



Klimasensitive, hochalpine Kare: Projekt Sattelkar

Zwischenbericht 3: 2020

www.hohetauern.at

Mit Unterstützung von Bund und Europäischer Union

Impressum

Für den Inhalt verantwortlich:

Nationalpark Hohe Tauern, Gerlos Straße 18, 2.OG, 5730 Mittersill

Redaktion: Vorname Nachname, Nationalpark Hohe Tauern

Projektleitung:

DI Ferdinand Lainer, Nationalpark Hohe Tauern

Fotos: © NPHT und Georesearch

Basierend auf den Detailbericht von:

Georesearch GmbH

Trotz gebotener Sorgfalt können Satz- und Druckfehler nicht ausgeschlossen werden. Stand: 17.12.2019



Inhaltsverzeichnis

Motivation	1
a. Problemstellung	1
b. Das Sattelkar und seine Nachbarkare	1
c. Ziele und wissenschaftliche Fragestellungen	2
Monitoringkonzept, Konfiguration.....	3
Durchgeführte Arbeiten 2019.....	3
d. Datenacquisition GST Temperature Logger – Erfassung von Bodentemperaturen.....	3
e. UAV Befliegungen – Erfassung von Bewegungsraten.....	4
f. Wasserproben – Detektion von möglichen Eiskernen	4
g. Projektierung autarke Seismik und Standort Webcam – Detektion von Murereignissen	5
h. Öffentlichkeitsarbeit	6
Vorläufige Ergebnisse 2019.....	6
a. Analyse der atmosphärischen und hydrologischen Bedingungen	6
b. Analyse der Oberflächenbedingungen, Bewegungsmuster und Raten	8
c. Überwachung der Untergrundbedingungen	10
Ausblick 2020.....	11
a. Geplante Arbeiten und Analysen im Jahr 2020.....	11
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	12
Literatur- und Quellenverzeichnis	12



Motivation

a. Problemstellung

Die durchschnittliche Jahrestemperatur ist in Österreich seit 1880 um rund 2 °C gestiegen (APCC, 2014). Diese Temperaturerhöhung liegt weit über dem globalen Durchschnitt von 0,85 °C (IPCC, 2013). Auch künftig ist im Alpenraum eine stärkere Temperaturerhöhung als im weltweiten Mittel zu erwarten. Dabei ist eine Erhöhung von bis zu 4 °C bis zum Jahr 2100 möglich.

Kare sind prägende Landschaftselemente des Hochgebirges und reagieren besonders sensitiv auf klimatische Veränderungen wie Temperaturerhöhung oder flüssigem Niederschlag. Gletscherschwund ist eine der sichtbarsten Folgen, mit dem Rückzug des Eises werden Felsareale und Lockermaterial freigelegt und deren Temperaturhaushalt beeinflusst (Otto and Keuschnig, 2014). Es gibt aber auch unsichtbare Veränderungen, u.a. Veränderungen im dauergefrorenen Untergrund – dem Permafrost. Daraus resultieren Schwächungen des Gebirges und eine vermehrte Mobilisierbarkeit von Lockermaterial durch Starkniederschläge dar. Eine mögliche Konsequenz ist das vermehrte Auftreten von Massenbewegungen wie Rutschungen und Muren (Krainer et al., 2012, Keuschnig et al., 2015) und damit steigende Risiken für Mensch und Infrastruktur (Höfer-Öllinger et al., 2015).

Besonders in den letzten Jahren konnten alpenweit zahlreiche Murgänge aus hochalpinen Karen dokumentiert werden. Aktuelle Studien aus den nördlichen Kalkalpen weisen auf eine klimabedingte Zunahme von Murgängen hin, Starkniederschläge mit mehr als 35 mm/d haben sich seit 1921 nahezu verdoppelt (Dietrich and Krautblatter, 2018). Beobachtungen in der Natur können jedoch nur schwer auf einzelne „Ursache-Wirkung“ Prozesse reduziert werden. Unter anderem reagieren Untergrundbedingungen, wie Permafrost, oft stark verzögert auf äußere Einflüsse. Wechselwirkungen zwischen atmosphärischen Einflüssen, den Oberflächeneigenschaften und des oberflächennahen Untergrunds sind bis jetzt wenig erforscht, langfristige Datenreihen sind kaum vorhanden. Diese sind aber wichtig für ein verbessertes Prozessverständnis, die Identifikation von Schwellenwerten und für die Kalibrierung von numerischen Modellen und in weiterer Folge für eine verbesserte Vorhersage der zukünftigen Entwicklung.

b. Das Sattelkar und seine Nachbarkare

Das Sattelkar, in einer Seehöhe zwischen 2130 und 2730 m ü.A. gelegen, stellt ein typisches hochalpines Kar dar. Es befindet sich im Obersulzbachtal, Gemeinde Neukirchen am Großvenediger, Salzburg. Es ist geprägt von Hangschutt und Felssturzbablagerungen der rundum aufragenden Granitgneiswände und wurde intensiv glazial und periglazial geformt. Es sind Hinweise auf einen fossilen Blockgletscher vorhanden, mehrere Moränenwälle sind Zeugen der letzten Vergletscherungen. Aufgrund der topographischen Lage und Höhe kann sporadisch mit Permafrostvorkommen gerechnet werden. Seit dem Jahr 2003 ist eine erhöhte Dynamik an Massenverlagerungsprozessen innerhalb des Kares zu erkennen, geschlossene Vegetationsbereiche wurden großflächig durch Schuttbereiche abgelöst (Abbildung 1).





