

fpga.company

fpga & hardware design services.



SLF SNOWPRO – BEDIENUNGSANLEITUNG

SNOWPRO-17 SENSOR

SNOWPRO-40 SENSOR

SNOWPRO-30 SENSOR



WSL-Institut für Schnee-
und Lawinenforschung SLF

SLF SCHNEESENSOR – BEDIENUNGSANLEITUNG

ÜBERBLICK

Die Controller-Einheit besteht aus einem grafischen Display, Bedientasten und einem Anschluss, an den verschiedene Arten von Schneesensoren angeschlossen werden können. Dieses Gerät wurde speziell für den Einsatz in rauen Umgebungen und unter Umweltbedingungen entwickelt, die bei Feldmessungen auftreten. Es verfügt über einen internen, nicht-flüchtigen Speicher für bis zu 2728 Messungen, die über ein USB-Kabel ausgelesen und zur weiteren Datenverarbeitung auf einen Computer übertragen werden können. Die untere Temperaturgrenze von -25°C wird durch das grafische Display bestimmt. Das absolute Limit beträgt -40°C, jedoch reagiert das Display in diesem Fall extrem langsam, Messungen sind jedoch weiterhin möglich.

- 1) Grafisches Display (102x64 mit Hintergrundbeleuchtung)
- 2) Taste "Abbrechen"
- 3) Taste "Enter"
- 4) Navigationstasten
- 5) Power-On / Einschalten
- 6) Anschluss an Sensor oder Computer (USB)
- 7) Batteriefach (Rückseite)
- 8) Messbereich (Rückseite)
- 9) Anschluss an Steuergerät

SPEZIFIKATION

Parameter	Wert	Einheit
Akkulaufzeit	>10	Uhr
Temperaturbereich	-25 bis +60	°C
Speichergröße	2728	Messungen
Batterie	3 x 1,5V	AAA-Zellen*
Daten-Download	über USB	
Display	102 x 64 pixel mit Hintergrundbeleuchtung	

* Wir empfehlen die Verwendung von Energizer Ultimate Lithium- oder Varta Litium-Batterien für beste Leistung bei niedrigen Temperaturen.



FUNKTIONSPRINZIP

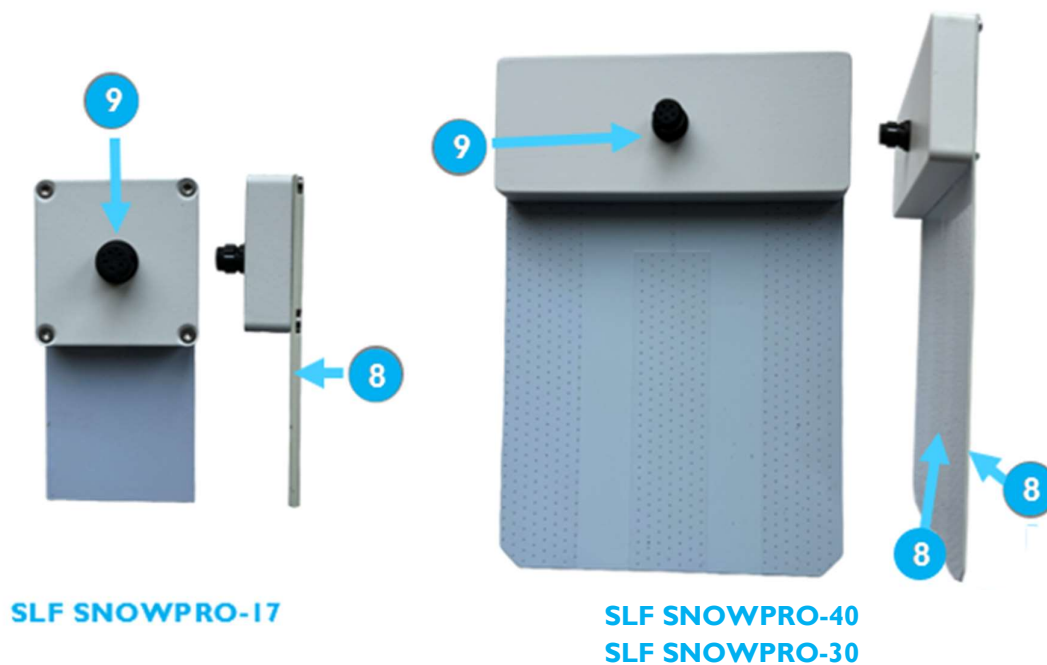
Der SLF Schneesensor misst die Dichte (ρ) oder den flüssigen Wassergehalt (LWC) von Schnee mit einem kapazitiven Sensor, der ein elektrisches Feld erzeugt, das den Schnee durchdringt. Abhängig von den Anteilen von Eis, Luft und Wasser innerhalb des durchdrungenen Schneevolumens ändert sich die gemessene Kapazität, da Eis, Luft und Wasser unterschiedliche dielektrische Eigenschaften haben. Für trockenen Schnee (Abwesenheit von flüssigem Wasser) kann die Schneedichte direkt abgeleitet werden. Um den LWC zu bestimmen, muss der Eisanteil (trockene Schneedichte) des Schnees bekannt sein. Entweder durch eine Dichtemessung, bevor der Schnee zu schmelzen begonnen hat oder durch Annäherung (z.B. für maschinell hergestellten Schnee).

