

Das Permafrostbohrloch „Koppenkarstein North Face“ am Dachsteinmassiv: Ein österreichischer Beitrag zum Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P)

The permafrost borehole „Koppenkarstein North Face“, Dachstein Massif: An Austrian contribution to the Global Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P)

Harald SCHNEPFLEITNER, Andreas KELLERER-PIRKLBAUER & Matthias RODE

4 Abbildungen

Zusammenfassung: Permafrost ist ein klimatisch gesteuertes thermisches Phänomen. Zwei Messgrößen des Permafrosts werden aktuell durch das globale Beobachtungsnetz Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P) als *Essential Climate Variables* (ECVs) geführt, diese sind die Permafrosttemperatur sowie die Mächtigkeit der sommerlichen Auftaufschicht über dem eigentlichen Permafrostkörper. Beides kann im Alpenraum nur mit Bohrlochdaten an Permafroststandorten ermittelt werden, wobei diesbezügliche Messungen in Österreich bisher nur am Kitzsteinhorn (5 Bohrlöcher) sowie am Hohen Sonnblick (3 Bohrlöcher) durchgeführt wurden. Im Jahr 2014 wurde im Dachsteinmassiv der nunmehr dritte Permafrostbohrlochstandort in Österreich eingerichtet. Dieser Beitrag gibt einen kurzen Überblick über Hintergründe der Standortwahl, Bohrung sowie die technische Instrumentierung des Bohrlochs und schließt mit ersten Ergebnissen und einem Ausblick ab.

Abstract: Permafrost distribution and thermal conditions are influenced by climatic conditions and therefore are prone to climate change. Two permafrost-derived variables are considered as Essential Climate Variables (ECV) by the Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P). The two ECVs are permafrost temperature and thickness of the seasonally unfrozen layer above the permafrost body. In alpine areas at mid-latitude mountains the two ECVs can only be measured at monitoring sites with boreholes

deeper than the active layer. Until 2014 only two locations in Austria were equipped with such permafrost boreholes (Kitzsteinhorn and Hoher Sonnblick). In 2014 a third permafrost borehole site was established in at a north facing rockwall site at the Koppenkarstein mountain. This paper gives a short overview about drilling site selection, drilling procedure, and installation of technical equipment for monitoring. Furthermore, first results and an outlook complete this paper.

Schlüsselworte: Permafrostmonitoring; Nördliche Kalkalpen; Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P).

Key Words: Permafrost monitoring; Northern Calcareous Alps; Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P).

1. Einleitung

Permafrost ist ein klimatisch gesteuertes, thermisches Phänomen in alpinen und polaren Regionen. Dabei ist Permafrost als Untergrund zu verstehen, welcher zumindest zwei aufeinander folgende Jahre gefroren ist und von einer geringmächtigen (in Österreich generell einige Meter) saisonalen Auftauschicht überlagert sein kann (VAN EVERDINGEN 1998). Bedingt durch diese klimatische Steuerung werden zwei Permafrost-bezogene Parameter als *Essential Climate Variables* (ECVs) vom globalen Beobachtungsnetz *Global Climate Observing System* (GCOS) geführt. Diese sind die Temperatur von Permafrost sowie Mächtigkeit der saisonalen Auftauschicht. Beide können im österreichischen Alpenraum nur an Bohrlöchern im Permafrostmilieu gemessen werden, welche mit Temperaturmessketten ausgestattet sind (KELLERER-PIRKLBAUER 2014). Die Beobachtung dieser Permafrost-bezogenen ECVs wird durch das *Global Terrestrial Network for Permafrost* (GTN-P) koordiniert, welches 1999 durch die *International Permafrost Association* (IPA) gegründet wurde. Seit 1998 ist Österreich Mitglied der IPA. Vor der Bohrung des neuen Permafrostbohrlochs *Koppenkarstein North Face* hat Österreich mit acht Permafrostbohrlöcher von zwei Standorten (Hoher Sonnblick und Kitzsteinhorn, beide in den Hohen Tauern; Abb. 1) zu dem GTN-P Netzwerk beigetragen (BISKABORN et al. 2015).

