

Blockgletscher und ihre hydrologische Bedeutung im Hochgebirge

Karl Krainer und Markus Ribis

1. Einleitung

Das Vorhandensein von Permafrost in den Alpen war vor 20 Jahren nur einer relativ kleinen Gruppe von Fachleuten bekannt. Erst der Klimawandel mit seiner seit etwa 1990 spürbaren Erwärmung hat auch in der Öffentlichkeit das Interesse für den Permafrost in den Alpen geweckt. Der Grund dafür ist das verstärkte Abschmelzen des Permafrost-Eises in den Sommermonaten und eine damit einhergehende zunehmende Destabilisierung steiler Bergflanken, verbunden mit verstärkter Steinschlagaktivität.

Permafrost tritt in den Alpen in unterschiedlicher Form auf. Die weitaus häufigste Form des Permafrostes in den Alpen sind die Blockgletscher. Daneben tritt Permafrost auch im Lockergestein außerhalb der Blockgletscher und im Festgestein in Form des Spaltenfrostes auf.

Alle Formen des alpinen Permafrostes enthalten Eis, wobei der weitaus größte Anteil des Permafrost-Eises vermutlich in den zahlreichen Blockgletschern anzutreffen ist. Allerdings kann derzeit nicht abgeschätzt werden, wie viel Eis letztendlich im alpinen Permafrost gebunden ist. Dazu fehlen Angaben über die Verbreitung, den Eisanteil und die Mächtigkeiten des Permafrostes.

Da im alpinen Permafrost beträchtliche Eismengen gespeichert sind, könnte sich das verstärkte Abschmelzen des Permafrost-Eises auch auf das Abflussgeschehen im Hochgebirge auswirken.

Seit einigen Jahren werden von uns im Rahmen von Forschungsprojekten an ausgewählten Beispielen umfangreiche Untersuchungen zum besseren Verständnis des Permafrostes in den Alpen durchgeführt.

Diese Untersuchungen umfassen geologische und geomorphologische Detailkartierungen, sedimentologische Untersuchungen (v.a. Korngrößenverteilung), Bodentemperaturmessungen (bis in eine Tiefe von 2 m), hydrologische Untersuchungen (Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, Abflussmessungen, Wasserchemie, Sauerstoffisotope, Tracerversuche), Bewegungsmessungen mit differentiellm GPS und geophysikalische Messungen (Seismik, Georadar, Gravimetrie) zur Untersuchung der Mächtigkeit, des

internen Aufbaues und Eisgehaltes von Permafrostbereichen, insbesondere von aktiven Blockgletschern. Diese Untersuchungen werden in den Öztaler Alpen (Kauertal, Öztal) sowie in Südtirol (Schnalstal, Ultental, Dolomiten, Rieserferner Gruppe) durchgeführt (Berger et al. 2004; Hausmann et al. 2007; Krainer & Lang 2007; Krainer & Mostler 1999, 2000, 2001, 2002, 2004, 2006; Krainer et al. 2002, 2007; Mair et al. 2008).

Blockgletscher zählen zwar zu den auffälligsten und häufigsten morphologischen Erscheinungsformen des alpinen Permafrostes, trotzdem wurde diesem Phänomen bei uns bisher nur sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Erst in den letzten Jahren hat das wissenschaftliche Interesse an den Blockgletschern stark zugenommen, vor allem im Zusammenhang mit der gegenwärtigen Klimaänderung.

Wir wissen zwar, dass in den letzten 150 Jahren durch die Erwärmung und den damit verbundenen Anstieg der klimatischen Schneegrenze um ca. 100 m die Alpengletscher über ein Drittel ihrer Fläche und mehr als die Hälfte ihrer Eismassen verloren haben.

Wir wissen allerdings nicht, wie sich in diesem Zeitraum der alpine Permafrost, vor allem die vielen aktiven Blockgletscher verändert haben, denn das Eis des Permafrostes ist unter einer bis zu mehrere Meter dicken Schuttlage verborgen und daher direkten Untersuchungen nicht zugänglich.

2. Was sind Blockgletscher?

Blockgletscher sind lappen- bis zungenförmige Körper aus gefrorenem Lockermaterial (Hangschutt, Moräne) und Eislinsen oder Eiskörpern, die sich deutlich von ihrer Umgebung abheben und sich langsam hangabwärts bewegen. Blockgletscher sind Erscheinungen des alpinen Permafrostes, können aber auch aus zurückschmelzenden, schuttbedeckten Kargletschern entstehen.

