



## Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen

Modul 07 – Kryosphäre: Gletscher, Hydroklima, Permafrost  
Zwischenbericht 2020

## IMPRESSUM

### *forschungsraum*

Zwischenbericht 2020 zu Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen: Modul 07 – Kryosphäre: Gletscher, Hydroklima, Permafrost

### **Projektleitung:**

Andreas KELLERER-PIRKLBAUER und Gerhard Karl LIEB, beide Universität Graz (Arbeitsgruppe “Cascade – The mountain processes and mountain hazards group”, Institut für Geographie und Raumforschung)

### **Für den Inhalt verantwortlich:**

Andreas KELLERER-PIRKLBAUER und Gerhard Karl LIEB

### **Titelbild:**

© Andreas KELLERER-PIRKLBAUER: Der Gipfelaufbau des Inneren Knorrkogels charakterisiert durch oberflächlich stark aufgewitterten Knorrkogelgletscher. Blick nach West auf die Schwarze Wand (links) und den Großvenediger (Mitte). Neben dem Gipfelkreuz auf 2882 m ü.A. ist die im Rahmen dieses Projektes eingerichtete Klimastation ganz rechts im Bild am Grat zu erkennen.

### **Zitiervorschlag:**

Kellerer-Pirklbauer A., Lieb G.K. (2020): Zwischenbericht 2020 im Modul 07 - Kryosphäre: Gletscher, Hydroklima, Permafrost, Geomorphodynamik im Rahmen des interdisziplinären, integrativen Monitoring- und Forschungsprogramms zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern (Version 10/20). Wissenswert (unpubliziert).

Weblink: [http://www.parcs.at/npht/mmd\\_fullentry.php?docu\\_id=40611](http://www.parcs.at/npht/mmd_fullentry.php?docu_id=40611)

Trotz gebotener Sorgfalt können Satz- und Druckfehler nicht ausgeschlossen werden.

# Inhalt

1	Einleitung .....	1
2	Methodik und Datengrundlage.....	2
2.1	Rahmenbedingungen .....	2
2.2	Methodik Bereich Permafrost .....	2
3	Ergebnisse.....	4
3.1	Ergebnisse Bereich Permafrost 2018/19 und 2019/20 .....	4
3.2	Ergebnisse Bereich Permafrost – Vergleich .....	7
4	Interpretation und Diskussion .....	8
5	Fazit und Ausblick .....	9
	Literaturverzeichnis.....	10
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	11



# 1 Einleitung

Auf der Gipfelpyramide des Inneren Knorrkogels in der Venedigergruppe (Osttirol) wurde ein Messnetz zum Monitoring von Permafrost eingerichtet. Dies wurde ausführlich im Endbericht des Moduls 07 „Kryosphäre: Gletscher, Hydroklima, Permafrost, Geomorphodynamik“ des Langzeit-Ökosystem-Monitorings im Nationalpark Hohe Tauern dargelegt (Lieb et al. 2019). Die Einrichtung dieses weitläufigen Messnetzes erfolgte im August 2018. Nach erfolgter Wartung des Messnetzes und Auslesung der Daten an den automatischen Messgeräten ein Jahr später im Sommer 2019, konnten nach darauf folgender Auswertung erstmals die thermischen Bedingungen im Untergrund des vom Messnetz erfassten Gipfelbereichs des Inneren Knorrkogels wissenschaftlich beschrieben werden (Kellerer-Pirklbauer & Lieb 2019a). Der Bezugszeitraum für diesen damaligen Bericht war – unter Berücksichtigung ganzer Tagesdatensätze – der Zeitraum 18.08.2018 bis einschließlich 17.08.2019 und umfasste somit genau ein Jahr.

Anfang September 2020 konnten im Zuge des gegenständlichen Projektes erneut alle Monitoringstandorte am Inneren Knorrkogel aufgesucht und gewartet werden. Erste Ergebnisse der Auswertungen der mittlerweile zwei Messjahre umfassenden Datenreihen werden in diesem Zwischenbericht präsentiert, wobei im konkreten auf die Jahresmittelwerte beider Jahre und deren Vergleich fokussiert wird. Eine ausführlichere Diskussion über die thermischen Verhältnisse und Unterschiede zwischen den beiden Messjahren 2018/19 und 2019/20 erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

Gemessen werden im Messnetz zum Monitoring von Permafrost am Inneren Knorrkogel die Temperaturen der Bodenoberfläche sowie an drei Felsstandorten auch die des oberflächennahen Felsuntergrundes, die aus der Energiebilanz der Oberfläche resultieren. In Bezug auf Jahresmitteltemperaturen gilt dabei die Regel, dass Standorte mit Temperaturen unter 0°C Permafrost im Untergrund anzeigen. Bei den Tagesmittelwerten zeigen starke Unterschiede zwischen einzelnen Tagen eine enge Kopplung an das atmosphärische Temperaturgeschehen. Langanhaltende Temperaturkonstanz im Winter hingegen weist auf die Existenz einer in der Regel mindestens 1 m mächtigen Schneedecke hin, was zur Entkoppelung von der Lufttemperatur führt und eine Prägung der Energiebilanz durch den Bodenwärmestrom bewirkt. Langandauernde Temperaturkonstanz im deutlich negativen Temperaturbereich (zumindest -3°C oder darunter) im Spätwinter (v.a. Februar und März) deutet ebenfalls auf die Existenz von Permafrost im Untergrund hin (Haerberli 1973).