Das Dachsteinmassiv ist ein Hochgebirgsstock, welcher am Hohen Dachstein mit 2995 m ü.A. seine größte Höhe erreicht. Geologisch gesehen dominiert in den höheren Lagen (>2000 m) – und somit im potentiellen Permafrost – der Verwitterungsbeständige gebankte Dachsteinkalk. Erste Forschungstätigkeiten am Dachstein mit Fokus auf den Permafrost wurden in den 1990er Jahren durchgeführt (LIEB & SCHOPPER 1991). Aktuelle Permafrostforschung im Gebiet des Dachsteins wird in den beiden Projekten ROCKING ALPS (finanziert vom Fonds zur Wissenschaftlichen Förderung/FWF) und INFRAROCK (finanziert durch das Institut für Geographie und Raumforschung, Universi-

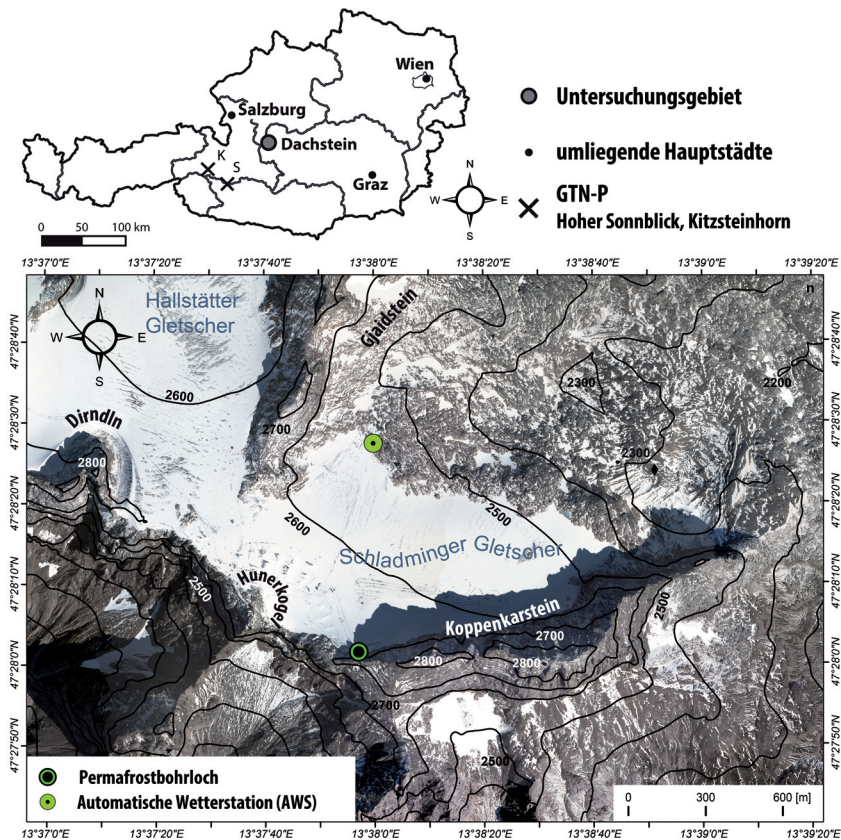


Abb. 1: Lage des Arbeitsgebietes in Österreich und Lage des Bohrloches an der Nordflanke des Koppenkarsteins im Übergangsbereich zum Schladminger Gletscher. Orthofoto im Hintergrund wurde 2009 aufgenommen (Quelle: Digitales Oberösterreichisches Raum-Informations-System/DORIS).

Fig. 1: Overview map of the location of the study area in Austria and the position of the permafrost borehole at the Koppenkarstein mountain south of the Schladminger Glacier. Orthophoto in the background dates to 2009 (Source: DORIS).

tät Graz) durchgeführt. Im Rahmen dieser Tätigkeiten erfolgte im Sommer 2014 in einem von Permafrost beeinflussten Felsbereich (basierend auf geoelektrische Widerstandsmessungen) die Bohrung eines 7 m tiefen Bohrloches. Dieses Bohrloch ist nun das neunte österreichische GTN-P Bohrloch am dritten Standort in Österreich. Dieser Beitrag gibt einen kurzen Überblick über die Bohrtätigkeiten sowie die technische Instrumentierung und präsentiert erste Daten.

