

Freitag 21. Oktober 2016

09:30-10:00

Reliktische Blockgletscher – komplexe Aquifere in alpinen Einzugsgebieten

Gerfried Winkler

Institut für Erdwissenschaften, Nawi Graz Geozentrum, Karl-Franzens-Universität Graz

Abstract

Relict rock glaciers are wide spread periglacial sediment accumulations in the Austrian Alps (more than 3000 such landforms) and represent heterogeneous aquifer systems in alpine catchments. Investigations conducted at the relict Schöneben Rock Glacier in the Styrian part of the Niedere Tauern Range indicate a multi layered aquifer system. The fine grained base layer, up to 15 m thick, with a hydraulic conductivity of about 5×10^{-05} m/s reflects a flow component with a retention time of several months. The coarse grained main layer with a hydraulic conductivity of about 5×10^{-02} m/s may reach a thickness up to several tens of meters and provide a fast flow component with retention times between a few hours and a few days. A coarse blocky layer (blocks up to 2 m of diameter) covers the rock glacier with a thickness of several meters. At regional scale a simple rainfall-runoff model was applied showing that the contribution of the discharge draining the rock glacier catchments is temporally much higher (more than four times) than its areal share. These findings highlight the importance of these landforms for the flow behavior of alpine catchments and for the water resources management.

Einleitung

Alpine Einzugsgebiete sind durch periglaziale Landschaftsformen wie bspw. Blockgletscher geprägt. Diese Landschaftsformen sind im österreichischen Alpenraum mit bisher über 5000 ausgewiesenen Blockgletschern weit verbreitet (eine Übersicht hierfür liefern Krainer & Ribis 2012 und Kellerer-Pirklbauer et al. 2012). Sie können in intakte (aktiv und inaktiv) und reliktsche (fossile) Blockgletscher untergliedert werden (z.B. Barsch, 1996), wobei derzeit ca. 3000 reliktsche Blockgletscher ausgewiesen sind. Hiervon liegen mehr als 1700 in Tirol (Krainer & Ribis, 2012) und etwa 1300 in Zentral- und Ostösterreich (Kellerer-Pirklbauer et al., 2012), davon 554 in den steirischen Niederen Tauern (Winkler et al., 2016a).

Der Klimawandel bedingt einen Anstieg der alpinen Permafrostuntergrenze, was zum Abschmelzen des Eises in intakten Blockgletschern führt und somit die Zahl der reliktschen Blockgletscher künftig erhöhen wird. Reliktsche Blockgletscher als Lockersedimentakkumulationen in alpinen Einzugsgebieten ohne Permafrost repräsentieren Grundwasserleiter, an die bspw. in den steirischen Niederen Tauern Quellen mit einer jährlichen mittleren Schüttung von über 10 l/s gebunden sind (Untersweg & Schwendt, 1995,1996). Die über den Blockgletscherquellen liegenden hydrologischen Einzugsgebietsflächen umfassen bspw. mehr als 50% der Seckauer Tauern und ca. 27% der gesamten steirischen Niederen Tauern über 2000 m Seehöhe (Winkler et al. 2016a, b). Daraus resultieren mehrere wasserwirtschaftliche Fragen in Bezug auf ihre Speicherfähigkeit und Abflusssdynamik und ihre Auswirkung auf unterstromige Oberflächengerinne. Diese und Fragen zu ihrem internen Aufbau wurden in den letzten Jahren in den steirischen Niederen Tauern untersucht und die Ergebnisse werden in diesem Beitrag zusammenfassend vorgestellt.

Reliktische Blockgletscher: heterogene, komplexe Aquifere

Erste wasserwirtschaftliche Untersuchungen in den steirischen Niederen Tauern in den 1990er Jahren wiesen bereits darauf hin, dass die Blockgletscherquellen ein Schüttungsverhalten ähnlich jenen von Karstquellen zeigen (Gödel, 1993; Untersweg & Schwendt, 1995, 1996). Die Schüttungsschwankungen der Quellen lagen zwischen wenigen Litern und einigen 100 Litern pro Sekunde. Die Schüttungsquotienten (Q_{\max}/Q_{\min}) schwankten zwischen 20 und 100. Diese Grundlagen deuteten bereits darauf hin, dass diese Landschaftsformen komplexere Grundwasserleiter mit entsprechender Entwässerungsdynamik bilden.