Das Temperaturregime des Untergrundes und dessen zeitliche Veränderungen ist im Einzelnen jedoch stark von lokalen Faktoren (wie Substrat, Exposition und Schneedecke) abhängig, auf welche bei der Installation des gegenständlichen Permafrost-Messnetzes geachtet wurde. Es erfolgte daher die Instrumentierung unter Bezugnahme auf das Gelände (Messstellen an Graten, in Flanken und direkt auf dem Gipfel), die Exposition (West, Nordost und Süd gemäß der Ausrichtung der Gipfelpyramide) und das Substrat (Fels und – meist grobblockiges – Lockermaterial). An den drei Felsstandorten wurden Mehrkanal-Datenlogger installiert, welche die Temperaturverhältnisse in drei verschiedenen Tiefen (3, 10 und 40 cm Tiefe) messen. Details hierzu siehe im Methoden-Handbuch im Modul 07 (Kellerer-Pirklbauer & Lieb 2019b). Der gegenständliche Bericht gibt somit einen ersten quantitativen Eindruck über die Permafrostverbreitung am Inneren Knorrkogel über einen mehrjährigen Zeitraum.

## 2 Methodik und Datengrundlage

### 2.1 Rahmenbedingungen

Die Geländearbeiten im Untersuchungsgebiet Innerer Knorrkogel waren für die Woche 31.08.2020 bis 04.09. 2020 anberaumt. Die Anreise nach Innergschlöss erfolgte am Montag 31.08.2020, die Geländearbeit am Hochgebirgsstandort Innerer Knorrkogel konnte jedoch witterungsbedingt (Kaltlufteinbruch mit Schneefall unter 2500 m zu Wochenbeginn) erst am Donnerstag 03.09.2020 erfolgreich durchgeführt werden. Der Auf- und Abstieg zum bzw. vom Arbeitsgebiet erfolgte wie im Vorjahr von Innergeschlöss über das Löbbentörl (Abb. 1-links). Die Geländearbeit selbst konnte bei optimalen Witterungsverhältnissen trotz Neuschneeresten gut durchgeführt werden, wodurch auch zeiteffizient an einem langen Arbeitstag alle 18 Standorte aufgesucht und gewartet werden konnten. An keinem der 18 Standorte war zum Zeitpunkt der Geländekampagne noch Winter- bzw. Neuschnee anzutreffen. Sich abbauender Neuschnee verursachte lediglich an manchen Stellen leicht erschwerende oder rutschige Wegverhältnisse (Abb. 1).



Abbildung 1: Schneebedingungen im Zuge der Geländearbeit am 03.09.2020 beim Aufstieg zum Löbbentörl (links) sowie im Bereich der Gipfelpyramide (hier zu sehen die Süd- und Westflanken) vom Löbbentörl aus betrachtet. Neuschnee war in den höheren Lagen vielerorts anzutreffen, behinderte aber nicht wesentlich die Geländearbeiten. Fotos: Andreas Kellerer-Pirklbauer.

### 2.2 Methodik Bereich Permafrost

Die einzelnen Messtandorte wurden in der in Tabelle 1 aufgelisteten Abfolge aufgesucht. Diese Abfolge ergibt sich aus einer möglichst zeiteffizienten Durchführung der Geländearbeit entlang dieser Route. An jedem Standort wurden via Funkverbindung die Temperaturdaten von den jeweiligen Datenloggern auf den Computer übertragen (Abb. 2) und als csv-Datei abgespeichert (siehe Tabelle 1). An jedem Standort wurden die Batterien der Datenlogger getestet. Es musste jedoch an keinem Standort die interne Batterie gewechselt werden.

Im Zuge der Wartungsarbeiten zeigte es sich, dass an fast allen Standorten problemlos Daten von August 2018 bis Anfang September 2020 aufgezeichnet wurden und nur ein einziger Standort einen Datenausfall hatte. Wie im Vorjahr gab es wiederum Probleme beim Lufttemperaturmesstandort S-AT-2878, wo erst im Sommer 2019 ein neuer Logger eingebaut wurde (A5223E). Wie sich erst in der Datenanalyse offenbarte, wurden an diesem Standort nur bis zum 03.11.2019 15:00h problemlos Lufttemperaturdaten aufgezeichnet. Mehrmalige automatische „Resets“ des Datenloggers veränderten die Einstellung der internen Uhr, weshalb erst durch eine

aufwendigere Datenanalyse versucht werden kann, die Datenreihe zeitlich zu korrigieren. Für den gegenständlichen Bericht war dies zeitlich noch nicht möglich, wird jedoch noch versucht.

Tabelle 1: Übersicht über die 18 Monitoring-Standorte in der Gipfelpyramide des Inneren Knorrkogels mit Angaben zu Code, interner Loggernummer, Tiefe des Sensors bzw. der Sensoren (bei Dreikanaldatenlogger eingebaut in Felsen) sowie die Bezeichnungen der in diesem Bericht angehängten Dateien in Bezug auf Rohdaten sowie bearbeitete Daten. Siehe hierzu auch die Dokumentation in den beiden Dateien „rohdaten\_metadaten\_20201029.csv“ und „bearb\_daten\_metadaten\_20201029.csv“.