2. Bohrung und Instrumentierung

Am 13. August 2014 wurde eine zur Felswand nahezu vertikale Bohrung (-15° zur Horizontalen) am Hangfuß des Koppenkarsteins (Gipfelhöhe 2863 m ü.A.) im Übergangsbereich zum Schladminger Gletscher durchgeführt (Abb. 2). Die gewählte Lokalität erleichterte die Bohrung wesentlich, da die pneumatische Bohrgerätschaft, welche an einer Baggerschaufel befestigt wurde, relativ einfach am Standort eingerichtet und fixiert werden konnte. Das Bohrloch hatte nach Abschluss der mehrstündigen Bohrtätigkeiten bei einem Durchmesser von 85 mm eine Gesamttiefe von 7 m. Die Bohrarbeiten konnte im Rahmen von Wartungsarbeiten der Dachstein Gletscherbahnen durchgeführt werden, weshalb die Bohrkosten gering gehalten werden konnten.

Die erste Instrumentierung mit Temperatursensoren wurde rund 4 Wochen später, am 9. September 2014 durchgeführt. Bedingt durch in das Bohrloch eingetretenes Wasser, war das Bohrloch ab einer Tiefe von 4 m zugefroren. Dieser Zustand bekräftigte die Hypothese, dass im Bereich des Bohrloches Permafrost auftritt.



Abb. 2: Bohrtätigkeiten am neuen Permafrostbohrlochstandort: a) pneumatische Bohrgerätschaft, welche an einer Baggerschaufel verankert wurde; b) der Bohrlochstandort und seine nähere Umgebung; zu beachten die steile, aus Dachsteinkalk aufgebaute Felswand sowie die Liftbergstation im Hintergrund.

Fig. 2: Drilling activities at the new borehole: a) pneumatic drilling equipment attached to an excavator shuffle; b) the drilling campaign itself; note the cable lift infrastructure in the background.

Um das Bohrloch wieder zu enteisen, wurde ein Heizstabsystem verwendet, wobei die ständige Stromversorgung durch die nahe liegende Infrastruktur der Dachstein Gletscherbahnen gewährleistet wurde. Aufgrund der Anfang September 2014 fehlenden Verfügbarkeit einer 7 m langen Temperaturmesskette, welche für eine optimale Instrumentierung des Bohrlochs notwendig gewesen wäre, wurde alternativ dazu eine zu diesem Zeitpunkt vorhandene 5 m lange Temperaturmesskette verbunden mit einem

Mehrkanaldatenlogger (für die oberen 5 m des Bohrlochs) sowie einem weiteren Einkanaldatenlogger (für die Messung in 7 m Tiefe) in das Bohrloch eingebaut. Das Messsystem für die oberen 5 m des Bohrloches war ein GeoPrecision (Ettlingen, Germany) Logger vom Typ M-Log7 mit zehn digitalen Sensoren (DALLAS 1820), welche in 0, 10, 20, 40, 60, 100, 150, 200, 350, und 500 cm von der Felsoberfläche gerechnet eingebaut wurden.

Die verwendeten Sensoren haben laut GeoPrecision eine Auflösung von $0,065\text{ }^{\circ}\text{C}$ und eine Genauigkeit von $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Um die Sensoren direkt an den Felsen zu koppeln, wurde die Temperaturmesskette an einem PVC-Rohr ($\text{\O} 75\text{ mm}$) befestigt und eingeführt (Abb. 3). Für die Messung in 7 m Tiefe wurde ein Einkanallogger der Marke iButton (Typ DS1922L) verwendet.

