

Erste Untersuchungen an Blockgletschern in kalkalpinen Gebieten der Ostalpen: Ein Beispiel aus dem Karwendel

Karl Krainer, Sabine Pernreiter

Institut für Geologie, Universität Innsbruck

Abstract

In the Tyrolean part of the Northern Calcareous Alps 212 rock glaciers were recognized which cover an area of 10,8 km². Most of the rock glaciers are located in the Lechtal Alps, in the Karwendel Mountain Group and in the Allgäu Alps.

The active rock glacier located at Marxenkar in the Karwendel Mountain Group was studied in detail. Bedrock of the catchment of this rock glacier is composed of slightly karstified Wetterstein Limestone. Most of the meltwater of this rock glacier disappears along karst cavities and fissures. Tracer tests showed that most of the meltwater of the rock glacier is released at a spring at Garber Schlag. This spring shows typical features of a karst spring such as strong seasonal variations in discharge and fast flow rates.

In den Nördlichen Kalkalpen wurden in Österreich insgesamt 420 Blockgletscher festgestellt, davon entfallen 76 auf Vorarlberg, 212 auf Tirol, 57 auf Salzburg und 75 auf die Steiermark.

Blockgletscherinventar Nördliche Kalkalpen (Tirol)

Die 212 Blockgletscher in den Nördlichen Kalkalpen Tirols bedecken insgesamt eine Fläche von 10,801 km² (Krainer und Ribis 2011, 2012). Die meisten Blockgletscher liegen in den Lechtaler Alpen (88), im Karwendel (66) und in den Allgäuer Alpen (38). In den anderen Gebirgsgruppen der Nördlichen Kalkalpen konnten nur wenige Blockgletscher festgestellt werden: Wilder Kaiser (8), Mieminger Kette (6), Wettersteingebirge (2), Rofan (2), Zahmer Kaiser (1) und Loferer Steinberge (1).

Von den 212 Blockgletschern wurden 7 als aktiv (leicht aktiv), 39 als inaktiv und 166 als fossil eingestuft. Die Unterscheidung zwischen aktiv-inaktiv und inaktiv-fossil ist jedoch auf den Orthophotos meist schwierig. Als aktiv wurden alle Blockgletscher eingestuft, die eine steile, unbewachsene Stirn aufweisen. Die Aktivität dieser Blockgletscher dürfte aber sehr gering sein. Fossile Blockgletscher besitzen dagegen eine abgeflachte, meist völlig von Vegetation bedeckte Stirn.

Aktive Blockgletscher

Von den 7 vermutlich leicht aktiven Blockgletschern liegen 5 in den Lechtaler Alpen und je einer im Wettersteingebirge und einer im Karwendel. Die 7 aktiven Blockgletscher bedecken eine Fläche von 0,27 km².

Ein Blockgletscher von den 7 aktiven besitzt vermutlich einen massiven Eiskern, die übrigen 6 wurden als „ice-cemented“ Hangschutt-Blockgletscher eingestuft. Bis auf einen lappenförmigen Blockgletscher sind alle zungenförmig ausgebildet (6). Festgesteine im Einzugsgebiet sind bei vier Blockgletschern Hauptdolomit, bei zwei Wettersteinkalk und bei einem Kössener Schichten (Krainer und Ribis, 2012).

Inaktive Blockgletscher

Die 39 inaktiven Blockgletscher verteilen sich auf folgende Gebirgsgruppen: 25 in den Lechtaler Alpen, 8 im Karwendel, 3 in den Allgäuer Alpen, 2 in der Mieminger Kette, 1 im Wilder Kaiser. Die 39 inaktiven Blockgletscher bedecken eine Fläche von 1,321 km².

Von den 39 Blockgletschern wird bei dreien ein Eiskern vermutet, alle anderen sind vermutlich als „ice-cemented“ Hangschutt-Blockgletscher einzustufen. 5 Blockgletscher sind lappenförmig und 32 zungenförmig, zwei Blockgletscher zeigen eine komplexere Form. Bei einem Blockgletscher befindet sich ein kleiner See vor der Stirn. Als Festgesteine finden sich im Einzugsgebiet von 22 Blockgletschern Hauptdolomit, bei 9 Wettersteinkalk, bei 3 Allgäu Formation, bei 3 Kössener Schichten und bei je einem Jura- bzw. Kreidegesteine (Krainer und Ribis 2012).

