

Handbuch

RTM 2300

Radon/Thoron Monitor

Version 04/2025

Referenzierte Dokumente:
Software Handbuch dVISION

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



Inhalt

Bedienelemente	5
1. Überblick	6
1. 1. Die DACM32 Plattform als Gerätebasis	6
1. 2. Steuerung des Messablaufs – Messzyklen	6
1. 3. Alarm-System	6
1. 4. Ereignis-Speicher	7
1.5. Kommunikation mit dem Host-System	7
2. Gerätebedienung	8
2. 1. Ein- und Ausschalten des Gerätes, Standby-Modus, Sicherung	8
2. 2. Stromversorgung	8
2. 3. Bedienpanel (Touchscreen)	8
2. 4. Schnittstellen	9
2. 4. 1. Kommunikationsschnittstellen (COM1, COM2)	9
2. 4. 2. Analogausgänge	9
2. 4. 3. Buchsen für externes Zubehör (AUX1, AUX2)	10
2. 5. Messdatenspeicherung	10
2. 6. Menüführung	11
2. 6. 1. Hauptseite	11
2. 6. 2. Anzeige von Modulinformationen und Moduleinstellungen	12
2. 6. 3. Anzeige der Komponenten-Konfiguration	13
2. 6. 4. Auswahl des Messzyklus	14
2. 6. 5. Anzeige der aktuellen Messwerte	14
2. 6. 6. Anzeige der gespeicherten Messdaten	14
2. 6. 7. Grafische Anzeige der Messdaten als Zeitreihe	15
2. 6. 8. Anzeige von Basisdaten	16
2. 6. 9. Alarm-Anzeige	18
2. 6. 10. Anzeige des Ereignis-Speichers	18
2. 7. Geräte-Setup (Zeitschaltuhr, Synchronstart, Displayabschaltung)	19
2. 7. 1. Zeitschaltuhr	19
2. 7. 2. Synchronstart zu festgelegter Tageszeit	19
2. 7. 3. Abschaltintervall für Display	19
2. 8. Der integrierte GPS Empfänger	20
3. Sensoren und Aktoren im RTM 2300	21
3. 1. Radonmessung, Temperatur und relative Luftfeuchte	21
3. 1. 1. Messprinzip	21

3. 1. 2. DACM32-Komponenten zur Radonmessung	22
3. 1. 3. Anzeige der Messwerte für Radon, Temperatur und Feuchte	22
3. 2. Durchflussmessung, Durchflussregelung und Pumpenstrom	22
3. 2. 1. Funktionsprinzip	22
3. 2. 2. DACM32-Komponenten für den internen Luftkreislauf	23
3. 2. 3. Anzeige der Messwerte des Luftkreislaufs	23
3. 3. Barometrischer Druck, Differenzdruck (Option bei Version „Standard“)	23
3. 4. Bodenluftmessungen (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)	23
3. 4. 1. Messung der Boden-Permeabilität - Funktionsprinzip.....	23
3. 4. 2. DACM32-Komponenten für die Bodenluftmessung.....	24
3. 4. 3. Anzeige der Bodenluft-Messwerte	24
3. 5. Warn- Und Alarmleuchten	24
3. 6. Die Steckverbinder „AUX1“ und „AUX2“	25
4. RTM 2300 Gerätekonfiguration.....	26
4. 1. Vordefinierte Messzyklen.....	26
4. 2. Vordefinierte Warnungen und Alarme.....	26
5. Wichtige Hinweise zum Betrieb des Gerätes	28
5. 1. Erschütterungen und starke elektromagnetische Felder	28
5. 2. Aggressive Gase	28
5. 3. Umgebungsbedingungen	28
5. 4. Prüfung der Alpha-Spektren.....	28
5. 5. Vermeidung von Kondensation	28
5. 6. Wassereintrittsschutz	29
5. 7. Filter am Lufteintritt des Gerätes	29
5. 8. Akku	29
5. 9. Hinweise zur Bodenluftmessung (Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)	29
5. 9. 1. Radon-Potential und Radon-Index	30
5. 9. 2. Messergebnisse und ihre Interpretation.....	30
5. 9. 3. Ablauf einer Einzelmessung und Qualitätssicherung	31
5. 9. 4. Kontinuierliche Bodenluftmessung	31
5. 9. 5. Anschluss der Bodenluftsonde (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)	32
5. 9. 6. Verwendung der Schlagsonde	32
6. Verwendung von Zubehör	33
6. 1. Zubehöradapter.....	33
6. 2. Messkoffer für raue Umgebungsbedingungen	33
6. 3. Bestimmung der Radonkonzentration in Wasserproben.....	33

6. 3. 1. Messprinzip und Ausrüstung	33
6. 3. 2. Vorkehrungen gegen Kondensation und Wassereintritt.....	34
6. 3. 3. Durchführung der Messung.....	34
6. 3. 4. Messzyklus und verwendete Komponenten	35
6. 4. Lichtsäule.....	35
Anhang	36
A) DACM32 Komponenten	36
A1 - Komponententypen des DACM32	36
A2 - Übersicht der im RTM 2300 genutzten Komponenten.....	36
B) Belegung der Steckverbinder	38
C) Entsorgungshinweise	39

Bedienelemente

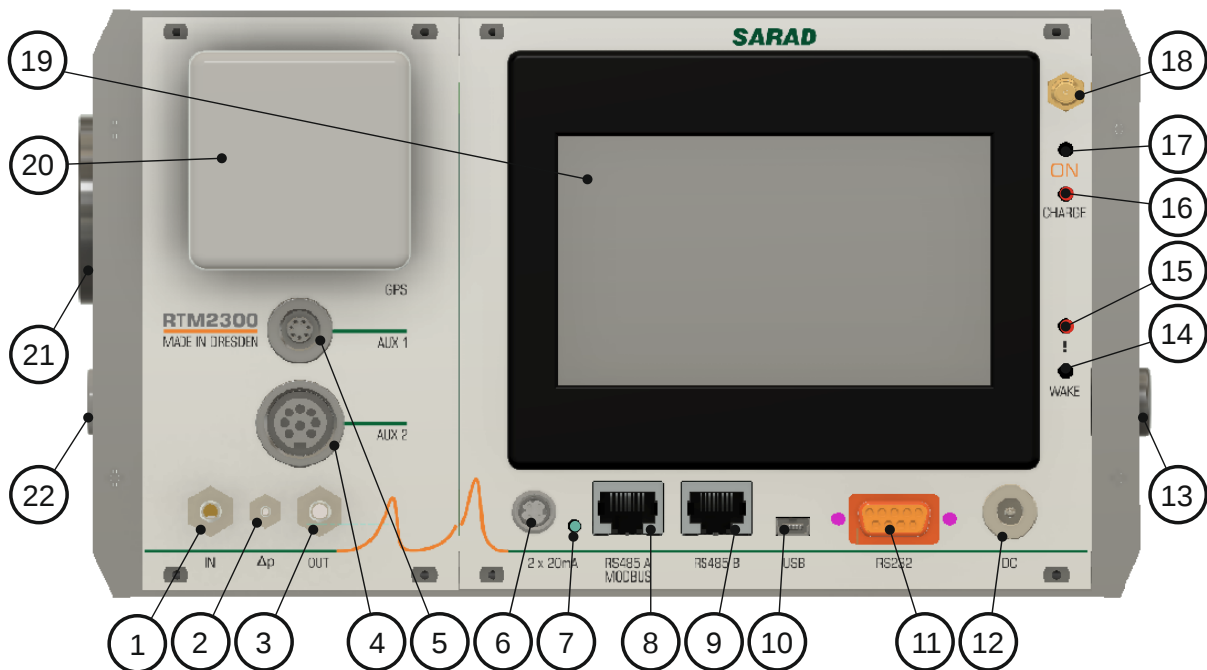


Abbildung 1: Grundgerät

- 1) Lufteintritt interner Luftkreislauf
- 2) Anschluss für Differenzdruckmessung (Version Soil Gas) oder bar. Druck (Standard)
- 3) Luftauslass interner Luftkreislauf
- 4) Zubehörbuchse „AUX2“ für Anschluss Signalleuchten
- 5) Zubehörbuchse „AUX1“ für Anschluss Radonfolgeprodukt-Messkopf
- 6) Anschlussbuchse für 20mA Stromschleifenausgänge
- 7) LED Indikator für aktivierte Stromschleifenausgänge
- 8) RS485A Schnittstelle (für MODBUS Protokoll konfigurierbar)
- 9) RS485B Schnittstelle
- 10) USB Schnittstelle Typ B Mini
- 11) RS232 Schnittstelle
- 12) Anschlussbuchse für Netzteil
- 13) Geräte-Sicherung
- 14) Taste zur Aktivierung des Displays
- 15) LED Indikator für Alarme/Warnungen
- 16) LED Indikator für Ladestatus
- 17) Einschalttaster
- 18) Antennenbuchse für WLAN (Option)
- 19) Touchscreen Display
- 20) GPS-Empfänger
- 21) Zubehöradapter
- 22) Anschlussbuchse für Wassereintrittsschutz (optional)

1. Überblick

1. 1. Die DACM32 Plattform als Gerätebasis

Das Gerät basiert auf der von SARAD entwickelten Messgeräte-Plattform DACM32. Diese Plattform basiert auf einem Mikrocontroller mit proprietärer Firmware. Da kein Betriebssystem verwendet wird und die Kommunikation ebenfalls über proprietäre Protokolle erfolgt, ist ein maximaler Schutz vor Manipulation gewährleistet.

Die DACM32 Plattform basiert auf einer Hardware mit einer Anzahl von universellen Schnittstellen, an welche Sensoren und Aktoren unterschiedlichster Art angeschlossen werden können. Einfache Beispiele sind ein Analogeingang und ein Schaltausgang. Diese Schnittstellen werden im DACM32 als Komponenten bezeichnet, die unterschiedlichen Arten von Schnittstellen als Komponententypen. Jede Komponente kann per Konfigurationssoftware parametrierbar werden, um aus dem elektrischen Ausgangssignal des Sensors die jeweiligen Messwerte in der gewünschten physikalischen Einheit zu berechnen. Jede Komponente ist im DACM32 eindeutig indiziert und besitzt einen eindeutigen Namen. Dieser besteht aus einem Kürzel für den Komponententyp gefolgt von einem Index, falls mehrere Komponenten eines Typs vorhanden sind (Beispiel: AIN2 bezeichnet den Analogeingang Nr. 2). Jeder Komponente wird per Konfiguration ein Alias-Name zugeordnet, der die Komponente anwendergerecht bezeichnet. Je nach Erfordernis werden am Gerätedisplay, der Konfigurations- und auch Bediensoftware die Kurznamen oder die Aliasnamen verwendet. Im Anhang befindet sich eine Liste aller Komponententypen mit einer kurzen Funktionsbeschreibung.

Ein spezifisches Messgerät entsteht aus der Verbindung der DACM32-Hardware mit den jeweils erforderlichen Sensoren und Aktoren sowie der zugehörigen Komponenten- und Gerätekonfiguration. Der Standardanwender muss sich mit diesen Dingen nicht auseinandersetzen, da die Geräte bei Auslieferung für die jeweilige Messaufgabe vollständig konfiguriert sind. Jedoch dient die Kenntnis des Plattform-Konzeptes dem besseren Verständnis beim Lesen dieses Handbuchs. Darüber hinaus können vom Gerätehersteller als auch vom versierten Anwender selbst kundenspezifische Modifikationen schnell und unkompliziert vorgenommen werden.

1. 2. Steuerung des Messablaufs – Messzyklen

Ein Messzyklus definiert das Zeitintervall, an dessen Ende die während dieses Intervalls akquirierten Messwerte im Daten-Speicher abgelegt werden. Je nach Definition wird der Messzyklus für eine definierte Anzahl von Messungen oder unbegrenzt wiederholt, so dass die Messdaten als Zeitreihe zur Verfügung stehen. Im Gerät können bis zu 15, für die jeweilige Messaufgabe angepasste, Messzyklen hinterlegt werden. Für alle Standardanwendungen sind die benötigten Messzyklen bei der Auslieferung bereits vorhanden. Die Definition der Messzyklen erfolgt per Konfigurationssoftware, so dass der versierte Anwender eigene Zyklen erstellen kann.

Innerhalb eines Messzyklus kann jede Komponente individuell gesteuert werden. Es wird definiert, welche Komponenten in eine Messung einbezogen werden - und wann innerhalb eines Zyklus eine Komponente Daten generieren oder Aktoren aktivieren soll.

1. 3. Alarm-System

Es können maximal 32 unabhängige Alarmer frei definiert werden. Als Datenquelle eines Alarms kann jede im Gerät verfügbare Messgröße verwendet werden. Es wird zwischen Alarmen für aktuelle Abtastwerte (Messung und Prüfung im Sekunden-Takt) und Intervall-Alarmen (Prüfung der Integralwerte am Ende des Intervalls) unterschieden. Die Bestätigung eines Alarms erfolgt entweder über das Touch-Panel, eine Kommunikationsschnittstelle oder (falls im Gerät vorgesehen) über einen

Eingang zum Anschluss eines Tasters. Per Konfiguration kann festgelegt werden, welche Bestätigungsarten zulässig sind. Für jeden Alarm können eine Ein- und eine Ausschaltswelle festgelegt werden, so dass die Implementierung einer Hysterese möglich ist. Ist die Einschaltswelle größer als die Ausschaltswelle, wird ein Alarm bei steigendem Messwert, andernfalls bei sinkendem Messwert generiert. Jedem Alarm können mehrere Aktionen zugeordnet werden, die von den dafür vorgesehenen Komponenten ausgeführt werden (z.B. das Einschalten einer Signalleuchte über einen Schaltausgang).

Im Abschnitt „Vordefinierte Warnungen und Alarmer“ werden die im Gerät konfigurierten Alarmerinstellungen beschrieben.

1.4. Ereignis-Speicher

Im Ereignisspeicher werden die letzten 100 wichtigen, das Gerät betreffenden Ereignisse mit Zeitstempel abgelegt. Dieser Speicher kann nicht vom Anwender gelöscht werden, so dass Fehler, Alarmsituationen und Manipulationen am Gerät später nachvollzogen werden können. Folgende Ereignisse werden aufgezeichnet:

- Ein- und Ausschalten des Gerätes
- Stellen der Geräteuhr
- Änderungen der Komponenten- oder Gerätekonfiguration
- Auswahl eines Messzyklus
- Starten und Stoppen der Messung
- Aufgetretene Alarmer
- Bestätigung von Alarmen

1.5. Kommunikation mit dem Host-System

Alle Geräteeinstellungen, der Datentransfer und die Remote-Steuerung des Gerätes erfolgen unabhängig vom Kommunikationskanal unter Verwendung eines proprietären Protokolls. Dieses wird von allen SARAD Softwarelösungen verwendet. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, aktuelle Messdaten über das Protokoll des Industrie-Standards „MODBUS RTU“ abzurufen. Es stehen separate Applikationen für die Gerätekonfiguration (dCONFIG) und die Gerätebedienung (dVISION) zur Verfügung.

