

# PERMAFROST-MONITORING-NETZWERK IM SONNBLICKGEBIET

S. Reisenhofer und C. Riedl

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

## EINLEITUNG und HINTERGRUND

Dauerhaft gefrorener Boden, so die wörtliche Übersetzung von „Permafrost“, ist vor allem aus Gebieten der hohen Breiten bekannt, in denen das Jahresmittel der Lufttemperatur nicht über null Grad steigt. Aber nicht nur dort ist dieses temperaturgebundene Phänomen anzutreffen, sondern auch in den Hochgebirgsregionen unserer Erde, wie den österreichischen Alpen. Per Definition spricht man dann von Permafrost, wenn ein Boden im Untergrund mindestens über zwei Jahre gefroren bleibt. Während des Sommerhalbjahres führen die positiven Lufttemperaturen zu einem Auftauen der oberen Bodenschicht, der sogenannten Auftauschicht (engl.: active layer). Bei uns in den Alpen variiert diese von wenigen Zentimetern bis Metern – in den hohen Breiten kann die Mächtigkeit dieser Auftauschicht bis zu zehn Meter betragen. In den Hochgebirgen variiert dies, je nach topographischen Gegebenheiten wie Höhenlage, Exposition, Neigung und Wölbung des Geländes, erheblich. Zusätzlich hat die Art des Untergrundes, wie Vegetation, Geröll oder Fels, erheblichen Einfluss auf den Bodenwärmestrom und damit auf die Bodentemperatur. Hinzu kommt, dass die Bodentemperatur in erheblichem Maß von der räumlichen Verteilung der winterlichen Schneedecke, ihre Dauer und deren Mächtigkeit beeinflusst ist.

Die systematische Erforschung des alpinen Permafrostes etablierte sich im Gegensatz zum polaren Permafrost deutlich später, sodass erst mit etwa einem Jahrhundert „Verspätung“ die ersten Monographien in den Alpen-Anrainerstaaten und in den USA im Jahr 1970 erschienen. Das Interesse gegenüber dem gefrorenen Boden wuchs im Alpenraum rasant, forciert durch die touristisch bedingte Erschließung der Hochgebirgsräume und der damit verbundenen ingenieurtechnischen Herausforderung in Permafrostgebieten zu bauen. Dies wurde vor allem in den letzten zwei Jahrzehnten augenscheinlich, in denen der Klimawandel vermehrt ins Zentrum des öffentlichen Interesses gerückt ist, die wachsende Vulnerabilität von Mensch und Infrastruktur durch Permafrostdegradation und der damit einhergehenden Häufung von Steinschlag- und Felssturzereignissen bewusst wahrgenommen wurde.

Im Gebiet des Hohen Sonnblicks beginnt die Permafrostforschung im Jahr 2005. Mit der in Österreich erstmalig durchgeführten Installation von 20m tiefen Bohrlöchern an der Südflanke des Sonnblick-Gipfels erfolgte der Startschuss für kontinuierliche Standortmessungen in Österreich. In den darauf folgenden Jahren entstanden mehrere Projekte, die mit unterschiedlichen Messmethoden das Vorkommen und die Verbreitung des Permafrostkörpers untersuchten sowie die Auswirkungen der Permafrostdegradation auf die Felsstabilität in ihren Forschungsfokus setzten. Im Rahmen des aktuell laufenden Projektes PERSON-GCW (Permafrostmonitoring Sonnblick – Etablierung des Sonnblicks (Hohe Tauern) als Global Cryosphere Watch Supersite) wird von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik der Permafrost im Auftrag des Lebensministeriums untersucht. Das Ziel von PERSON-GCW besteht darin, grundlegende Informationen über den gegenwärtigen Zustand und der Veränderungen des Permafrostkörpers zu dokumentieren.