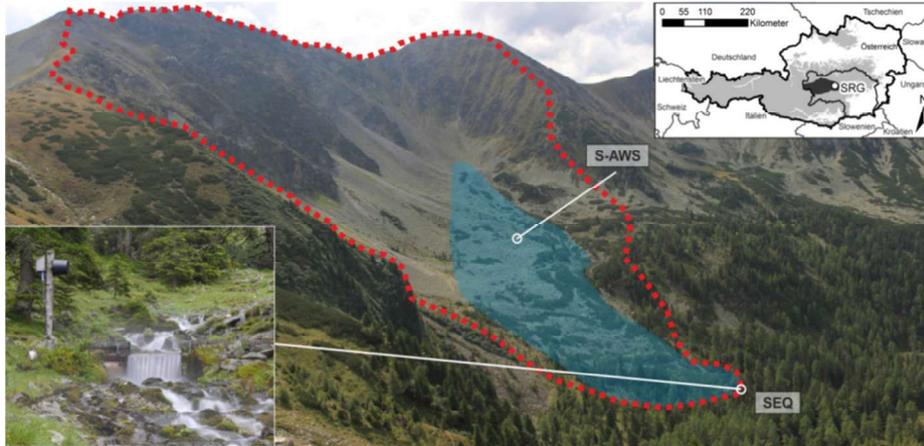
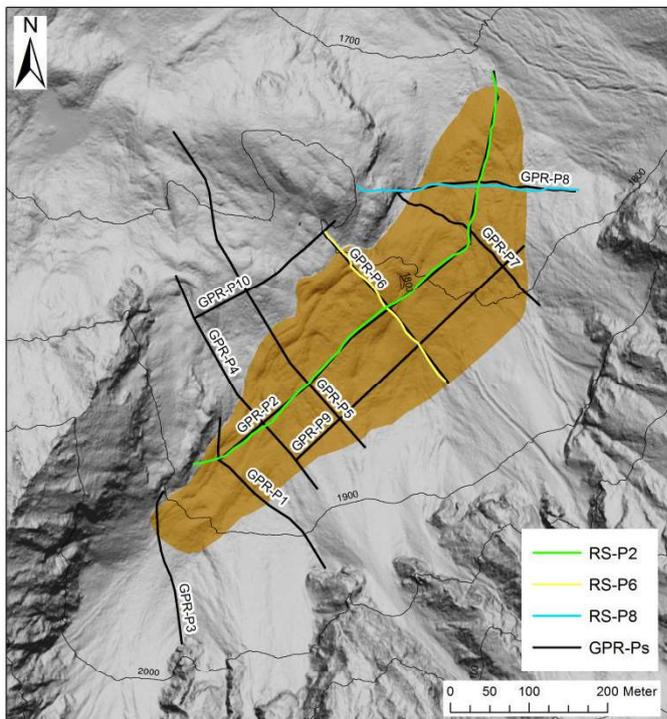


Abbildung 1: Lage und Übersicht des reliktschen Schöneben-Blockgletschers, SEQ Pegelmessstation der Schöneben-Blockgletscherquelle, S-AWS Standort der automatische Wetterstation (modifiziert nach Winkler et al., 2016a)

Die Entwässerungsdynamik und das Speicherverhalten sowie der interne Aufbau reliktscher Blockgletscher wurden am Schöneben-Blockgletscher (SBG) (Abbildung 1) am Ostrand der steirischen Niederen Tauern in den letzten Jahren untersucht (z.B. Pauritsch et al., 2015; Wagner et al., 2016; Winkler et al., 2016 a,b). Hierfür wurden Analysen des Schüttungsverhaltens (Hydrographenanalysen) und der natürlichen Tracer Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit und stabile Isotope ($\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$) durchgeführt. Zwei Markierungsversuche mit fluoreszierenden Farbstoffen in den Jahren 2009 und 2012 ergänzten die Untersuchungen. Für die Erfassung der Geometrie und des internen Aufbaus des Aquifers wurden zusätzlich 3 Refraktionsseismikprofile herangezogen (Abbildung 2). Die Messungen von 10



weiteren Georadarprofile lieferten leider über größere Bereiche keine eindeutigen Ergebnisse, weshalb sie nur im eingeschränkten Maße für die Interpretation verwendet werden konnten (Lichtenegger et al., 2014).

Abbildung 2: Ausdehnung des reliktschen Schöneben-Blockgletschers sowie die Lage der Profile der geophysikalischen Untersuchungen; RS-P2 bis RS-P8 Refraktionsseismikprofile, GPR-P1 bis GPR-P10 Georadarprofile (Winkler et al., 2016b)

Die kombinierten Auswertungen ergaben ein Abflussverhalten mit einer kurzfristig gespeicherten (mehrere Stunden bis Tage) und einer längerfristig gespeicherten (mehrere Monate) Abflusskomponente. Daraus konnte in Ergänzung mit den Ergebnissen der geophysikalischen Erkundungen ein hydrogeologisches konzeptionelles Modell entwickelt werden (Abbildung 3).