2. Gerätebedienung

2. 1. Ein- und Ausschalten des Gerätes, Standby-Modus, Sicherung

Aus Sicherheitsgründen wird das Gerät mit herausgenommener Sicherung geliefert. Bevor Sie das Gerät einschalten können, öffnen Sie bitte den Sicherungshalter am Gehäuse rechts), legen die Sicherung ein und verschließen Sie den Sicherungshalter wieder. Drücken Sie den Einschalttaster „ON“ und halten einige Sekunden gedrückt, bis auf dem Display das SARAD Logo erscheint.

Das Ausschalten erfolgt über den Touch-Button „OFF“ des Hauptmenüs (oben Mitte).

Das Gerät wechselt nach Beenden einer Messung in einen „Standby“ Modus, so dass ein komplettes Trennen des Gerätes vom internen Akku nicht erfolgt. Dabei wird das Display nach einem einstellbaren Zeitintervall deaktiviert. Aktivieren des Displays erfolgt durch Betätigen des Tasters „WAKE“ wird. Wird das Gerät über längere Zeit nicht benutzt, sollte der Akku vollständig geladen und eine Trennung von der Stromversorgung durch Ausschalten über das Touch-Button „OFF“ im Hauptmenü auf dem Display erfolgen.

Beim Versand bzw. Lufttransport muss die Sicherung entfernt werden.

2. 2. Stromversorgung

Im Gerät ist ein NiMH Akku mit einer Nennspannung von 12V und einer Kapazität von 7,6Ah eingebaut. Der Stromverbrauch während der Messung ist von der Gerätekonfiguration und den im Messzyklus genutzten Komponenten/Sensoren abhängig. Nutzen Sie nur die tatsächlich benötigten Komponenten/Sensoren, um die Akku-Betriebszeit zu maximieren.

Das Aufladen des Akkus erfolgt durch das mitgelieferte Stecker-Netzteil (20V/60VA). Die integrierte Ladeschaltung ermöglicht die vollständige Ladung des Akkus innerhalb von vier Stunden. Die Anschlussbuchse „DC“ für das Netzteil befindet sich unten rechts auf der Frontseite des Gerätes. Während des Ladevorgangs leuchtet der rote LED-Indikator rechts vom Display. Er erlischt, wenn der Akku vollständig geladen ist.

Das Gerät kann dauerhaft mit dem Netzteil betrieben werden. Die Laderegulierung sorgt für zyklisches Laden zur Optimierung der Akku-Lebensdauer. Während des Ladeprozesses wird Wärme freigesetzt, die zu einer Erwärmung des gesamten Gerätes führt. Der integrierte Temperatursensor zeigt dann deutlich erhöhte Werte. Zur korrekten Messung der Außentemperatur sollte im Falle dauerhaften Netzbetriebes ein zusätzlicher, vom Gerät abgesetzter Sensor verwendet werden.

Sinkt die Akkuspannung bei laufender Messung unter 11,2V, so wird die Messung abgebrochen. Bei weiterer Entladung unter eine Schwelle von 10,6V schaltet der Tiefentladeschutz die Elektronik des Gerätes vollständig ab. Erst wenn während des Ladevorgangs die Akkuspannung die Schwelle von 11,6V erreicht hat, kann das Gerät wieder eingeschaltet werden.

Der Akku sollte stets bei Temperaturen zwischen 10°C und 30°C geladen werden. Bei Umgebungstemperaturen über 40°C wird der Ladevorgang zum Schutz des Akkus automatisch unterbrochen.

Das Gerät sollte bei Nichtgebrauch durch den Touch-Button „OFF“ im Hauptmenü ausgeschaltet werden.

2. 3. Bedienpanel (Touchscreen)

Die Bedienung am Gerät erfolgt mittels Touchscreen. Display und Hintergrundbeleuchtung benötigen vergleichsweise viel Strom, so dass eine automatische Abschaltung auch bei laufender Messung erfolgt, wenn keine Eingaben vorgenommen werden. Die Zeitspanne vom letzten „Touch“ bis zum Abschalten kann über die Geräte-Setup auf maximal 255 Sekunden eingestellt werden.

Das Display wird zugeschaltet, sobald der schwarze Druckschalter „WAKE“ betätigt wird. Es wird danach stets die letzte angezeigte Displayseite aktiviert. Alle weiteren Bedienfunktionen erfolgen über die am Display angezeigten dynamischen Touch-Buttons.

2. 4. Schnittstellen

2. 4. 1. Kommunikationsschnittstellen (COM1, COM2)

Das Gerät verfügt über zwei unabhängige Kommunikationskanäle (COM1, COM2), über die gleichzeitig mit dem Gerät kommuniziert werden kann. Den beiden Kanälen sind verschiedene physische Schnittstellen zugeordnet, zwischen denen automatisch nach einem Prioritätsschema umgeschaltet wird.

Dem Kommunikationskanal COM1 sind folgende Schnittstellen zugeordnet:

- USB: aktiv sobald eine USB Verbindung besteht
- RS232: aktiv, wenn ein RS232-Pegel erkannt wird und keine USB Verbindung besteht
- RS485B: aktiv, wenn weder eine USB oder RS232 Verbindung besteht

Der Kommunikationskanal COM1 ist nicht mittels Konfigurations-Software konfigurierbar. Damit ist der Zugang zum Gerät stets gewährleistet. Durch Betätigen des Buttons „COM1“ im Hauptmenü kann die Datenübertragungsgeschwindigkeit vervielfacht werden.

Dem Kommunikationskanal COM2 sind folgende Schnittstellen zugeordnet

- WLAN: aktiv, wenn WLAN vom Nutzer aktiviert wurde und das Gerät eingeloggt ist
- RS485A: aktiv, wenn das Gerät nicht im WLAN eingeloggt ist

Kommunikationskanal COM2 wird über die Setup-Funktionen der Konfigurations-Software konfiguriert. Es stehen folgende Modi zur Auswahl:

- SARAD 9600bps no parity
- SARAD 115200bps no parity
- MODBUS 9600bps even parity
- MODBUS 19200bps even parity
- SARAD wireless

Die mit „SARAD“ gekennzeichneten Modi verwenden das proprietäre SARAD-Protokoll. Dieses umfasst den Datentransfer sowie die vollständige Gerätesteuerung.

Der Industriestandard MODBUS RTU wird ebenfalls unterstützt. Dieses Protokoll unterstützt lediglich die Abfrage aktueller Messwerte. Hinweise zur Verwendung des Modbus-Protokolls sind im Dokument „AN-009-sarad_modbus_rtu_protocol“ zu finden.

Die Einstellung „SARAD wireless“ muss gewählt werden, um die WLAN Schnittstelle zu aktivieren. Wird kein WLAN benutzt, sollte dieser Modus nicht gewählt werden, da der Betrieb der Funkschnittstelle verhältnismäßig viel Strom verbraucht. Wenn der Modus aktiviert wurde, wird erst auf die WLAN Verbindung umgeschaltet, wenn das Gerät eingeloggt ist. Die Zugangsdaten für das WLAN (SSID, Passwort, Server und Port) müssen innerhalb der Setup-Funktion der Konfigurations-Software eingetragen werden.

2. 4. 2. Analogausgänge

Das Gerät verfügt über zwei frei konfigurierbare Stromschleifen-Ausgänge, die an der Buchse „2 x 20mA“ zur Verfügung stehen. Für das Ausgangssignal stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- 0...20mA
- 4...20mA
- 0...24mA

Jedem Ausgang kann eine beliebige, im Gerät akquirierte Messgröße zugeordnet werden. Dem gewählten Ausgangsbereich muss der gewünschte Wertebereich der Messgröße zugeordnet werden (z.B. für Batteriespannung: 4...20mA entspricht 0...15V). Alle Einstellungen erfolgen im Rahmen der Setup-Funktion innerhalb der Konfigurations-Software.

2. 4. 3. Buchsen für externes Zubehör (AUX1, AUX2)

Die beiden Buchsen stellen zusätzliche Komponenten des DACM-32 zur Verfügung. Damit können externes Zubehör gesteuert bzw. externe Sensoren in das System eingebunden werden. Neben der Standardbelegung sind geräte- und anwenderspezifische Modifikationen möglich. Die Standardverwendung ist im Abschnitt „Die Steckverbinder AUX1 und AUX2“ dokumentiert, eine kundenspezifische Verwendung in einem zusätzlichen Dokument.

2. 5. Messdatenspeicherung

Die Speicherung der Messdaten erfolgt auf einer internen SD Card. Es können mehrere Millionen Datensätze gespeichert werden. Die generierten Messdaten werden stets als Rohdaten, d.h. im durch die Komponenten erzeugten Binär-Format gespeichert. Dies sichert eine absolute Rückverfolgbarkeit der Messdaten im Sinne der Qualitätssicherung. Eine Komponente kann aus den Rohdaten eine oder auch mehrere Messgrößen generieren. Für die Anzeige der Messwerte am Gerät bzw. für den Abruf aktueller Messwerte über die Kommunikations-Schnittstelle erfolgt deren Berechnung anhand der Rohdaten unter Verwendung der Komponenten-Konfiguration. Beim Transfer der kompletten Messdaten zum Host-System werden dagegen lediglich die komprimierten Rohdaten gemeinsam mit den Komponenten-Konfigurationen übertragen. Das Host-System generiert dann daraus die eigentlichen Messergebnisse.

Es ist zu beachten, dass mit dem Gerät sehr große Mengen an Messdaten gesammelt werden können, die später längere Übertragungszeiten über die Kommunikationsschnittstellen zur Folge haben. Aktivieren Sie deshalb nur die benötigten Sensoren und wählen Sie die Länge der Messintervalle sinnvoll entsprechend ihrer Anwendung.

Die Speicherkarte kann mit der entsprechenden Funktion der Bediensoftware gelöscht werden.

2. 6. Menüführung

2. 6. 1. Hauptseite

Nach dem Aktivieren des Displays mittels Taste unterhalb des Displays erscheint die Hauptseite der Anzeige.



Abbildung 2: Hauptmenü bei gestoppter Messung

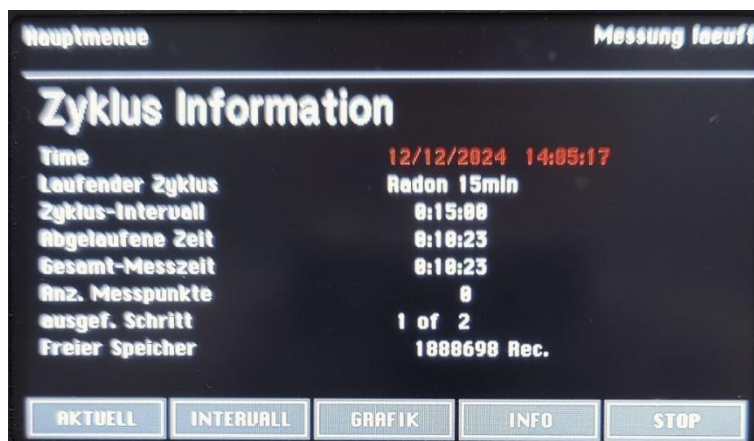


Abbildung 3: Hauptmenü bei laufender Messung

Im „Standby“ Modus werden der Gerätename, der Name der eingestellten Gerätekonfiguration (mit Datum der letzten Änderung) sowie der gewählte Messzyklus angezeigt. Der Start der Messung erfolgt durch Berühren der Taste „START“. Bei laufender Messung werden die aktuellen Zykluseinstellungen und der Systemstatus angezeigt:

- Uhrzeit
- Name des gerade laufenden Messzyklus
- laufende Messzeit des aktuellen Intervalls
- Gesamtmesszeit seit Start der Messung
- Nummer des abgearbeiteten Schrittes und Anzahl der Schritte innerhalb des Zyklus
- Größe des freien Datenspeichers (Anzahl der noch speicherbaren Datensätze)

Vom Hauptmenu aus können weiterhin die Untermenüs zur Anzeige der Modul- und Komponentenkonfiguration, der auf der Speicherkarte gespeicherten Daten sowie bei laufender Messung die aktuellen Messwerte der Sensoren angezeigt werden.

Um eine laufende Messung zu beenden, ist die Schaltfläche „STOP“ zu berühren.

2. 6. 2. Anzeige von Modulinformationen und Moduleinstellungen

Die vom Hauptmenü über den Button „INFO“ aufrufbaren Anzeigeseiten geben einen Überblick über die Modulversion sowie die aktuellen Einstellungen verschiedener Geräteparameter. Die Anzeigeseiten sind mittels Taste „UMSCH.“ umgeschaltet werden.

Seite 1 Modulinformationen

- Software-Version
- Serien-Nummer
- Fertigungsdatum
- Datum des letzten Firmware-Updates

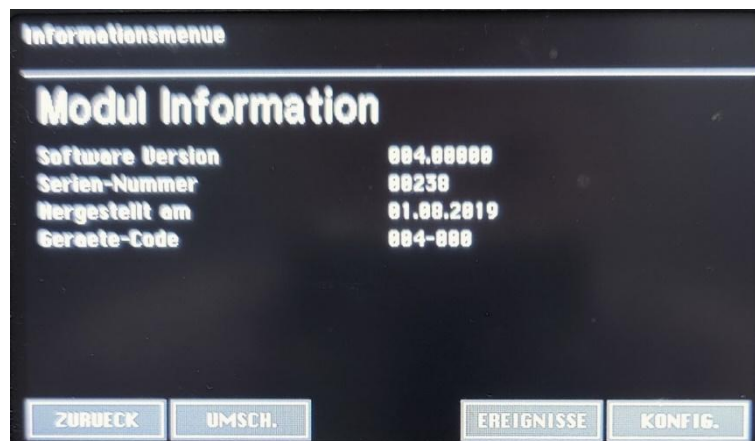


Abbildung 4: Modulinformation

Seite 2 Moduleinstellungen

- Zeitpunkt des automatischen Starts, falls diese Funktion aktiviert wurde. Andernfalls erscheint anstelle der Zeit die Aufschrift „deaktiviert“
- Eingestelltes Protokoll für die Kommunikations-Schnittstelle COM2
- Informationen zur im Gerät hinterlegten WLAN-Verbindung (SSID und Server/Port)
- Einstellungen der Stromschleifen-Ausgänge (Datenquelle, Ausgangssignalsbereich und zugeordneter Wertebereich (Der Name der Datenquelle entspricht dem eindeutigen Komponenten-Namen. Der Wertebereich bezieht sich auf die physikalische Einheit der gewählten Messgröße.)