Fossile Blockgletscher

Von den 166 fossilen Blockgletschern liegen die meisten in den Lechtaler Alpen (58) und im Karwendel (57), in den Allgäuer Alpen konnten 35, im Wilden Kaiser 7, in der Mieminger Kette 4, im Rofan 2 und im Wettersteingebirge und den Loferer Steinbergen je einer festgestellt werden.

Die 166 fossilen Blockgletscher bedecken eine Fläche von 9,211 km². Von den 166 fossilen Blockgletschern sind 164 als „ice-cemented“ (typische „Hangschutt-Blockgletscher“) einzustufen, zwei besaßen möglicherweise einen Eiskern. Zwei Blockgletscher besitzen 2 Zungen, 44 Blockgletscher sind lappenförmig, 118 zungenförmig und 2 komplex. Vor der Stirn von 5 Blockgletschern befinden sich kleine Seen.

Bei den meisten Blockgletschern bestehen die Festgesteine im Einzugsgebiet entweder aus Hauptdolomit (92) oder Wettersteinkalk (52), seltener sind im Einzugsgebiet Kössener Schichten (8), verschiedene Triaskarbonate (5), Trias- und Juragesteine (4), Allgäu Formation (2), Juragesteine (2), Jura- und Kreidegesteine (2), Ammergau Formation (1), Juragesteine und Hauptdolomit (1), Dachsteinkalk (1), Gosausedimente und Hauptdolomit (1) aufgeschlossen (Krainer und Ribis 2012).

In den Lechtaler Alpen im Bereich der Vorderseespitze konnte Schiestl (2014) im Rahmen ihrer Masterarbeit die Existenz von intakten, teilweise leicht aktiven Blockgletschern durch Temperaturmessungen, Georadar-Untersuchungen und Luftbildvergleichen bestätigen.

Blockgletscher in kalkalpinen Gebieten wie den Nördlichen Kalkalpen und den Dolomiten unterscheiden sich in einigen Punkten deutlich von Blockgletschern in Kristallingebieten:

- In kalkalpinen Gebieten sind die Blockgletscher deutlich feinkörniger,
- Die Oberflächenmorphologie in Form von Rücken (Loben) und Vertiefungen ist meist nicht oder nur undeutlich ausgebildet
- Blockgletscher in kalkalpinen Gebieten sind im Vergleich zu Kristallingebieten durch einen sehr geringen bis fehlenden Oberflächenabfluss charakterisiert. Der Großteil der Schmelzwässer fließt unterirdisch über Kluft- und Karstsysteme ab.

Tabelle 1: Verbreitung der Blockgletscher in den Nördlichen Kalkalpen, aufgelistet nach den einzelnen Gebirgsgruppen

Blockgletscher Nördliche Kalkalpen, Tirol (212)

Lechtaler Alpen (88)

		Höhe Stirn	mittlere Höhe	Höhe Wurzelzone	Länge	Breite
aktiv	5	2428 (2365-2520)	2476 (2420-2560)	2542 (2480-2630)	243 (90-370)	163 (80-200)
inaktiv	25	2372 (2140-2530)	2418 (2180-2580)	2479 (2210-2640)	258 (70-640)	162 (60-400)

Allgäuer Alpen (38)

inaktiv	3	2187 (2100-2270)	2247 (2160-2330)	2317 (2260-2400)	250 (170-325)	158 (120-215)
fossil	35	1927 (1690-2140)	1968 (1730-2170)	2011 (1760-2210)	248 (90-580)	203 (85-400)

Wettersteingebirge (2)

aktiv	1	2220	2280	2340	280	150
fossil	1	1940	2000	2120	400	155

Mieminger Kette (6)

inaktiv	2	2262 (2215-2310)	2285 (2240-2330)	2340 (2300-2380)	142 (125-160)	58 (55-60)
fossil	4	1962 (1920-2040)	2025 (1950-2120)	2118 (2050-2240)	552 (160-890)	345 (130-470)