Der kapazitive Sensor bildet zusammen mit einem Quarzkristall einen Oszillator. Eine Änderung der Kapazität erzwingt eine Frequenzänderung im Oszillator.

Die folgende Tabelle zeigt die verschiedenen verfügbaren Schneesensoren. Der SLF-SnowPro -17 wird auf die Schneedecke aufgebracht und dringt nur 17 mm in den Schnee ein. Die SnowPro-40 und -30 Sensoren hingegen werden in den Schnee eingeführt und dringen sowohl in die obere als auch in die untere Richtung ein. Sie sind gut für Schneedeckenprofilmessungen geeignet.

SENSOR SPEZIFIKATION

SLF SnowPro	-17	-40	-30	
Schneedichtebereich	0..917	0..917	0..917	kg / m ³
Schneefeuchtebereich	0..20	0..20	0..20	vol. %
Messfrequenz	20	20	20	MHz
Anwendung	Snow surface	Snow profiles	Snow profiles	
Messbereich	45 x 95	117 x 130	117 x 130	mm
Eindringtiefe	Bot: 17	Top/Bot: 40	Top/Bot: 30	mm
Messvolumen	72	1.216	913	cm ³



SENSOR CALIBRATION

SLF SnowPro-40 and SnowPro-30

Diese Sensoren verwenden die gleichen Abmessungen und Strukturen wie die ursprünglich von A. Denoth [1] entwickelten und untersuchten Sonden. Er erhielt Beziehungen zwischen der Permittivität ϵ und der Schneedeckendichte ρ sowie dem Flüssigwassergehalt (LWC), die in der Forschungsgemeinschaft gut akzeptiert sind. Für Schneeprofile, die deutlich unter 0°C liegen, wird die Dichte des trockenen Schnees ρ_{dry} mit der folgenden empirischen Formel berechnet (Denoth, 1989 [1]):

$$\rho [\text{kg/m}^3] = \frac{1000}{0.88} \times \left(-1.92 + \sqrt{1.92^2 - 4 \times 0.44(1 - \epsilon)} \right) \quad (1)$$

Für Temperaturen über 0°C wird der LWC mit der folgenden empirischen Formel berechnet (Denoth, 1989 [1]), die die durchschnittliche Dichte des trockenen Schnees ρ_{dry} berücksichtigt:

$$\text{LWC} [\text{vol.}\%] = \frac{-0.206}{0.0092} \times \frac{\sqrt{0.206^2 - 4 \times 0.046 \times \left(0.44 \times \rho_{\text{dry}}^2 + 1.92 \times \frac{\rho_{\text{dry}}}{1000} + 1 - \epsilon \right)}}{0.092^2} \quad (2)$$