Code	Log. Nr.	Sensortiefe (cm)	Dateibezeichnung Rohdaten	Dateibezeichnung bearbeitete Daten
G-1K-SW-2840	A5223B	0	01-G-1K-SW-2840-A5223B_18-20.csv	01-G-1K-SW-2840-A5223B_18-20.xlsx
F-1K-W-2840	A52220	0	02-F-1K-W-2840-A52220_18-20.csv	02-F-1K-W-2840-A52220_18-20.xlsx
G-1K-SW-2860	A5223F	0	03-G-1K-SW-2860-A5223F_18-20.csv	03-G-1K-SW-2860-A5223F_18-20.xlsx
F-1K-W-2860	A52244	0	04-F-1K-W-2860-A52244_18-20.csv	04-F-1K-W-2860-A52244_18-20.xlsx
S-GT-2886	A521B7	0	09-S-GT-2886-A521B7_18-20.csv	09-S-GT-2886-A521B7_18-20.xlsx
G-1K-NW-2860	A52227	0	06-G-1K-NW-2860-A52227_18-20.csv	06-G-1K-NW-2860-A52227_18-20.xlsx
G-1K-NW-2840	A52223	0	05-G-1K-NW-2840-A52223_18-20.csv	05-G-1K-NW-2840-A52223_18-20.xlsx
F-3K-W-2869	A538B7	3	07-F-3K-W-2869-A538B7_18-20.csv	07-F-3K-W-2869-A538B7_18-20-3cm.xlsx
	A538B7	10	07-F-3K-W-2869-A538B7_18-20.csv	07-F-3K-W-2869-A538B7_18-20-10cm.xlsx
	A538B7	40	07-F-3K-W-2869-A538B7_18-20.csv	07-F-3K-W-2869-A538B7_18-20-40cm.xlsx
F-3K-NE-2871	A538AC	3	08-F-3K-NE-2871-A538AC_18-20.csv	08-F-3K-NE-2871-A538AC_18-20-3cm.xlsx
	A538AC	10	08-F-3K-NE-2871-A538AC_18-20.csv	08-F-3K-NE-2871-A538AC_18-20-10cm.xlsx
	A538AC	40	08-F-3K-NE-2871-A538AC_18-20.csv	08-F-3K-NE-2871-A538AC_18-20-40cm.xlsx
S-GT-2878	A52194	0	10-S-GT-2878-A52194_18-20.csv	10-S-GT-A52194_18-20.xlsx
S-AT-2878	A5223E	0	11-S-AT-2878-A53A9E_19-20.csv	Datenausfall ab 03.11.2019 16:00h; Loggerprobleme (autom. Reset)
F-3K-S-2871	A538B1	3	12-F-3K-S-2871-A538B1_18-20.csv	12-F-3K-S-2871-A538B1_18-20-3cm.xlsx
	A538B1	10	12-F-3K-S-2871-A538B1_18-20.csv	12-F-3K-S-2871-A538B1_18-20-10cm.xlsx
	A538B1	40	12-F-3K-S-2871-A538B1_18-20.csv	12-F-3K-S-2871-A538B1_18-20-40cm.xlsx
G-1K-E-2860	A521CB	0	13-G-1K-E-2860-A521CB_18-20.csv	13-G-1K-E-2860-A521CB_18-20.xlsx
G-1K-E-2845	A5222E	0	14-G-1K-E-2845-A5222E_18-20.csv	14-G-1K-E-2845-A5222E_18-20.xlsx
F-1K-NE-2860	A5226E	0	16-F-1K-NE-2860-A5226E_18-20.csv	16-F-1K-NE-2860-A5226E_18-20.xlsx
F-1K-NE-2840	A521A0	0	15-F-1K-NE-2840-A521A0_18-20.csv	15-F-1K-NE-2840-A521A0_18-20.xlsx
F-1K-S-2860	A5222A	0	17-F-1K-S-2860-A5222A_18-20.csv	17-F-1K-S-2860-A5222A_18-20.xlsx
F-1K-S-2840	A52230	0	18-F-1K-S-2840-A52230_18-20.csv	18-F-1K-S-2840-A52230_18-20.xlsx

Anmerkungen: GT=Bodentemperatur, AT=Lufttemperatur

Nach Abschluss der Geländearbeiten am Inneren Knorrkogel erfolgte der Abstieg ins Tal, wo am Abend die gesammelten Daten auf einen externen Datenträger gesichert wurden. Die Langzeit-Datensichtung und die

Analyse der Daten wurden am Institut für Geographie und Raumforschung der Universität Graz durchgeführt, wobei für die Auswertung die Software Excel verwendet wurde.

Die Bezeichnung der Dateien – Rohdaten sowie bearbeitete Daten – für alle Standorte und für jeden Sensor bei 3-Kanaldatenloggern ist der Tabelle 1 zu entnehmen. In der Auswertung in Excel wurde auf die Stundenwerte, Monatsmittelwerte und – für diesen Bericht – insbesondere Jahresmittelwerte fokussiert, um hier ein übersichtliches Bild über die Zustände sowie Unterschiede der Bodentemperatur in den beiden Messjahren 2018/19 (01.09.2018 bis 31.08.2019) und 2019/20 (01.09.2019 bis 31.08.2020) zu erhalten.



Abbildung 2: Auslesen der Temperaturdaten via Funkschnittstelle (als schwarzer Stift am Foto links vom Laptop erkennbar) wie hier beispielhaft gezeigt am Standort G-1K-E-2845. Das Frossnitztal ist im Bildhintergrund zu erkennen. Blick nach Süden. Foto: Andreas Kellerer-Pirklbauer.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Ergebnisse Bereich Permafrost 2018/19 und 2019/20

Das Messnetz am Inneren Knorrkogel wurde am 03.09.2020 gewartet und bis auf einen Datenlogger (A5223E; Problem mehrmaliger automatischer Resets des Datenloggers) konnten alle Messwerte für den Zeitraum 18.08.2018 bis 02.09.2020 (746 Tage) unter Berücksichtigung ganzer Tagesdatensätze erfolgreich gesichert und ausgewertet werden. Auf Basis dieser Datenreihe war es möglich als Bezugszeitraum für diesen Bericht – unter Berücksichtigung ganzer Monatszeiträume, was für entsprechende Mittelbildungen notwendig ist – die beiden Beobachtungsjahre 2018/19 (01.09.2018 bis 31.08.2019) und 2019/20 (01.09.2019 bis 31.08.2020) zu untersuchen bzw. zu vergleichen.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die gemessenen Jahresmittelwerte für beide Messjahre und für jeden Standort und Sensor. Ebenso sind in dieser Tabelle die Unterschiede zwischen den beiden Messjahren, dargestellt als Jahresmitteltemperatur 2018/19 minus 2019/20 (°C), für jeden Standort angegeben. Zuletzt sind noch die Durchschnittswerte aller Standorte, der Minimumwert, der Maximumwert sowie der Unterschied zwischen Minimumwert und Maximumwert für jedes Messjahr sowie für den Jahresvergleich gelistet.