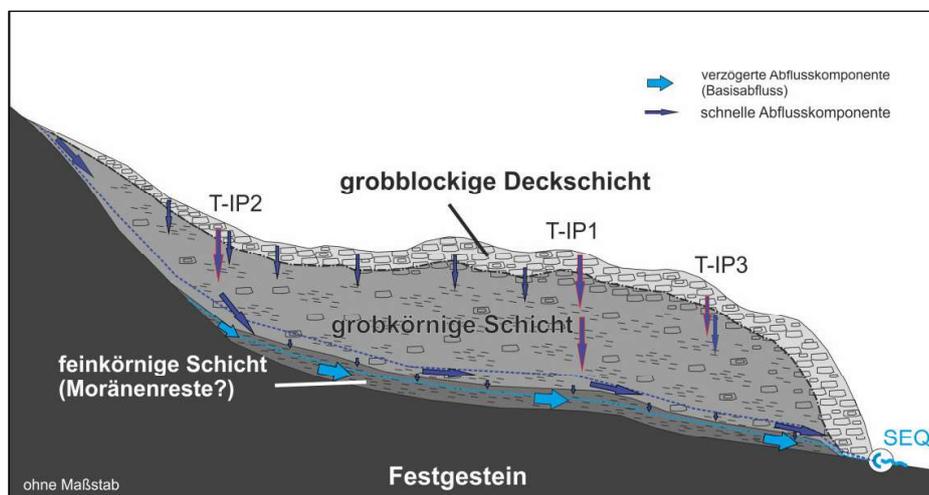


Abbildung 3: Hydrogeologisch konzeptionelles Modell des reliktschen Schöneben-Blockgletschers (SBG, Längsprofil) mit einem dreischichtigen Aufbau (nicht maßstabsgetreu). T-IP1 – T-IP3 = Tracereingabestellen; SEQ = Schöneben-Blockgletscherquelle. Längserstreckung des SRG ca. 700 Meter, Mächtigkeit des SBG von einigen Metern bis einige Zehnermeter (modifiziert nach Winkler et al., 2016a).

Es zeigt sich eine mehrere Meter mächtige, sehr grobblockige Deckschicht (Blöcke bis 2 m Durchmesser), einem sandig bis blockigen, hydraulisch sehr gut durchlässigen Schuttkörper mit einer Mächtigkeit von mehreren Zehnermetern und einer feinkörnigen (schluffig bis feinsandigen) hydraulisch deutlich geringeren Basis, die eine Mächtigkeit bis ca. 15 m aufweist (Winkler et al., 2016a). Die Basisschicht ermöglicht eine hohe Speicherkapazität und spiegelt sich in der länger gespeicherten Abflusskomponente wider. Die hydraulische Durchlässigkeit liegt ungefähr bei 5×10^{-05} m/s. Die rasche Abflusskomponente wird durch die überlagernden grobklastischen Schichten ermöglicht, die um ca. 3 Größenordnungen besser durchlässig sind und somit ein laterales Fließen zur Quelle am Kontakt zu der deutlich geringer durchlässigen Basisschicht ermöglicht. Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass Hangneigung und Topographie der

darunter liegenden Festgesteinsoberkante ebenfalls einen Einfluss auf die Entwässerungsdynamik ausüben (Pauritsch et al., 2015).

Was bedeutet das für unterstromige Gerinne?