Abbildung 1: Der untere Bereich des Sattelkars; deutlich zu sehen ist die erhöhte Dynamik an Massenverlagerungsprozessen.

Im Sattelkar hat sich die Lockermaterialsbedeckung, beginnend an der Karschwelle und seit 2005 rasant rückschreitend in Bewegung gesetzt. Bisher ist davon auszugehen, dass Starkniederschläge ein stromartiges Abrutschen und Zerfließen der glazialen und periglazialen Strukturen auf der glatten Felsoberfläche verursachen. Luftbildanalysen, Zeugenberichte und Schadensereignisse dokumentieren eine vermehrte Aktivität des Kares und Murereignisse seit dem Sommer 2005. Seither nehmen die Ausdehnung und Bewegungsrate der Rutschung mehr und mehr zu. Mittlerweile sind über 13 ha und über 1.000.000 m³ Lockermaterial mit einer Bewegungsrate von mehr als 10 m/a in Bewegung.

Extreme Bewegungsraten wurden zwischen 2012 und 2015 mit bis zu 30 m/a gemessen. Zuletzt führte im August 2014 ein Starkniederschlagsereignis zu einem Murgang von 170.000 m³, welche den Obersulzbach verlegten, ein Fahrzeug beschädigten und zusammen mit einer generellen Hochwassersituation im Obersulzbachtal zu einer schwerwiegenden Verwüstung des Mittel- und Unterlaufes führten. In unmittelbarer Nachbarschaft zum Sattelkar gibt es in Richtung Talschluss drei weitere Kare mit ähnlicher Genese und topographischen Gegebenheiten wie Exposition oder Hangneigungen. Ofenkar, Mitterkar und Steinkar liegen ein wenig höher als das Sattelkar, größere Massenumlagerungsprozesse konnten bis jetzt noch nicht dokumentiert werden.

c. Ziele und wissenschaftliche Fragestellungen

Das Hauptziel des Projekts ist, die Entwicklung, Installation und Wartung eines Monitoringsystems für die langfristige Überwachung des Sattelkars. Atmosphärische, Oberflächen- und Untergrundbedingungen sollen systematisch und kontinuierlich überwacht werden und als Basis für weitere Forschungsprojekte dienen. Unter anderem können folgende, wissenschaftliche Fragestellungen bearbeitet werden:

- Wie verändern sich das Sattelkar und seine Nachbarkare unter veränderten Klimabedingungen?
- Mit welchem aktuellen und zukünftigen Naturgefahrenpotential ist zu rechnen?



Monitoringkonzept, Konfiguration

Das Monitoringkonzept basiert auf einem systemischen Ansatz, basierend auf vier Überwachungsdomänen:

- Domäne 1: Überwachung der atmosphärischen und hydrologischen Bedingungen:
 - Adaption der automatischen Wetterstation (Kürsingerhütte) des Hydrographischen Dienstes Land Salzburg für die Modellierung und Prognose von Starkniederschlägen.
 - Erfassung der Pegelstände und Abflussraten an zwei Messtationen im Bereich des Obersulzbaches (Sulzau und Abfluss Sulzsee).
- Domäne 2: Überwachung der Oberflächenbedingungen, Bewegungsmuster und Raten:
 - Installation von 9 permanenten Boden-Kontrollpunkten (GCP's – Ground Control Points) für die jährliche Befliegung des Sattelkars mit UAS (Unmanned Aerial System) und zur Analyse von Oberflächenveränderungen, Bewegungs- und Erosionsraten.
- Domäne 3: Überwachung der Untergrundbedingungen (Sattelkar, Mitterkar, Steinkar und Ofenkar):
 - 30 oberflächennahe Temperatursensoren (GST – Ground Surface Temperature Logger, davon 15 vom Hydrographischen Dienst Land Salzburg) zur Erfassung der Temperaturen des oberflächennahen Untergrundes. Auf Basis des vorherrschenden Temperaturregimes kann Permafrost detektiert, überwacht und die Schneebedeckung analysiert werden.
- Domäne 4: Ereignisdokumentation Muren und Hangrutschung (Standort Talstrasse/Sattelkar):
 - Permanent installierte Kamera im Bereich Zirneck zur visuellen Überwachung des Murkegels.
 - Autarker Seismograph an der Karschwelle zum Sattelkar zur Detektion der Rutschungsaktivität innerhalb des Kares.

Durchgeführte Arbeiten 2020

d. Datenacquisition GST Temperature Logger – Erfassung von Bodentemperaturen

Während Geländearbeiten, durchgeführt von Magdalena Pescoller und Markus Dörfler, wurden am 09.07.2020 (Sattelkar) und am 31.07.2020 (Ofen-, Mitter- und Steinkar) die GST Logger gewartet und ausgelesen (Abbildung 2). Die GST Logger haben den Winter 2019/2020 gut überstanden, kein einziger musste ausgetauscht werden.