Im Messjahr 2018/19 lag der Jahresmittelwert aller Standorte bzw. Sensoren (n=23) bei -0,40 °C. Die tiefste Jahresmitteltemperatur wurde mit -1.78 °C am Nordost-ausgerichteten Flankenstandort F-1K-NE-2840 gemessen.

Der höchste Wert wurde mit 1,96 °C für den Süd-exponierten Flankenstandort F-1K-S-2840 ermittelt, was einen Unterschied in den Jahresmittelwerten für 2018/19 von 3,74 °C bedeutet.

Im Messjahr 2019/20 wurden an nahezu allen Standorten – bis auf drei (F-1K-W-2860, F-1K-S-2860 und F-1K-S-2840) – höhere Jahresmittelwerte als im Vorjahr gemessen. Der Jahresmittelwert aller Standorte bzw. Sensoren (n=23) im Jahr 2019/20 lag bei 0,08 °C und somit um 0,48 °C über dem Mittelwert des Vorjahres. Die tiefste Jahresmitteltemperatur wurde mit -1.54 °C wiederum am Nordost-ausgerichteten Flankenstandort F-1K-NE-2840 gemessen. Der höchste Wert hingegen wurde mit 1,73 °C im Messjahr 2 am Süd-exponierten Felsstandort F-3K-S-2871 ermittelt. Dies ergibt für das zweite Messjahr einen Unterschied in den Jahresmittelwerten von 3,26 °C, also ca. 0,5 °C weniger als im Jahr zuvor.

Tabelle 2: Übersicht über die 18 Monitoring-Standorte an der Gipfelpyramide des Inneren Knorrkogels mit Angaben zu Code, interne Loggernummer, Tiefe des Temperatursensors bzw. der Sensoren (bei Dreikanaldatenlogger eingebaut in Felsen) mit den gemessenen Jahresmittelwerte für 2018/19 (01.09.2018-31.08.2019) und für 2019/20 (01.09.2019-31.08.2020) sowie deren Unterschiede. Zum besseren Vergleich sind noch Mittelwert aller Standorte, Minimum, Maximum und Amplitude der Jahresmittelwerte an den 18 Standorten für jedes Messjahr und für den Jahresvergleich angegeben.

Code	Log. Nr.	Sensortiefe (cm)	Jahresmitteltemperatur 2018/19 (°C)	Jahresmitteltemperatur 2019/20 (°C)	Jahresmitteltemperatur 2018/19 minus 2019/20 (°C) *
G-1K-SW-2840	A5223B	0	-1,52	0,25	-1,77
F-1K-W-2840	A52220	0	-1,56	-0,67	-0,89
G-1K-SW-2860	A5223F	0	0,41	0,63	-0,22
F-1K-W-2860	A52244	0	-1,17	-1,27	0,10
S-GT-2886	A521B7	0	-1,77	-1,42	-0,35
G-1K-NW-2860	A52227	0	-1,25	-0,95	-0,30
G-1K-NW-2840	A52223	0	-1,27	-0,66	-0,62
F-3K-W-2869	A538B7	3	-0,10	0,26	-0,36
	A538B7	10	-0,16	0,13	-0,28
	A538B7	40	-0,65	-0,45	-0,20
F-3K-NE-2871	A538AC	3	-0,87	0,01	-0,87
	A538AC	10	-0,98	-0,12	-0,85
	A538AC	40	-1,03	-0,22	-0,82
S-GT-2878	A52194	0	-1,09	-0,98	-0,11
S-AT-2878	A5223E	0	keine Daten		
F-3K-S-2871	A538B1	3	1,04	1,73	-0,68
	A538B1	10	0,74	1,37	-0,62
	A538B1	40	0,71	1,22	-0,51
G-1K-E-2860	A521CB	0	0,25	1,23	-0,99
G-1K-E-2845	A5222E	0	0,40	0,82	-0,43
F-1K-NE-2860	A5226E	0	-0,72	0,30	-1,03
F-1K-NE-2840	A521A0	0	-1,78	-1,54	-0,24
F-1K-S-2860	A5222A	0	1,19	0,54	0,65
F-1K-S-2840	A52230	0	1,96	1,68	0,28
<i>Mittelwert</i>			<i>-0,40</i>	<i>0,08</i>	<i>-0,48</i>
<i>Minimum</i>			<i>-1,78</i>	<i>-1,54</i>	<i>-1,77</i>
<i>Maximum</i>			<i>1,96</i>	<i>1,73</i>	<i>0,65</i>
<i>Amplitude</i>			<i>3,74</i>	<i>3,26</i>	<i>2,42</i>

\* negativer Wert=2018/19 kälter als 2019/20; positiver Wert=2018/19 wärmer als 2019/20



Abbildungen 3 und 4 zeigen die Ergebnisse der Jahresmitteltemperaturen beider Messjahre in Diagrammform. Abbildung 3 zeigt die Jahresmittelwerte für 2018/19 für alle Sensoren mit entsprechenden Werten, wobei in dieser Grafik (wie auch in den folgenden beiden Abbildungen 4 und 5) zwischen Standorte im Gipfelbereich, an Felsen, an Flanken sowie an Graten unterschieden wurde. Wie dieser Grafik zu entnehmen ist, weisen die beiden Gipfelstandorte relativ tiefe Temperaturen auf. An allen drei Felsstandorten wurden die höchsten Temperaturen nahe der Oberfläche (3 cm Tiefe) und die tiefsten Temperaturen in 40 cm Tiefe gemessen, wobei die Gradienten im Detail voneinander abweichen. Bei den Felsstandorten kommt deutlich die Strahlungsungunst des NE-exponierten Standortes mit Jahresmitteltemperaturen im -1,0 °C-Bereich zum Vorschein. Demgegenüber steht der S-exponierte Felsstandort mit leicht positiven Mitteltemperaturen (0,7 bis 1,0 °C).