Man unterscheidet a) aktive Blockgletscher, die Eis enthalten und sich langsam hangabwärts bewegen, b) inaktive Blockgletscher, die auch noch Eis enthalten, sich aber nicht mehr bewegen, und c) fossile Blockgletscher, die kein Eis mehr enthalten (siehe Barsch 1996).

Blockgletscher sind meist einige 100 m lang und 100 – 200 m breit. Einzelne Blockgletscher in den Öztaler und Stubaier Alpen erreichen eine Länge von bis zu 1.5 km (Abb.n 1 bis 5). Die meisten Blockgletscher findet man in den Zentralalpen, insbesondere in jenen Gebirgsgruppen, die aus Altkristallingesteinen aufgebaut sind. Insgesamt gibt es in Österreich mehrere hundert aktive Blockgletscher.

Allein in den Öztaler Alpen befinden sich zahlreiche Blockgletscher, davon sind viele heute noch aktiv. Als Beispiel sei hier das Kaunertal angeführt: Im Einzugsgebiet des Kaunertales wurden insgesamt 121 Blockgletscher festgestellt, die eine Fläche von insgesamt 7,25 km² bedecken (Abb. 10). Davon wurden 40 als aktiv, 47 als inaktiv und 34 als fossil eingestuft. Die aktiven Blockgletscher bedecken eine Fläche von 3,47 km², die inaktiven 2,22 km² und die fossilen 1,56 km². Der größte aktive Blockgletscher im Kaunertal ist 1340 m lang, bis zu 380 m breit und bedeckt 0,367 km².

Aktive Blockgletscher sind gekennzeichnet durch eine sehr steile Stirn aus frischem Gesteinsmaterial mit einem Böschungswinkel von ca. 40° (Abb.n 1 bis 4). Unter einer bis zu mehrere Meter mächtigen, aus grobem Blockwerk bestehenden, ungefrorenen Schuttlage folgt der gefrorene Kern, der entweder aus einem Gemisch aus Eis und Gesteinsmaterial oder aus mehr oder weniger reinem Gletschereis besteht. Blockgletscher sind meist 30 – 50 m mächtig.

Aktive Blockgletscher weisen eine typische Oberflächenmorphologie aus transversalen und longitudinalen Rücken und Vertiefungen auf (Abb.n 1 bis 5). Im Wurzelbereich der Blockgletscher ist häufig eine Senke ausgebildet, in der sich im Sommer die Schmelzwässer zu einem kleinen See sammeln. Am Fuß der steilen Stirn entspringt meist eine Quelle (Abb. 3). Die Wassertemperatur der Blockgletscherquellen liegt den ganzen Sommer hindurch konstant bei knapp unter 1 °C. Die Fließgeschwindigkeit aktiver Blockgletscher liegt meist bei einigen Dezimetern pro Jahr. Einzelne Blockgletscher bewegen sich bis zu mehreren Metern pro Jahr. Der spektakuläre Blockgletscher in der Inneren Ölgrube mit seiner sehr steilen und bis zu 70 m mächtigen Stirn bewegt sich derzeit mit ca. 2 m pro Jahr (Abb. 2).

3. Bedeutung von Blockgletschern

Permafrost, dazu zählen auch die aktiven Blockgletscher, ist in den Alpen oberhalb der Waldgrenze weit verbreitet und kann lokal beträchtliche Mächtigkeiten erreichen. Veränderungen des Permafrostes sind nahezu unbekannt, weil das Permafrosteis unter einer mehr oder weniger dicken, nicht gefrorenen Schuttlage verborgen und daher direkten Untersuchungen nicht zugänglich ist.

Die gegenwärtige Erwärmung führt in den Permafrostbereichen des Hochgebirges durch das verstärkte Abschmelzen des Permafrosteises zu einer zunehmenden Instabilität des Untergrundes. Die Folgen sind verstärkte Massenbewegungen, insbesondere Steinschlag- und Felssturzprozesse in steilen Felsflanken sowie eine zunehmende Gefährdung von

Straßen, Schipisten und vor allem Schilften und Seilbahnen (Beispiel Weißseespitze im Kaunertal).

In aktiven Blockgletschern sind beträchtliche Wassermengen in Form von Eis gespeichert, wodurch sie zu einem bedeutenden hydrologischen Faktor im Hochgebirge werden. Durch die ungefrorene Schuttlage geschützt, schmilzt das Eis der Blockgletscher allerdings viel langsamer als das Eis der Gletscher. Außerdem kann Eis zu bestimmten Jahreszeiten auch wieder neu gebildet werden.