Abbildung 2: Wartung der GST Logger, Steinkar.



e. UAV Befliegungen – Erfassung von Bewegungsraten

Im Jahr 2020 wurden zwei UAS Befliegungen durchgeführt. Diese haben das Ziel Bewegungsraten innerhalb eines Sommers zu erfassen. Die erste UAS Befliegung fand am 09.07.2020 durch Robert Delleske und Ingo Hartmeyer statt. Dabei wurde das gesamte Sattelkar bis zur gegenüberliegenden Talseite photogrammetrisch, bei sehr guten Lichtverhältnissen und ohne Schneebedeckung, erfasst (Abbildung 3). Verwendet wurden drei Flugpläne, die Befliegung wurde vom Sattelkar aus nach unten durchgeführt. Dabei wurde eine GSD (Ground Sampling Distance) von 7 cm erreicht. Am 11.09.2020 wurde eine zweite Befliegung unter gleichen Rahmenbedingungen durchgeführt.



Abbildung 3: UAV Befliegung Sattelkar.

f. Wasserproben – Detektion von möglichen Eiskernen

Während der Geländearbeiten am 09.07.2020 konnten Wasserproben zur Bestimmung der Temperatur, Leitfähigkeit und Isotopenverhältnisse der Parameter Deuterium, Sauerstoff-18 und Sauerstoff-17 genommen werden (Abbildung 4).





Abbildung 4: Wasserprobenahme zur Analyse der Temperatur, Leitfähigkeit und Isotopen.

g. Installation autarke Seismik – Detektion von Murereignissen

Im August 2020 wurde die autarke Seismik zur Detektion von Murereignissen und Steinschlägen aus dem Sattelkar im Bereich des oberen Murkegels installiert (Abbildung 5). Eine Installation der Webcam bzw. Wildniskameras ist 2021 vorgesehen.



Abbildung 5: Installation autarke Seismik.



h. Öffentlichkeitsarbeit

In der Berichtsperiode 2020 wurde das Projekt im Rahmen von Medienbeiträgen (Abbildung 6) und internationalen Tagungen repräsentiert.



Abbildung 6: Beitrag ORF Salzburg.

Vorläufige Ergebnisse 2019

a. Analyse der atmosphärischen und hydrologischen Bedingungen

Die Analyse der atmosphärischen und hydrologischen Bedingungen basieren auf den Daten des Hydrografischen Dienstes vom Land Salzburg. Die Witterungsdaten stammen von der automatischen Wetterstation (AWS) Kürsinger Hütte (2.552 m a.s.l.) und sind aufgrund der räumlichen Nähe zum Sattelkars sehr gut für Analyse geeignet (Tabellen 1, 2, 3). Die Betriebszeit der AWS ist aufgrund der Stromversorgung auf die Periode Frühjahr bis Herbst beschränkt. Die Pegelstände werden an zwei Standorten entlang des Obersulzbaches erhoben (Abbildung 7). Ein Standort befindet sich talaufwärts im Bereich unthhalb des Sulzsees, der zweite Standort im Bereich des Talausgangs. Das Sattelkar entwässert ca. in der Mitte der beiden Messstandorte.

Tabelle 1: Anzahl der Tage mit Niederschlagssummen größer als 20, 30, 40 und 50 mm (Wetterstation Kürsinger Hütte).

	> 20 mm	> 30 mm	> 40 mm	> 50 mm
2009	12	5	3	2
2010	8	4	2	1
2011	10	3	1	0
2012	16	5	2	1
2013	6	1	0	0
2014	9	5	3	2
2015	18	6	1	0
2016	10	5	0	0
2017	10	4	0	0
2018	10	5	2	1
2019	11	1	1	1
2020	16	8	6	2



Tabelle 2: Die zehn höchsten Stundensummen des Niederschlags in der Beobachtungsperiode 2009-2020 (Wetterstation Kürsinger Hütte; absteigend gereiht).

Datum	Niederschlag (mm)
11.06.2014 19:00	37,8
04.08.2015 21:00	22,1
01.09.2015 21:00	17,7
06.08.2020 19:00	16,5
11.06.2014 20:00	14,9
05.07.2018 18:00	14,0
08.07.2015 14:00	13,3
19.07.2015 21:00	13,0
15.06.2017 20:00	12,9
30.03.2015 14:00	12,5

Tabelle 3: Die zehn höchsten Tagessummen des Niederschlags in der Beobachtungsperiode 2009-2020 (Wetterstation Kürsinger Hütte; absteigend gereiht).

Datum	Niederschlag (mm)
29.08.2020	82,9
30.07.2014	76,1
27.04.2009	70,1
03.10.2020	62,8
11.06.2014	60,4
19.08.2017	57,2
06.06.2009	52,5
17.07.2010	52,3
28.07.2019	51,2
03.08.2020	50,0