Karwendel (66)

aktiv	1	2280	2340	2410	370	235
inaktiv	8	2203 (2030-2370)	2230 (2050-2390)	2275 (2070-2420)	200 (90-290)	131 (60-220)
fossil	57	1921 (1460-2320)	1976 (1500-2350)	2024 (1560-2400)	319 (65-1120)	223 (50-1020)

Rofan (2)

fossil	2	1670 (1620-1720)	1750 (1690-1810)	1830 (1740-1920)	487 (235-740)	210 (115-305)
--------	---	---------------------	---------------------	---------------------	------------------	------------------

Wilder Kaiser (8)

inaktiv	1	1960	1990	2010	200	145
fossil	7	1646 (1500-1765)	1686 (1540-1800)	1723 (1580-1830)	209 (115-330)	144 (85-195)

Zahmer Kaiser (1)

fossil	1	1450	1500	1550	155	60
--------	---	------	------	------	-----	----

Loferer Steinberge (1)

fossil	1	1610	1630	1660	150	105
--------	---	------	------	------	-----	-----

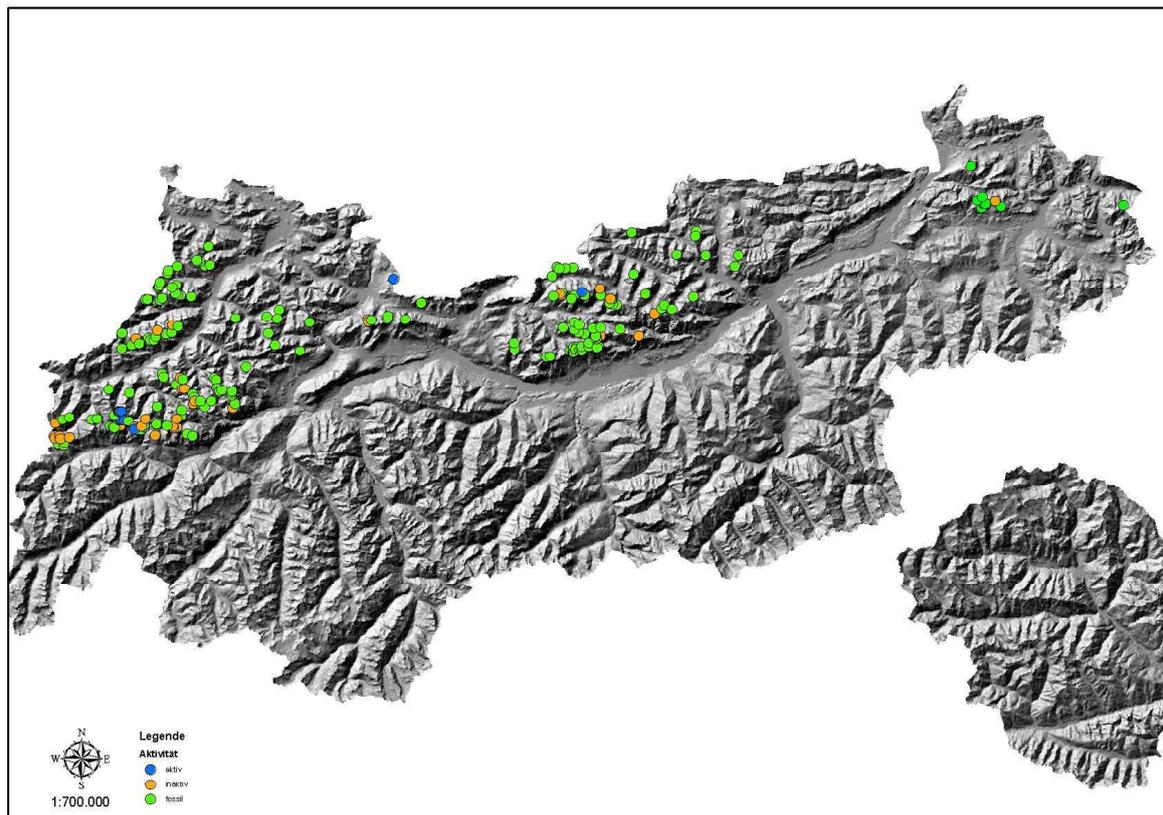


Abb. 1: Verbreitung der Blockgletscher in den Nördlichen Kalkalpen

Beispiel Blockgletscher Marxenkar (Karwendel)

Lage: Der Blockgletscher liegt im nach Norden ausgerichteten Marxenkar, ca. 2,5 km SW des Karwendelhauses (Koordinaten: 47°24'34''N, 11°23'54''E bzw. Austria GK West Rechts 80.421,00 Hoch 252.847,00).

