

## Einfluss von Blockgletscher auf Fließgewässer: abiotische und biotische Aspekte

Markus Ribis<sup>1</sup>, Maximilian Boschi<sup>2</sup>, Peter Boschi<sup>2</sup>, Martin Schletterer<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>geo.zt gmbh poscher beratende geologen, Saline 17, A-6060 Hall in Tirol, [www.geo-zt.at](http://www.geo-zt.at)

<sup>2</sup>droneproject.at - Photography, Video & Survey, Schneeberggasse 225, 6020 Innsbruck, [www.droneproject.at](http://www.droneproject.at)

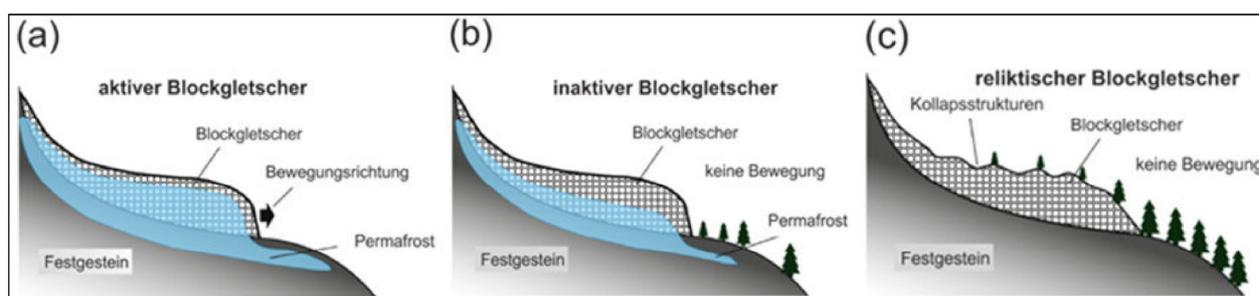
<sup>3</sup>TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG, Eduard-Wallnöfer-Platz 2, A-6020 Innsbruck, [www.tiwag.at](http://www.tiwag.at)

<sup>4</sup>Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management, BOKU - University of Natural Resources and Life Sciences, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Vienna, Austria

### 1. Einleitung

Alpine Regionen sind geprägt durch periglaziale Landschaftsformen wie Blockgletscher, die Indikatoren von Gebirgspermafrost (d.h. ganzjährig gefrorener Untergrund mit einer wenigen Meter mächtigen saisonalen Auftauschicht) beeinflussten Gebieten darstellen. Aktive Blockgletscher sind Schutt- und Eisgemische in Permafrostgebieten, die langsam talabwärts kriechen und große Schutt- und Eisvolumina beinhalten können (Berthling 2011, Haeberli 2013). Bedingt durch klimatische Erwärmung kommt es zum Abschmelzen des Eisgehalts und die Blockgletscher werden zu reliktschen Formen (Barsch, 1996). Blockgletscher zählen damit zu den prominentesten Erscheinungsformen des alpinen Permafrostes und sind aus morphologischer Sicht meist deutlich im Gelände verifizierbar.

Grundsätzlich werden intakte und reliktsche (fossile) Blockgletscher unterschieden. Intakte Blockgletscher werden in aktive und inaktive Blockgletscher untergliedert.