Der Sensor wird mit einer empirischen $\epsilon - \Delta f$ -Beziehung kalibriert, die aus Messungen an vier Materialien (Luft $\epsilon_{\text{air}} = 1$, Polytetrafluorethylen $\epsilon_{\text{PTFE}} = 2.1$, Polymethylmethacrylat $\epsilon_{\text{PMMA}} = 2.7$ und Phenolharz $\epsilon_{\text{PR}} = 5.5$) mit bekannter Permittivität abgeleitet wurde. Kalibriermessungen bei 0°C und 27°C zeigten keinen relevanten Einfluss der Temperatur auf die dielektrischen Eigenschaften der Materialien.

In [7] wurde der SnowPro-40 mit dem Originalgerät von A. Denoth und einem Schneeschneider verglichen und in Bezug auf Messgenauigkeit und Stabilität als identisch befunden.

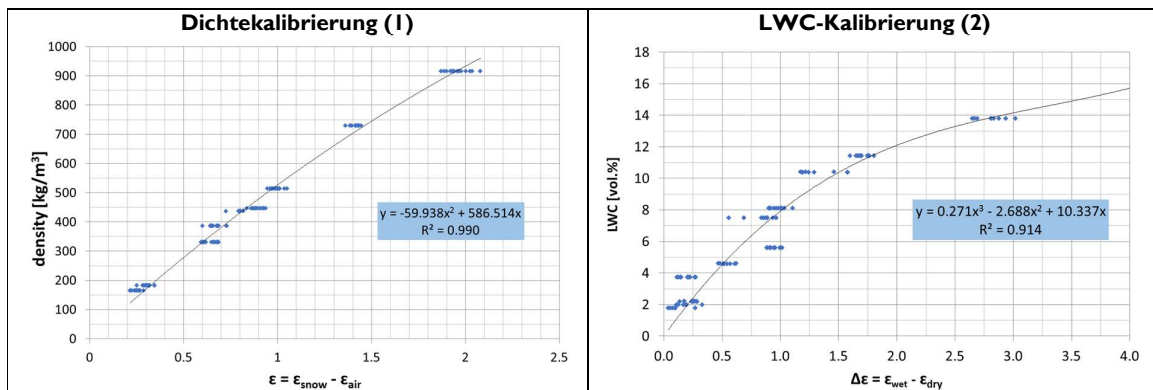
SLF SnowPro-17

Da dieser Sensor ganz andere Abmessungen als der ursprüngliche Sensor von A. Denoth hat und nur auf der Schneedecke aufgebracht wird, mussten wir unsere eigenen Beziehungen zwischen der Permittivität ϵ und der Schneedeckendichte ρ sowie dem Flüssigwassergehalt (LWC) ableiten.

Messungen an Materialien mit bekannten dielektrischen Eigenschaften (Luft, PTFE) liefern die lineare $\epsilon - \Delta f$ -Relation, dargestellt durch den Kalibrierfaktor k . Referenzmessungen (gewichtete Volumina, LWC-Verdünnungsmethode) an Schnee mit unterschiedlicher Dichte und Nässe ergeben die $\rho - \epsilon$ Beziehungsfunktion (Gl. 3) sowie die LWC- $\Delta\epsilon$ -Beziehungsfunktion (Gl. 4), die die Zunahme der ϵ durch flüssiges Wasser im Schnee einer bestimmten Dichte ausdrückt.

$$\rho [\text{kg/m}^3] = -59.938 \epsilon^2 + 586.514 \epsilon \quad (3)$$

$$\text{LWC} [\text{vol.}\%] = 0.271 \Delta\epsilon^3 - 2.688 \Delta\epsilon^2 + 10.337 \Delta\epsilon \quad (4)$$



SCHNEEDICHTEMESSUNG

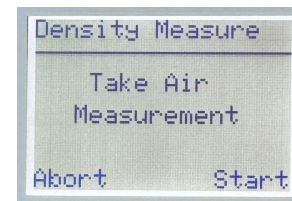
WICHTIG: Um entweder das Sensorkabel oder das USB-Kabel mit dem Controller zu verbinden, um Ihre Messungen/Datenübertragungen zu starten, ist es wichtig, dass die weißen Linien des Controllers und des Kabels ausgerichtet sind, um Schäden am Gerät zu vermeiden.