Seite 3 weitere Moduleinstellungen

- Betriebsmodus der Zeitschaltuhr (Zeitschaltuhr oder periodischer, mit dem Messzyklus synchronisierter Timer)
- Zeitpunkte für Ein- und Ausschalten der Zeitschaltuhr entweder als Echtzeit (Modus Zeitschaltuhr) oder Einschalt-, Ausschalt und Verzögerungsintervall (Modus periodischer Timer)

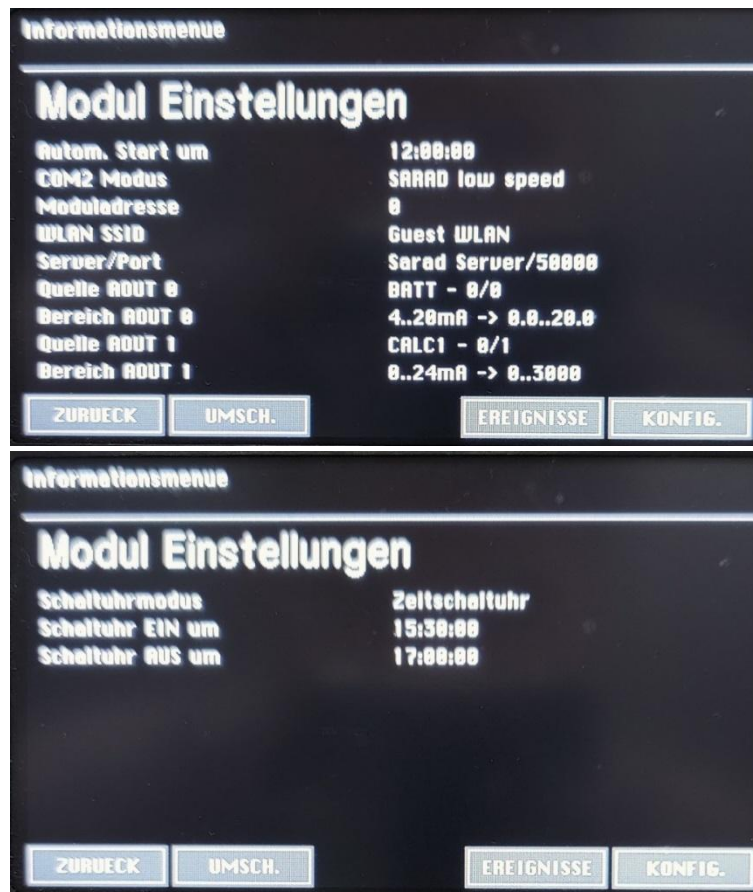


Abbildung 5: Moduleinstellungen

Die Rückkehr zur Hauptseite erfolgt über die Taste „ZURUECK“. Die Taste „KONFIG.“ ermöglicht den Wechsel zu den Anzeigeseiten für die eingestellten Komponentenparameter.

2. 6. 3. Anzeige der Komponenten-Konfiguration

Die aktuellen Einstellungen der Konfigurationsparameter jeder Komponente können zur Kontrolle angezeigt werden. Dazu ist der Button „KONFIG.“ Im Informationsmenü zu betätigen. Es können keine Änderungen der Parameter vorgenommen werden. Mit den Buttons „NAECHSTE“ und „LETZTE“ können die einzelnen Komponenten ausgewählt werden.

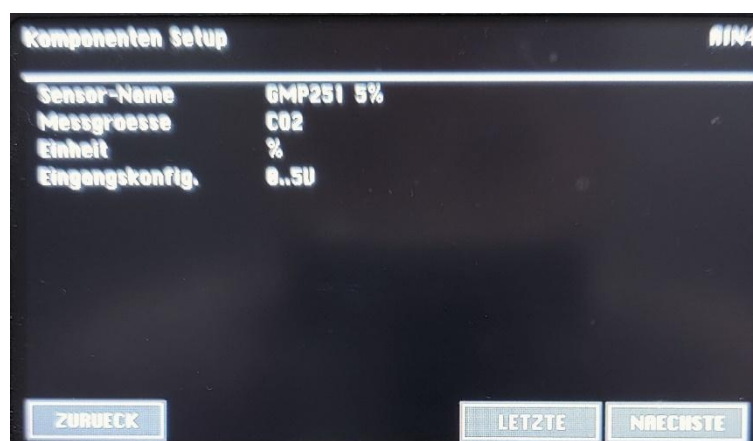


Abbildung 7: Komponenten-Konfiguration

Ist eine Seite zur Anzeige aller Parameter nicht ausreichend, so können mit „UMSCH.“ weitere Seiten aufgerufen werden. Die Rückkehr zur Hauptseite erfolgt über die Taste „ZURUECK“. In der rechten oberen Ecke wird jeweils der eindeutige Komponenten-Name angezeigt.

2. 6. 4. Auswahl des Messzyklus

Durch Berühren des im Hauptmenü angezeigten Zyklus-Namens wird eine Liste zur Auswahl eines der vordefinierten Messzyklen geöffnet werden. Es können maximal 15 verschiedenen Messzyklen im Gerät gespeichert werden. Sollte die Anzahl gespeicherter Zyklen nicht auf eine Anzeigeseite passen, so erscheint der Button „MEHR“, mit welchem die Liste gescrollt werden kann. Der gewünschte Messzyklus wird durch Berühren des Listeneintrags gewählt. In diesem Fall wird automatisch zur Hauptseite zurückgekehrt. Soll kein neuer Zyklus gewählt werden, so ist die Taste „ZURUECK“ zu betätigen.

2. 6. 5. Anzeige der aktuellen Messwerte

Diese Anzeigeseite ist nur zugänglich, wenn eine Messung läuft. Man gelangt durch Berühren des Buttons „AKTUELL“ zu dieser Seite. Die Anzeige wird jede Sekunde aktualisiert, so dass stets der aktuelle Abtastwert einer Komponente angezeigt wird. Diese Funktion entspricht der eines direkt anzeigenden Messgerätes. Es werden nur die Daten derjenigen Komponenten angezeigt, die auch tatsächlich in den Messzyklus eingebunden und gerade aktiv sind. Das Umschalten zwischen den vorhandenen Komponenten erfolgt durch die Buttons „NAECHSTE“ und „LETZTE“. Der Alias-Name der Komponente erscheint in der Kopfzeile des Displays.

Liefert eine Komponente mehr als ein Resultat, so wird der Button zum Umschalten der Messwerte „UMSCH.“ aktiviert. Die Rückkehr zur Hauptseite erfolgt über die Taste „ZURUECK“.

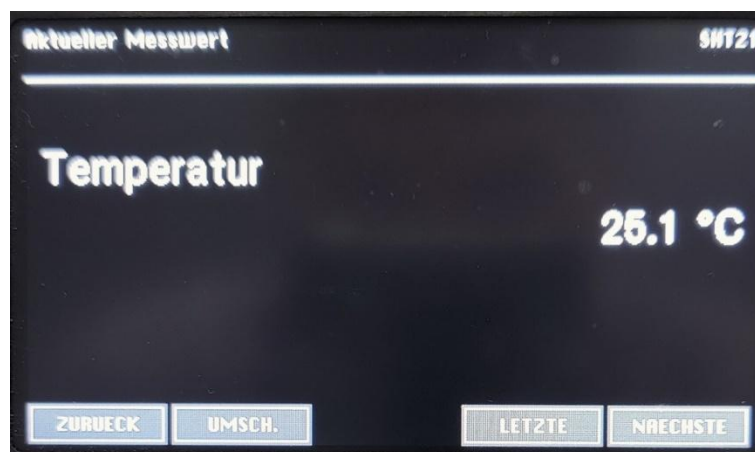


Abbildung 8: Anzeige aktueller Messwerte

2. 6. 6. Anzeige der gespeicherten Messdaten

Sofern vorhanden, können alle auf der Speicherkarte gespeicherten Messdaten angezeigt werden. Diese Funktion ist über den Button „INTERVALL“ bei laufender oder gestoppter Messung zugänglich. Die Umschaltung zwischen den einzelnen Komponenten, deren Daten im Datensatz enthalten sind sowie die Auswahl des gewünschten Messwertes erfolgt analog zur Anzeige der aktuellen Werte. Für Komponenten, die mehrere Messgrößen berechnen wurde eine zusätzliche Übersichtsseite zur gleichzeitigen Ansicht aller Messergebnisse implementiert.

Es erscheint eine Leiste mit Navigations-Buttons zur Auswahl der Datenpunkte innerhalb der Messreihen. Mit der mittleren Schaltfläche kann der chronologisch letzte Datensatz abgerufen werden. Die anderen Buttons blättern um jeweils einen bzw. zehn Datensätze vor bzw. zurück.

In der Kopfzeile der Anzeige erscheinen der Alias-Name der Komponente und die Zeit, zu welcher der Datensatz gespeichert wurde. Konnte die geographische Position per integriertem GPS Empfänger ermittelt werden, erscheinen die Koordinaten in der Fußzeile. Die Rückkehr zur Hauptseite erfolgt über die Taste „ZURUECK“.

Neben dem hell dargestellten Mittelwert der Messung für das vorliegende Messintervall werden darunter minimaler und maximaler Einzelwert innerhalb des Intervalls angezeigt. Bei radiologischen Messgrößen geben die beiden Werte den aus der Zählstatistik ermittelten 1-Sigma Vertrauensbereich an.

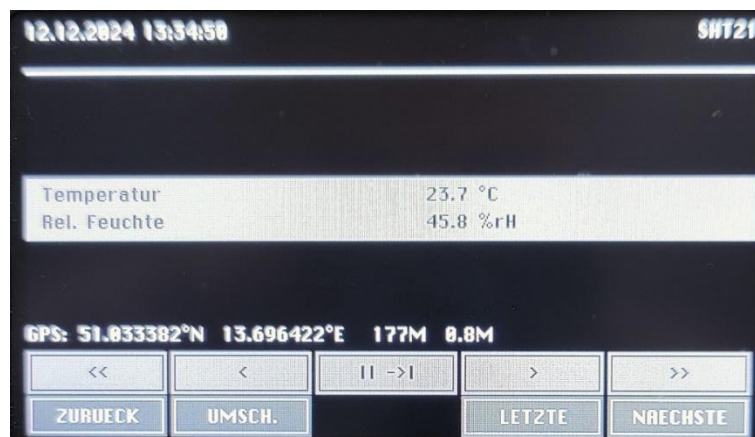


Abbildung 9: Erste Anzeigeseite für Intervall-Messdaten bei Komponenten mit mehreren Messwerten

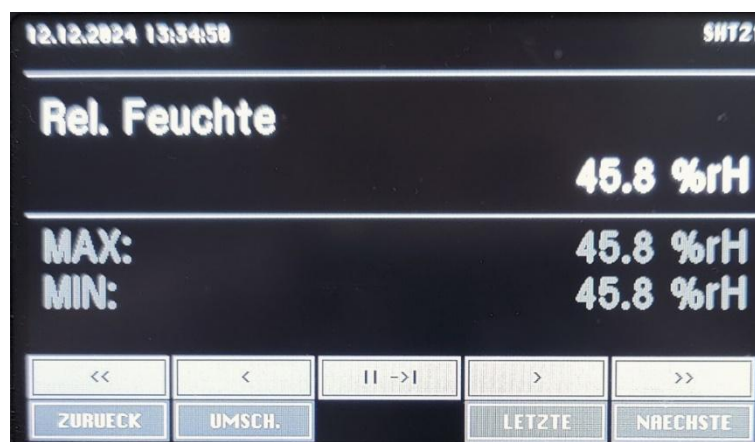


Abbildung 10: Anzeige für Intervall-Messdaten

2. 6. 7. Grafische Anzeige der Messdaten als Zeitreihe

Alle am Gerät verfügbaren Messwerte können als Zeitreihe in einem Diagramm angezeigt werden. Dazu ist der Button „GRAFIK“ im Hauptmenü zu berühren. Die Anzeige ist auf die letzten 50 Werte des laufenden oder zuletzt ausgeführten Messzyklus beschränkt. Bis zum Erreichen der Grenze von 50 Messpunkten wird die Zeitachse entsprechend skaliert, danach werden bei laufender Messung mit jedem neuen Messwert die ältesten Daten aus der Ansicht geschoben. Es können gleichzeitig zwei Messgrößen angezeigt werden. Die Y-Achse wird stets automatisch skaliert. Unterhalb der Diagrammansicht befinden sich vier Navigations-Buttons, mit denen die rote Cursor-Linie um einen bzw. zehn Messwerte verschoben werden kann. Oberhalb der Cursor-Linie erscheinen die der Cursor-Position zugehörigen Zeitstempel und Messwerte. Die Auswahl der gewünschten Messgröße erfolgt

mittels Button Auswahl Y. Es erscheint eine zunächst Tabelle mit den Alias-Namen aller verfügbaren Komponenten. Jetzt kann die gewünschte Komponente, die der linken Y-Achse zugeordnet werden soll, gewählt werden. Da einige Komponenten mehrere Messwerte generieren können erscheint eine Liste zur Auswahl des gewünschten Wertes. Im Anschluss wird die Prozedur zur Auswahl des Messwertes für die rechte Y-Achse wiederholt. Mit dem Button „ZURUECK“ gelangt man in das Hauptmenü.