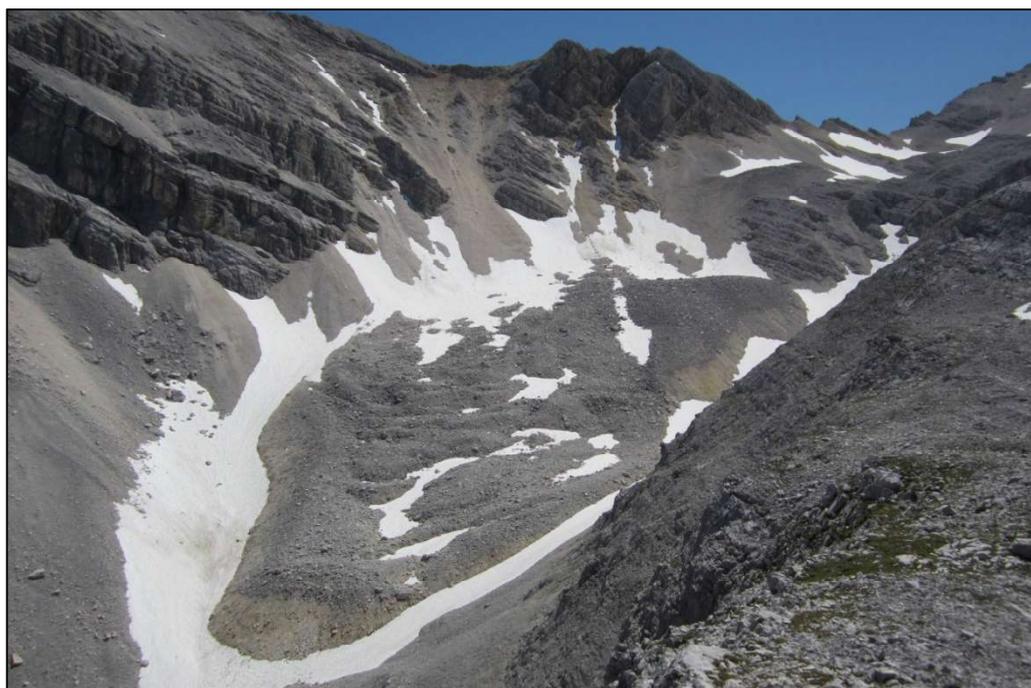


Abb. 2: Leicht aktiver Blockgletscher im Marxenkar

Geologischer Rahmen: Das Einzugsgebiet des Blockgletschers im Marxenkar besteht ausschließlich aus gebanktem Wettersteinkalk (Lagunenfazies) vertreten durch (?)Algenkalke mit massenhaft Dasycladaceen, Algenlaminiten (Stromatolithen) und peloidalen Packstones. Die Kalke zeigen oberflächlich Karsterscheinungen in Form von Karren und vereinzelt kleinen Dolinen (Pernreiter 2017).

Im Bereich der Deckengrenze zwischen Wettersteinkalk und unterlagernden Reichenhall Formation, die auf der Südseite des Karwendeltales in Ost-West-Richtung entlang zieht, kommt es zu großen Quellaustritten. Eine dieser Quellen im Bereich Garber Schlag, in dessen Einzugsgebiet das Marxenkar liegt, wurde genauer untersucht.

Morphologie des Blockgletschers: Der Blockgletscher im Marxenkar ist 360 m lang, bis zu 180 m breit und erstreckt sich von 2280 m (Fuß der Stirn) bis 2400 m (Wurzelzone). Der Blockgletscher bedeckt eine Fläche von 5,6 ha und ist nach Norden ausgerichtet. Die Oberflächenmorphologie ist durch transversale Rücken und Vertiefungen charakterisiert. Im Bereich der Wurzelzone ist eine leichte Depression ausgebildet. Die Stirn ist sehr steil (45°) und unbewachsen.