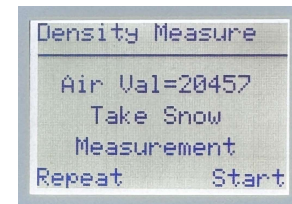
0) Überprüfen Sie, dass kein Wasser im Schnee vorhanden ist ($T_{\text{Schnee}} < 0^\circ\text{C}$). Die Dichtemessung funktioniert nur bei trockenem Schnee.

FOLGEN SIE DEM MENÜ ZUR DICHTEMESSUNG:

1) Starten Sie das Menü "Density"



2) Luftmessung: Stellen Sie sicher, dass der Sensor frei von Wassertropfen oder Schnee ist und halten sie den Sensor nur am Kabel oder Stecker damit die Messung nicht verfälscht wird. Starten Sie die Messung durch Drücken der ENTER-Taste. Mit REPEAT kann die Messung wiederholt werden.

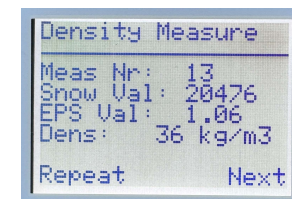


3) Schneemessung mit SnowPro-17: Verwenden Sie ein Schaber-ähnliches Werkzeug, um unebene Schneeflächen zu glätten. Legen Sie den Sensor auf eine flache Schneefläche (nicht drücken) und starten Sie die Messung, indem Sie die ENTER-Taste drücken. Aufgrund der inhärenten Variabilität der Schneedecke und auch aufgrund von Unregelmäßigkeiten bei der Schneeflächenvorbereitung werden mindestens 3 bis 5 Wiederholungen empfohlen.

Schneemessung mit SnowPro-40 oder -30: Führen Sie den Schneesensor in den Schnee ein. Das Gehäuse fungiert als Stopper und darf nicht mit Gewalt in den Schnee gedrückt werden. Stellen Sie sicher, dass bei Verwendung des -40 Sensors die Schneeschicht um den Sensor herum mindestens 40 mm dick ist, idealerweise 60-80 mm, um jeglichen Einfluss von nassem Boden oder Luft zu vermeiden. Für den -30 Sensor sollte die Schneeschichtdicke mindestens 25 mm betragen.

Verhindern Sie, dass der Sensor sich aufheizt und dadurch den Schnee zum Schmelzen bringt, während er in Kontakt mit dem Schnee steht.

4) Messung speichern: Nachdem die Schneemessung bestätigt wurde, wird der Dichtewert sofort auf Basis von $\rho - \epsilon$ Relation berechnet, die in jedem Schneesensor gespeichert ist. Jeder Messung ist einer Messnummer zugeordnet, die im Speicher abgelegt wird und über USB auf den Computer übertragen werden kann. Der verbleibende Speicherplatz wird kurz nach dem Speichern der Messung angezeigt. Für aufeinanderfolgende Messungen verwendet das Gerät den gleichen Luftwert, bis das Menü zur Dichtemessung verlassen wird. Durch Drücken der Wiederholungstaste wird die Schneemessung wiederholt und überschrieben.



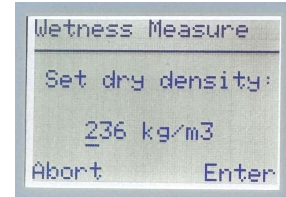
Verlassen Sie das Menü mit dem Power-On Taster (5)

SCHNEEFEUCHTE-MESSUNG (FLÜSSIGKEITSWASSERGEHALT)

0) Überprüfen Sie das Vorhandensein von flüssigem Wasser im Schnee ($T_{\text{Schnee}} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

FOLGEN SIE DEM LWC-MESSMENÜ:

1) Menü "Wetness LWC" starten



2) Um den LWC-Wert zu berechnen, ist es erforderlich, die trockene

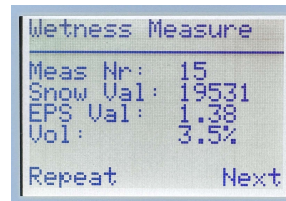
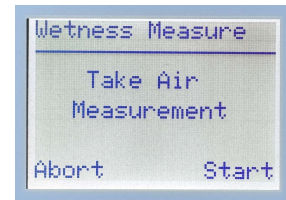
Schneedichte zu kennen, die den Anteil von Eis in einem nassen

Schneevolumen beschreibt. Daher ist der erste Schritt, die Schneedichte einzugeben. Der Schneedichtewert kann entweder abgeleitet werden durch

a. Durchführung einer Messung im Voraus (z.B. am frühen Morgen), wenn $T_{\text{Schnee}} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

b. manuelle Eingabe eines Wertes für die Dichte, der eine Schätzung sein kann, oder aus gemeldeten Werten für typische Schneearten in der Literatur [z.B. Fierz et al., 2009; Wolfspurger et al., 2018].

c. oder berechnet basierend auf der Messung des Gewichts eines genau definierten Schneevolumens. Dies führt zu einem kleinen Fehler, da die Messung des Gewichts auch das Gewicht des Wassers umfasst. Da die ϵ von Wasser (~ 90) viel größer ist als die von Eis (~ 3), wird der gemessene LWC weitgehend vom Wassergehalt und nicht von der Schneedichte dominiert. Z.b. bei $\text{LWC} = 14\%$ wird die Schneedichte um 30% überschätzt, was zu $\epsilon_{\text{snow_dry}}$ Anstieg von nur 0,3 führt. Optional kann der erhaltene LWC-Wert verwendet werden, um die Wassermasse manuell zu berechnen, und in mehreren Iterationen kann eine genaue Dichteschätzung erhalten werden.



3) Folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm, um die Luft- und Schneewerte zu messen. Verwenden Sie ein Scraper-ähnliches Werkzeug, um unebene Schneeoberflächen abzuflachen. Stellen Sie den Sensor auf eine flache Schneefläche und starten Sie die Messung durch Drücken der ENTER-Taste. Aufgrund der Variabilität der Schneedichte selbst, aber auch aufgrund von Unvollkommenheiten der Schneeoberflächenvorbereitung werden mindestens 3 bis 5 Wiederholungen empfohlen. Verhindern Sie, dass sich der Sensor erwärmt, was zu zusätzlichem Schmelzen führt, wenn er mit dem Schnee in Berührung kommt. Der LWC-Wert wird sofort auf Basis des $\text{LWC}-\Delta\epsilon$ -Verhältnisses berechnet, das in jedem Schneensensor unter Verwendung der zuvor eingegebenen Schneedichte gespeichert ist.

MENÜ "KONFIGURATION"

Info anzeigen

Zeigt Informationen zu Steuergerät und Schneesensor an:

- 1) Softwareversion des Steuergeräts
- 2) Firmware-Version des Schneesensors
- 3) Seriennummer des Schneesensors
- 4) EPS-Kalibrierwert (abgeleitet aus PTFE-Messung)
- 5) Aktuelles Datum und aktuelle Uhrzeit, die für Zeitstempel verwendet werden.
Kann geändert werden, wenn während des Einschaltens die POWER-Taste gedrückt wird.

```
Config Menu
SW-Ver: 2.42.512k
Sen S/N: 318
FPGA-Ver: 1.4
EPS cal: 1120
06.02.2024 13:50
```

Mess Nr eingeben

Ermöglicht es, die kontinuierlich erhöhte Messzahl auf einen beliebigen Wert einzustellen

Dienst

Servicemenü zur Einstellung der Kalibrierkonstanten von Schneesensor und LWC- / Dichtebeziehungsfunktionen. Nur mit Passwort zugänglich.

```
Config Menu
Old Nbr: 000016
New Nbr: 000016
Abort      Enter
```