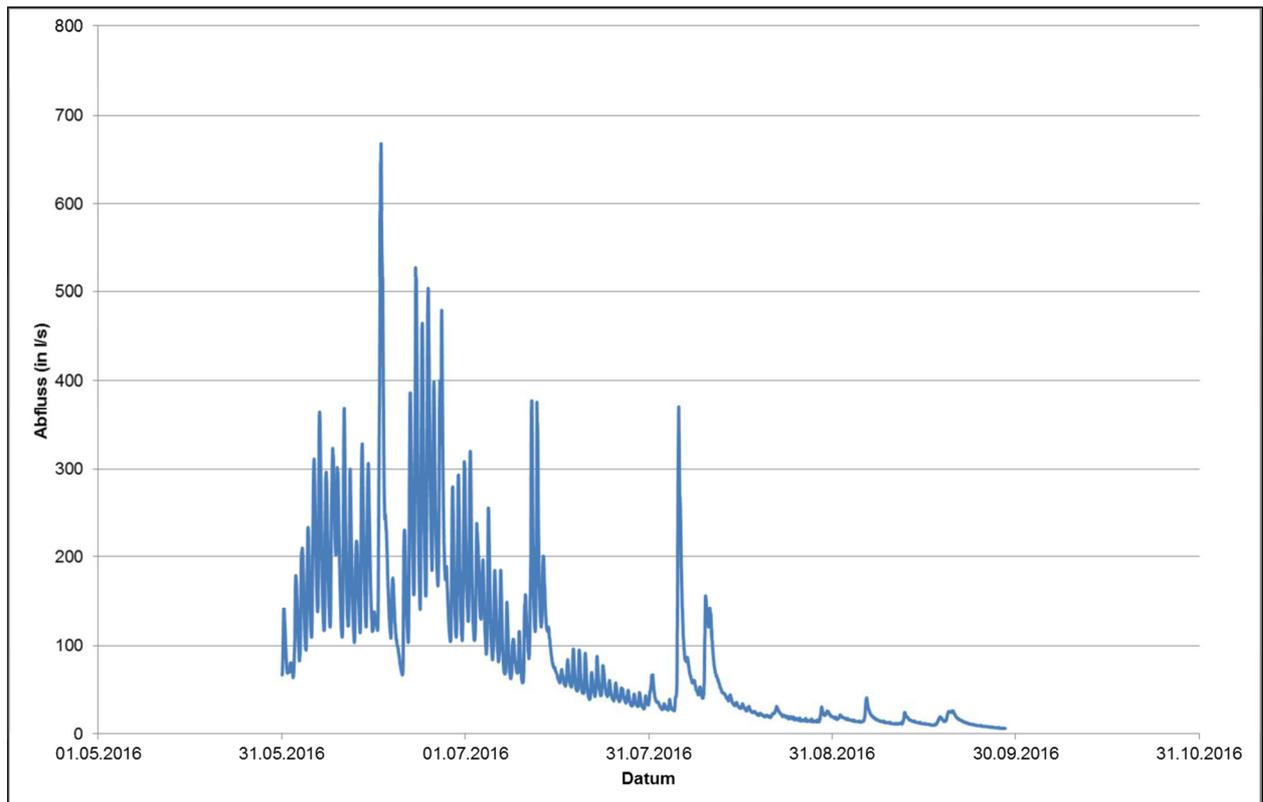


**Abb. 1:** Grafische Darstellung der Blockgletscherklassifikation in (a) aktive, (b) inaktive und (c) reliktsche (fossile) Blockgletscher (modifiziert nach Pauritsch 2016).

### 2. Hydrologie und Wasserchemie

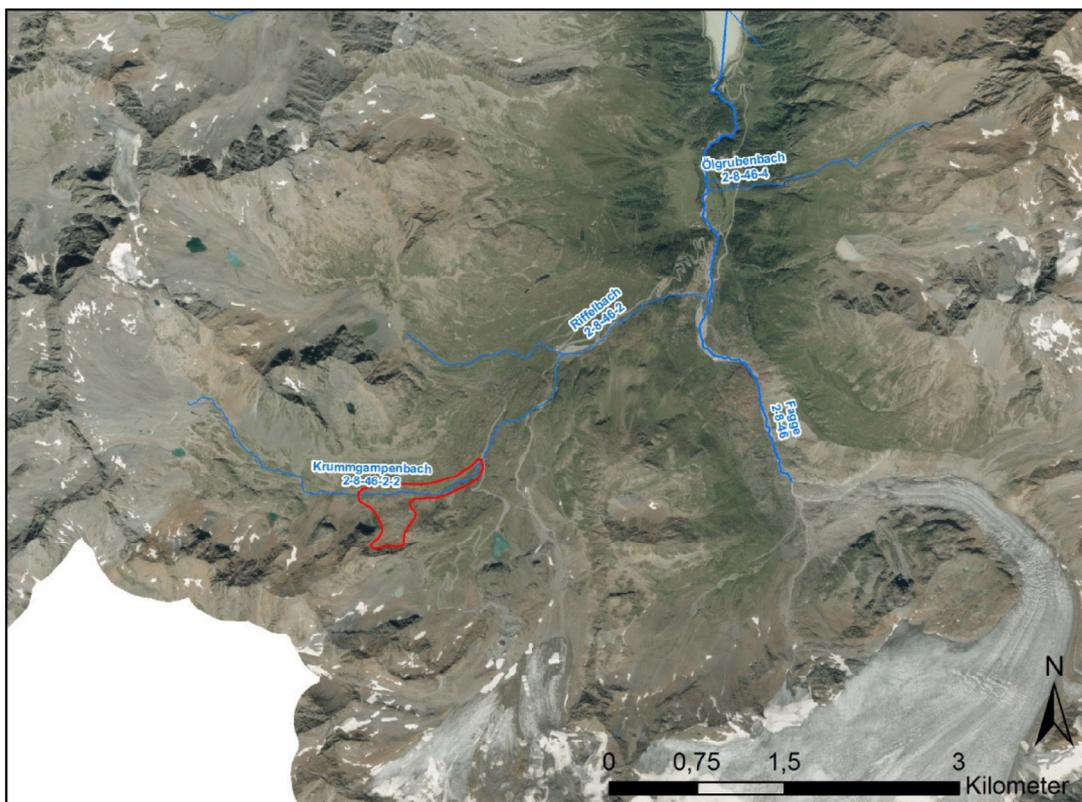
Das Schüttungsverhalten einiger untersuchter Quellen bei aktiven Blockgletschern in den Öztaler Alpen zeigt große saisonale und tägliche Schwankungen. Die Herkunft dieser Wässer ist vielfältig (Schneeschnmelze, atmosphärischer Niederschlag, Schmelzwasser des Eiskörpers, Grundwasser) und kann in unterschiedlicher Konfiguration und Intensität auf den Jahrgang einer Blockgletscherquelle einwirken.