Korngröße: Die Korngröße an der Oberfläche des Blockgletschers ist im Vergleich zu Blockgletschern in Kristallingebieten sehr feinkörnig, es dominieren Klasten mit einem Durchmesser von bis zu 10 cm (79%), Klasten >31 cm sind selten, vereinzelt liegen auf der Oberfläche des Blockgletschers auch Blöcke mit einem Durchmesser von >1 m.

Temperaturmessungen: Temperaturen an der Basis der winterlichen Schneedecke (BTS), gemessen im Winter 2015/2016, weisen auf das Vorhandensein von Eis im Blockgletscher hin (Pernreiter, 2017).

Bewegungsraten: Luftbildvergleiche der Befliegungen 1974 und 2010 zeigen eine durchschnittliche jährliche Bewegungsrate von 10 cm. Abstandsmessungen im Stirnbereich mit einem Laserdistanzometer ergaben für den Zeitraum 10.7.2015 bis 24.8. 2016 Bewegungsraten von 0.25 bis 0.77 m (Pernreiter, 2017).

Hydrogeologie: Ungefähr 200 m unterhalb der Stirn entspringt im Schutt eine Quelle, die aber nach einer Fließstrecke von ca. 40 m wieder versiegt. Diese Quelle stammt vom Blockgletscher, schüttet während der Schneeschmelze maximal ca. 1 l/s und liegt im Spätsommer und Herbst meist trocken. Die elektrische Leitfähigkeit betrug Ende Juli 2016 137 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Die Hauptquelle des Einzugsgebietes Marxenkar liegt an der Deckengrenze im Bereich Garber Schlag auf einer Seehöhe von ca. 1400 m. Knapp unterhalb der Quelle wurde eine Pegelmessstelle eingerichtet.

Die Schüttung dieser Quelle zeigt starke Schwankungen von deutlich unter 100 l/s in den Wintermonaten bis zu deutlich über 400 l/s während der Schneeschmelze und nach starken Niederschlagsereignissen (Abb. 3). Die elektrische Leitfähigkeit liegt in den Sommermonaten meist bei 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sinkt während hoher Abflüsse auf 102 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und steigt in den Wintermonaten auf maximal 174 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

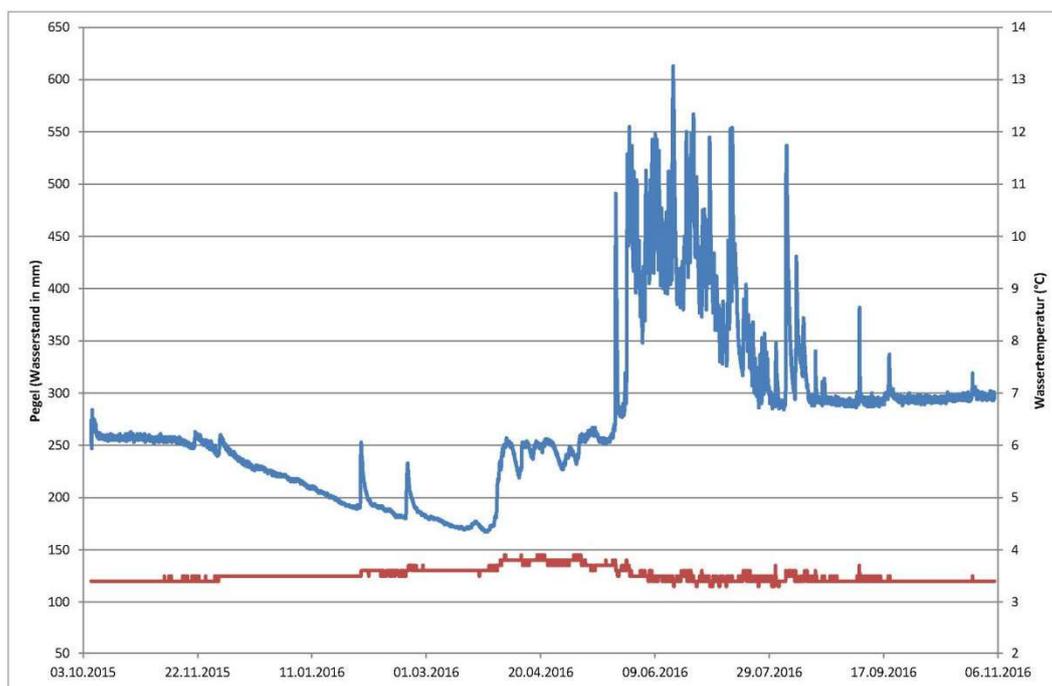


Abb. 3: Pegeldaten (Wasserstand in mm – blaue Linie und Wassertemperatur in °C – rote Linie der Quelle im Garber Schlag)