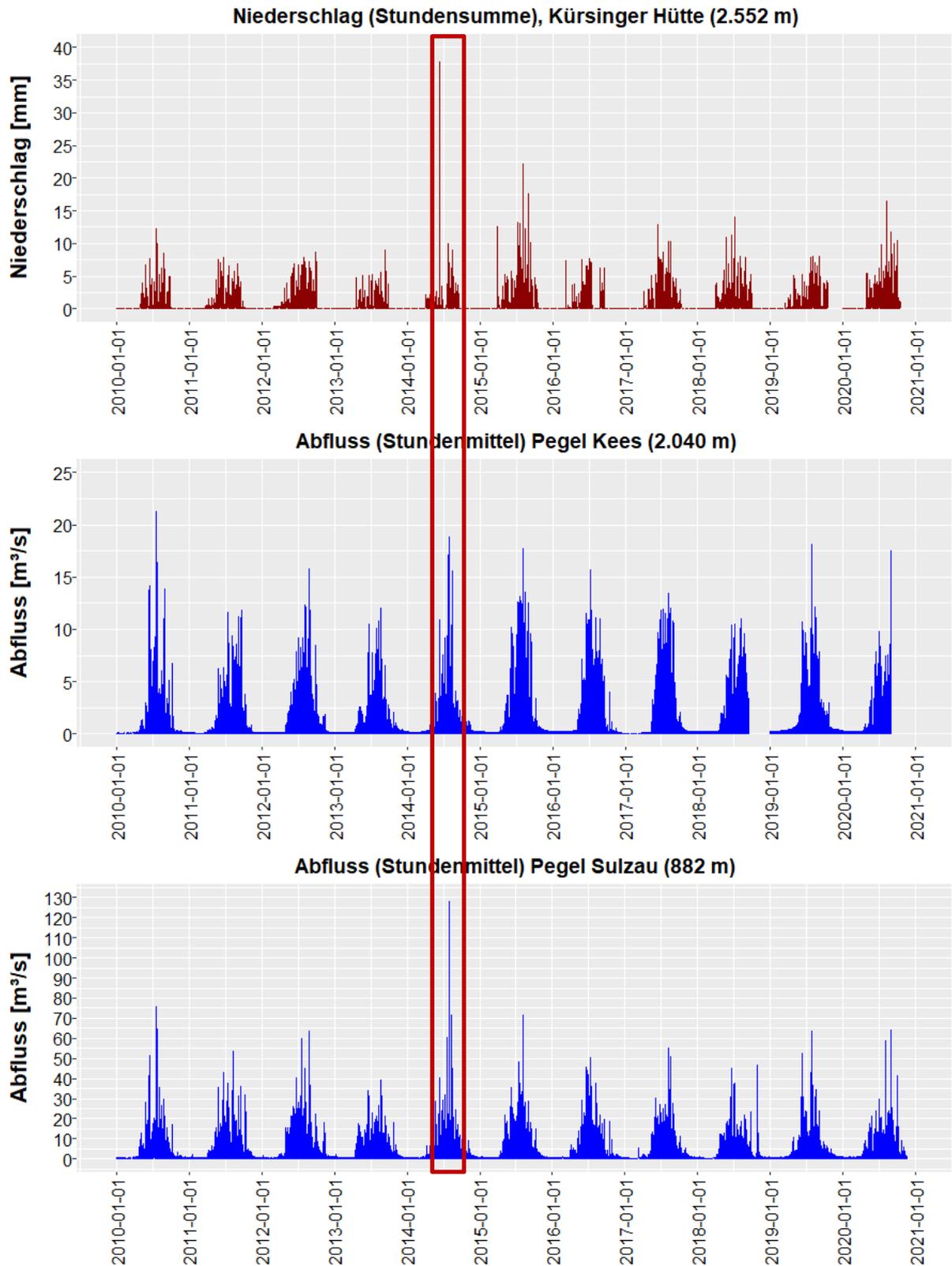
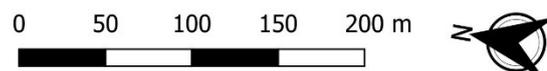
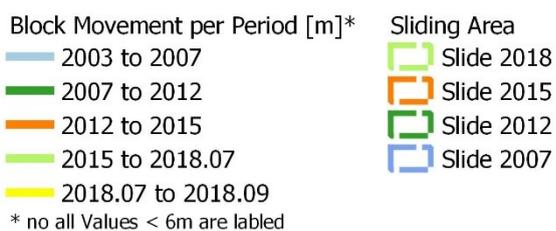
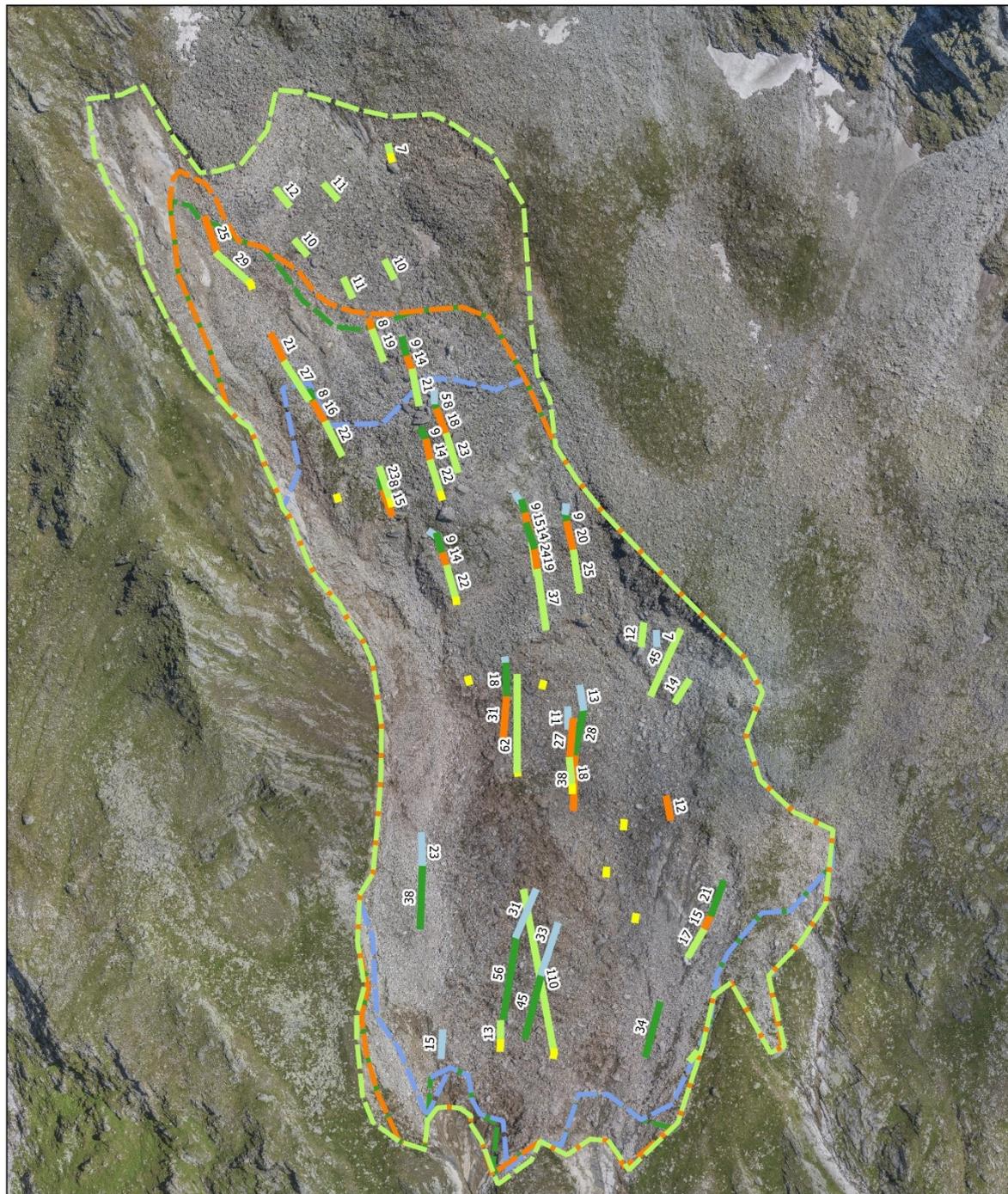