Einhergehend mit dem Jahrgang des quantitativen Parameters Schüttung sind an einigen aktiven Blockgletscherquellen sowohl qualitative Veränderungen der klassischen Feldparameter Wassertemperatur und elektrische Leitfähigkeit als auch qualitative Veränderungen weiterer Elementkonzentrationen im Jahrgang beobachtbar (Lösch et al. 2015, Thaler et al. 2015, Nickus et al. 2015a, Wagner et al. 2016, Ribis 2017).

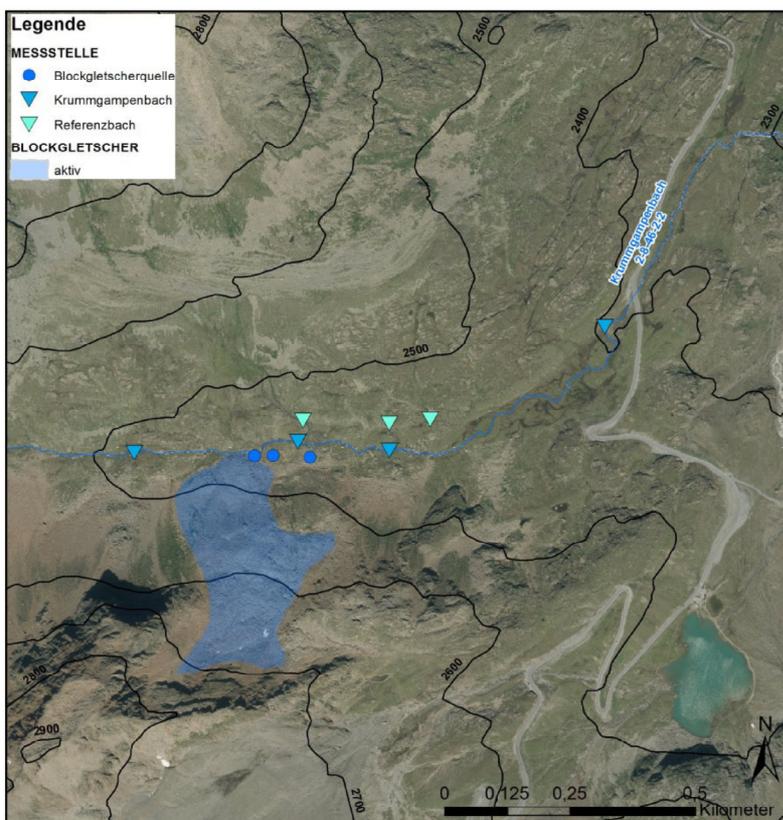


**Abb. 2:** Exemplarischer Jahresgang 2016 der Blockgletscherquelle Äußeres Hochebenkar (Datenquelle: Land Tirol - Hydrografischer Dienst, modifiziert).