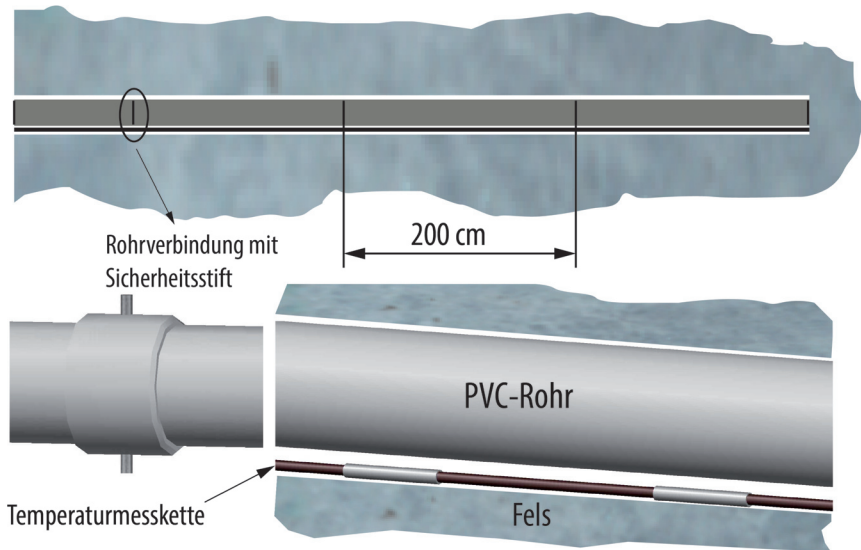


Abb. 3: Konstruktion und Installation des Bohrloches für das Permafrostmonitoring. Die Temperaturmesskette wurde an die Aussenseite des PVC-Rohres mittels Gewebeklebeband befestigt.

Fig. 3: Construction and installation scheme of the permafrost borehole. The thermistor string is attached to the outer surface of the PVC pipes by adhesive tape.

Die Messkette konnte im Juli 2015 wieder ausgebaut werden, leider hielt der iButton-Logger den Bedingungen in 7 m Tiefe nicht stand (Batterie leer). Somit liegen keine Daten aus dieser Tiefe für das Messjahr 2014/15 vor.

Eine neue, speziell für dieses Bohrloch konstruierte Temperaturmesskette wurde am 28. August 2015 in das Bohrloch eingebaut. Vor dieser zweiten Instrumentierung musste wiederum das teilweise gefrorene Bohrloch enteist werden, wobei das zuvor

beschrieben Heizstabsystem erneut zum Einsatz kam. Zwischen dem 22. Juli 2015 und dem 28. August 2015 erfolgte die Enteisung des Bohrlochs. Der neue Datenlogger wurde wiederum von der Firma GeoPrecision konstruiert (iLOG-GPRS-3V). Der Logger ist mit zwölf digitalen Sensoren (Typ M-Log5W-DALLAS), welche in 0, 10, 20, 40, 60, 100, 150, 200, 350, 500, 600 und 700 cm Tiefe eingebaut wurden, verbunden. Diese Temperatursensoren haben – entsprechend den Angaben des Herstellers – eine Auflösung von 0,06 °C sowie eine Genauigkeit von +/-0,25 °C.

3. Erste Ergebnisse und Ausblick

Abbildung 4 zeigt eine Grafik der Boden- und Lufttemperaturentwicklung (ausgewählte Sensoren bis in eine Tiefe von 5 m) von Oktober 2014 bis 1. Juli 2015. Klare Aussagen bezüglich Permafrost können auf Basis dieser Daten noch nicht getroffen werden, dennoch wird in weiterer Folge versucht Indikatoren zu interpretieren. In der Grafik ist deutlich der allmähliche Temperaturabfall ab ca. Anfang November zu erkennen, wobei die tiefsten Temperaturen – in allen Tiefen – Anfang Mai 2015 erreicht wurden. Grundsätzlich folgt die Temperatur im Gestein, je nach Tiefe in gedämpfter Form, jener der Luft. Ab Mitte Februar scheint sich eine ausreichend dicke Schneeauflage aufgebaut zu haben um Temperaturschwankungen in „größeren“ Tiefen nahezu zu unterbinden. Es stellt sich durchgehend ein Wert von $\sim -1,5$ °C ein.