Abbildung 7: Niederschlags- und Abflussverlauf 2010 – 2020. Der rote Bereich markiert die Zeitperiode vom letzten großen Murreignis 2014.



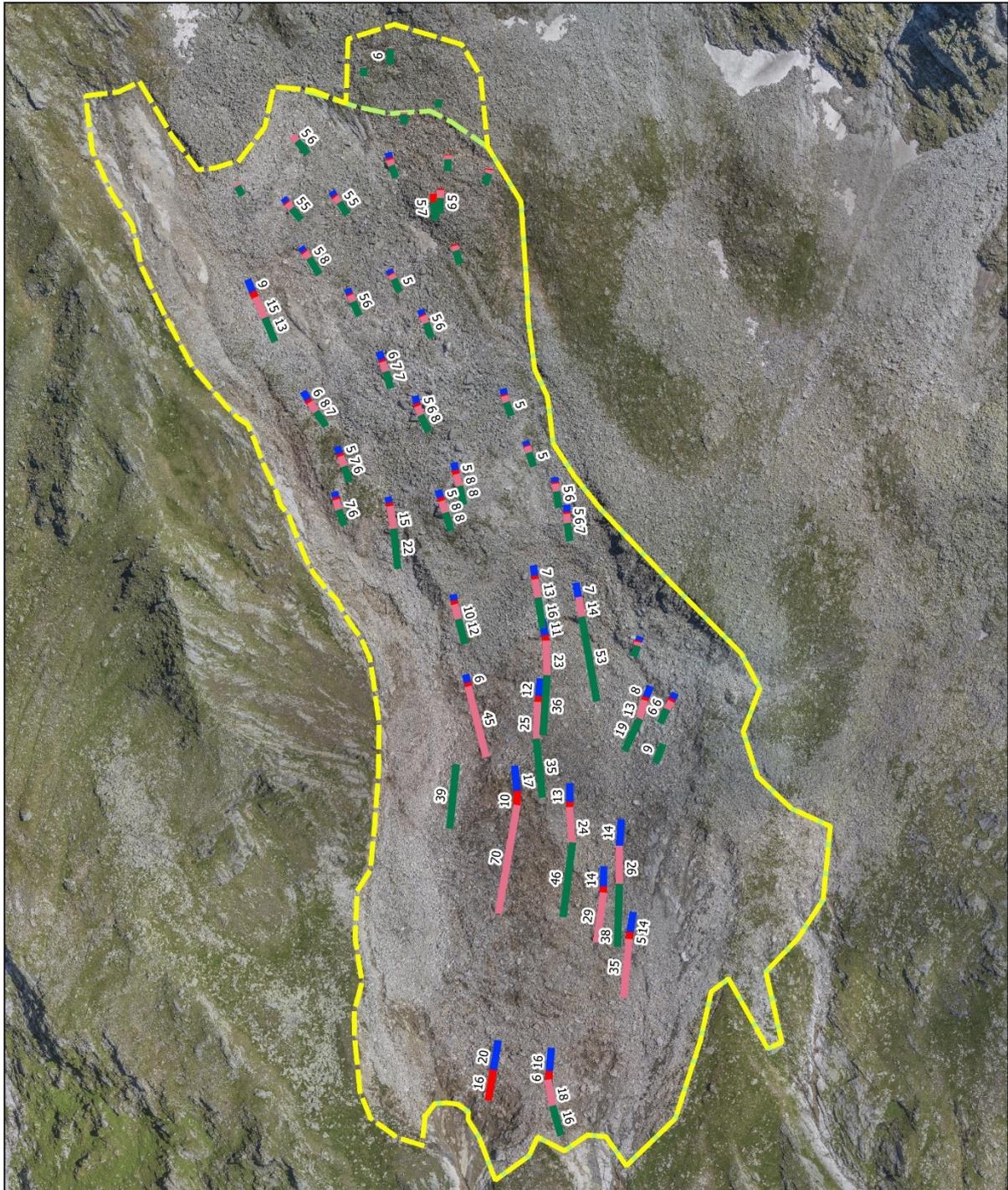
b. Analyse der Oberflächenbedingungen, Bewegungsmuster und Raten