TX über USB

Siehe unten

DATENÜBERTRAGUNG AN DEN COMPUTER

- 1) Schneesensor trennen
- 2) Gehen Sie zum Konfigurationsmenü und starten Sie "TX over USB"
- 3) Schließen Sie das USB-Adapterkabel zwischen Computer und Steuereinheit an.
- 4) Auf Windows-Computern:
 - a. Windows 10 sollte "STMicroelectronics Virtual COM Port" erkennen und mit der Installation des Treibers beginnen, falls noch nicht vorhanden. Für alte Windows-Versionen kann der Treiber auf [ST.com Website](http://ST.com) heruntergeladen werden.
 - b. Öffnen Sie das Terminalfenster (z. B. Tera Term) und stellen Sie eine Verbindung zum virtuellen COM-Port her.
 - c. Drücken Sie die Taste "Start TX".
- 5) Auf Apple-Computern:
 - a. MacOSX erkennt den virtuellen COM-Port ohne zusätzlichen Treiber.
 - b. Öffnen Sie die erste Anwendung.
 - c. Überprüfen Sie, ob das Gerät für Ihren Computer sichtbar ist. Der Name ist immer "usbmodem??? Er ist der Sohn"


```
$ ls -l /dev/*usb*
crw-rw-rw- 1 root wheel 21, 11 Okt 23 09:24 /dev/cu.usbmodemFD131
crw-rw-rw- 1 Stammrad 21, 10 Okt 23 09:24 /dev/tty.usbmodemFD131
```
 - d. Öffnen Sie nun das Gerät "tty" für die Übertragung.


```
$ screen /dev/tty.usbmodemFD131
```

```
Config Menu
-> TX over USB
Enter Meas Nr
Show Info
Service
Exit      Enter
```

```
Config Menu
Delete memory?
No          Yes
```

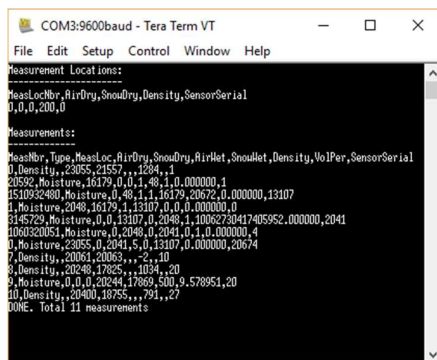
- e. Klicken Sie auf die Schaltfläche "Start TX"
- f. Die Daten werden nun übertragen und auf dem Endgerät angezeigt.

6) Auf Linux-Computern:

- a. Öffnen Sie das Terminal und prüfen Sie, ob das Gerät sichtbar ist:
`sudo ls -la /dev/tty*`
- b. Das neueste Gerät gehört zum Sensor, z.
`0 crw-rw---- 1 root 166, 0 Jan 22 16:32 /dev/ttyACM0`
- c. Stellen Sie sicher, dass Sie die folgende Zeile in Ihrer `~/.screenrc`-Konfigurationsdatei haben, um zu verhindern, dass das Bildschirmfenster heruntergefahren wird, wenn der Prozess beendet wird (beide Varianten funktionieren basierend auf Ihrer Linux-Konfiguration):
Variante A: `Zombie kr`
Variante B: `termcapinfo * ti=te=`
- d. Öffnen Sie das Gerät für die Übertragung
`sudo-Bildschirm /dev/ttyACM0`
- e. Klicken Sie auf die Schaltfläche "Start TX"
- f. Die Daten werden nun übertragen und auf dem Endgerät angezeigt.

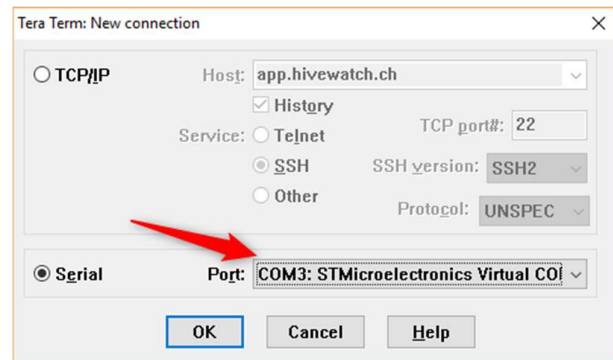
7) Kopieren Sie kommagetrennte Daten und fügen Sie sie in eine Tabelle (z. B. Excel) ein.