Anzeichen von Permafrost sind zwar nur schwer daraus zu erkennen jedoch sind beim Gefrier- bzw. Auftauprozess diverse Indizien zu finden. Auffällig ist dabei der Vergleich der Dauer der beiden Prozesse. Nach dem Einbau der Messkette benötigte es nur einen Frostwechsel um durchgehend Temperaturen unter null zu erreichen obwohl bis Anfang Dezember die Lufttemperatur immer wieder klar positive Werte bis 5 °C vorweist. Auch die Schwankungsbreite von ~ 1 K, ab dem ersten Frostwechsel der Messperiode, in 3,5 m sowie 5 m ist sehr gering. Die Temperaturzunahme (ab Mitte Mai) des Untergrundes benötigt hingegen klar positiver Werte über eine längere Zeitperiode (Mitte April bis Ende des Messzeitraumes). Aus infrastrukturellen Gründen (Stromversorgung, Zugänglichkeit des Bohrlochs) wurde, wie oben schon erwähnt am 22. Juli 2015, um die alte Messkonstruktion aus dem Bohrloch zu entfernen, ein Heizband eingesetzt, welches die weiteren Messergebnisse unbrauchbar machte.

Die Temperaturen von $-1,5$ °C zeigen, dass Permafrost im Bereich des Bohrlochs als warm einzustufen wäre, wobei jedoch bedingt durch die kurze Messdauer, dem möglichen Einfluss von eindringender Luft von außen, sowie dem möglichen Eindringen von Schmelzwasser in das Bohrloch noch große Unsicherheiten bestehen. Um diesen externen Einfluss und somit eine Verfälschung der Daten zu unterbinden, wurde bei der neuen Konstruktion das Loch mit witterungsbeständiger Karrosseriedichtmasse versiegelt.