Die Abbildung 8 und 9 zeigen die Flächenveränderung der Sattelkarrutschung und Bewegungsraten einzelner Blöcke pro Zeitperiode von 2003 - 2020.



Area Change and Block Movement at the Sattelkar Landslide 2003 - 2018 Database: SAGIS 2003 - 2018 / Georesearch 2018 - 2020	
Datum: 17.11.20	
Gezeichnet: Delleske	Kontrolliert: Keuschnig

Abbildung 8: Flächenveränderung der Sattelkarrutschung und Bewegungsraten einzelner Blöcke pro Zeitperiode (2003 - 2018).



Block Movement per Period [m]*

Blue line: 2018.09 to 2019.07

Red line: 2019.07 to 2019.09

Pink line: 2019.09 to 2020.07

Green line: 2020.07 to 2020.09

* no all Values < 6m are labeled

Sliding Area

Yellow dashed line: Slide 2020

Green dashed line: Slide 2018

0 50 100 150 200 m



Area Change and Block Movement
at the Sattelkar Landslide 2018 - 2020
Database: SAGIS 2003 - 2018 / Georesearch 2018 - 2020

Datum: 17.11.20

Gezeichnet: Delleske

Kontrolliert: Keuschnig



Abbildung 9: Flächenveränderung der Sattelkarrutschung und Bewegungsraten einzelner Blöcke pro Zeitperiode (2018 – 2020).



In Abbildung 10 ist die Höhen- und Volumenveränderung im Bereich des Sattelkars in der Periode 2010 bis 2020 dargestellt. Die Trennung zwischen dem Kar- und Talbereich befindet sich im Bereich der Karschwelle. In dem Betrachtungszeitraum 2010 – 2020 wurden insgesamt 520.068 m³ an Material aus dem Kar transportiert (Muren, Steinschläge, Suspensionstransport). Im Bereich des Talbodens wurden 315.381 m³ akkumuliert. Die Differenz wurde bereits zum größten Teil vom Obersulzbach abtransportiert.