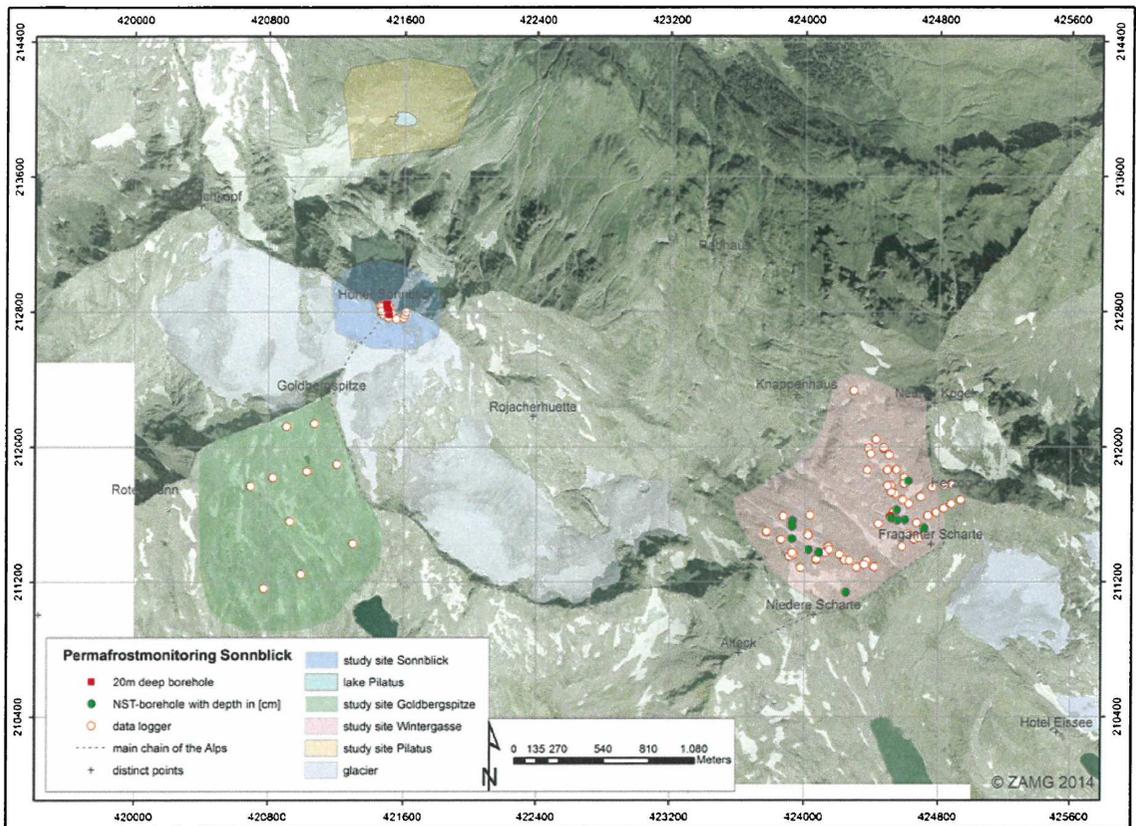


Abbildung 1: Permafrost-Untersuchungsgebiete im Sonnblickgebiet.

## DATEN UND METHODEN

Das Auftreten von Permafrost in den Alpen hängt stark von klimatischen und geomorphologischen Faktoren ab. Aufgrund der Heterogenität und Komplexität der Oberflächen- und Untergrund-Charakteristika des Gebirgspermafrostes, bedarf es eines Multimethodenansatzes zur Analyse der aktuellen Permafrostverbreitung, als Basis für Abschätzungen über dessen zukünftige Entwicklung. Für die Erfassung des Permafrostes und seiner Veränderungen werden im Sonnblickgebiet Temperaturmessungen in Bohrlöchern, Temperaturmessungen an der Oberfläche und oberflächennah, geophysikalische Messungen in Bohrlöchern und an der Oberfläche, Messungen der Basistemperatur der Schneedecke sowie Messungen der Schneedeckenausdehnung durchgeführt. Durch die umfangreichen Messungen meteorologischer Parameter im Sonnblickgebiet, können die Permafrostmessungen sehr gut im Zusammenhang mit atmosphärischen Veränderungen untersucht werden.

## ERGEBNISSE

Der ausgeprägt variable Energieaustausch zwischen Boden und Atmosphäre bewirkt ebenso starke raum-zeitliche Schwankungen der Bodentemperatur im alpinen Untersuchungsgebiet. Neben den topographischen und geomorphologischen Faktoren, spielt der Schnee mit seiner isolierenden Wirkung und seinem Einfluss auf die Reflexion der einfallenden Strahlung eine besondere Rolle. Die bisher vorliegenden Messungen aus den PERSON Untersuchungen zeigen, dass im Sonnblickgebiet für Seehöhen über 2500m Permafrost für Nordexpositionen wahrscheinlich ist, für Südexpositionen gilt dies für Seehöhen über 2750m.