Beim gegenständlich untersuchten Blockgletscher Krummgampen im hinteren Kautertal wurde aufgrund dieser Erkenntnisse das Augenmerk auf die dortigen Blockgletscherquellen und umliegenden Fließgewässer gelegt. Es erfolgten – aufbauend auf den bestehenden Erfahrungswerten – weitere hydrochemische sowie umfangreiche gewässerökologische Beprobungen der relevanten Quellen und Fließgewässer, um den Einfluss von Blockgletschern auf Fließgewässer darstellen zu können.



**Abb. 3:** Lage des Untersuchungsraumes Krummgampen (rot markiert) im hinteren Kaunertal.



**Abb. 4:** Lage der Messstellen im Umfeld des Blockgletschers Krummgampen.

### 3. Gewässerökologie

Aufgrund der abiotischen Einflüsse hinsichtlich dem Temperaturregime, als auch der physiko-chemischen Parameter (pH Wert, Schwermetalle, ...) können Blockgletscher je nach Abflussdynamik einen Einfluss auf die aquatischen Zönosen im Vorfluter haben. Während klassische Gletscherbäche lange im Fokus der Wissenschaft stehen, gibt es an Abflüssen von Blockgletschern nur wenige Studien an alpinen Fließgewässern (z. B. Thies et al. 2013, Lösch et al. 2015, Nickus et al. 2015b) bzw. Seen (z.B. Ilyashuk et al. 2014, Thaler et al. 2015).

Bisher wurden die Diversität von epilithischen Diatomeen und des Makrozoobenthos in Bächen mit und ohne Einfluss eines aktiven Blockgletschers analysiert (Lösch et al. 2015, Nickus et al. 2015b), wobei hier grundsätzlich festgehalten werden kann, dass die Biodiversität und Abundanz in blockgletscherbeeinflussten deutlich niedriger ist als in Referenzgewässern.

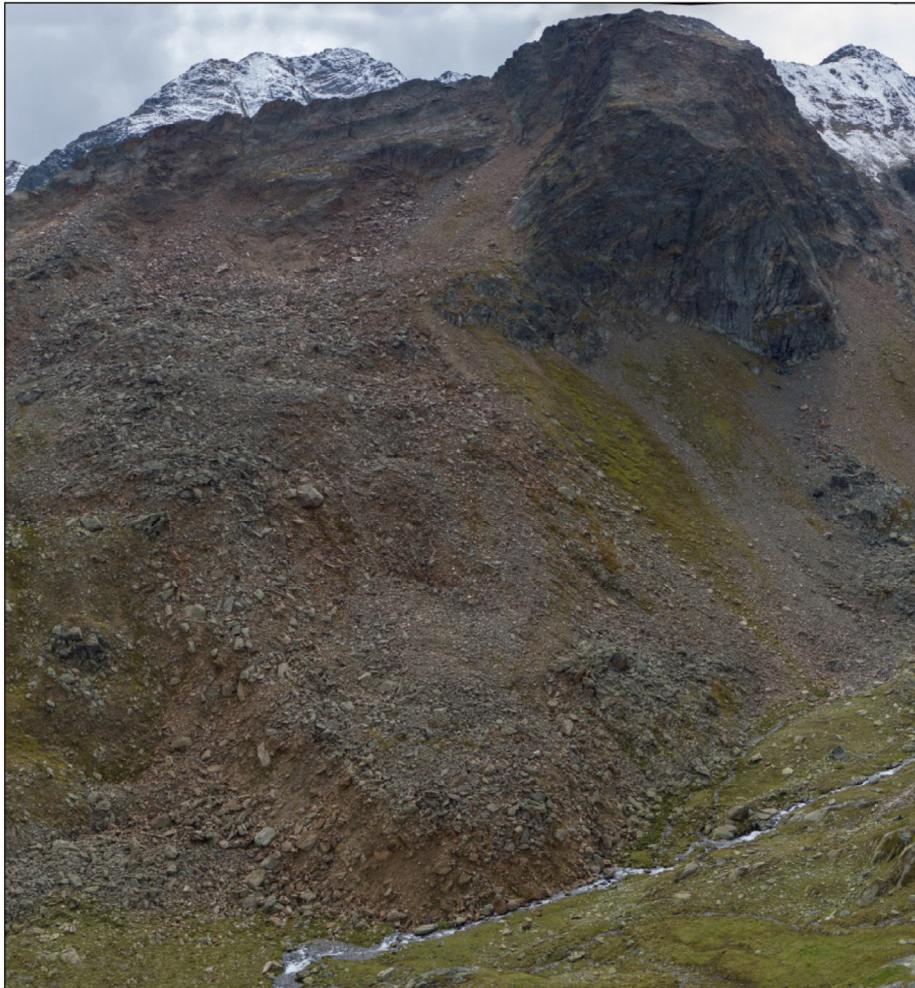
Im Rahmen der ggst. Studie wurden im Spätwinter 2018 an mehreren Stellen Phytobenthos und Makrozoobenthosproben entnommen. Die aktuellen Auswertungen liefern eine detaillierte Übersicht im Kleinzugsgebiet des Krummgampen-Blockgletschers und bestätigen bzw. erweitern die bisherigen Erkenntnisse.