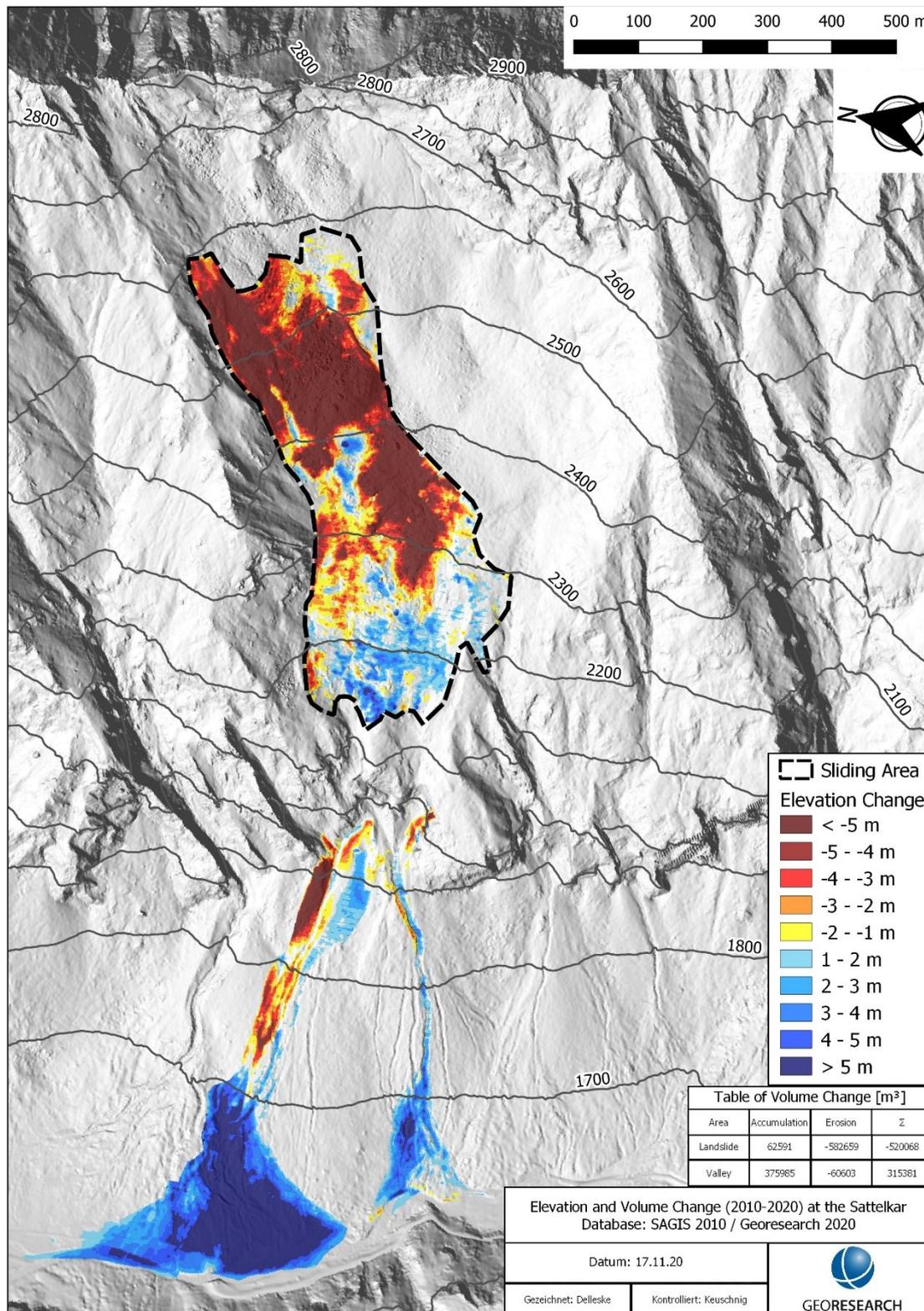


Abbildung 10: Höhen- und Volumenveränderung Sattelkarrutschung und Talbereich in der Periode 2010 bis 2020.



c. Überwachung der Untergrundbedingungen

Tabelle 4 zeigt die Temperaturen des oberflächennahen Untergrunds im Sattelkar. Die Analyse der GST (Ground Surface Temperature) Daten aus dem Sattelkar im Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2019 zeigt eine positive MAGST von ca. 2 °C. bei allen Logger Standorten. Die Loggerstandorte #4 und #15 wurden durch die rückschreitende Erosion des Kares zerstört (Abbildung 10). Die Standorte #13 und #9 wurden im Sommer (2017) durch Starkniederschlagsereignisse freigelegt und direkter Sonneneinstrahlung exponiert. Aus diesem Grund ist die MAGST über diesen Zeitraum nicht aussagekräftig. Die Loggerstandorte #5, #10-#13 weisen negative Wintertemperaturen auf (Tabelle 4) und deuten auf sporadische Permafrostvorkommen hin.



Abbildung 11: GST Logger Standorte Sattelkar.



Tabelle 4. Temperaturdaten (Durchschnitt, Minimum, Maximum, Winter) aus dem Sattelkar für den Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2019. Wintertemperatur = Mitteltemperatur der Monate Februar und März (01.02. bis 31.03.). Rot markierte Standorte zeigen potentielle, sporadische Permafrostvorkommen.

	2016				2017				2018				2019			
	Mittel (°C)	Min (°C)	Max (°C)	Winter (°C)	Mittel (°C)	Min (°C)	Max (°C)	Winter (°C)	Mittel (°C)	Min (°C)	Max (°C)	Winter (°C)	Mittel (°C)	Min (°C)	Max (°C)	Winter (°C)
Logger_01	2,7	0,0	20,2	0,1	3,1	0,0	20,9	0,1	3,5	-1,8	18,8	0,2	3,3	0,1	19,6	0,2
Logger_02	2,1	-2,9	17,3	-0,1	2,7	-0,1	20,5	0,1	2,9	-2,1	19,3	0,2	2,7	0,0	21,8	0,1
Logger_03	1,4	-5,4	14,7	-1,0	2,2	-0,5	16,9	-0,2	2,3	-1,5	16,4	0,0	2,3	-0,4	18,1	-0,1
Logger_05	1,7	-4,6	19,9	-1,6	2,1	-5,0	21,7	-1,9	2,1	-6,9	19,6	-0,8	1,7	-2,6	12,6	-1,2
Logger_06	1,9	-8,6	22,5	-1,6	2,6	-2,7	21,7	-0,2	3,7	-3,3	20,5	0,2	3,0	-2,7	23,3	-0,1
Logger_07	2,0	-1,6	22,0	-0,3	2,6	-0,6	23,5	-0,2	2,7	-4,1	22,0	0,1	2,7	-0,3	24,2	-0,2
Logger_08	1,8	-1,2	18,5	-0,6	2,2	-1,8	20,1	-0,9	2,7	-3,6	18,5	0,0	1,9	-0,6	16,8	-0,5
Logger_09	2,5	-5,9	^a 39,0	-0,1	3,3	-1,3	^a 46,2	-0,2	2,5	-5,2	^a 43,0	-0,1	2,5	-0,5	15,1	-0,3
Logger_10	1,3	-6,0	16,5	-3,9	1,5	-6,8	20,5	-3,4	1,7	-4,9	19,9	-3,9	2,1	-5,7	22,2	-3,4
Logger_11	1,1	-4,4	14,9	-1,6	1,5	-4,3	18,7	-1,9	2,2	-3,0	15,0	-0,5	2,0	-1,5	16,4	-1,1
Logger_12	1,9	-4,6	18,8	-1,9	2,4	-4,8	18,7	-1,9	3,2	-4,8	18,5	-0,3	2,8	-2,5	20,7	-1,1
Logger_13	2,6	-6,4	21,2	-1,6	3,2	-5,7	^a 45,2	-1,1	3,7	-10,6	^a 44,0	-1,0	3,9	-3,2	52,7	-0,5
Logger_14	2,1	-3,7	22,3	0,1	2,5	-0,5	22,0	0,1	2,8	-5,7	20,9	0,2	2,2	0,0	22,0	0,2
Mittelwert ^b	1,8	-3,9	18,9	-1,1	2,3	-2,5	20,5	-0,9	2,7	-3,8	19,0	-0,4	2,4	-1,5	19,8	-0,6