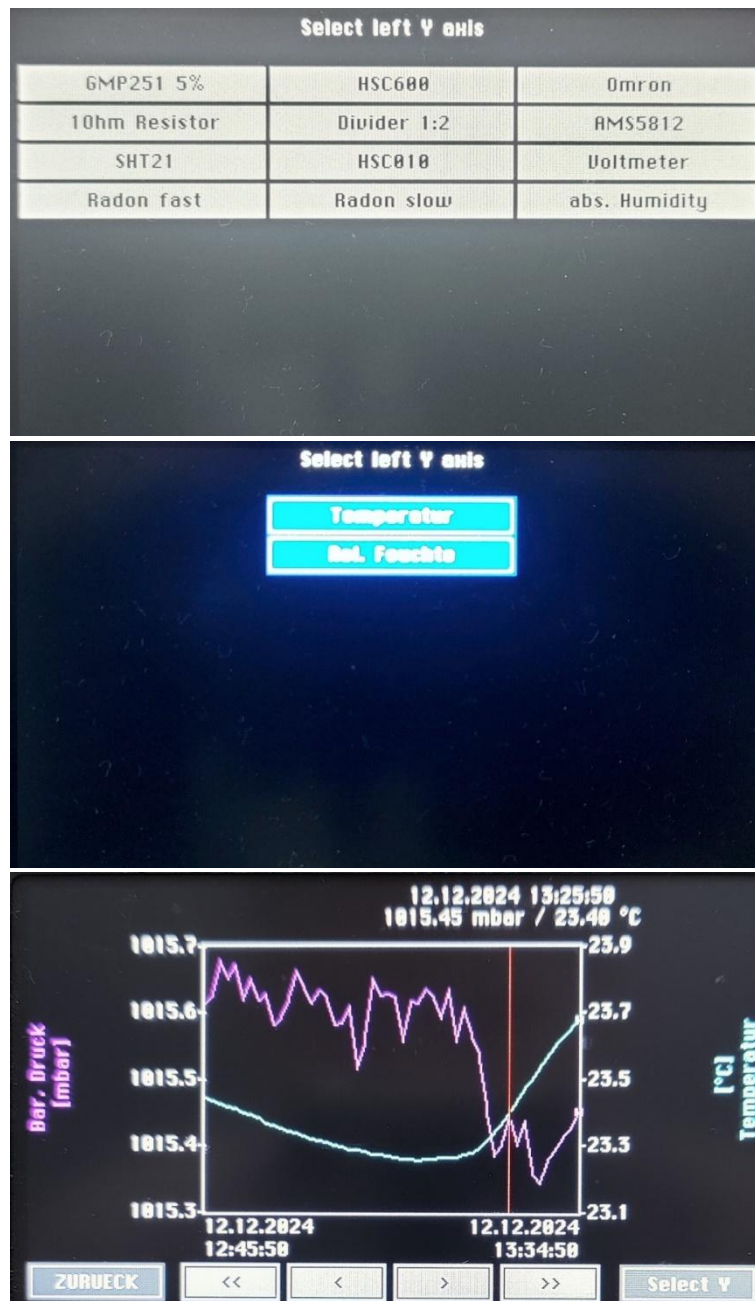


Abbildung 11: Auswahl und Anzeige von Messreihen

2. 6. 8. Anzeige von Basisdaten

Einige Komponenten unterstützen die Anzeige der akquirierten Basisdaten, anhand derer die angezeigten Messwerte berechnet wurden. Für solche Komponenten erscheint in der Anzeigeseite für die Intervalldaten ein zusätzlicher Button mit der Aufschrift „BASISDATEN“, mit dem man zur entsprechenden Anzeigeseite gelangt.

2. 6. 8. 1. Anzeige des akquirierten Spektrums

Die Anzeige eines Spektrums ist für alle Messwerte möglich, die auf der Grundlage eines akquirierten Energie-Spektrums berechnet wurden. Das Spektrum wird in Form eines Diagrammes dargestellt. Rechts neben dem Diagramm erscheint ein Steuer-Panel, dessen hellgrauen Buttons zur Cursor-Navigation dienen während die dunkelgrauen zur Anzeigesteuerung implementiert wurden. Die obere Taste schaltet zwischen Cursor- und ROI Navigation um. Mit den Navigationstasten kann dann entweder der Cursor verschoben oder zwischen den für die Messwertberechnung benötigten Energiebereichen (ROI) umgeschaltet werden. Mittels Taste „FIT Y“ wird das Diagramm auf den Maximalwert des Spektrums skaliert. Mit den Buttons „/10“ und „x10“ kann die Skalierung der Y-Achse jeweils um den Faktor 10 vergrößert oder verkleinert werden. Die untere Taste dient zur Umschaltung der Spektren-Ansicht zwischen linearer und logarithmischer Skalierung.

Bei gewählter Cursor-Navigation erscheinen oberhalb der weißen Cursorlinie die Angabe des Zählkanals, der zugehörigen Energie sowie die Anzahl der im Zählkanal enthaltenen Zählimpulse. Bei gewählter ROI-Navigation erscheint der Energiebereich des ROI farbig hervorgehoben. Darüber werden der Energiebereich des ROI und die darin enthaltenen Zählimpulse angezeigt.

Je nach Anzahl der Zählkanäle des Energie-Spektrums erscheint unterhalb des Diagramms ein entsprechend segmentierter Balken, mit dem das Spektrum über den Diagrammbereich nach links bzw. rechts gescrollt werden kann. Der gelbe Balken unterhalb des Scroll-Balkens zeigt den gerade angezeigten Spektren-Bereich an.

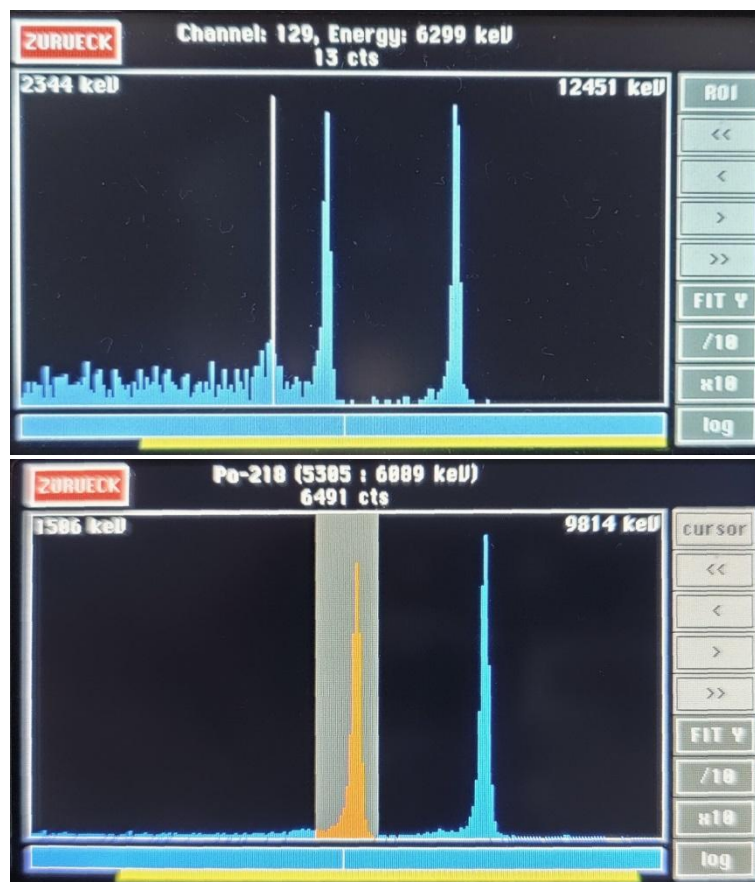


Abbildung 12: Anzeige von Spektren (Cursor- und ROI-Navigation)

2. 6. 9. Alarm-Anzeige

Sobald ein neuer Alarm am Gerät auftritt, schaltet das Gerät automatisch auf die Alarm-Anzeigeseite um. Falls das Display deaktiviert war, wird dieses zugeschaltet. Die Anzeige enthält eine Liste aller vorliegenden Alarme in Form einer Textzeile. Der jeweilige Status eines Alarms ist anhand der Textfarbe mit folgender Zuordnung ersichtlich:

- Rot: Neue Alarme, nur beim ersten Aufruf des Alarm-Menüs
- Gelb: Alarmsituation besteht noch, es erfolgte noch keine Alarmbestätigung
- Grün: Die Alarmsituation besteht noch, der Alarm wurde bereits bestätigt
- Weiß: Die Alarmsituation besteht nicht mehr, es erfolgte noch keine Bestätigung

Die Alarmbestätigung erfolgt mit dem Button „BESTAETIG“. rechts unten in der Anzeige. Mit dem Button ZURUECK kann in das Hauptmenü zurückgekehrt werden. Solange Alarmsituationen bestehen oder noch nicht bestätigte Alarme vorliegen, erscheint oben in der Mitte des Hauptmenüs ein roter Button mit der Aufschrift „ALARM“. Mit diesem kann die Alarm-Anzeigeseite jederzeit aufgerufen werden.

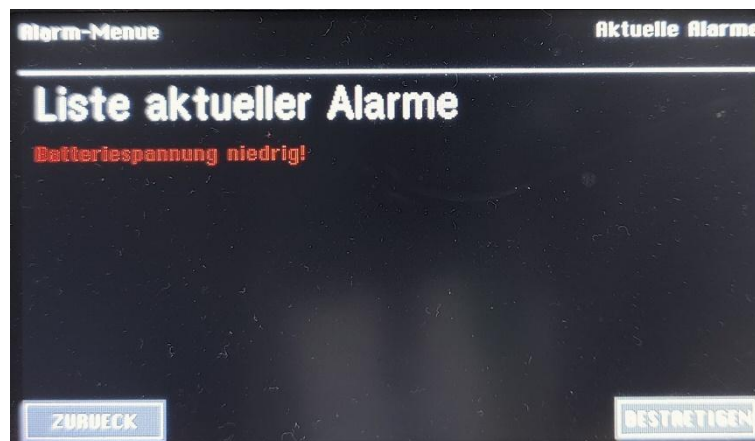


Abbildung 13: Anzeige von Spektren (Cursor-Navigation)

2. 6. 10. Anzeige des Ereignis-Speichers

Die Einträge des Ereignisspeichers können aus dem Hauptmenü heraus über den Button „EREIGNISSE“ angezeigt werden. Die Ausgabe erfolgt chronologisch rückwärts, d.h. das letzte Ereignis steht oben in der Liste. Mit dem Button „MEHR“ Kann die Ereignisliste bis ans Ende gescrollt werden. Die Ereignisse werden als Textmeldung ausgegeben. Bei einigen Ereignisarten enthält der Text Zusatzinformationen hinsichtlich der Herkunft des Ereignisses, z.B. ob das Ereignis per Touch-Screen oder über eine der Kommunikations-Schnittstellen ausgelöst wurde. Bei der Zyklen-Auswahl wird der Index des gewählten Zyklus angegeben. Bei aufgetretenen Alarmen wird eine Bit-Maske angezeigt. Der Index einer Komponente entspricht der Position innerhalb der Bit-Maske. Ein gesetztes Bit (eine „1“ wird angezeigt) signalisiert die Herkunft des oder der aufgetretenen Alarme. Mit dem Button „ZURUECK“ gelangt man ins Hauptmenü.

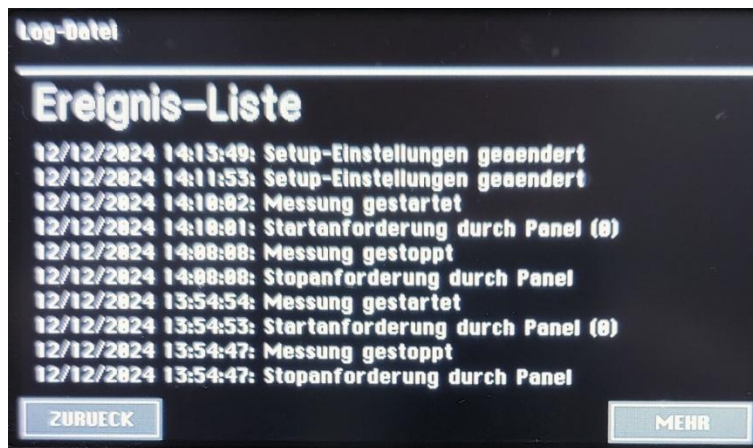


Abbildung 14: Anzeige von Ereignissen

2. 7. Geräte-Setup (Zeitschaltuhr, Synchronstart, Displayabschaltung)

2. 7. 1. Zeitschaltuhr

Mittels integrierter Zeitschaltuhr kann die 12VDC Systemspannung für einen bestimmten Zeitraum an einen externen Verbraucher (z.B. Relais, Magnetventil, Modem etc.) geschaltet werden. Der maximale Strom darf dabei 400mA nicht überschreiten.

Die geschaltete Spannung liegt an der Buchse „AUX2“ an. Der Zeitschalter kann in zwei Modi („Clock Switch Mode“) betrieben werden:

1. Schaltuhr

In diesem Modus werden zwei Tageszeiten jeweils zum Ein- bzw. Ausschalten vorgegeben. Der Schaltvorgang erfolgt dann täglich zu diesen Zeiten. Als Zeitbasis dient die interne Echtzeituhr des Gerätes.

2. Periodischer Timer

Hier können jeweils eine Periode für den eingeschalteten und ausgeschalteten Zustand sowie eine zusätzliche Einschaltverzögerung definiert werden. Die Timer-Funktion wird mit dem Start einer Messung synchronisiert. Nach dem Start wird zunächst die Zeitspanne der Einschaltverzögerung abgewartet (kann auch auf 0 gesetzt werden). Danach wird die Spannung für die Einschaltperiode zugeschaltet und nach deren Ablauf für die Ausschaltperiode abgeschaltet. Dieser Vorgang wird bis zum Ende der Messung periodisch wiederholt. Soll die Zeitschaltuhr nicht verwendet werden, so kann sie über die Auswahl der Betriebsmodi deaktiviert werden.

2. 7. 2. Synchronstart zu festgelegter Tageszeit

Müssen mehrere Messgeräte an verschiedenen Standorten synchronisiert werden, so empfiehlt sich die Verwendung der Synchron-Start Funktion. Es kann eine Tageszeit eingestellt werden, zu welcher der aktuell gewählte Messzyklus automatisch gestartet wird. Als Zeitbezug dient die interne Echtzeituhr des Gerätes. Die Uhren aller zu synchronisierenden Geräte sollten vorher auf eine einheitliche Zeit gestellt werden.

2. 7. 3. Abschaltintervall für Display

Zur Reduzierung des Stromverbrauches wird das Display nach einer einstellbaren Zeitspanne (beginnend von der letzten Bedienung per Touchscreen) deaktiviert. Die Zeitspanne kann von 1 bis 255 Sekunden eingestellt werden.

2. 8. Der integrierte GPS Empfänger

Das Gerät ist mit einem GPS Empfänger ausgerüstet. Die Koordinaten (Längengrad, Breitengrad), die Meereshöhe und die der Positionsbestimmung zugrunde liegende Abweichung werden für jeden Datensatz gespeichert. Diese Informationen werden am Gerätedisplay (Menü für Intervalldaten) angezeigt.

Wird das Gerät innerhalb eines Messintervalls bewegt, so wird der zeitgewichtete geographische Mittelpunkt gespeichert. Alle 5 Sekunden wird die aktuelle Position ermittelt und daraus die Mittelwerte für Längen- und Breitengrad sowie die Meereshöhe für das gesamte Messintervall berechnet.