8) Nach dem USB-Download kann der Speicher auf Wunsch gelöscht und der Messindex wieder auf Null gesetzt werden.



```

COM3:9600baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
Measurement Locations:
MeasLocNr, AirDry, SnowDry, Density, SensorSerial
0,0,0,200,0
Measurements:
MeasNr, Type, MeasLoc, AirDry, SnowDry, AirWet, SnowWet, Density, VolPer, SensorSerial
0, Density, 23055, 21557, , 1284, 1
20592, Moisture, 16179, 0, 0, 1, 48, 1, 0, 000000, 1
1510932480, Moisture, 0, 48, 1, 1, 16179, 20672, 0, 000000, 13107
1, Moisture, 2048, 16179, 1, 13107, 0, 0, 0, 000000, 0
3145729, Moisture, 0, 0, 13107, 0, 2048, 1, 10082730417405952, 000000, 2041
100823051, Moisture, 0, 2048, 0, 2041, 0, 1, 0, 000000, 4
0, Moisture, 23055, 0, 2041, 5, 0, 13107, 0, 000000, 20674
7, Density, 20061, 20063, , 2, 10
8, Density, 20248, 17825, , 1034, 20
9, Moisture, 0, 0, 0, 20244, 17869, 500, 9,578951, 20
10, Density, 20400, 18755, , 731, 27
DONE. Total 11 measurements
  
```



Tera Term: New connection

☐ TCP/IP Host: app.hivewatch.ch
☒ History
Service: ☐ Telnet TCP port#: 22
☒ SSH SSH version: SSH2
☐ Other Protocol: UNSPEC

☒ Serial Port: COM3: STMicroelectronics Virtual COM

OK Cancel Help

LITERATUR

Denoth, A., 1989: Snow dielectric measurements. 9, 233–243.

Fierz, C., Armstrong, R.L., Durand, Y., Etchevers, P., Greene, E., McClung, D.M., Nishimura, K., Satyawali, P.K. und Sokratov, S.A., 2009: The International Classification for Seasonal Snow on the Ground. IHP-VII Technical Documents in Hydrology Nr. 83, IACS-Beitrag Nr. 1, UNESCO-IHP, Paris.

Niang, M., Bernier, M., Stacheder, M. et al. Subsurf Sens Technol Appl (2006) 7: 1.
<https://doi.org/10.1007/s11220-006-0020-9>

Von Hippel, Arthur R, Labor für Isolierungsforschung und dielektrische Materialanwendungen. (1995). Dielektrische Materialien und Anwendungen. Zweite Auflage, The Artech House Mikrowellenbibliothek. Boston.: Artech House..

Ziegler, S., 2005, Schneefeuchtheitsmessgerät. Diplomarbeit Berner Fachhochschule, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.



Wolfsperger, F.; Rhyner, H.; Schneebeli, M., 2018: Pistenpräparation und Pistenpflege. Das Handbuch für den Praktiker. 232 S., WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.

Wolfsperger, F., Geisser, M., Ziegler, S., Löwe, H., 2023: A NEW HANDHELD CAPACITIVE SENSOR TO MEASURE SNOW DENSITY AND LIQUID WATER CONTENT, International Snow Science Workshop 2023 at Bend, Oregon, US.

UNTERSTÜTZEN

Vielen Dank, dass Sie sich für ein hochwertiges Produkt der FPGA Company entschieden haben. Sollten Sie ein Anliegen haben oder Hilfe benötigen, stehen wir Ihnen unter folgender Telefonnummer und E-Mail-Adresse zur Verfügung:

Telefonische Support-Hotline: +41 (0)55 511 24 17

E-Mail: sales@fpga-company.com