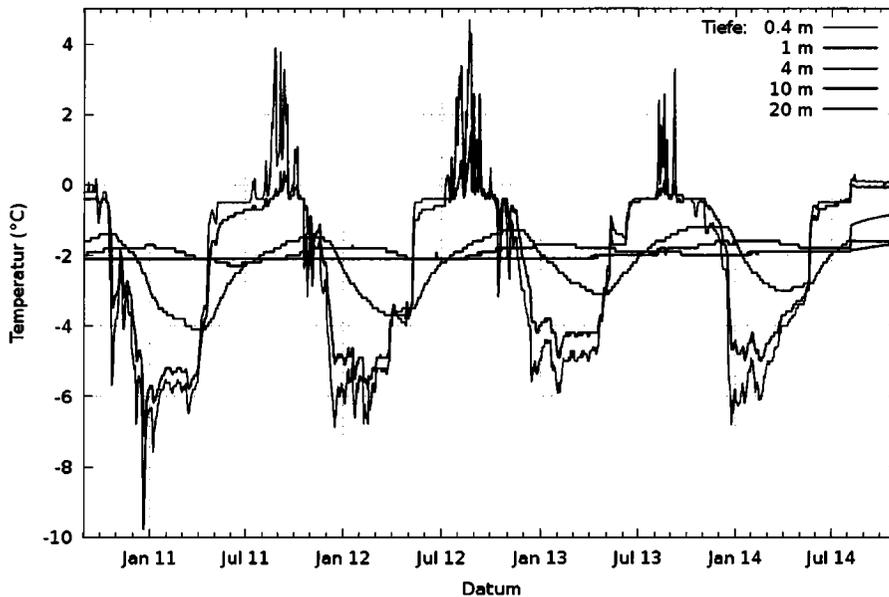


Abbildung 1: Mittlerer monatlicher Temperaturverlauf in fünf ausgewählten Tiefen im Bohrloch 3 (erstellt von Claudia Riedl).

In Abbildung 1 ist der kontinuierliche Jahresverlauf der mittleren monatlichen Temperatur in fünf verschiedenen Tiefen eines 20m tiefen Bohrloches am Sonnblickgipfel dargestellt. Im oberflächennahen Bereich zeigt sich der jahreszeitliche Wechsel der Temperaturen sehr ausgeprägt, sowie dessen Abschwächung mit zunehmender Tiefe. Neben dieser Amplitudenverminderung ist eine Phasenverschiebung mit zunehmender Tiefe erkennbar. Dies bedeutet, dass mit zunehmender Tiefe die Minimum- bzw. Maximumtemperatur mit einer zeitlichen Verzögerung auftreten. So treten zum Beispiel in 10 m Tiefe die Maxima im Winter und die Minima im Sommer auf. Des Weiteren lassen sich aus den Bohrlochmessungen die maximalen sommerlichen Mächtigkeiten der Auftauschicht (engl.: active layer thickness – ALT) sowie deren Eintrittszeitpunkte bestimmen (siehe Tabelle 1). Über die letzten sieben Jahre betrachtet, schwankte die maximale Mächtigkeit der Auftauschicht zwischen 0.70m und 1.35m und wurde zwischen dem 13. August und 12. September des jeweiligen Jahres erreicht.

Tabelle 1: Mächtigkeit der Auftauschicht (active layer thickness - ALT) sowie dessen Zeitpunkt des Erreichens (erstellt von Claudia Riedl).

Jahr	Bohrloch1		Bohrloch3	
	ALT (m)	Datum	ALT (m)	Datum
2008	1.00	12. Sept.	0.70	10. Sep.
2009	0.80	29. Aug.	-	-
2010	1.04	27. Aug.	-	-
2011	1.04	26. Aug.	1.10	11. Sep.
2012	-	-	1.35	25. Aug.
2013	-	-	1.07	19. Aug.
2014	1.13	13. Aug.	0.80	13. Aug.

## AUSBLICK

Im Jahr 2015 wird im Rahmen des Projektes PERSON-GCW in Kooperation mit der Geologischen Bundesanstalt ein kontinuierliches Geoelektrik-Profil im Bereich des Sonnblickgipfels installiert. Hiermit wird das dynamische Wechselspiel des Frierens und Auftauens im Untergrund abgebildet und es wird ermöglicht zeitliche Veränderungen zu messen. Des Weiteren wird das Projekt PERSON-GCW in enger Abstimmung mit dem ZAMG internen Projekt „SSBO – Strukturprojekt Sonnblick Observatorium – Begleitende

Maßnahmen zur Umsetzung der ENVISION Ziel“ durchgeführt. SSBO kann insbesondere durch die Erweiterung der gerätetechnischen Ausstattung einen wichtigen Beitrag leisten und auch die Arbeitszeit für die Betreuung der Bohrlochmessungen am Sonnblick liefern. Außerdem starten im Jahr 2015 zwei weitere permafrostrelevante Projekte, die über die Österreichische Akademie der Wissenschaften finanziert werden. Das Projekt SeisRockHT – Seismic Rockfall Monitoring in the Hohe Tauern region – hat die Überwachung des Steinschlags (passive Seismik) zur Aufgabe. Das Projekt ATMOperm – Atmosphere – permafrost relationship in the Austrian Alps – atmospheric extreme events and their relevance for the mean state of the active layer – dient der langjährigen Überwachung des Bodeneisvorkommens (Goelektrik).

## PROJEKTDATEN

Die Permafrostforschung an der ZAMG wird über ein internes Strukturprojekt sowie im Rahmen des Projekts PERSON-GCW, das im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft durchgeführt wird, finanziert.

### **Kontakt:**

Mag. Stefan Reisenhofer  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Abteilung Klimaforschung  
Hohe Warte 38, 1190 Wien,  
Tel.: +43 (1) 36026 2296  
E-Mail: stefan.reisenhofer@zamg.ac.at

Mag. Claudia Riedl  
Zentralanstalt für Meteorologie  
und Geodynamik  
Kundenservice Salzburg  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg,  
Tel.: +43 (0) 662 6263013615  
E-Mail claudia.riedl@zamg.ac.at