Zur Untersuchung des Abflussverhaltens aktiver Blockgletscher wurden von uns bereits vor einigen Jahren an mehreren Blockgletschern Pegelmessstellen eingerichtet (Abb. 6). Die bisherigen Daten zeigen, dass der Abfluss sehr stark von den lokalen Witterungsverhältnissen bestimmt wird. Der Abfluss ist durch ausgeprägte saisonale und tägliche Schwankungen gekennzeichnet. Mit Beginn der Schneeschmelze, die meist Anfang Mai einsetzt, steigt der Abfluss stark an und erreicht meist im Juni seinen Höhepunkt. Kaltlufteinbrüche führen kurzfristig zu einem starken Rückgang, während Niederschlagsereignisse (Regen) zu extremen Abflussspitzen führen. Während der Schneeschmelze sind vor allem an Schönwettertagen auch ausgeprägte tageszeitliche Schwankungen erkennbar, mit Abflussspitzen in den späten Abendstunden und Abflussminima um die Mittagszeit. Sobald der winterliche Schnee geschmolzen ist (meist Anfang August), geht der Abfluss rapide zurück und Tagesschwankungen sind kaum mehr erkennbar (Abb. 7, 8). Dies zeigt, dass der Großteil des Abflusses von der Schneeschmelze und vom sommerlichen Niederschlag stammt und dass nur ein geringer Teil auf abschmelzendes Eis und auf Grundwasser bzw. Bergwasser zurückzuführen ist. Dies geht auch aus der Untersuchung stabiler Isotope hervor (Krainer & Mostler, 2002; Krainer et al. 2007).

Die Wassertemperatur an der Quelle aktiver Blockgletscher bleibt über die gesamte Schmelzperiode konstant niedrig, meist knapp unter 1 °C. Diese niedrige Wassertemperatur ist darauf zurückzuführen, dass das Wasser auf seinem Weg durch den Blockgletscher in Kontakt mit Eis steht. Im Spätherbst versiegt entweder die Blockgletscherquelle völlig oder die Schüttung geht auf extrem niedrige Werte (meist um 1 l/s) zurück.

Die höchsten Abflusswerte bei aktiven Blockgletschern wurden im extrem heißen Sommer 2003 mit knapp über 1000 l/s im Kaunertal (Blockgletscher Ölgrube und Kaiserberg) gemessen.

Auch fossile Blockgletscher stellen bedeutende Wasserspeicher dar, was zuletzt in den Niederen Tauern untersucht wurde (Untersweg & Proske 1996).

Beispiel Hochebenkar-Blockgletscher

Als Beispiel für einen aktiven Blockgletscher soll hier der Hochebenkar-Blockgletscher kurz vorgestellt werden. Der Hochebenkar-Blockgletscher weist die weltweit längste Messreihe an einem aktiven Blockgletscher auf, an diesem Blockgletscher werden seit über 60 Jahren Bewegungsmessungen durchgeführt (Pillewizer 1938, 1957; Vietoris 1958, 1972; Haeberli & Patzelt 1982; Kaufmann 1996; Schneider & Schneider 2001; Kaufmann and Ladstätter 2002, 2003; Ladstätter and Kaufmann 2005).

Nach Kaufmann (1996) ist die Stirn des Blockgletschers innerhalb von 50 Jahren um 148 m vorgestoßen, was für diesen Zeitraum eine durchschnittliche jährliche Fließgeschwindigkeit von 3 m ergibt. Die höchsten jährlichen Fließbewegungen wurden mit 5 m im untersten Messprofil gemessen.

Der Hochebenkar-Blockgletscher liegt im Äußeren Hochebenkar, einem nach NW ausgerichteten Kar in den südlichen Ötztaler Alpen ca. 4.3 km SSW von Obergurgl im hinteren Ötztal (Tirol).

Es ist ein aktiver, zungenförmiger Blockgletscher, dessen Zunge auf 2360 m und dessen Wurzelzone in 2840 m Seehöhe liegt. Der Blockgletscher ist 1550 m lang, bis zu 160 m breit im Bereich der Zunge, bis zu 335 m im mittleren Bereich und bis zu 470 m im oberen Bereich. Der Blockgletscher bedeckt eine Fläche von 0.4 km², das Einzugsgebiet misst insgesamt 1 km².