^a Standort mit starker direkter Strahlungsbeeinflussung

^b Mittlere Temperatur aller Logger ohne den stark strahlungsbeeinflussten Logger_09 und Logger_13

Ausblick 2021

a. Geplante Arbeiten und Analysen im Jahr 2021

Im Jahr 2021 sind umfangreiche Datenanalysen und der Projektendbericht. Ergänzende dazu noch verstärkt:

- Wissenschaftliche Publikationen
- Öffentlichkeitsarbeit



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der untere Bereich des Sattelkars; deutlich zu sehen ist die erhöhte Dynamik an Massenverlagerungsprozessen.	2
Abbildung 2: Wartung der GST Logger, Steinkar.	3
Abbildung 3: UAV Befliegung Sattelkar.	4
Abbildung 4: Wasserprobenahme zur Analyse der Temperatur, Leitfähigkeit und Isotopen.	5
Abbildung 5: Installation autarke Seismik.	5
Abbildung 6: Beitrag ORF Salzburg.	6
Abbildung 7: Niederschlags- und Abflussverlauf 2010 – 2020. Der rote Bereich markiert die Zeitperiode vom letzten großen Murereignis 2014.	8
Abbildung 8: Flächenveränderung der Sattelkarrutschung und Bewegungsraten einzelner Blöcke pro Zeitperiode (2003 – 2018)..	9
Abbildung 9: Flächenveränderung der Sattelkarrutschung und Bewegungsraten einzelner Blöcke pro Zeitperiode (2018 – 2020)..	10
Abbildung 10: Höhen- und Volumenveränderung Sattelkarrutschung und Talbereich in der Periode 2010 bis 2020).	11
Abbildung 11: GST Logger Standorte Sattelkar.	12

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der Tage mit Niederschlagssummen größer als 20, 30, 40 und 50 mm (Wetterstation Kürsinger Hütte).	6
Tabelle 2: Die zehn höchsten Stundensummen des Niederschlags in der Beobachtungsperiode 2009-2020 (Wetterstation Kürsinger Hütte; absteigend gereiht).	7
Tabelle 3: Die zehn höchsten Tagessummen des Niederschlags in der Beobachtungsperiode 2009-2020 (Wetterstation Kürsinger Hütte; absteigend gereiht).	7
Tabelle 4: Temperaturdaten (Durchschnitt, Minimum, Maximum, Winter) aus dem Sattelkar für den Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2019. Wintertemperatur = Mitteltemperatur der Monate Februar und März (01.02. bis 31.03.). Rot markierte Standorte zeigen potentielle, sporadische Permafrostvorkommen.	13



Literatur- und Quellenverzeichnis

- APCC 2014. *Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14)*. Austrian Panel on Climate Change (APCC), Wien, Österreich, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- DIETRICH, A. & KRAUTBLATTER, M. 2018. Evidence for enhanced debris-flow activity in the Northern Calcareous Alps since the 1980s (Plansee, Austria). *Geomorphology*.
- HÖFER-ÖLLINGER, G., KEUSCHNIG, M., KRAUTBLATTER, M. & SCHOBER, A. 2015. Climate Change Impacts on High Alpine Infrastructures: An Example from the Kitzsteinhorn (3200 m), Salzburg, Austria. In: LOLLINO, G., MANCONI, A., CLAGUE, J., SHAN, W. & CHIARLE, M. (eds.) *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 1*. Springer International Publishing.
- IPCC 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.
- KEUSCHNIG, M., HARTMEYER, I., HÖFER-ÖLLINGER, G., SCHOBER, A., KRAUTBLATTER, M. & SCHROTT, L. 2015. Permafrost-Related Mass Movements: Implications from a Rock Slide at the Kitzsteinhorn, Austria. *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 1*, 255-259.
- KRAINER, K., MUSSNER, L., BEHM, M. & HAUSMANN, H. 2012. MULTI-DISCIPLINARY INVESTIGATION OF AN ACTIVE ROCK GLACIER IN THE SELLA GROUP (DOLOMITES; NORTHERN ITALY). *Austrian Journal of Earth Sciences*, 105, 48-62.
- OTTO, J. C. & KEUSCHNIG, M. 2014. Permafrost-Glacier Interaction - Process Understanding of Permafrost Reformation and Degradation. In: RUTZINGER, M., HEINRICH, K., BORSDORF, A. & STÖTTER, J. (eds.) *permafrost – Austrian Permafrost Research Initiative - Final Report*. IGF-Forschungsberichte 6: Austrian Academy of Sciences.





In Kooperation mit:



Medieninhaber und Herausgeber, Verleger:

Nationalpark Hohe Tauern Salzburg

Gerlos Straße 18./2OG, 5730 Mittersill

Tel.: +43 (0) 6562 40849 0 | E-Mail: nationalpar@salzburg.gv.at

www.hohetauern.at