Die Speicherwirksamkeit der Blockgletscher und ihr Einfluss auf das Abflussverhalten unterstromiger Gerinne wurden im regionalen Maßstab mit einem einfachen räumlich nicht aufgelösten (lumped parameter) Niederschlags-Abflussmodell (GR4J+, modifiziert nach Perrin et al., 2003) untersucht (Wagner et al., 2016). Ein regionaler Überblick der steirischen Niederen Tauern und ihrer Blockgletscher und deren Einzugsgebiete sind in Abbildung 4a dargestellt. Die untersuchten Einzugsgebiete Schöneben-Blockgletscherquelle, Finsterliesing und Unterwald und die darin befindlichen reliktschen Blockgletscher sind in Abbildung 4b abgebildet. Die Eingangsdaten für die Modellierung waren Niederschlag und Lufttemperatur und die Kalibration erfolgte an den gemessenen Abflussganglinien der Pegelstationen Schönebenquelle, Finsterliesing und Unterwald. Die Daten für das Einzugsgebiet des Schöneben-Blockgletschers wurden mittels einer automatischen Wetterstation im Testgebiet (S-AWS in Abbildung 1) für den Zeitraum 2011 – 2015 generiert und die Daten für den regionalen Maßstab beruhen auf dem Schöner-Datensatz (Schöner & Dos Santos Cardoso, 2004). Detailinformationen in Bezug auf Vergleichbarkeit der Datensätze aufgrund der zeitlichen Differenz geben Wagner et al. (2016). In dem Niederschlags-Abflussmodell ist auch ein Schneemodul integriert, welches im Wesentlichen die Infiltration über die Lufttemperatur steuert, d.h. Infiltration kann nur bei Plusgraden erfolgen, ansonsten liegt Schnee als Zwischenspeicher vor (Wagner et al., 2016). Die Eigenschaften des Schöneben-Blockgletschers und die Erkenntnisse aus dessen Einzugsgebietsmodellierung mit GR4J+ wurden in einem Analogieansatz auf die andern Blockgletscher in den übergeordneten Einzugsgebieten (Finsterliesing und Unterwald) übertragen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Abflussanteil bei einer Modellierung auf Tagesbasis an den unterstromigen Pegelstationen von einem Drittel bis zu mehr als dem Vierfachen des Flächenanteils der übergeordneten Einzugsgebiete beträgt. Die Flächenanteile der Blockgletschereinzugsgebiete sind für Finsterliesing 15% und für Unterwald 12%. Die Abflussanteile bei der Pegelstation Finsterliesing schwanken zwischen 6% und 63% und bei der Pegelstation Unterwald zwischen 4% und 52% des Gesamtabflusses. Die höchsten Abflussanteile traten gegen Ende der Schneeschmelze und im Spätsommer auf.

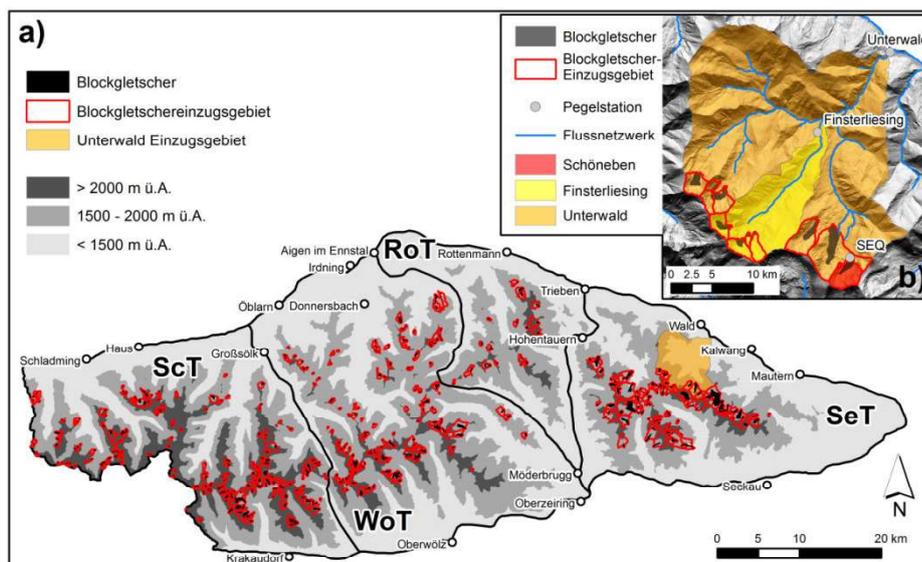


Abbildung 4: a) Überblickskarte der steirischen Niederen Tauern inkl. der Subeinheiten Schladminger Tauern (ScT), Wölzer Tauern (WoT), Rottenmanner Tauern (RoT) und Seckauer Tauern (SeT), den Blockgletschern und den dazugehörigen orographischen Blockgletschereinzugsgebieten sowie dem orographischen Einzugsgebiet Unterwald. b) Orographische Einzugsgebiete Unterwald, Finsterliesing und Schöneben und die darin enthaltenen orographischen Blockgletschereinzugsgebiete (modifiziert nach Winkler et al., akzeptiert).