Die oberflächliche Schuttlage ist sehr grobblockig, die Korngröße variiert stark. Bereiche mit Blöcken im dm-Bereich wechseln mit Bereichen mit Blöcken im m-Bereich. Stellenweise sind ausgeprägte longitudinale und transversale Rücken und Vertiefungen (Loben) zu erkennen. Im westlichen Bereich der Wurzelzone ist eine leichte Depression ausgebildet.

Die Stirn des Blockgletschers ist steil und vegetationsfrei. Auch die Ränder sind sehr steil, stellenweise inaktiv und mit etwas Vegetation bedeckt. An der Oberfläche ist stellenweise etwas Vegetation vorhanden, und zwar in Bereichen mit viel feinkörnigem Material.

Der Blockgletscher wird vom Hochebenkamm mit Schuttmaterial versorgt, das durch Frostverwitterung in den steilen Felsflanken bereitgestellt wird. Das Festgestein im Einzugsgebiet besteht aus Paragneis und Glimmerschiefer des Ötztal-Stubai-Alt-kristallins.

Im Winter 2007/2008 durchgeführte BTS-Messungen (BTS = Basistemperatur der Schneedecke) zeigten deutlich tiefere Temperaturen am Blockgletscher als außerhalb des Blockgletschers auf permafrostfreiem Untergrund (siehe auch Abb. 9). Dies und die

Quelltemperaturen zeigen eindeutig, dass dieser Blockgletscher Eis enthält. Die Quelltemperaturen liegen den ganzen Sommer über $< 1.5^{\circ}\text{C}$, häufig sogar $< 1.0^{\circ}\text{C}$.

Zur Messung des Abflusses wurde unterhalb der Quelle, die an der Ostseite entspringt, im Frühjahr 2007 eine Pegelmessstelle eingerichtet. An dieser Quelle entspringen etwa 30% des Gesamtabflusses. Im Herbst 2008 wurde seitens des Sachgebietes Hydrographie und Hydrologie in der Abteilung Wasserwirtschaft beim Amt der Tiroler Landesregierung unterhalb der Stirn des Blockgletschers zur Messung des Gesamtabflusses eine Pegelmessstelle zur automatisierten Erfassung von Schüttung, Temperatur und elektrischer Leitfähigkeit der Quelle errichtet.



Abb. 1: Aktiver Blockgletscher im Inneren Reichenkar (westliche Stubaier Alpen) mit markanter zungenförmiger Form, deutlich ausgeprägter Oberflächenmorphologie und steiler frischer Stirn. Der Blockgletscher weist im Stirnbereich jährliche Bewegungsraten von bis zu 3 m auf. Am Fuße der Stirn entspringt eine Blockgletscherquelle, ca. 30 m unterhalb der Quelle wurde eine Pegelstation eingerichtet (siehe Abb.6).



Abb. 2: Der aktive Blockgletscher in der Inneren Ölgrube (Kaunertal) besteht aus zwei Zungen. Die Zunge links im Bild ist bis zu 60 m mächtig, die Stirn ist sehr steil. Deutlich erkennbar ist die Oberflächenmorphologie des Blockgletschers. Die Zunge links im Bild weist derzeit jährliche Bewegungsraten von bis zu 2 m auf.



Abb. 3: Aktiver Blockgletscher im Kaiserbergtal (Kaunertal, Glockturmkeim) mit deutlicher, durch die Fließbewegung verursachter Oberflächenmorphologie. Die Stirn ist sehr steil, am Fuße der Stirn entspringt eine Blockgletscherquelle.



Abb. 4: Blick vom Glockturm in das hintere Radurschltal (westliche Öztaler Alpen) mit zahlreichen aktiven, inaktiven und fossilen Blockgletschern.