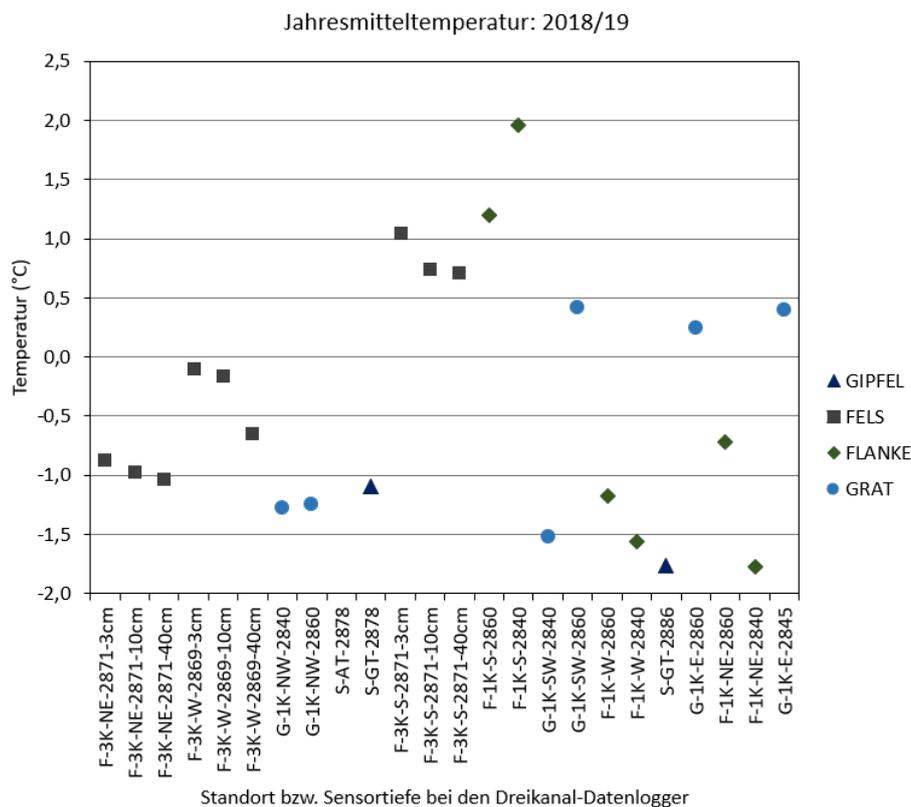


Abbildung 3: Jahresmitteltemperatur an/nah der Bodenoberfläche im Zeitraum 01.09.2018 bis 31.08.2019 aller Messstandorte (außer S-AT-2878: Blitzschlagschaden) am Inneren Knorrkogel (Messjahr 2018/19). Bei den Dreikanal-Datenloggern sind die Messsensoren in 3, 10 und 40 cm Tiefe installiert.



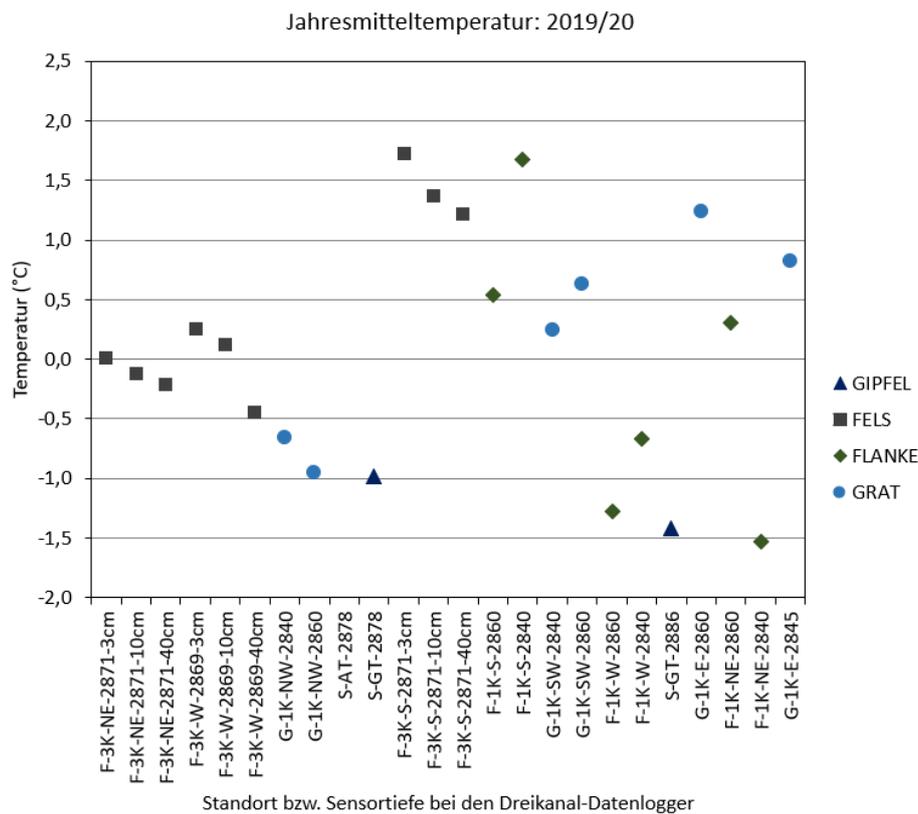


Abbildung 4: Jahresmitteltemperatur an/nah der Bodenoberfläche im Zeitraum 01.09.2019 bis 31.08.2020 aller Messstandorte (außer S-AT-2878: Reset Probleme des Datenloggers) am Inneren Knorrkogel (Messjahr 2019/20). Bei den Dreikanal-Datenloggern sind die Messsensoren in 3, 10 und 40 cm Tiefe installiert.