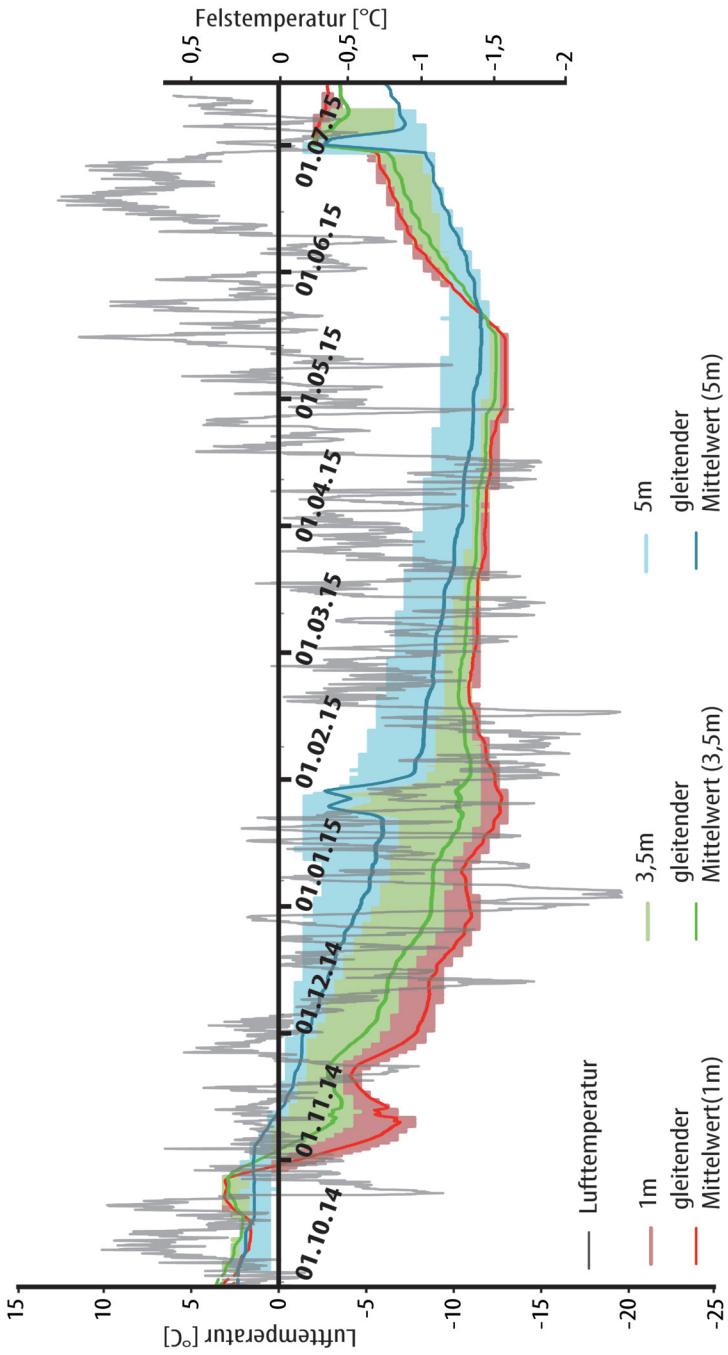


Abb. 4: Erste Ergebnisse vom GTN-P Bohrloch am Koppenkarstein zwischen Oktober 2014 und Juli 2015. Die Lufttemperaturdaten stammen von einer automatischen Wetterstation, welche nahe dem Schladminger Gletscher durch das Institut für Geographie und Raumforschung betrieben wird (AWS in Abb. 1).

Fig. 4: First results from the GTN-P borehole at the Koppenkarstein between October 2014 and July 2015. The depicted air temperature data are from an automatic weather station (AWS) north of the Schladminger glacier as indicated in Fig. 1.

Wie Eingangs schon erwähnt können angesichts des kurzen Messzeitraumes und der oben angesprochenen Einflüsse keine klaren Aussagen bezüglich Permafrost getroffen werden können. Eine längere Messreihe, welche nun mit der neuen Messkette erzielt werden sollte, dürften diese Unsicherheiten aus dem Weg räumen und kann somit einen noch wertvolleren Beitrag zum globalen GTN-P Netzwerk liefern.

Dank

Die Forschungstätigkeiten zu Permafrost und periglazialen Prozessen am Dachstein werden zum einen durch den Fonds zur Wissenschaftlichen Förderung in Österreich (FWF) im Rahmen des Projektes ROCKING ALPS (Rockfall and Weathering in the Eastern Alps; Projekt Nr. FWF: P24244) und zum anderen durch das Institut für Geographie und Raumforschung der Universität Graz finanziert. Den Dachstein Gletscherbahnen sei für die logistische Unterstützung sehr gedankt. Unser weiterer Dank gilt Oliver SASS, Johannes STANGL, Eric RASCHER, Reinhold SCHÖNGRUNDNER, Patrick ZINNER, Georg TUPPINGER, Andreas SCHAFFER und Christian FINK. Schließlich bedanken wir uns noch beim Begutachter dieses Beitrages für seine konstruktiven Anmerkungen.

Literatur

- BISKABORN, B.K., LANCKMAN, J.P., LANTUIT, H., ELGER, K., STRELETSKIY, D.A., CABLE, W.L. & ROMANOVSKY, V.E. (2015): The new database of the Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P). – *Earth System Science Data*, 7: 245-259.
- KELLERER-PIRKLBAUER, A. (2014): Permafrost. – In: STOWASSER, R. & KÖHLER, M. (Hrsg.): *Global Climate Observing System – Bericht Österreich*. – 58-59, Eigenverlag Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- LIEB, G. & SCHOPPER, A. (1991): Zur Verbreitung von Permafrost am Dachstein (Nördliche Kalkalpen, Steiermark). – *Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark*, 121: 149-163.
- RÖDE, M. (2014): Permafrost und Frostverwitterung am Dachstein. – In: PISTOTNIK, U., SPITZBART, I. & WEIDINGER, J.T. (Hrsg.): *Der Dachstein im Klimawandel*. – *Gmundner Geo-Studien*, 5: 31-37.

VAN EVERDINGEN, R. (1998): Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms. National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology, Boulder, CO, USA. (updated 2005, <https://nsidc.org/fgdc/glossary/>).

Anschrift der Verfasser:

Harald Schnepfleitner, Andreas Kellerer-Pirklbauer & Matthias Rode
Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung, Arbeits-
gruppe Alpine Landschaftsdynamik (ALADYN), Heinrichstraße 36, 8010 Graz
harald.schnepfleitner@uni-graz.at, andreas.kellerer@uni-graz.at,
matthias.rode@uni-graz.at