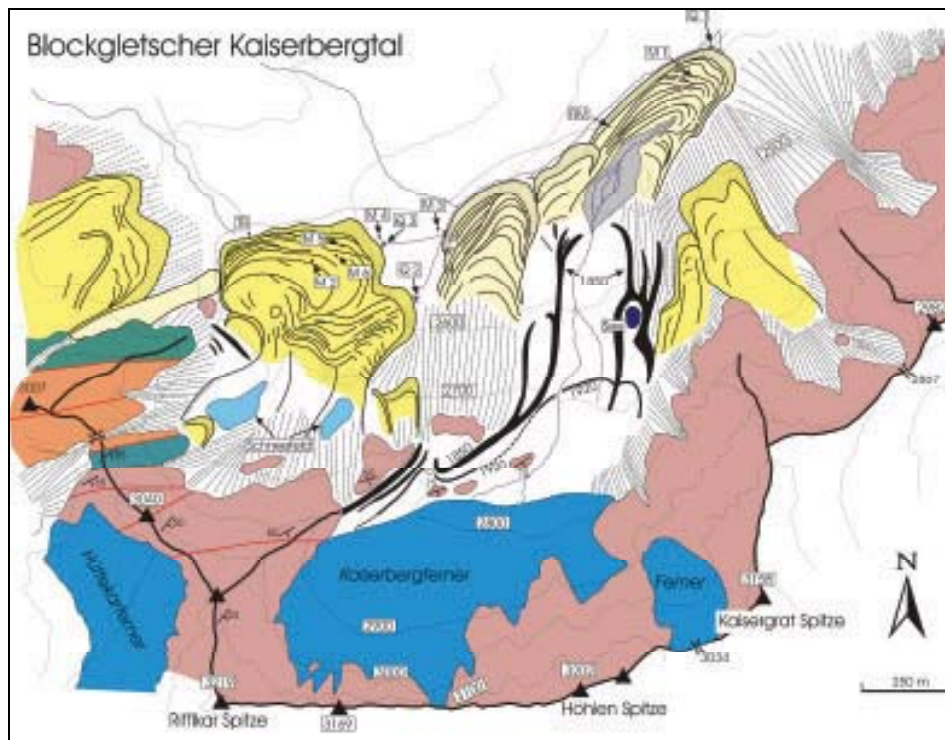


Abb. 5: Geologisch-morphologische Karte des hinteren Kaiserbergtales (Kauertal, Glockturmkkamm) mit mehreren Blockgletschern.



Abb. 6: Automatische Pegelstation ca. 30 m unterhalb der Stirn des Blockgletschers im Inneren Reichenkar, ausgestattet mit einer Druckpegelsonde und einem Temperaturfühler (Micro von Logotronic).

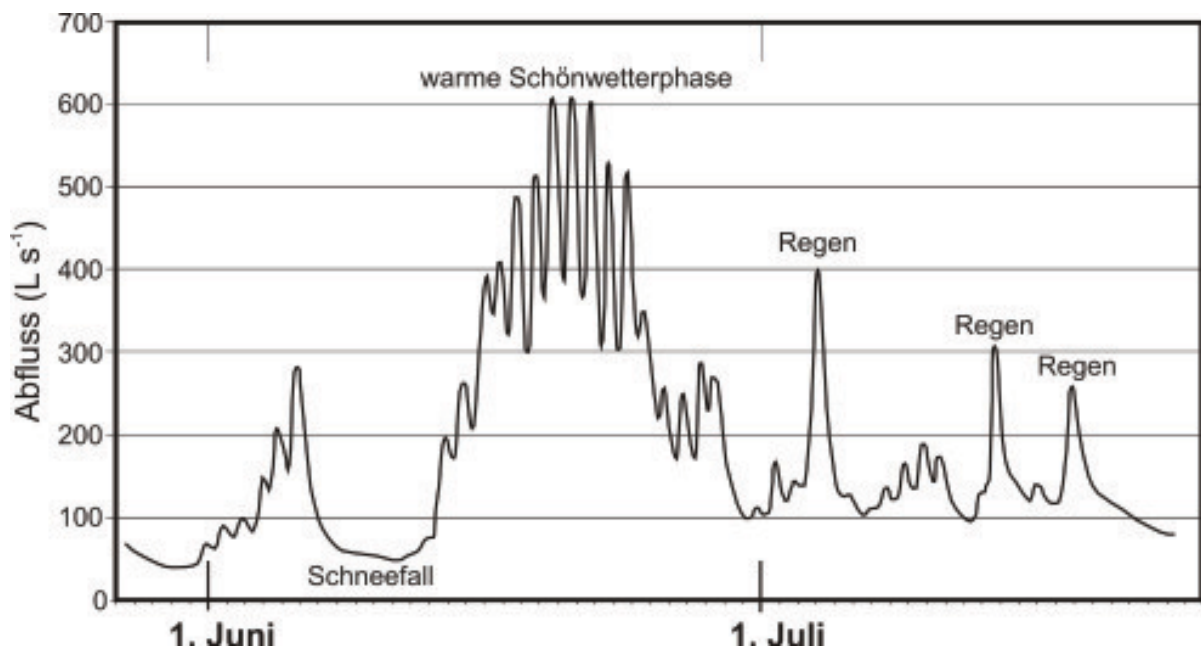


Abb. 7: Abflussganglinie des aktiven Blockgletschers im Kaiserbergtal für Juni und Juli 2002. Nach der kühlen Phase zwischen 7. und 12. Juni mit geringen Abflusswerten folgte eine Warmwetterperiode mit Spitzenabflüssen bis zu 600 l/s und ausgeprägten Tagesschwankungen zwischen 19. und 25. Juni. Danach ging der Abfluss merklich zurück, unterbrochen durch einzelne Peaks, die auf Niederschlagsereignisse zurückzuführen sind.