Die Temperatur weist nur geringe Schwankungen von 3,3°C bis maximal 4,0°C auf.

Vom 20. Mai bis 4. November 2016 war an der Quelle ein automatischer Probennehmer installiert, der jeden Tag (mit kurzen Unterbrechungen) eine Wasserprobe für Isotopenuntersuchungen gezogen hat. Auch Regenwasser wurde an der Quelle gesammelt. Die Isotopenanalysen ergaben für Mai und Juni (Schneeschnmelze) Werte von -14 bis -15‰ $\delta^{18}\text{O}$. Die Werte stiegen im Juli und August auf -13 bis -12,5‰ $\delta^{18}\text{O}$ um dann bis Oktober und Anfang November leicht auf Werte um -13‰ $\delta^{18}\text{O}$ zu fallen. Einen ähnlichen Trend haben Krainer et al. (2007) beim Blockgletscher im Reichenkar (westliche Stubai Alpen) festgestellt. Die Isotopenwerte zeigen im Mai und Juni einen hohen Anteil an Schneeschnmelze, im Juli und August wird der Abfluss von Regenwasser dominiert, im Herbst ist auch ein geringer Anteil an Eisschnmelze und Grundwasser am Abfluss beteiligt.

Tracerversuch: Es wurden Zwei Tracerversuche durchgeführt, einer im September 2017 und einer im August 2018. Mit dem ersten Versuch konnte der Zusammenhang der Einspeisquelle mit der Quelle Garber Schlag bestätigt und eine ungefähre Verweildauer ermittelt werden. Diese betrug weniger als 24h wobei der Gesamtabfluss nach einer Woche noch nicht erreicht wurde. Die Daten des letzten Tracerversuchs müssen im Detail erst ausgewertet werden.

Zusammenfassend kann folgendes festgehalten werden:

Im Marxenkar befindet sich ein leicht aktiver Blockgletscher. Das Einzugsgebiet besteht aus leicht verkarstem Wettersteinkalk. Der Blockgletscher entwässert hauptsächlich über Karstsysteme, wobei Tracerversuche zeigen, dass zumindest ein Großteil der Wasser des Blockgletschers an der Quelle Garber Schlag zum Vorschein kommt. Die Quelle im Garber Schlag zeigt typische Merkmale einer Karstquelle, insbesondere starke Schwankungen in der Schüttung und schnelle Durchflussraten.

Literatur

Krainer, K., & Ribis, M. (2012). A rock glacier inventory of the Tyrolean Alps (Austria). *Austrian Journal of Earth Sciences*, 105(2): 32-47, Vienna.

Krainer, K., Mostler, W., & Spötl, C. (2007). Discharge from active rock glaciers, Austrian Alps: a stable isotope approach. *Austrian Journal of Earth Sciences*, 100: 102-112, Vienna.

Lang, K. (2006): Geologie des Hohe Gaisl Massives (Pragser- und Ampezzaner Dolomiten) unter besonderer Berücksichtigung der aktiven Blockgletscher. – Diplomarbeit, Naturwiss. Fak. Univ. Innsbruck, 170 pp.

Pernreiter, S. (2017): Quartärgeologie und Permafrost (Blockgletscher) im Karwendelgebirge SW des Karwendelhauses (Tirol, Österreich). – Masterarbeit, Naturwiss. Fak. Univ. Innsbruck, 189 pp.

Schiestl, E.-M. (2014): Quartärgeologie der Lechtaler Alpen nördlich von Schnann mit besonderer Berücksichtigung der Blockgletscher. – Masterarbeit, Naturwiss. Fak. Univ. Innsbruck, 137 pp.