) 1x Schlauch 15cm (14x10mm)	1 Set	
4	10010017	Scharfe Spitzen für Bodenluftsonden	100 Stck	
5	80020005	Einfacher Retraktor für Bodenluftsonden	1, Stck	
6	10010010	Spezial Retraktor für Bodenluftsonden	1	
7	20040003	Monopak Bohrlochpackersonde + Pumpe	1	
8	10010009	Exhalationshaube 430 mm x 430 mm, inkl. 1x Schlauch 1,5m (6x3mm) 2x Übergangsstücke 5/10mm 2x Schläuche 15cm (10x6mm)	1	
9	80020002	Staubfilter	10	
10	78800001	4G VPN-Router inkl. Netzteiladapter	1	
11	50011012	5l Behälter	1	für Radon- Emanation aus Schüttgut
12	58300001	TDR Bodenfeuchtesonde	1	
13	20044010	Differenzdrucksensor 0..25 Pa	1	Blower Door Kit
14		verschiedene Gassensoren auf Anfrage		

RTM 2200 Soil Gas – Technische Daten

Radonmessung	
Detektor	4 x 200 mm ² ionenimplantierter Siliziumdetektor
Internes Volumen	300 ml (Gesamtvolumen des Luftkreislaufs inkl. Wassereintrittsschutz)
Messbereich	1 ... 10 MBq/m ³
Genauigkeit	<=5%
Sensitivität	3 bzw. 6,5 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 0,4 bzw. 1,2 l/min prozessorgeregelt
Kammerspülung	Automatische Umschaltung zwischen Frischluft und Probenluft über Magnetventile
Bodenpermeabilität	
Messprinzip	Differenzdruckmessung bei geregelter Durchfluss (0,4 oder 1,2l/min)
Messbereich	8*10 ⁻¹² ... 8*10 ⁻¹⁴ m ²
Probenahme	Schlauchanschluss an Bodenluft-Sonde, Volumenstrom für Permeabilitätsmessung wahlweise 0,4 l/min oder 1,2 l/min
Überwachungsfunktionen	
Batteriespannung	Messung wird bei entladener Batterie gestoppt, Hardware-Tiefentladeschutz

Permeabilität außerhalb Messbereich	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 $\pm 0.5^\circ\text{C}$
bar. Druck	800 ... 1200mbar, Genauigkeit 0,5% MW
Durchfluss	0 ... 2 l/min, Genauigkeit $\pm 5\%$ @ 1 l/min Feuchtigkeit/Temperatur-Sensor im Luftkreislauf
Allgemein	
GPS Empfänger	Hohe Genauigkeit durch parallelen Empfang von GPS, Galileo und GLONASS
Messprogramme	Kontinuierliche Radon Messung (1, 5, 15, 30 und 60 Minuten) Bodenluft-Messzyklus (20 Minuten) Kontinuierliche Permeabilitätsmessung (1min Intervall) 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 (>100h kontinuierlich) Steckernetzteil 100-240V ~50/60Hz, 1,8A
ATEX Kategorie	Keine
Umgebungsbedingungen	0 ... 40°C 0 ... 95% rH, nicht kondensierend 800...1100mbar
Abmessungen	235mm x 140mm x 255mm
Gewicht	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	USB- und RS232-Kabel, Staubfilter, Sicherung, PVC-Schläuche 10x6mm (1,5 m), 6x4mm (1,5 m) inkl. Übergangsstücke, Wassereintrittsschutz, Lade/Netzteil, Messkoffer, Handbücher & Software (auf CD), DAkkSakkreditiertes Kalibrierzertifikat
Optionen	Auf Anfrage / Bodenluftsonden, AquaKit, Exhalationshaube uvm.

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] Barnet, I., Pacherová, P., Neznal, M., Neznal, M., 2008, Special Papers No. 19. Czech Geological Survey. Praha. ISBN 978-80-7075-707-9