Die angegebene Abweichung ist ein Indikator für die der Positionsbestimmung zugrunde liegende Navigationsgenauigkeit (Satelliten-Signal). Die tatsächliche Abweichung kann größer sein.

Koordinaten werden am Gerät in Dezimalgrad (max. 6 Nachkommastellen) jeweils mit Angabe der Himmelsrichtung angezeigt.

Ist die Empfangsqualität zu schlecht, erscheint am Display anstelle der Koordinaten die Ausschrift „No signal“. Nach dem Starten einer Messung benötigt das Modul einige Minuten bis alle für die Navigation verfügbaren Satelliten erfasst worden sind.

3. Sensoren und Aktoren im RTM 2300

Im Folgenden werden die im Gerät verfügbaren Sensoren, ihre Zuordnung zu den DACM32 Komponenten sowie die aus den Sensorsignalen generierten Messwerte beschrieben. Auf die Konfiguration der jeweiligen Komponenten wird nicht explizit eingegangen, da diese vom Hersteller für das Gerät definiert wurden. Im Text werden die eindeutigen Komponentennamen sowie, in Klammern gesetzt, die Alias-Namen der Komponenten angegeben. Beide Namen werden nach Bedarf auf den verschiedenen Anzeigeseiten verwendet.

3. 1. Radonmessung, Temperatur und relative Luftfeuchte

Das Gerät besitzt eine interne Radon-Messkammer als Teil eines geschlossenen Luftkreislaufes zwischen den beiden Schlauchnippeln „IN und „OUT“. Die Messluft wird von einer geregelten Pumpe mit konstantem Volumenstrom durch den Luftkreislauf gepumpt.

3. 1. 1. Messprinzip

Die Radon Aktivitätskonzentration wird anhand der in der Messkammer des Gerätes entstehenden kurzlebigen Radon- Folgeprodukte bestimmt. Bereits in der Messluft enthaltene Folgeprodukte werden durch ein Filtersystem zurückgehalten. Direkt nach dem Zerfall des Radons (Alpha-Strahler) liegt das verbleibende Po-218 Atom als positives Ion vor, da durch das emittierte Alphateilchen Elektronen aus der Atomhülle gerissen werden. Diese Ionen werden durch ein zwischen Kammerwand und Detektor angelegtes elektrostatisches Feld auf der Oberfläche des Halbleiterdetektors abgeschieden. Die Anzahl der pro Zeiteinheit gesammelten Po-218 Ionen ist der Radonkonzentration in der Messkammer proportional.

Po-218, ebenfalls ein Alpha Strahler, zerfällt mit einer Halbwertszeit von 3,097 Minuten auf der Oberfläche des Detektors, von welchem 50 % der Zerfälle (Halbraum) registriert werden. Das Aktivitätsgleichgewicht zwischen Radon und Po-218 ist nach ca. 5 Halbwertszeiten, also etwa 15 Minuten erreicht. Dadurch wird die schnellstmögliche Ansprechzeit des Gerätes bezüglich einer sprunghaften Änderung der Radonkonzentration bestimmt.

Entsprechend der Zerfallsreihe setzt sich der radioaktive Zerfallsprozess mit den beiden Beta-Emittern Pb-214 und Bi-214 und dem darauffolgenden Alpha-Zerfall des daraus entstehenden Po-214 fort. Daraus folgt, dass jeder Po-218 Zerfall ein weiteres Mal durch den Zerfall von Po-214 am Detektor sichtbar wird. Dieser erfolgt durch die Halbwertszeiten der dazwischenliegenden Nuklide allerdings verzögert, so dass sich das Aktivitätsgleichgewicht zwischen Po-218 und Po-214 erst nach ca. 2 Stunden einstellt.

Die Emissionsenergien von Po-218 und Po-214 sind verschieden, so dass beide Nuklide mittels Alpha-Spektroskopie separiert werden können.

Spektroskopisch arbeitende Monitore bieten die Auswahl zwischen zwei Berechnungsarten für die Radonkonzentration. Im sogenannten „Slow-Mode“ werden sowohl das Po-218 als auch das Po-214 in die Berechnung einbezogen, während im „Fast-Mode“ lediglich das „schnelle“ Po-218 verwendet wird. Der Vorteil des „Fast-Mode“ ist die schnelle Ansprechzeit hinsichtlich auftretender Konzentrationsänderungen während im „Slow-Mode“ die Sensitivität (detektierte Zerfälle pro Zeit und Radonkonzentration) verdoppelt wird. Die erhöhte Sensitivität reduziert den statistischen Fehler der Messung, welcher direkt durch die Anzahl der innerhalb der Messung registrierten Zerfälle definiert wird.

Im Falle von Thoron (Rn-220) erfolgt die Messung ausschließlich anhand des direkten Folgeproduktes Po-216. Der Abscheidungsprozess ist identisch zum Po-218. Da die Halbwertszeit von Po-216 unter einer

Sekunde liegt, ist der Gleichgewichtszustand zwischen Thoron und Po-216 Aktivitätskonzentration faktisch sofort gegeben und damit der Messwert umgehend verfügbar.

Die Halbwertszeit des Po-216 Folgeproduktes Pb-212 ist mit mehr als zehn Stunden für eine einigermaßen zeitnahe Messung zu lang, so dass die entstehenden Alpha-Emitter Po-212 und Bi-212 zwar detektiert, nicht aber zur Konzentrationsbestimmung verwendet werden. Die Thoron-Folgeprodukte werden ebenfalls mittels Alpha-Spektroskopie separiert.

Durch Wassermoleküle in der Messkammer kann ein Teil der Po-218 Ionen rekombinieren bevor sie den Detektor erreichen. Daraus resultiert eine Abhängigkeit der Sensitivität von der Luftfeuchte, die einer entsprechenden Kompensation bedarf. Aus diesem Grund befindet sich im internen Luftkreislauf des Gerätes ein Temperatur-/Feuchtesensor, der die Luftfeuchte in der Messkammer bestimmt.

3. 1. 2. DACM32-Komponenten zur Radonmessung

Das verstärkte Signal des Halbleiterdetektors ist mit dem Eingang der Spektrometer-Komponente SPEC1 (Radon) verbunden. Diese registriert separat die Zählraten der einzelnen Radon-Folgeprodukte Po-218 (für „Fast Mode“), Po-218 + Po-214 (für „Slow-Mode“) und Po-216 (für Thoron). Für die Feuchtemessung wird die Komponente I2C1 (SHT21) verwendet, die einen digitalen Feuchte/Temperatursensor integriert. Die Berechnung der Radonkonzentration aus Zählrate und Feuchtemesswert erfolgt mittels dreier Kalkulator-Komponenten: CALC1 (Radon(fast)), CALC2 (Radon (slow)) und CALC3 (Thoron).

3. 1. 3. Anzeige der Messwerte für Radon, Temperatur und Feuchte

Zur Berechnung eines Radon-Messwertes wird ein Alpha-Spektrum benötigt, welches über den Zeitraum des Messintervalls akquiriert wird und erst an dessen Ende zur Verfügung steht. Die berechneten Radon-Messwerte (CALC1/2/3) werden demzufolge nur auf der Anzeigeseite für Intervalldaten ausgegeben. Um die Akquise auch während eines Intervalls sichtbar zu machen, werden auf der Anzeigeseite für aktuelle Daten die auflaufenden Gesamtzählimpulse der Spektrometer-Komponente SPEC1 dargestellt. Temperatur- und Feuchtwerte werden sowohl als aktueller Messwert als auch als Mittelwert ausgegeben. Hinweis: Da Temperatur und Feuchte im Luftkreislauf gemessen werden, sind die Messergebnisse nur bedingt zur Charakterisierung der Umgebungsbedingungen geeignet. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Messluft von anderer Stelle angesaugt wird oder das Gerät erwärmt wird (z.B. durch Sonneneinstrahlung oder auch während des Akku-Ladevorganges).

3. 2. Durchflussmessung, Durchflussregelung und Pumpenstrom

Für eine reproduzierbare Messung von Radonfolgeprodukten und anderen radioaktiven Aerosolen gewährleistet ein konstanter Durchfluss sowohl eine gleichbleibende Sensitivität als auch gleichbleibende Anströmverhältnisse. Letzteres ist notwendig, um variable Partikelgrößenabhängige Sammelverluste zu vermeiden. Der Luftstrom wird mittels geräteinterner Pumpe erzeugt.

3. 2. 1. Funktionsprinzip

Die Durchflussmessung erfolgt mit einem kalorimetrischen Massendurchfluss-Sensor. Dieser dient gleichzeitig als Istwert-Geber für die Durchflussregelung. Ein Massendurchfluss-Sensor misst stets die Luftmenge die unter Standardbedingungen das angezeigte Volumen einnehmen würde. So muss z.B. bei einem 10% geringeren Umgebungsdruck der Volumenstrom um ebenfalls 10% erhöht werden, um denselben Luftmengenstrom zu erreichen. Der Durchfluss-Sensor wird als Teil des internen Luftkreislaufes von der Messluft durchströmt. Der Regelkreis erhöht oder verringert den Pumpendurchfluss sukzessive, wenn der Messwert des Sensors nach oben oder unten vom Nenndurchfluss (Sollwert) abweicht. Bei zu stark beladenem Filter erreicht die Pumpe ihre maximale

Leistung, so dass bei weiterer Verschmutzung der Nenndurchfluss nicht mehr erzielt werden kann. Deshalb wird vom Alarmsystem des Gerätes bei 80% der Pumpenleistung ein Warnsignal generiert. Jede Pumpe ist eine mechanische Komponente, die einem Verschleiß unterliegt. Am Ende der Lebensdauer oder einem Defekt kann der Betriebsstrom der Pumpe bis hin zu einem Kurzschluss stark ansteigen. Zum Schutz der Elektronik wird vom Gerät der Pumpenstrom überwacht und die Messung durch das Alarm-System bei Überschreitung eines Grenzwertes abgebrochen.

3. 2. 2. DACM32-Komponenten für den internen Luftkreislauf

Der Ausgang des Durchfluss-Sensors ist mit dem Analogeingang AIN6 verbunden, die Signale für Pumpenstrom und Pumpenspannung mit den Analogeingängen AIN6 und AIN7. Die Steuerung der Pumpleistung erfolgt mittels Regler-Komponente REG1. Die Regler-Komponente generiert eine Steuerspannung, mit der die Pumpenleistung variiert werden kann.

3. 2. 3. Anzeige der Messwerte des Luftkreislaufs

Der aktuelle Durchfluss-Messwert (AIN6) und der Pumpenstrom (AIN7) werden in der entsprechenden physikalischen Einheit angezeigt. Die Pumpenspannung (AIN8) dient als Indikator der benötigten Pumpleistung und damit des Zustandes des Filters. Die maximal mögliche Pumpenspannung bestimmt die maximale Pumpenleistung und damit die Regelgrenze für den Durchfluss. Die Regelgrenze wird mit einer Filterbelegung von 100% gleichgesetzt. Ein neuer Filter würde theoretisch einer Filterbelegung von 0% entsprechen. Der untere Wert wird jedoch werkseitig auf 15% eingestellt, da die benötigte Pumpleistung abhängig von den Umgebungsbedingungen und Filter in gewissen Grenzen variieren kann. Angezeigt wird am Gerät anstelle der Pumpenspannung die Filterbelegung in Prozent. Jeder Messwert des Luftkreislaufs besitzt eine eigene Anzeigeseite.

3. 3. Barometrischer Druck, Differenzdruck (Option bei Version „Standard“)

Das Gerät besitzt standardmäßig einen Sensor zu Messung des barometrischen Drucks sowie optional eine Differenzdrucksensor für kleine Differenzdrücke. Beim Standardgerät ist das Druck-Terminal des Sensors an das mit „p“ bezeichnete mittlere Schlauchnippel des Gerätes angeschlossen. Ist der Differenzdruck-Sensor vorhanden, so ist das Unterdruck-Terminal des Sensors mit dem Schlauchnippel verbunden. Die nicht angeschlossenen Terminals sind offen, d.h. sie sind mit dem Umgebungsdruck beaufschlagt. Hinweis: Die an das Schlauchnippel „p“ angelegten Drücke dürfen die im Datenblatt angegebenen maximal zulässigen Druckwerte nicht überschreiten.

Für den barometrischen Drucksensor wird die Komponente I2C2 verwendet, für den optionalen Differenzdrucksensor je nach Konfiguration der Analogeingang AIN5 oder die Komponente I2C3. Die Druckwerte werden jeweils auf einer eigenen Anzeigeseite dargestellt.

3. 4. Bodenluftmessungen (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)

Bei Bodenluftmessungen wird neben der Radonkonzentration in der Bodenluft auch die Gasdurchlässigkeit (Permeabilität) des Bodens bestimmt. Aus diesen beiden Größen kann das vorhandene Radonpotential abgeleitet werden. Die Bodenluftmessung kann entweder kontinuierlich erfolgen oder als Einzelmessung nach einem definierten Schema durchgeführt werden. Für beide Varianten stehen entsprechende Messzyklen zur Verfügung. Die Einzelmessung beinhaltet neben der Messung von Radonkonzentration und Permeabilität auch die notwendige Frischluftspülung der Messkammer sowie eine parallele Messung der CO₂ Bodenluft-Konzentration zur Qualitätssicherung.

3. 4. 1. Messung der Boden-Permeabilität - Funktionsprinzip

Die Bestimmung der Boden-Permeabilität beruht auf der Messung der durch einen Volumenstrom generierten Druckdifferenz zwischen einem Probenvolumen (Bodensonde) und der freien

Atmosphäre. Bei einer Permeabilitätsmessung wird vom Gerät ein definierter (geregelter) Volumenstrom erzeugt und gleichzeitig der Differenzdruck gemessen. Um einen möglichst großen Messbereich für die Permeabilität abzudecken, wurden zwei Differenzdrucksensoren implementiert. Der erste Sensor besitzt einen Messbereich von 1000hPa und eignet sich zur Messung einer geringen Permeabilität. Der zweite Sensor mit einem Messbereich von 10hPa ermöglicht die genaue Messung eines geringen Differenzdrucks, welcher bei hoher Permeabilität zu erwarten ist. Im Gerät sind jeweils Messzyklen für hohe und geringe Permeabilität definiert, welche alternativ verwendet werden. Diese unterscheiden sich neben der Wahl des Differenzdrucksensors durch den erzeugten Volumenstrom, der bei dem Zyklus für eine höhere Permeabilität größer ist.

Neben den Messwerten für Volumenstrom und Differenzdruck geht die vom jeweiligen Hersteller angegebene Gerätekonzstante der verwendeten Bodensonde in die Berechnung der Permeabilität ein.