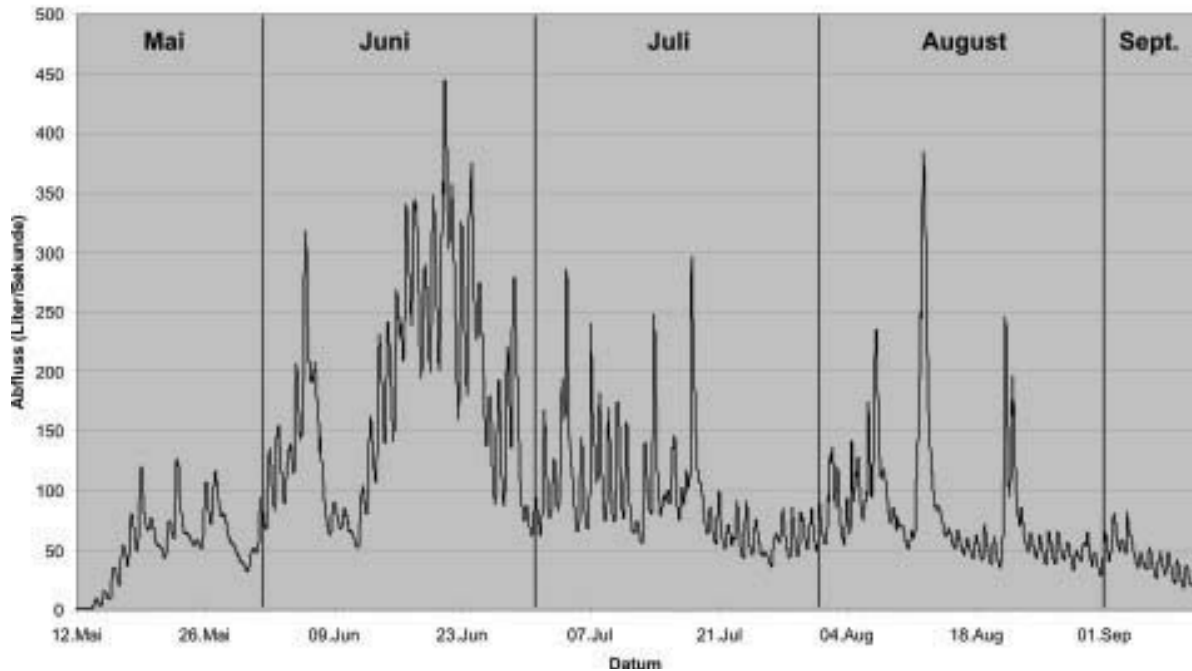


Abb. 8: Abflussganglinie für den aktiven Blockgletscher im Inneren Reichenkar für das Jahr 2002. Die Schneeschmelze hat um den 11. Mai eingesetzt, ein erstes Abflussmaximum wurde Anfang Juni erreicht, gefolgt von einem starken Rückgang als Folge einer kühlen Wetterphase um den 9. Juni. Danach verursachte eine warme Schönwetterperiode hohe Abflüsse mit bis zu 450 l/s und ausgeprägten Tagesschwankungen. Ende Juni ging der Abfluss zurück, unterbrochen durch einzelne, durch Niederschlagsereignisse verursachte Peaks.