Um das Temperaturregime der Abflüsse des Blockgletschers als auch jenes im Vorfluter (Krummgampenbach) zu erfassen, wurden Temperaturlogger (HOBO Datenlogger TidbiT v2, Onset Comp) mit einem Messintervall von 60 Minuten expositioniert. Zudem erfolgen Punktmessungen physiko-chemischer Parameter (inkl. ausgewählter Schwermetalle) zu verschiedenen Terminen (Schneeschnmelze, Sommer, Herbst).

### 4. Vermessung mittels UAV-Photogrammetrie

Für die Klimaforschung ist der Zusammenhang zwischen dem Fließverhalten des Blockgletschers und der Klimaveränderung von zentraler Bedeutung. Dabei reagieren Blockgletscher sehr rasch auf Klimaveränderungen und sind wichtige Indikatoren für die jetzige und vergangene Geoökologie im hochalpinen Bereich (Barsch, 1996). Aufgrund der Klimaerwärmung und der damit einhergehenden Abschmelzung der Permafrostgebiete können Hanginstabilitäten durch Verringerung der Gesteinsfestigkeit bzw. Änderungen der hydraulischen Eigenschaften entstehen. Eine mögliche Folge ist unter anderem eine ansteigende Murentätigkeit sowie vermehrte Hangrutschungen. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts werden Blockgletscher untersucht und mit einfachen Messverfahren und Methoden aufgenommen. In den letzten Jahren hat sich die UAV-Photogrammetrie als flächenhaftes Aufnahmeverfahren stark weiterentwickelt und erweist sich als kostengünstiges und effizientes 3D-Messverfahren. Um die Dynamik und den Einfluss auf Fließgewässer zu erforschen, wurden neben den beschriebenen Untersuchungen der Blockgletscherquellen und der umliegenden Fließgewässer eine Erstbefliegung mittels Unmanned Aerial Vehicle (UAV) am Blockgletscher Krummgampen durchgeführt. Diese dient bei multitemporaler Befliegung und photogrammetrischer Erfassung des Gebiets der Analyse von Bewegungen und Volumenänderungen. Die UAV-Photogrammetrie beschreibt ein photogrammetrisches Aufnahmesystem mithilfe unbemannter Luftfahrzeuge und die photogrammetrische Auswertung von Bildern durch Verfahren der automatisierten Mehrbildauswertung. Das berührungslose Messverfahren ermöglicht eine 3D Rekonstruktion der aufgenommenen Szene. Die Auslegung und Einmessung von Pass- und Kontrollpunkte ermöglicht

einerseits die Georeferenzierung des 3D-Modells, andererseits einen Punkt-zu-Punkt Vergleich zur eindeutigen und reproduzierbaren Evaluierung der erzielten Genauigkeit. Bei der photogrammetrischen Auswertung kommt es zu einer Verbindung von Methoden und Algorithmen aus verschiedenen Bereichen, wie beispielsweise der Photogrammetrie, der Computer Vision und der Robotik. Die Algorithmen der automatisierten Mehrbildauswertung berechnen aus einer Vielzahl an Bildern die äußere Orientierung der Kamera und eine punktbasierte Objektrekonstruktion. Punktwolken bilden dabei die Grundlage für die Weiterverarbeitung zu rasterbasierten Oberflächen- bzw. Geländemodellen, Höhengichtlinien oder Orthofotos. Als Ergebnis der Erstbefliegung liegen eine Punktwolke, ein rasterbasiertes Oberflächenmodell sowie ein Orthofotomosaik mit einer Bodenauflösung von 3cm vor.