3. 4. 2. DACM32-Komponenten für die Bodenluftmessung

Die Radonmessung und die Regelung des Volumenstromes wurden bereits in den vorherigen Abschnitten beschrieben. Achtung: Bei Einzelmessungen ist stets der Messwert „Radon (fast)“ als Ergebnis zu verwenden! Der 10hPa Differenzdrucksensor wird über die Komponente I2C3 und der 1000hPa Sensor über die Komponente I2C4 eingebunden. Die Druckterminals beider Sensoren sind intern über einen Schlauch mit dem mit „p“ bezeichneten Schlauchnippel an der Frontplatte des Gerätes verbunden. Der CO₂ Sensor ist fest im Gerät eingebaut und Teil des internen Luftkreislaufes. Er erhält seine Versorgungsspannung über den Schaltausgang DOUT3 und das Ausgangssignal ist an die Analogeingänge AIN5 und AIN6 angeschlossen. Die beiden Analogeingänge werden im speziellen Bodenluft-Messzyklus zu unterschiedlichen Zeiten aktiviert, so dass für eine Bodenluftmessung jeweils ein Messwert am Beginn und Ende des Zyklus zur Verfügung steht. Die Spülung der Messkammer erfolgt durch interne Ventile. Anstelle der Bodenluft über das Schlauchnippel „IN“ wird die radonarme Luft aus dem Geräteinneren angesaugt. Die Steuerung der Ventile erfolgt über den Schaltausgang DOUT5. Für die Berechnung der Permeabilität werden die Komponenten CALC4 (Berechnung mit 10hPa Sensor) oder CALC5 (1000hPa Sensor) verwendet.

3. 4. 3. Anzeige der Bodenluft-Messwerte

Neben den Radon-Messwerten erscheinen in der Messwertanzeige auf verschiedenen Anzeigeseiten der Differenzdruck, die ermittelte Permeabilität und die CO₂ Konzentration. Für die Permeabilität werden zwei Werte angegeben, da diese jeweils für die Ergebnisse beider Differenzdrucksensoren berechnet wird. Der Zusatz „LO“ wird für das Ergebnis unter Verwendung des 1000hPa Sensors und „HI“ für das Ergebnis unter Verwendung des 10hPa Sensors angegeben. Bei der Anzeige der Differenzdruck Messwerte erscheint als Zusatz der jeweilige Messbereich des Sensors (10hPa bzw. 1000hPa).

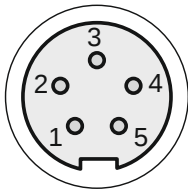
3. 5. Warn- Und Alarmleuchten

Das Grundgerät besitzt eine mit „!“ bezeichnete Signal-LED direkt über der „WAKE“-Taste. Diese leuchtet sowohl bei Warnungen als auch bei aufgetretenen Alarmen. Die Signal-LED ist mit dem Schaltausgang DOUT8 verbunden. An die Buchse „AUX2“ können zwei zusätzliche Signalleuchten angeschlossen werden. Auf Wunsch wird eine Signalsäule (gelb/rot kombiniert) mitgeliefert oder es können zwei separate Signalleuchten (gelb und rot) auf dem Deckel des Messkoffers montiert werden. Die gelbe Leuchte signalisiert Warnungen bezüglich des Betriebszustandes des Gerätes (DOUT1), während die rote Leuchte (DOUT2) radiometrischen Alarmen zugeordnet ist.

3. 6. Die Steckverbinder „AUX1“ und „AUX2“

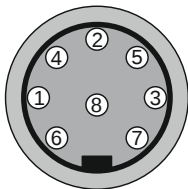
Die beiden Zubehörsteckverbinder ermöglichen den Anschluss von externen Sensoren und Aktoren sowie Zubehör für spezielle Messaufgaben. Achtung: Es dürfen ausschließlich von SARAD gelieferte Komponenten an die beiden Buchsen angeschlossen werden. Bei fehlerhafter Verwendung können Teile der Geräte-Elektronik beschädigt werden.

Die Buchse „AUX1“ ist für vorrangig für den Anschluss von Strahlensensoren vorgesehen, während über die Buchse „AUX2“ die Anschlüsse verschiedener DACM32-Komponenten nach außen geführt werden. Die folgenden Tabellen zeigen die Buchsen-Belegung und die Verwendung der Signale im RTM 2300.



Buchse „AUX1“ (Binder Serie 712, 5-polig), Ansicht von vorn auf Buchse

Pin	Signal	Verwendung
1	CMP1/CNT1	Komparator/Zähler-Kombination, für optionales Zubehör
2	V+	4,7V Versorgungsspannung für Strahlen-Detektoren
3	CMP2/CNT2	Komparator/Zähler-Kombination, für optionales Zubehör
4	BIAS	Bias-Spannung
5	GND	Bezugspotential



Buchse „AUX2“ (Binder Serie 680 – DIN 8-polig), Ansicht von vorn auf Buchse

Pin	Signal	Verwendung
1	DOUT1	Schaltausgang für optionales Zubehör, Steuerung durch das Alarm-System, im Falle der Aktivierung wird eine Spannung von +12VDC angelegt
2	AIN1	Analogeingang für optionales Zubehör
3	AGND	Bezugspotential für AIN1, AIN2 und DIN1
4	DOUT2	Schaltausgang für optionales Zubehör, Steuerung durch das Alarm-System, im Falle der Aktivierung wird eine Spannung von +12VDC angelegt
5	AIN2	Analogeingang für optionales Zubehör
6	Clock-Switch	Schaltausgang der Zeitschaltuhr, im Falle der Aktivierung wird eine Spannung von +12VDC angelegt
7	PGND	Bezugspotential für +12VDC
8	DIN1	Digitaler Statuseingang für optionales Zubehör

4. RTM 2300 Gerätekonfiguration

4.1. Vordefinierte Messzyklen

Im Auslieferungszustand sind folgende Messzyklen im Gerät gespeichert:

Zyklusname	Beschreibung
Radon 15min	Kontinuierliche Radonmessung mit 15 Minuten Messintervall
Radon 30min	Kontinuierliche Radonmessung mit 30 Minuten Messintervall
Radon 1h	Kontinuierliche Radonmessung mit 1 Stunde Messintervall
Radon 2h	Kontinuierliche Radonmessung mit 2 Stunden Messintervall
Bodenluft Einzel *	Einzelmessung für Bodenluft
Bodenluft 15min *	Kontinuierliche Bodenluftmessung mit 15 Minuten Messintervall
Bodenluft 1h *	Kontinuierliche Bodenluftmessung mit 1 Stunde Messintervall
Signal-Test	Test der Signal LED „!“ und wenn vorhanden der externen Signalleuchten (Blinken)

*) nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“

Weitere Messzyklen werden ab Werk vordefiniert, wenn entsprechendes Zubehör mit dem Gerät bestellt wurde. Wird das Zubehör später bestellt, so werden die erforderlichen Zyklus- und Konfigurationsdateien Dateien mitgeliefert.

4.2. Vordefinierte Warnungen und Alarmer

Die DACM32 Plattform bietet ein äußerst flexibles Alarmsystem, mit dessen Hilfe beliebige anwenderspezifische Alarmer und Warnungen generiert werden können. Folgende Alarmer sind im Auslieferungszustand konfiguriert:

Messwert (Alarm-Quelle)	Hinweis	Signal	Alarmermeldung
Pumpenregler (AIN8)	Pumpenleistung >80%	LED Frontplatte, ext. gelbe Leuchte	„Luftetritt blockiert oder Wassereintrittsschutz!“
Batteriespannung (BATT)	Batteriespannung kleiner 11,6V	LED Frontplatte, ext. gelbe Leuchte	„Batterie entladen, bitte laden!“
Pumpenstrom (AIN7)	Pumpenstrom >300mA	Messung wird sofort gestoppt	Messung wird sofort gestoppt, Alarm im Ereignisspeicher ablesbar
Differenzdruck (I2C4)	Differenzdruck höher als Messbereich des Sensors	LED Frontplatte, ext. gelbe Leuchte	„Überschreitung 10hPa Messbereich!“
Radonkonzentration (SPEC1)	Prüfung am Ende des Messintervalls	LED Frontplatte, ext. rote Leuchte	„Radon Grenzwert überschritten“
Feuchtesensor (I2C2)	Feuchte im internen Luftkreislauf >96%	LED Frontplatte, ext. rote Leuchte	„Gefahr von Kondensation“

Hinweis: Die Alarmprüfung erfolgt nur, wenn die Komponente, welche den Messwert liefert im Messzyklus aktiviert ist. Bei der Definition von eigenen Messzyklen ist darauf zu achten, dass alle in der Tabelle eingetragenen Komponenten aktiviert werden.

Unabhängig vom Alarmsystem erfolgt eine Überwachung der Batteriespannung. Bei einer Spannung von 11,2V wird die Messung automatisch ohne zusätzliche Signalisierung gestoppt. Im Ereignisspeicher erfolgt ein entsprechender Eintrag.

Die Alarmsignalisierung mit gelber und roter externer Leuchte ist nur aktiviert, wenn das Gerät mit einem Messkoffer oder einer Lichtsäule geliefert wird (Zubehör).

5. Wichtige Hinweise zum Betrieb des Gerätes

5. 1. Erschütterungen und starke elektromagnetische Felder

Andauernde starke mechanische Erschütterungen und Vibrationen können aufgrund des piezoelektrischen Effektes das Detektorsignal beeinflussen und müssen vermieden werden. Das Gerät sollte nicht in unmittelbarer Nähe von starken und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern betrieben werden (z.B. Platzieren des Gerätes auf Starkstromschaltanlagen oder Ablegen von Mobiltelefonen auf das Gerät).

5. 2. Aggressive Gase

Bedingt durch das Funktionsprinzip kommen alle Sensoren, die Halbleiterdetektoren und mechanische Komponenten mit der Messluft in Berührung. Aggressive Gase können die sensitiven Oberflächen der Sensoren/Detektoren oder Kontaktsysteme beschädigen oder zerstören. Dies kann zu Messfehlern oder zur Funktionsuntüchtigkeit führen. Der Einsatz des Gerätes bei Vorhandensein aggressiver Gase ist zu vermeiden.

5. 3. Umgebungsbedingungen

Die im Datenblatt angegebenen Umgebungsbedingungen müssen eingehalten werden. Außerhalb der angegebenen Grenzen können Messwerte verfälscht oder die Funktionalität des Gerätes eingeschränkt werden. Muss das Gerät unter derartigen Bedingungen eingesetzt werden, sollte eine Rücksprache mit dem Hersteller erfolgen.

5. 4. Prüfung der Alpha-Spektren

Die Aufzeichnung und Anzeige der Alpha-Spektren ist das mächtigste Instrument zur Qualitätssicherung einer Radon- und Folgeprodukt-Messung. Sowohl die Radon-Messkammer als auch der Folgeprodukt-Messkopf liefern charakteristische Energiespektren, die der Anwender schon nach kurzer Zeit sicher bewerten kann. Alle Radon- und Thoron-Folgeprodukte generieren charakteristische Peaks im Spektrum an deren Form und Position die einwandfreie Funktion des Gerätes erkennbar ist. Weniger erfahrene Anwender sollten sich die ersten Messergebnisse nach Auslieferung des Gerätes abspeichern, so dass später „Referenz-Spektren“ zum Vergleich vorhanden sind. Ein kurzer Blick auf die akquirierten Alpha-Spektren sollte stets zu einer guten Messpraxis gehören.

5. 5. Vermeidung von Kondensation

Die Bildung von Kondenswasser im Gerät muss vermieden werden. Kondensat kann entstehen, wenn die Temperatur des Geräts unter der Temperatur der Messluft liegt und bei Abkühlung der Taupunkt überschritten wird. Typische Szenarien sind Bodenluftmessungen im Winter oder sofortige Messung in feuchten, warmen Räumen nach Transport bei niedrigen Temperaturen. In solchen Fällen muss das Gerät vor dem Einsatz ausreichend temperieren. Eine Beschädigung des Gerätes ist nicht zu erwarten aber die Messung kann dadurch beeinträchtigt werden. Wenn z.B. bei stationärer Installation ständige Temperaturwechsel bei feuchten Umgebungsbedingungen zu erwarten sind, ist das Vorschalten einer Kühl- und Kondensationsvorrichtung oder die Platzierung des Gerätes in einem beheizten Messschrank erforderlich. Je nach Gerätetyp werden Drehschieberpumpen zur Erzeugung des Luftstroms verwendet. Die Oberflächen der Verdichter können bei vorhandener Oberflächenfeuchte korrodieren, was zu verminderter Pumpleistung oder zur Funktionsuntüchtigkeit führen kann. Nach Messungen unter feuchten Bedingungen sollte eine fünfzehnminütige Messung in trockener Umgebung durchgeführt werden, um die evtl. vorhandene Feuchte aus dem internen Luftkreislauf zu entfernen.

5. 6. Wassereintrittsschutz

Speziell bei der Messung von Bodenluft oder Wasserproben ist darauf zu achten, dass kein Wasser in den internen Luftkreislauf gelangen kann. Die Leistung der Pumpe ist hinreichend, um auch aus tieferen Probenbohrungen Wasser anzusaugen. Alle Sensoren kommen in diesem Fall direkt mit Wasser in Berührung. Aus diesem Grund muss stets der Wassereintrittsschutz verwendet werden, der bei den Geräteversionen „Soil Gas“ und „ULTRA“ im Lieferumfang enthalten und für das Standardgerät als Zubehör erhältlich ist. Dieser besteht aus einem Behälter mit Schwimmerschalter, der zwischen die Probenahme-Einrichtung und den Lufteintritt des Gerätes eingefügt wird. Der Schwimmerschalter schaltet bei Wassereintritt die Pumpe über eine zusätzliche Buchse am Gerät ab. Hinweis: Der Behälter muss stets senkrecht, d.h. mit nach oben zeigenden Anschlüssen verwendet werden (bei Geräten mit Halteklemme für den Wassereintrittsschutz ist das Gerät in der entsprechenden Position zu betreiben). Es empfiehlt sich vor jedem Einsatz eine Funktionsprüfung vorzunehmen. Dazu ist eine Testmessung zu starten anschließend der leere Behälter mit den Anschlüssen nach unten zu drehen. Die Pumpe muss sofort stoppen.