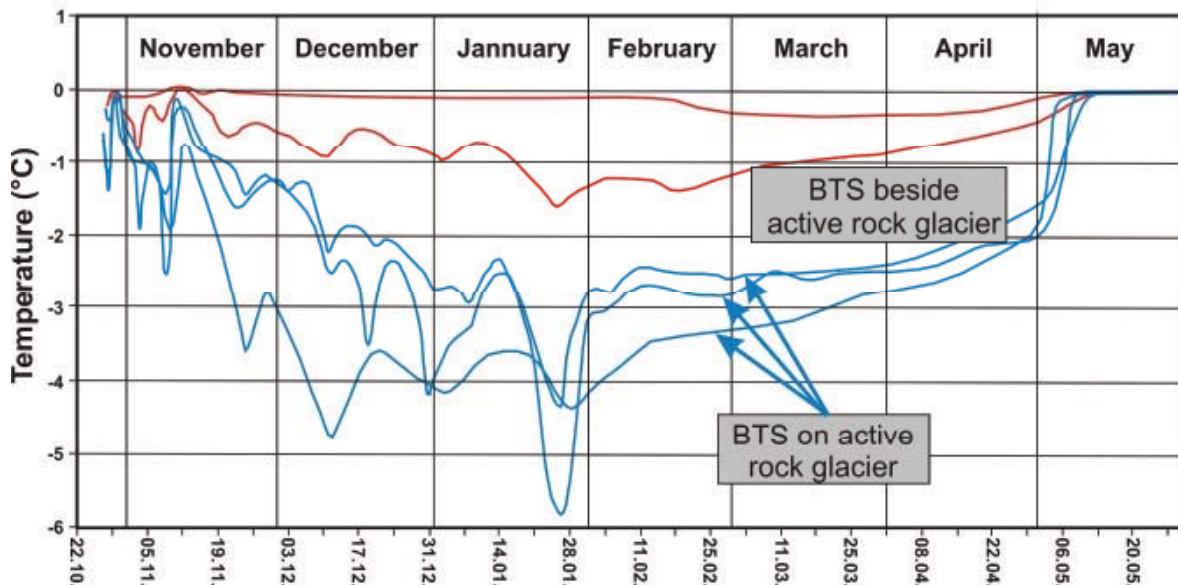


Abb. 9: Temperaturen an der Basis der winterlichen Schneedecke (BTS) für den Winter 1998/1999, gemessen im Bereich des aktiven Blockgletschers im hinteren Kaiserbergtal. Am Blockgletscher wurden an der Basis der winterlichen Schneedecke deutlich tiefere Temperaturen gemessen als außerhalb des Blockgletschers auf permafrostfreiem Untergrund.



Abb. 10: Übersicht und Aktivität der Blockgletscher im Kaunertal (Tirol)

4. Literaturhinweise

- BARSCH, D. (1996): Rockglaciers. Indicators for the Present and Former Geoecology in High Mountain Environments: Berlin, Springer-Verlag, 331 p.
- BERGER, J., KRÄINER, K. and MOSTLER, W. (2004): Dynamics of an active rock glacier (Ötztal Alps, Austria). – Quaternary Research 62(2004): 233-242.
- HAEBERLI, W. & PATZELT, G. (1982): Permafrostkartierung im Gebiet der Hochebenkar-Blockgletscher, Obergurgl, Ötztaler Alpen: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, v. 18, no. 2, p. 127-150.
- HAUSMANN, H., KRÄINER, K., BRÜCKL, E. and MOSTLER, W. (2007): Internal Structure and Ice Content of Reichenkar Rock Glacier (Stubai Alps, Austria) Assessed by Geophysical Investigations. Permafrost and Periglacial Processes 18: 351-367. DOI: 10.1002/ppp.60.
- KAUFMANN, V. (1996): Geomorphometric monitoring of active rock glaciers in the Austrian Alps. - 4th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography. Karlstad - Kiruna - Tromsø, August 19-29, 1996:97-113.
- KAUFMANN, V. and LADSTÄTTER, R. (2002): Spatio-temporal analysis of the dynamic behaviour of the Hochebenkar rock glaciers (Ötztal Alps, Austria) by means of digital photogrammetric methods. - Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung 37: 119-140.
- KAUFMANN, V. and LADSTÄTTER, R. (2003): Quantitative analysis of rock glacier creep by means of digital photogrammetry using multi-temporal aerial photographs: two case studies in the Austrian Alps. In: Phillips, M., Springman, S.M. and Arenson, L.U. (eds), Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost, 21-25 July 2003, Zürich, Switzerland, Vol. 1:525-530.
- KRÄINER, K. & LANG, K. (2007): Active rock glaciers at Hohe Gaisl (Eastern Dolomites). Geo.Alp, Vol. 4: 127-131 (field guide Sediment 2007).
- KRÄINER, K. & MOSTLER, W. (1999): Aktive Blockgletscher als Transportsysteme für Schuttmassen im Hochgebirge. – Geoforum Umhausen (Ötztal), 14.-16. Okt. 199, p. 12-13.