Die größten Unterschiede finden sich in den Ergebnissen der Flankenstandorte, wobei an beiden S-exponierten Flankenstandorten (F-1K-S-2860 und F-1K-S-2840) ähnlich hohe Werte gemessen wurden wie am S-exponierten Felsstandort. Ähnliche Mittelwerte wurden für die Flankenstandorte in W- und NE-Exposition ermittelt. Gratstandorte weisen ähnliche Werte in gleichen Expositionen auf. Zusammenfassend kann auf Basis der Jahresmittelwerte festgehalten werden, dass eine starke (durchaus erwartete) thermale Heterogenität im Gipfelbereich des Inneren Knorrkogels nachgewiesen wurde, welche durch Expositions-, Substrat- sowie Schneedeckenunterschiede bedingt ist.

Abbildung 4 zeigt die Jahresmittelwerte für 2019/20 für alle Sensoren mit entsprechenden Werten, wobei wiederum zwischen Standorte im Gipfelbereich, an Felsen, an Flanken sowie an Graten unterschieden wurde. Wie dieser Grafik zu entnehmen ist, weisen die beiden Gipfelstandorte wiederum relativ tiefe Temperaturen auf. Gleich wie im ersten Messjahr wurden an allen drei Felsstandorten die höchsten Temperaturen nahe der Oberfläche (3 cm Tiefe) und die tiefsten Temperaturen in 40 cm Tiefe gemessen. Die Gradienten an den Felsmessungen weichen im Detail wiederum voneinander ab. Am westexponierten Felsstandort F-3K-W-2869 beträgt der Unterschied der Jahresmitteltemperatur im Felsen in Tiefen von 3 und 40 cm sogar 0,7 °C und somit etwas mehr als im Vorjahr (0,55 °C). Bei den Felsstandorten kommt wiederum deutlich die Strahlungsungunst des NE-exponierten Standortes (aber auch zum Teil des W-exponierten Standortes) mit Jahresmitteltemperaturen zwischen -0,2 und 0,0 °C zum Vorschein. Demgegenüber steht wiederum der S-exponierte Felsstandort mit positiven Mitteltemperaturen zwischen 1,2 und 1,7 °C.

### 3.2 Ergebnisse Bereich Permafrost – Vergleich

Abbildung 5 gibt den Vergleich der Jahresmitteltemperaturen für die beiden Messjahre (2018/19 minus 2019/20) aus Tabelle 2 grafisch wieder.



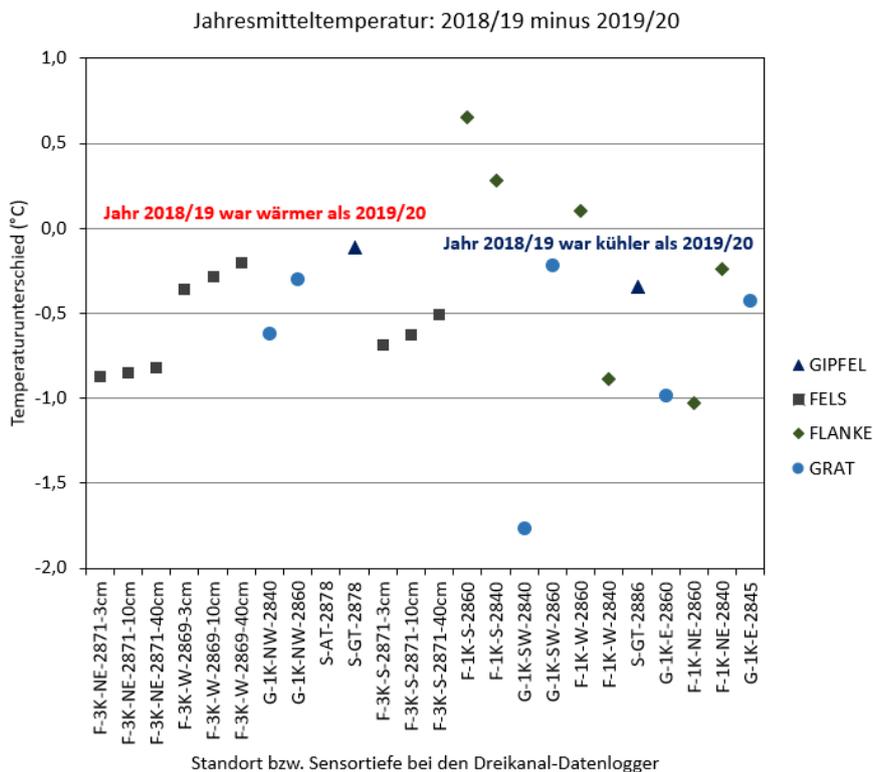


Abbildung 5: Vergleich der Jahresmitteltemperaturen 2018/19 mit 2019/20 an/nah der Bodenoberfläche aller Messstandorte (außer S-AT-2878) am Inneren Knorrkogel (Messjahr 2019/20). Nur an drei Standorten war das erste Messjahr (2018/19) im Jahresmittel wärmer als das zweite Messjahr (2019/20).