Wurde versehentlich Wasser angesaugt, so ist zunächst die Schlauchverbindung vom Behälter zum Lufteintritt zu lösen. Danach werden der zweite Schlauch vom Behälter und das Anschlusskabel vom Gerät abgezogen. Nun kann der Behälter aus der Halterung gezogen, aufgeschraubt (Deckel gegen den Uhrzeigersinn drehen) und entleert werden. Die Oberflächen sollten mit einem Tuch getrocknet werden. Eventuell in den Schläuchen enthaltenes Wasser ist ebenfalls zu entfernen. Beim Verschließen des Behälterdeckels ist auf den korrekten Sitz der Gummidichtung zu achten. Die Dichtheit des Behälters sollte geprüft werden.

5. 7. Filter am Lufteintritt des Gerätes

Der interne Gaskreislauf enthält einen mehrstufigen Filter, damit in der Messluft bereits enthaltene Radonfolgeprodukte nicht in die Radon-Messkammer gelangen können. Dieser Filter ist von außen nicht zugänglich und ist normalerweise wartungsfrei. Dies setzt voraus, dass Staub und andere Partikel bereits vorher aus der Messluft entfernt werden. Dazu wird an den Lufteintritt des Gerätes der mitgelieferte Spritzen-Filter angeschlossen. Dieser ist zu wechseln, wenn deutliche Verschmutzungen erkennbar sind oder die benötigte Pumpleistung stark erhöht ist. Der Filter kann entfallen, wenn der als Zubehör erhältliche Folgeprodukt-Messkopf verwendet wird.

5. 8. Akku

Die Lebensdauer des eingebauten Akkus verringert sich, wenn dieser tiefentladen wird oder über längere Zeit in entladener Zustand gelagert wird. Auch ein stets vollständig geladener Akku vermindert dessen Lebensdauer. Aus diesem Grund sollte der Akku aller drei Monate einem Lade- bzw. Entladezyklus unterzogen werden. Dies gilt auch, wenn das Gerät über längere Zeit nicht verwendet wird (der Akku unterliegt einer geringen Selbstentladung, d.h. er verliert Kapazität auch wenn kein Strom entnommen wird). Vor längerer Nichtverwendung des Gerätes sollte der Akku bis auf ca. 13V geladen, das Gerät ausgeschaltet und die Sicherung entfernt werden. Hinweis: Eine Tiefentladung des Akkus führt in der Regel zu einem Defekt. Dieser wird vom Ladegerät erkannt, so dass der Ladevorgang nicht gestartet wird.

5. 9. Hinweise zur Bodenluftmessung (Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)

Bodenluftmessungen dienen vorrangig der Abschätzung der möglichen Radonbelastungen von neu zu errichtenden Bauwerken. Anhand der Ergebnisse einer solchen Messung können Entscheidungen über notwendige Radon-Schutzmaßnahmen schon vor Baubeginn getroffen werden.

5. 9. 1. Radon-Potential und Radon-Index

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. Für die Radonmessung ergeben sich durch die Probenahme und unterschiedliche Umgebungsbedingungen während der Messung ebenfalls relativ große Unsicherheiten. Eine Bodenluftmessung kann demzufolge nur der Abschätzung des vorhandenen Radon-Potentials dienen.

Zur Vereinfachung wurden dazu von Neznal [1][2] umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und unter Berücksichtigung der oben genannten Unsicherheiten ein sogenannter Radon-Index eingeführt. 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

5. 9. 2. Messergebnisse und ihre Interpretation

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 ausrüstungsspezifischen Parameter und Naturkonstanten zusammen, so kann man die Gleichung wie folgt schreiben:

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

C Gerätekonstante der Bodenluftsonde

Q im Boden erzeugter Volumenstrom

Δp Druckabfall im Boden zwischen Sonde und Umgebungsluft

Der theoretische Wertebereich der Permeabilität reicht entsprechend dieser Gleichung von Null (vollkommen undurchlässiger Boden) bis unendlich (Durchlässigkeit ähnlich einem freien Luftweg). Mit vertretbarem technischem Aufwand kann nur ein durch die maximale Pumpenleistung und die minimal messbare Druckdifferenz begrenzter Wertebereich bestimmt werden. Um auch bei hoher Permeabilität eine hohe Messgenauigkeit zu erzielen wurde ein zusätzlicher Sensor für sehr kleine Differenzdrücke implementiert. Aus diesem Grund erscheinen am Display und in den Messdaten zwei Werte für die Permeabilität, berechnet mit den Messwerten der beiden Differenzdrucksensoren. Dabei stehen „Permeability HI“ für die Berechnung mit dem Messwert des Sensors für kleine Differenzdrücke und „Permeability LO“ für die Berechnung mit dem Sensor für große Differenzdrücke. Überschreitet der Differenzdruck die jeweiligen Messbereiche der Sensoren, so wird eine Alarmmeldung am Display

ausgegeben. Erscheint keine Meldung, so ist der Messwert „Permeability HI“ zu verwenden. Erscheint die Meldung „Permeability HI außerhalb Messbereich“, so ist als Messergebnis „Permeability LO“ zu verwenden. Wenn außerdem „Permeability LO außerhalb Messbereich“ angezeigt wird, so kann die Permeabilität nicht exakt bestimmt werden. Die tatsächliche Permeabilität ist dann geringer als der angezeigte Wert.

Hinweis: Da der Differenzdruck im Nenner der Berechnungsformel für die Permeabilität steht, kann es bei Messungen ohne messbaren Differenzdruck zur Division durch Null kommen. In diesem Fall wird anstelle des Messwertes „NaN“ (Not a Number) Ausgegeben.

Als Messwert für die Radon-Bodenluftkonzentration wird stets der Messwert „Radon (fast)“ verwendet.

5.9.3. Ablauf einer Einzelmessung und Qualitätssicherung

Für eine Einzelmessung steht ein spezieller der Messzyklus mit einer Messdauer von 20 Minuten zur Verfügung. Am Ende der Messung werden die Messdaten gespeichert und die Ergebnisse können im Menü für Intervalldaten angesehen werden. Während der Messung sind Sensoren und Aktoren zu unterschiedlichen Zeitpunkten aktiv, so dass aktuelle Abtastwerte nicht immer verfügbar sind.

Phase	Dauer	Aktionen
1	5 min	Nominaler Volumenstrom 0,5l/min; Messung mit CO ₂ -Sensor zur Qualitätssicherung - „CO ₂ (Test)“
2	12 min	Abwarten der Ansprechzeit für den Radon Fast-Mode
3	3 min	Beginn Radonmessung; Messung der CO ₂ -Konzentration – „CO ₂ “
4	1 min	Umschalten auf maximalen Volumenstrom
5	1 min	Bestimmung der Permeabilität
6	2 min	Ende der Radonmessung; Kammerspülung

Eine wesentliche Fehlerquelle bei Bodenluftmessungen ist die ungenügende Abdichtung der Bodenluftsonde zum umgebenden Erdreich. Dadurch besteht die Gefahr, einen mehr oder weniger großen Anteil von Frischluft anzusaugen. Als Indikator für ungenügende Dichtung kann der CO₂ Sensor herangezogen werden, da in der Bodenluft in der Regel eine erhöhte CO₂ Konzentration vorhanden ist. Bei hinreichender Abdichtung sollte die CO₂ Konzentration während der gesamten Messdauer auf einem relativ konstanten Wert oberhalb der Frischluftkonzentration verbleiben. Am Anfang der Probennahme wird die CO₂ Konzentration gemessen und sowohl Minimal- als auch Maximalwert ermittelt. Diese stehen am Ende der Messung als Messwert „CO₂ (TEST)“ zur Verfügung. Der Minimalwert sollte im Bereich der Frischluftkonzentration (vorherige Spülung) liegen. Der Maximalwert entspricht der Bodenluftkonzentration vor der Entnahme signifikanter Mengen an Bodenluft. Am Ende des Messzyklus wird die CO₂ Konzentration erneut gemessen und als Messwert „CO₂“ dargestellt. Bei einer korrekten Abdichtung der Bodenluftsonde sollte dieser Messwert etwa dem Maximalwert von „CO₂ (TEST)“ entsprechen.

5.9.4. Kontinuierliche Bodenluftmessung

Mit dem Gerät können kontinuierliche Bodenluftmessungen durchgeführt werden, wofür Messzyklen mit verschiedenen Messintervallen zur Verfügung stehen. Alle Sensoren sind dann permanent aktiv. Bei Bodenluftmessungen über längere Zeiträume ist stets mit Änderungen der Umgebungsparameter zu rechnen. Es besteht die Gefahr, dass nach Regenfällen Wasser angesaugt wird. Kondensation ist zu erwarten, wenn das Gerät abkühlt während der Boden noch feucht und warm ist. Aus diesem Grund

müssen zusätzliche Vorkehrungen getroffen werden. Da diese individuell an die örtliche Situation angepasst werden müssen, sollten unsere Mitarbeiter vorab konsultiert werden.

5. 9. 5. Anschluss der Bodenluftsonde (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)

Bei Bodenluftmessungen ist stets der Wassereintrittsschutz zu verwenden, dessen Luftaustritt direkt mit dem Schlauchnippel „IN“ an der Frontplatte des Gerätes verbunden wird. Am Lufteintritt des Wassereintrittsschutzes muss der mit der Bodensonde mitgelieferte Filter angeschlossen werden (markierte Durchflussrichtung beachten). Dieser besitzt einen geringeren Luftwiderstand als der sonst verwendete Spritzenfilter. In der Schlauchverbindung vom Filter zur Bodenluftsonde befindet sich ein T-Stück, von welchem ein Schlauch zum Schlauchnippel „p“ geführt wird. Um die Messung des Differenzdruckes unabhängig von der Luftzuführung zu gestalten, muss das T-Stück direkt am Luftanschluss der Bodenluftsonde platziert werden.

5. 9. 6. Verwendung 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 Gerät auf das obere 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.

6. Verwendung von Zubehör

6. 1. Zubehöradapter

Für einige externe Komponenten (z.B. Wassereintrittsschutz, Folgeproduktmesskopf) ist es notwendig oder sinnvoll, diese fest mit dem Gerät zu verbinden. Zu diesem Zweck befindet sich an der linken Seitenwand des Gehäuses ein Zubehöradapter. Dieser besitzt eine zentrale Gewindebohrung M6 zur Befestigung und eine Reihe gegenüberliegender Löcher zur Positionierung der Zubehörteile. Die Befestigung erfolgt mit dem zum jeweiligen Zubehör passenden Gegenstück, welches zwei Nasen für die Positionierlöcher und eine zentrale Bohrung zur Befestigung mittels M6 Schraube. Die Positionierlöcher sind so angeordnet, dass eine senkrechte Positionierung in liegender (Rack), stehende Geräteposition (Koffer) als auch bei Verwendung des Aufstellbügels (Tisch) gewährleistet ist. Je nach Lage des Gerätes ist die entsprechende Einstellung durch den Anwender vorzunehmen.

6. 2. Messkoffer für raue Umgebungsbedingungen

Soll das Gerät unter rauen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden, empfiehlt sich der Einsatz des optional erhältlichen Messkoffers. Dieser ist staub- und wasserdicht und besitzt Schlauchanschlüsse, um die Messluft zum und vom Gerät zu transportieren. Die am Koffer angebrachte Buchse für die Stromversorgung erlaubt einen dauerhaften Betrieb des Gerätes bei geschlossenem Koffer (Kabelverlängerung im Koffer muss in die Buchse „DC“ eingesteckt werden). Auf der Oberseite des Kofferdeckels sind je nach Ausführung eine oder zwei Signalleuchten angebracht, um Warnungen und Alarime zu signalisieren. Das Anschlusskabel für die Signalleuchten wird mit der Buchse „AUX2“ an der Gerätefrontseite verbunden. Beim Schließen des Kofferdeckels muss darauf geachtet werden, dass keine Schläuche oder Kabel abgeknickt werden

6. 3. Bestimmung der Radonkonzentration in Wasserproben

6. 3. 1. Messprinzip und Ausrüstung

Die Bestimmung der Radon-Konzentration in Wasserproben basiert auf dem Löslichkeits-Gleichgewicht des Radons zwischen Wasser und Luft. Dieses ist stark von der Temperatur der Medien abhängig und muss bei der Berechnung berücksichtigt werden. Die physikalischen und mathematischen Grundlagen können der Applikationsschrift „Radonmessung in Wasser“ entnommen werden.

Die Radonkonzentration in Wasserproben kann mit dem Gerät und dem als Zubehör erhältlichen Wassermess-System ermittelt werden. Das Wassermess-System besteht aus einer Gaswaschflasche und einem Untersatz mit integriertem optischen Temperatursensor. Das Sensorkabel wird an die Zubehörbuchse „AUX2“ an der Gerätefrontplatte angeschlossen. in welche eine definierte Menge der Wasserprobe eingefüllt wird.

Für die Bestimmung der Radon-Aktivitätskonzentration mit dem vorliegenden Gerät ist ein Wassermess-System als Zubehör erhältlich, welches folgende Komponenten beinhaltet:

- 500ml Gaswaschflasche mit Schlauchadaptern
- Kunststoff-Flaschenhalter mit integriertem Temperatursensor
- Wassereintrittsschutz (falls nicht schon im Lieferumfang des Gerätes)
- Verbindungsschläuche
- Messzyklus als Datei zum Hochladen auf das Gerät

Hinweis: Die Gerätekonfiguration ist für ein Probenvolumen von 500ml ausgelegt. Daraus ergibt sich das verbleibende Luftvolumen im geschlossenen Luftkreislauf. Beide Volumina gehen in die Berechnung ein, so dass die Füllmenge stets eingehalten werden muss und nur die gelieferte Gaswaschflasche verwendet werden darf.

6.3.2. Vorkehrungen gegen Kondensation und Wassereintritt

Um Kondensation im geschlossenen Luftkreislauf zu vermeiden, sollte die Temperatur der Wasserprobe nicht höher als die Umgebungstemperatur des Gerätes sein (eventuell Probe vor der Messung abkühlen lassen). Die relative Feuchte im Luftkreislauf steigt dann bis maximal 95%. Wenn sich aufgrund zu warmer Proben die relative Feuchte im Luftkreislauf dem Taupunkt nähert ($rF > 95\%$), so wird eine Warnmeldung ausgegeben. Die Messung ist dann sofort abubrechen und das Gerät mit Frischluft zu spülen. Kondensation in den Hochspannungsmesskammern kann zu Kriechströmen führen, die das Detektorsignal beeinträchtigen und somit eine korrekte Messung unmöglich machen. Sollte Kondensation im Gerät auftreten, ist dieses umgehend zu trocknen, indem es für längere Zeit mit trockener Luft gespült wird. Danach sollte mittels Testmessung die einwandfreie Funktion des Gerätes geprüft werden (Beurteilung der Form des Alpha-Spektrums).