Schlussfolgerungen – Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass reliktsche Blockgletscher nicht wie vermeintlich angenommen einfache homogene sondern komplexe heterogen aufgebaute Grundwasserleiter in alpinen Einzugsgebieten darstellen. Die interne Struktur und ihr Aufbau haben vor allem bei Fragestellungen in Bezug auf Stofftransport hohe Relevanz. Berücksichtigt man die Einzugsgebietsflächen, die über derartige Landschaftsformen entwässern (z.B. in den Sekauern Tauern über 50% der Fläche über 2000 m ü.A.), so zeigt sich, dass das Abflussverhalten wesentlicher Teile von Gebirgszügen wie bspw. der steirischen Niederen Tauern durch diese Grundwasserleiter beeinflusst sind. Die Niederschlags-Abflussmodellierungen zeigen, dass das Abflussverhalten der Blockgletscher temporär wesentliche Auswirkungen auf die unterstromigen Gerinnen hat, und der anteilige Abfluss weit über die rein flächenbezogenen Anteile der Blockgletscher im Einzugsgebiet hinausgeht (temporär bis über dem Vierfachen liegen). Ihre wasserwirtschaftliche Bedeutung zeigt sich als wichtige Grundwasserspeicher in alpinen Regionen, die auch in Trockenzeiten als Wasserressource zur Verfügung stehen, was zudem für das sensible Ökosystem in alpinen Regionen von hoher Bedeutung ist. Ihre Speicherfähigkeit hat aber auch eine Pufferfunktion zur Prävention von Hochwässern bei Starkniederschlagsereignissen.

Referenzen

Barsch, D. (1996): Rock Glaciers: Indicators for the Present and Former Geoecology in High Mountain Environments. - Springer Series in Physical Environment 16, 331 S, Springer Verlag.

Gödel, S. (1993): Geohydrologie der Blockgletscher im Hochreichhart- Gebiet (Seckauer Tauern, Steiermark). – unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.

Kellerer-Pirklbauer, A., Lieb, G.K., Kleinfelchner, H. (2012): A new rock glacier inventory in the eastern European Alps. - Austrian Journal of Earth Sciences, 105(2): 78-93.

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

Lichtenegger, F., Morawetz, R., Schreilechner, M. (2014): Geophysik Blockgletscher Kleinriechart. Unveröffentlichter Bericht, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH Resources, S.19, Leoben.

Pauritsch, M., Birk, S., Wagner, T., Hergarten, S., Winkler, G. (2015): Analytical approximations of discharge recessions for steeply sloping aquifers in alpine catchments. - Water Resources Research 51(11): 8729-8740.

Perrin, C., Michel, C., Andréassian, V. (2003): Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. - Journal of Hydrology, 279: 275-289.

Schöner, W., Dos Santos Cardoso, E. (2004). Datenbereitstellung, Entwicklung von Regionalisierungstools und einer Schnittstelle zu den regionalen Klimamodellen (Arbeitsbericht für den Zeitraum 1.11.2003 bis 30.9.2004). Projektbericht für das Projektjahr 1, Projekt reclip:more (Research for Climate Protection: Modell Run Evaluation) 44 pp, http://foresight.ait.at/SE/projects/reclip/reports/report6_Regionalisierung_ZAMG.pdf

Untersweg T., Schwendt A. (1995): Die Quellen der Blockgletscher in den Niederen Tauern. - Bericht der wasserwirtschaftlichen Planung Steiermark Bd. 78, S. 46, Graz.

Untersweg T., Schwendt A. (1996): Blockgletscher und Quellen in den Niederen Tauern. - Mitte Österr Geol Ges 87:47-55

Wagner, T., Pauritsch, M., Winkler G. (2016): Impact of relict rock glaciers on spring and stream flow of alpine watersheds: Examples of the Niedere Tauern Range, Eastern Alps (Austria). - Austrian Journal of Earth Sciences, 109/1, doi: 10.17738/ajes.2016.0006.

Winkler, G., Wagner, T., Pauritsch, M., Birk, S., Kellerer-Pirklbauer, A., Benischke, R., Leis, A., Morawetz, R., Schreilechner, M.G., Hergarten, S. (2016a): Identification and assessment of flow and storage components of the relict Schöneben Rock Glacier, Niedere Tauern Range, Eastern Alps (Austria). - Hydrogeology Journal, 24, 937-953. DOI: 10.1007/s10040-015-1348-9

Winkler G., Pauritsch M., Wagner T. & Kellerer-Pirklbauer, A. (2016b): Grundwasserspeicherung und Entwässerungsdynamik reliktscher Blockgletscher. - Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung Steiermark, Bd. 87, S. 134, Graz.

Winkler, G., Wagner, T., Pauritsch, M., Kellerer-Pirklbauer A. (akzeptiert): Was kommt nach dem Permafrost? – Bedeutung reliktscher Blockgletschern auf das Abflussverhalten alpiner Einzugsgebiete. - Joannea-Geologie und Paläontologie.