Auffallend ist, dass nur an drei Standorten – alle drei Flankenstandorte (F-1K-W-2860 – westexponiert, F-1K-S-2860 und F-1K-S-2840 – beide südexponiert) – das erste Messjahr wärmer war als das zweite Untersuchungsjahr. An 20 Standorten bzw. Sensoren waren die ermittelten Jahresmittelwerte im Messjahr 2019/20 deutlich höher als im Jahr zuvor. Der extremste Unterschied wurde für den südwest-exponierten Gratstandort G-1K-SW-2840 ermittelt, wo die Temperatur im Messjahr 2019/20 um 1,77 °C höher waren als im Messjahr 2018/19 (-1,52 °C vs. 0,25 °C). Die Ursachen in den wesentlich höheren Temperaturen im Messjahr 2019/20 liegen in den allgemeinen höheren Lufttemperaturen in diesem Jahr, wobei jedoch Unterschiede in der saisonalen Schneedeckendynamik (Dauer, Mächtigkeit, Beginn und Ende, etc.) eine wichtige Rolle spielen. Detaillierte Ursachenanalysen hierzu müssen jedoch noch durchgeführt werden.

## 4 Interpretation und Diskussion

Mit dem erfolgreichen Auslesen der Bodentemperaturdatenreihen am Inneren Knorrkogel im September 2020 liegen mittlerweile zwei volle Jahresdatenreihen (01.09. bis zum 31.08. des Folgejahres) von 17 Monitoringstandorten (der in Summe 18 Standorte, nur 1 Ausfall) bzw. 23 einzelnen Sensoren vor. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist vorwegzuschicken, dass diese auch nach zwei Jahren Messreihen selbstverständlich erst den Beginn eines Monitorings darstellen und in zeitlicher Hinsicht keine Aussagen erlauben, die über den Untersuchungszeitraum hinausreichen.

Die Tatsache, dass an 11 Messstandorten – bzw. an 15 Sensoren (2 Felsstandorte mit jeweils drei Sensoren in Tiefen von 3, 10 und 40 cm) – im Messjahr 2018/19 negative Jahresmitteltemperaturen registriert wurden, kann als Hinweis darauf gelten, dass der bislang messtechnisch noch nicht in seiner Existenz verifizierte Permafrost an der Gipfelkalotte des Inneren Knorrkogels tatsächlich existiert, so wie dies entsprechende



Modellierungsergebnisse und die Beobachtung indirekter Hinweise (Vegetationsbedeckung und Geländeformen) nahegelegt hatten (Kellerer-Pirklbauer & Lieb 2019a).

Wie die neuen Daten für das im Schnitt deutlich wärmere Messjahr 2019/20 (um im Mittel ca. 0,5 °C) jedoch zeigen, muss die für das erste Messjahr getätigte Aussage jedoch etwas relativiert werden. Im zweiten Messjahr 2019/20 konnten nur an 8 Messstandorten – bzw. an 9 Sensoren – negative Jahresmitteltemperaturen registriert werden. Dies kann durchaus immer noch als klarer Hinweis auf die Existenz von Permafrost im Untersuchungsgebiet hinweisen, zeigt jedoch die große Bedeutung von längeren Messreihen zur besseren Charakterisierung von thermischen Verhältnissen im Hochgebirge wie beispielsweise Permafrost (vgl. Kellerer-Pirklbauer et al. 2019), Solifluktion (Kellerer-Pirklbauer 2018) oder potentielle Verwitterung (Kellerer-Pirklbauer 2017).

## 5 Fazit und Ausblick

Die Messergebnisse aus den ersten beiden Beobachtungsjahren am Permafrostmonitoringstandort Innerer Knorrkogel haben interessante Erkenntnisse erbracht, welche Auswirkungen kleinräumiger Unterschiede in der Exposition, im Substrat sowie in der winterlichen Schneedeckendynamik auf thermische Verhältnisse im Untergrund – und dadurch Permafrost – haben. Diese neuen Erkenntnisse zu den Bodentemperaturverhältnissen in der Venedigergruppe ergänzen somit auch das seit mehreren Jahren in den Hohen (seit 2006; Lieb et al. 2016) und Niederen Tauern (seit 2004) laufende Permafrost-Monitoringnetzwerk der Universität Graz sowie der Technischen Universität Graz (Kellerer-Pirklbauer et al. 2019).

Die hier vorgestellten ersten Analyseergebnisse bestätigen auch die Annahme, dass die thermischen Bedingungen in Bezug auf Permafrost am Inneren Knorrkogel grenzwertig sind, weil die Untergrundtemperaturen relativ hoch und an manchen Standorten auch im Jahresmittel positiv sind.

Dies impliziert, dass sich das installierte Messnetz in einer für den zukünftig zu erwartendem Anstieg der Permafrost-Untergrenze sensiblen Seehöhe befindet und somit langfristig der auch messtechnische Nachweis von Permafrost-Degradation (im Sinne von Erwärmung und Abtauen von Permafrost) erwartet werden darf.

## Literaturverzeichnis

Haeblerli, W. (1973): Die Basis-Temperatur der winterlichen Schneedecke als möglicher Indikator für die Verbreitung von Permafrost in den Alpen, Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 9, 221–227, 1973.

Kellerer-Pirklbauer A. (2017): Potential weathering by freeze-thaw action in alpine rocks in the European Alps during a nine-year monitoring period. Geomorphology, 296 (2017), 113–131.

Kellerer-Pirklbauer A. (2018): Solifluction rates and environmental controls at local and regional scales in central Austria, Norsk Geografisk Tidsskrift – Norwegian Journal of Geography, 72:1, 37-56.