Bei der Messung von Wasserproben ist unbedingt der Wassereintrittsschutz zwischen Gaswaschflasche und Lufteintritt des Gerätes zu verwenden. Dieser verhindert das Eindringen von Wasser wenn z.B. die Anschlüsse der Gaswaschflasche vertauscht wurden. Der Schwimmerschalter unterbricht sofort die Versorgungsspannung der Pumpe, so dass kein Wasser in das Gerät eindringen kann. Es ist darauf zu achten, dass das Edelstahlgefäß stets senkrecht positioniert sein muss. Je nach Positionierung des Gerätes kann die Position des Gefäßes durch den Zubehöradapter angepasst werden. Wurde versehentlich Wasser angesaugt, so ist wie folgt vorzugehen:

- Schlauchverbindung zum Lufteintritt des Gerätes auf der Geräteseite entfernen
- Messung stoppen (falls nicht bereits automatisch gestoppt)
- Schlauchverbindung zur Gaswaschflasche entfernen
- Steckverbindung des Schwimmerschalters lösen
- Gefäß aus Klemme nehmen und Deckel abschrauben
- Wasser und Feuchtigkeit vollständig aus Gefäß und allen Schläuchen entfernen
- Wassereintrittsschutz wieder installieren. Beim Zuschrauben des Deckels auf korrekten Sitz der Gummidichtung achten)

6.3.3. Durchführung der Messung

Zunächst wird die Messbereitschaft durch Anschließen des Temperatursensor-Kabels an die Buchse „AUX2“ des Gerätes sowie dem Herstellen aller Schlauchverbindungen hergestellt:

- Wassereintrittsschutz → Lufteintritt Gerät
- Luftaustritt Gerät → Gaswaschflasche (Tauchrohr)
- Gaswaschflasche (Flaschenhals) → Wassereintrittsschutz

Hinweis: Die Schlauchanschlüsse des Wassereintrittsschutzes sind vertauschbar. Es dürfen nur die mitgelieferten Schläuche verwendet werden. Andere Materialien (z.B. Silikon) sind permeabel und führen zum Entweichen von Radon während der Messung.

Vor jeder Messung ist das Gerät für mindestens fünf Minuten mit Frischluft zu spülen. Dazu werden die Schlauchverbindungen an der Gaswaschflasche getrennt und ein beliebiger Messzyklus gestartet.

Die Spülung sollte für ca. fünf Minuten an einem Ort mit sehr geringer Radonkonzentration erfolgen, so dass der interne Luftkreislauf des Gerätes frei von Radon ist.

Die Gaswaschflasche kann jetzt mit der vorgegebenen Wassermenge von 500ml befüllt werden. Es ist darauf zu achten, dass bei der Probenahme und Befüllung möglichst wenig Radon entweichen kann (zügiges Befüllen, Vermeidung von großen Kontaktflächen zur Umgebungsluft). Anschließend ist der Deckel mit dem Tauchrohr fest aufzuschrauben. Auf den korrekten Sitz aller Dichtungen ist zu achten. Die Flasche wird nun in den Flaschenhalter eingesetzt und der Messzyklus „Radon in Wasser“ am Gerät gestartet. Nach dem Ende des Messzyklus wird die berechnete Radon-Aktivitätskonzentration gespeichert und steht als Messwert „Radon in Wasser“ am Display zur Verfügung.

6.3.4. Messzyklus und verwendete Komponenten

Für die Messung wird ein Durchfluss von 1l/min gewählt, um einen möglichst schnellen Transfer des Radons vom Wasser in die Luft zu erzielen. Das Konzentrations-Gleichgewicht zwischen Wasser und Luft wird nach ca. 20 Minuten erreicht. Da die Transfer-Zeitkonstante etwas über der Ansprechzeit des Gerätes im Radon - „Fast Mode“ liegt, kann ab der 21. Minute mit der eigentlichen Radon-Messung begonnen werden. Ab diesem Zeitpunkt wird auch die Temperatur erfasst, da sich die Temperaturen von Luft und Wasser in der Flasche angeglichen haben. Die Dauer der Radon-Messung beträgt 10 Minuten, so dass eine Zyklusdauer von insgesamt 30 Minuten ergibt.

Der Signalausgang des Temperatursensors ist mit dem Analogeingang AIN2 verbunden. Die Versorgungsspannung des Sensors (+12V) erfolgt über den Schaltausgang DOUT2. Da der Sensor ca. 10 Minuten Aufwärmzeit benötigt, wird die Spannung bereits beim Start des Messzyklus gleichzeitig mit der Pumpe zugeschaltet. Die Messung von Temperatur (AIN2) und Radon ist lediglich von Minute 21 bis Minute 30 aktiv. Zur Überwachung der relativen Feuchte hinsichtlich Kondensation ab Start des Messzyklus wird eine zusätzliche I2C-Komponente (I2C3) verwendet, welche während der ersten 20 Minuten die Messwerte von Temperatur und Feuchte bereitstellt. Für beide Komponenten wird ein Alarm bei 95% relativer Feuchte gesetzt. Die Überschreitung des Grenzwertes wird standardmäßig lediglich durch die Alarmleuchte an der Frontplatte signalisiert. Bei der Wassermessung wird jedoch der Alarm der zusätzlichen Feuchtemessung (I2C3) so konfiguriert, dass die Messung im Alarmfall automatisch abgebrochen wird.

6.4. Lichtsäule

Die Lichtsäule dient zur Signalisierung von Warn- und Alarmzuständen. Durch die hellen 360° Signalleuchten ist eine gute Sichtbarkeit auch aus größeren Entfernungen möglich. Die Lichtsäule wird an die „AUX2“ Buchse des Gerätes angeschlossen. Sie wird über die Schaltausgänge „DOUT1“ (gelb) und „DOUT2“ (rot) gesteuert. Die Lichtsäule kann entweder mittels Montagewinkel am Zubehöradapter des Gerätes oder mit einer entsprechenden Kabelverlängerung frei im Raum positioniert werden.

Anhang

A) DACM32 Komponenten

A1 - Komponententypen des DACM32

Typ	Name	Beschreibung
Analogeingang	AIN	Anschluss von Sensoren mit analogem Ausgangssignal (0...1V, 0...2V, 0...5V, 0...10V, 0/4...20mA). Das Abtastintervall ist 1 Sekunde, es werden Mittelwert, Minimum und Maximum innerhalb eines Messintervalls erfasst
Statuseingang	DIN	Erfassung von Zuständen (z.B. Schaltkontakte), es werden die Ein- und Ausschaltdauer sowie die Anzahl der Wechsel erfasst
Komparator-Eingang	CMP	Erfasst Impuls-Signale, die größer als ein einstellbarer Schwellwert sind, wird in Verbindung mit einem Zähl Eingang verwendet
Zählereingang	CNT	Erfasst eine Gesamtanzahl von Impulsen, eine Impulsrate oder eine mittlere Impulsrate, Verwendung für Sensoren mit Impulsausgang
Spektrometer	SPEC	Spektrometer-Modul zur Erfassung von Impulshöhenspektren
Universelle Digitale Sensorschnittstelle	I2C	Anschluss von Sensoren mit digitaler Schnittstelle nach I2C Standard
Regler	REG	Stellt einen PID Regelkreis zur Verfügung. Als Sollwert dienen alle verfügbaren Messergebnisse vorhandener Sensoren, am Regler-Ausgang wird eine Steuerspannung ausgegeben
Schaltausgang	DOUT	Potentialfreie Schaltkontakte (Opto-MOS Einschalter oder Relais-Umschalter)
Frequenzgenerator	PWM	Legt an den Ausgang ein Rechtecksignal mit variabler Impulsbreite
Rechner	CALC	Berechnet aus den Messwerten der verfügbaren Sensoren anhand von Funktions-Prototypen komplexe Messergebnisse

A2 - Übersicht der im RTM 2300 genutzten Komponenten

Name	Alias-Name	Funktion
AIN1	AUX2-Pin2 Bodentemperatur	Signal an Buchse „AUX2“, ungenutzt Boden-Temperatur bei Bodenfeuchtesonde (Zubehör) Wassertemperatur bei Wassermess-System (Zubehör)
AIN2	AUX2-Pin5 Bodenfeuchte	Signal an Buchse „AUX2“, ungenutzt Boden-Feuchte bei Bodenfeuchtesonde (Zubehör)
AIN3	CO2	Interner CO2 Sensor (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)
AIN4	CO2 (Test)	Interner CO2 Sensor (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“) – bei Radon-Bodenluftzyklus Messung der CO2-Anfangskonzentration
AIN5	Durchfl. (Perm.)	Durchflussmessung für Permeabilitätsbestimmung (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)
AIN6	Luft-Durchfluss	Durchflussmessung und Sollwert für Durchfluss-Regelung
AIN7	Pumpenstrom	Messung des Pumpenstroms der internen Pumpe
AIN8	Filterbelegung	Messung der Filterbelegung anhand der Pumpenspannung
DIN1	AUX2-Pin8	Signal an Buchse „AUX2“, ungenutzt

CMP1	AUX1-Pin1 FP-Messkopf	Ungenutzt, Signal an Buchse „AUX1“, interne Verbindung zu CNT1 Impulseingang für Folgeproduktmesskopf (Zubehör)
CMP2	AUX1-Pin3 Gamma-Probe	Ungenutzt, Signal an Buchse „AUX1“, interne Verbindung zu CNT2 Impulseingang für Dosisleistungs-sonde (Zubehör)
CNT1	Comparator 1 PAEC Radon	Intern mit Ausgang von CMP1 verbunden, ungenutzt Messung der Radon PAEC (Rn-222) mittels Markov Algorithmus
CNT2	Comparator 2 Dosisleistung	Intern mit Ausgang von CMP2 verbunden, ungenutzt Messung der Dosisleistung
SPEC1	Radonkammer	Mit Detektorsignal der Radonmesskammer verbunden, generiert Alpha-Spektrum und ermittelt Zählraten der einzelnen Nuklide. Anzeige R Po-218, R Po-218/214, R Po-216
I2C1	Bar. Druck	Sensor für barometrischen Luftdruck
I2C2	Temp./Feuchte	Kombinierter Temperatur- und Feuchtemessung im internen Luftkreislauf. Anzeige: Temperatur, Rel. Feuchte
I2C3	Delta p 10hPa	Differenzdruck-Messung mit 10hPa Sensor (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)
I2C4	Delta-p 1000hPa	Differenzdruck-Messung mit 1000hPa Sensor (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)
REG1	Pumpenregler	Regelt den Durchfluss über die Pumpenleistung, AIN6 dient als Istwerteingang
DOUT1	AUX2-Pin1 oder Signal gelb	Signal an Buchse „AUX2“, entweder ungenutzt oder Anschluss der gelben Signalleuchte bei Messkoffer
DOUT2	AUX2-Pin1 oder Signal rot	Signal an Buchse „AUX2“, entweder ungenutzt oder Anschluss der roten Signalleuchte bei Messkoffer
DOUT3	PWR CO2	Schaltet die Versorgungsspannung für den CO2 Sensor ein (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)
DOUT4	Ventil 1	Umschaltung interner Luftkreislauf (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)
DOUT5	Ventil 2	Umschaltung interner Luftkreislauf (nur Versionen „Soil Gas“ und „ULTRA“)
DOUT6	PWR HV	Schaltet die Hochspannung für die Radon-Messkammer ein
DOUT7	PWR Pumpe	Schaltet die Versorgungsspannung für Pumpe und Pumpenregelung zu
DOUT8	LED Frontplatte	Rote Signal LED „!“ an der Geräte-Frontplatte
CALC1	Radon (fast)	Berechnet Radonkonzentration (Fast-Modus) aus Po218-Zählrate
CALC2	Radon (slow)	Berechnet Radonkonzentration (Slow-Modus) aus Summe der Zählraten von Po218 und Po214
CALC3	Thoron	Berechnet Thoron-Konzentration aus Po216-Zählrate
CALC4	Permeability LO	Berechnet Boden-Permeabilität aus Durchfluss (AIN6) und Differenzdruck (I2C4), Bestimmung von geringer Permeabilität mit 1000hPa Sensor
CALC5	Permeability HI	Berechnet Boden-Permeabilität aus Durchfluss (AIN6) und Differenzdruck (I2C3), Bestimmung von hoher Permeabilität mit 10hPa Sensor

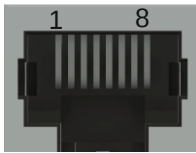
CALC6	Radon in Wasser	Berechnet die Radon-Aktivitätskonzentration in einer Wasserprobe (Wassermess-System erforderlich – Zubehör)
CALC7	Exhalation	Berechnet die Radon Exhalationsrate (Exhalationshaube erforderlich – Zubehör)

B) Belegung der Steckverbinder



2 x 4-20mA

Pin	Signal	Beschreibung
1	AOUT1+	Ausgang Stromschleife 1
2	GND	Gemeinsames Bezugspotential (-) für AOUT1 und AOUT2
3	AOUT2+	Ausgang Stromschleife 2
4	GND	Gemeinsames Bezugspotential (-) für AOUT1 und AOUT2



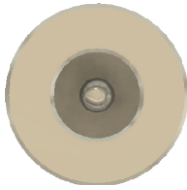
RS485A/RS485B (RJ45 Buchse, 8-polig)

Pin	Signal	Beschreibung
4	B/B'	Transceiver terminal 1, V1 Voltage (V1 > V0 for binary 1 [OFF] state)
5	A/A'	Transceiver terminal 0, V0 Voltage (V0 > V1 for binary 0 [ON] state)
8	GND	Bezugspotential
1, 2, 3, 6, 7	N.C.	Nicht belegt



RS232 (SUB-D Buchse, 9-polig)

Pin	Signal	Beschreibung
2	TX	Sendeleitung des Gerätes (Ausgang)
3	RX	Empfangsleitung des Gerätes (Eingang)
5	GND	Bezugspotential
1, 4, 6, 7, 8, 9	N.C.	Nicht belegt



DC (2,5mm Klinkenbuchse)

Pin	Signal	Beschreibung
Innen	20VDC	Stromversorgung und Ladespannung
Gehäuse	GND	Bezugspotential

C) Entsorgungshinweise

Batterien und Akkumulatoren dürfen nicht in den Müll geworfen werden, sondern sind bei den örtlichen Sammelstellen abzugeben!

Die Messgeräte sind am Ende ihrer Betriebszeit dem Elektronikschrott zuzuführen oder dem Hersteller zur fachgerechten Entsorgung zu übergeben! Gegebenenfalls muss vor der Entsorgung eine Dekontaminierung vorgenommen werden!