- KRAINER, K. & MOSTLER, W. (2000): Reichenkar Rock Glacier, a glacial derived debris-ice system in the Western Stubai Alps, Austria. - *Permafrost and Periglacial Processes*, v. 11:267-275.
- KRAINER, K. & MOSTLER, W. (2001): Aktive Blockgletscher als Transportsysteme für Schuttmassen im Hochgebirge: Der Reichenkar Blockgletscher in den westlichen Stubaier Alpen. – *Geoforum Umhausen*, Bd. 1, 28-43.
- KRAINER, K. & MOSTLER, W. (2001).: Der aktive Blockgletscher im Hinteren Langtal Kar, Gößnitz Tal (Schobergruppe, Nationalpark Hohe Tauern). – *Wiss. Mitt. Nationalpark Hohe Tauern* 6:139-168.
- KRAINER, K. & MOSTLER, W. (2002): The discharge of active rock glaciers: examples from the Eastern Alps (Austria). *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 34(2):142-149.
- KRAINER, K. und MOSTLER, W. (2004): Ein aktiver Blockgletscher im Sulzkar, westlichen Stubaier Alpen (Tirol). – *Geo.Alp* 1:37-55, Innsbruck.
- KRAINER, K., MOSTLER, W. and SPAN, N. (2002): A glacier-derived, ice-cored rock glacier in the western Stubai Alps (Austria): evidence from ice exposures and ground penetrating radar investigation. – *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 38:21-34.
- KRAINER, K. and MOSTLER, W. (2006): Flow velocities of active rock glaciers in the Austrian Alps. – *Geografiska Annaler* 88: 267-280.
- KRAINER, K., MOSTLER, W. and SPÖTL, C. (2007): Discharge from active rock glaciers, Austrian Alps: a stable isotope approach. – *Austrian Journal of Earth Sciences* 100: 102-112.
- LADSTÄTTER, R. and KAUFMANN, V. (2005): Studying the movement of the Outer Hohebenkar rock glacier: Aerial vs. ground-based photogrammetric methods. - 2nd European Conference on Permafrost, Potsdam, Germany, *Terra Nostra* 2005(2):97 (abstract).
- MAIR, V., LANG, K., TAGNIN, S., ZISCHG, A., KRAINER, K., STÖTTER, J., ZILGER, J., BELITZ, K., SCHENK, A., DAMM, B., KLEINDIENST, H., BUCHER, K. & MUNARI, M. (2008): PROALP. Rilevamento e Monitoraggio dei Fenomeni Permafrost. Esperienze della Provincia di Bolzano. – *AINEVA* 64: 50-59.
- PILLEWIZER, W. (1938): Photogrammetrische Gletscheruntersuchungen im Sommer 1938. - *Zeitschr. Ges. Erdkde Berlin* 9/1:367-372.

- PILLEWIZER, W. (1957): Untersuchungen an Blockströmen der Öztaler Alpen: Geomorphologische Abhandlungen des Geographischen Institutes der FU Berlin (Otto-Maull-Festschrift), v. 5, p. 37-50.
- SCHNEIDER, R. & SCHNEIDER, H. (2001): Zur 60-jährigen Messreihe der kurzfristigen Geschwindigkeitsschwankungen am Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar, Öztaler Alpen, Tirol. – Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 37:1-33.
- UNTERSWEG, T. & PROSKE, H. (1996): Untersuchungen an einem fossilen Blockgletscher im Hochreichartgebiet (Niedere Tauern, Steiermark): Arb. Inst. Geogr. Univ. Graz, v. 33, p. 201-207.
- VIETORIS, L. (1958): Der Blockgletscher des Äußeren Hochebenkares: Gurgler Berichte, v. 1, p. 41-45.
- VIETORIS, L. (1972): Über die Blockgletscher des Äußeren Hochebenkars: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, v. 8, p. 169-188.

5. Anschrift der Verfasser

Ao. Univ.-Prof. Dr. Karl Krainer
Institut für Geologie und Paläontologie
Universität Innsbruck
Innrain 52
6020 Innsbruck
Tel.: 0043/512/507/5585
E-Mail: karl.krainer@uibk.ac.at

Mag. Markus Ribis
Wasser Tirol - Wasserdienstleistungs-GmbH
Salurner Straße 6
6020 Innsbruck
Tel.: 0043/512/209100
E-Mail: markus.ribis@wassertirolbuero.at