Kellerer-Pirklbauer A., Lieb G. K., Kaufmann V. & Avian M. (2019): Permafrost-Monitoring Nationalpark Hohe Tauern Kärnten 2016-2018 – Projektendbericht. Unveröffentlichter Bericht, Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, 41 Seiten.

Kellerer-Pirklbauer A., Lieb G.K. (2019a): Permafrostmonitoring am Inneren Knorrkogel 2018-2019 - Modul 07: „Kryosphäre: Gletscher, Hydroklima, Permafrost, Geomorphodynamik“ im Rahmen des interdisziplinären, integrativen Monitoring- und Forschungsprogramms zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern (Version 12/19). Wissenswert (unpubliziert). <http://www.parc.at/npht>

Kellerer-Pirklbauer A, Lieb GK (2019b) Langzeitmonitoring von Ökosystemprozessen im Nationalpark Hohe Tauern. Modul 07: Kryosphäre: Gletscher, Hydroklima, Permafrost. Methoden-Handbuch. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. ISBN-Online: 978-3-7001-8755-4, doi:10.1553/GCP\_LZM\_NPHT\_Modul07

Lieb G. K., Kellerer-Pirklbauer A., Kaufmann V. & Avian M. (2016): The Graz permafrost monitoring network in the Hohe Tauern National Park (Austria). Joannea Geol. Paläont., 12, 9-16.

Lieb G.K., Kellerer-Pirklbauer A., Ziesler C. (2019): Langzeit-Monitoring abiotischer Prozesse im Nationalpark Hohe Tauern – Modul 07 „Kryosphäre: Gletscher, Hydroklima, Permafrost, Geomorphodynamik“ im Rahmen des interdisziplinären, integrativen Monitoring- und Forschungsprogramms zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern, Endbericht (unpubliziert). [http://www.parc.at/npht/mmd\\_fullentry.php?docu\\_id=38030](http://www.parc.at/npht/mmd_fullentry.php?docu_id=38030).



## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Schneebedingungen im Zuge der Geländearbeit am 03. 09. 2020 beim Aufstieg zum Löbbentörl (links) sowie im Bereich der Gipfelpyramide (hier zu sehen die Süd- und Westflanken) vom Löbbentörl aus gesehen. Neuschnee war in den höheren Lagen vielerorts anzutreffen, behinderte aber nicht wesentlich die Geländearbeiten. Fotos: Andreas Kellerer-Pirklbauer.....	2
Abbildung 2: Auslesen der Temperaturdaten via Funkschnittstelle (als schwarzer Stift am Foto links vom Laptop erkennbar) wie hier beispielhaft gezeigt am Standort G-1K-E-2845. Das Frossnitztal ist im Bildhintergrund zu erkennen. Foto: Andreas Kellerer-Pirklbauer. ....	4
Abbildung 3: Jahresmitteltemperatur an/nahe der Bodenoberfläche im Zeitraum 01. 09. 2018 bis 31. 08. 2019 aller Messstandorte (außer S-AT-2878: Blitzschlagschaden) am Inneren Knorrkogel (Messjahr 2018/19). Bei den Dreikanal-Datenloggern sind die Messsensoren in 3, 10 und 40 cm Tiefe installiert.....	6
Abbildung 4: Jahresmitteltemperatur an/nahe der Bodenoberfläche im Zeitraum 01. 09. 2019 bis 31. 08. 2020 aller Messstandorte (außer S-AT-2878: Reset Probleme des Datenloggers) am Inneren Knorrkogel (Messjahr 2019/20). Bei den Dreikanal-Datenloggern sind die Messsensoren in 3, 10 und 40 cm Tiefe installiert.....	7
Abbildung 5: Vergleich der Jahresmitteltemperaturen 2018/19 mit 2019/20 an/nahe der Bodenoberfläche aller Messstandorte (außer S-AT-2878) am Inneren Knorrkogel (Messjahr 2019/20). Nur an drei Standorten war das erste Messjahr (2018/19) im Jahresmittel wärmer als das zweite Messjahr (2019/20). ....	8
Tabelle 1: Übersicht über die 18 Monitoring-Standorte in der Gipfelpyramide des Inneren Knorrkogels mit Angaben zu Code, interner Loggernummer, Tiefe des Sensors bzw. der Sensoren (bei Dreikanaldatenlogger eingebaut in Felsen) sowie die Bezeichnungen der in diesem Bericht angehängten Dateien in Bezug auf Rohdaten sowie bearbeitete Daten. Siehe hierzu auch die Dokumentation in den beiden Dateien „rohdaten_metadaten_20201029.csv“ und „bearb_daten_metadaten_20201029.csv“.....	3
Tabelle 2: Übersicht über die 18 Monitoring-Standorte an der Gipfelpyramide des Inneren Knorrkogels mit Angaben zu Code, interne Loggernummer, Tiefe des Temperatursensors bzw. der Sensoren (bei Dreikanaldatenlogger eingebaut in Felsen) mit den gemessenen Jahresmittelwerte für 2018/19 (01.09.2018-31.08.2019) und für 2019/20 (01.09.2019-31.08.2020) sowie deren Unterschiede. Zum besseren Vergleich sind noch Mittelwert, Minimum, Maximum und Amplitude der Jahresmittelwerte an den 18 Standorten für jedes Messjahr und für den Jahresvergleich angegeben.....	5





**Herausgeber:**

Nationalparkrat Hohe Tauern

Kirchplatz 2, 9971 Matri

Tel.: +43 (0) 4875 / 5112 | E-Mail: [nationalparkrat@hohetauern.at](mailto:nationalparkrat@hohetauern.at)

[www.hohetauern.at](http://www.hohetauern.at)