*Abb. 5: Blockgletscher Krummgampental (Drohnenbefliegung September 2018).*

## **5. Ausblick**

Um die dynamischen Vorgänge der sehr komplex aufgebauten Blockgletscher näher zu erforschen, sind Informationen über die interne Struktur erforderlich. Zukünftig wird eine umfangreichere Messkampagne mit der Verwendung unterschiedlicher Sensoren und Messmethoden angestrebt. Die Kombination von geophysikalischen, geodätischen und geologischen Informationen würde dabei den Informationsgehalt zur Abschätzung der dynamischen Prozesse erheblich erhöhen. Regelmäßige Aufnahmen und photogrammetrische Auswertungen können Aufschlüsse über Wanderbewegungen liefern. Ebenso sollen mit einer Infrarot-Kamera Aktivitätsmuster und mit einer Multi-Spektral-Kamera Vegetationsmuster erfasst

und mit den Bewegungen des Blockgletschers verschnitten werden. Der Einsatz eines Georadars in Kombination mit der Refraktionsseismik würde der Bestimmung der internen Struktur dienen.

## 6. Literatur

- Barsch, D. (1996): Rockglaciers. Indicators for the present and former geocology in high mountain environments. Springer, Berlin, 331 p.
- Berthling, I. (2011): Beyond confusion: rock glaciers as cryo-conditioned landforms. *Geomorphology* 131/3–4:98-106. doi:10.1016/j.geomorph.2011.05.002.
- Haerberli, W. (2013): Mountain permafrost – research frontiers and a special long-term challenge. *Cold Regions Science and Technology* 96:71-76. doi:10.1016/j.coldregions.2013.02.004.
- Ilyashuk, B. P., Ilyashuk, E. A., Psenner, R., Tessadri, R. & Koinig, K. A. (2014): Rock glacier outflows may adversely affect lakes: lessons from the past and present of two neighboring water bodies in a crystalline-rock watershed. – *Environ. Sci. Technol.*, 48: 6192-6200.
- Lösch, B., Tolotti, M. & Alber, R. (2015): Permafrost und Gewässerökologie - Quellen und Bäche mit Blockgletschereinfluss. In: *Geo.Alp Vol.12 (2015)*, Universität Innsbruck, S. 163-182.
- Nickus, U., Thies, H.J. & Krainer, K. (2015a): Hydrologie und Wasserchemie von Blockgletscherbächen. In: *Geo.Alp Vol.12 (2015)*, Universität Innsbruck, S.151-162.
- Nickus, U., Krainer, K., Thies, H. & Tolotti, M. (2015b): Blockgletscherabflüsse im Äußeren Hochebenkar – Hydrologie, Wasserchemie und Kieselalgen. In: Nikolaus Schallhart, Brigitta Erschbamer (Hg.): *Forschung am Blockgletscher, Methoden und Ergebnisse. Alpine Forschungsstelle Obergurgl - Band 4*, S. 117-134.
- Pauritsch, M. (2016): Hydrogeology of relict rock glaciers (Niedere Tauern Range, Austria). Unveröffentlichte Dissertation, Karl-Franzens-Universität Graz.
- Ribis, M. (2017): Geologisch-hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen in Permafrostbereichen der Ötztaler Alpen (Tirol, Österreich). Unveröffentlichte Dissertation, Universität Innsbruck.
- Thaler, B., Tait, D. & Tolotti, M. (2015): Permafrost und seine Auswirkungen auf die Ökologie von Hochgebirgsseen. In: *Geo.Alp Vol. 12 (2015)*, Universität Innsbruck, S.183-234.
- Thies, H., Nickus, U., Tolotti, M., Tessadri, R. & Krainer, K. (2013): Evidence of rock glacier melt impacts on water chemistry and diatoms in high mountain streams. – *Cold Reg. Sci. Technol.*, 96:77–85.
- 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). In: *Austrian Journal of Earth Sciences* 109/1:84-98. doi:10.17738/ajes.2016.0006.