

Inventarisierung von blockgletscherverdächtigen Formen und deren hydrologischen Einzugsgebieten in den steirischen Niederen Tauern mit Hilfe von hochaufgelösten Geländemodellen

Inventorying rock glacier-suspected landforms and their hydrological catchments in the Styrian part of the Niedere Tauern Range using high-resolution digital elevation models

Andreas KELLERER-PIRKLBAUER, Thomas WAGNER & Gerfried WINKLER

4 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung: Blockgletscher sind weitverbreitete Landschaftselemente im Hochgebirge, die als wichtige Grundwasserspeicher vor allem in kristallinen Gebieten angesehen werden können. In diesem Beitrag wird die Inventarisierung von 561 blockgletscherverdächtigen Formen und ihren hydrologischen Einzugsgebieten in einem 2440 km² großen Gebiet in der Steiermark beschrieben. Das Arbeitsgebiet umfasst die vier Teilgebiete Schladminger Tauern, Wölzer Tauern, Rottenmanner Tauern und Seckauer Tauern. Als wichtigste Kartierungsgrundlage dienten hochaufgelöste Geländemodelle (1 m Rasterauflösung) abgeleitet aus Airborne Laserscanning (ALS) Daten. Ergebnisse zeigen, dass Blockgletscher 31 km² des Untersuchungsgebietes bedecken. Rund 150 km² umfassen die dazugehörigen hydrologischen Einzugsgebiete. 27 % der Fläche über 2000 m ü.A. in den steirischen Niederen Tauern werden von Blockgletschern und ihren hydrologischen Einzugsgebieten beeinflusst. Im Teilarbeitsgebiet Seckauer Tauern liegt dieser Wert sogar bei 51 % was auf die große Bedeutung von tiefer liegenden Blockgletschern in dieser östlichsten Untergruppe der Niederen Tauern hinweist.

Abstract: Rock glaciers are widespread landforms in high mountain areas acting as important aquifers particularly in crystalline mountain regions. This contribution discusses the inventorying of 561 rock glacier-suspected landforms (i. e. rock glaciers and protalus ramparts) and their hydrological catchments in a 2440 km² large study area in Styria.

The study area consists of the Styrian part of the Niedere Tauern Range with its four subunits Schladminger Tauern Range, Wölzer Tauern Range, Rottenmanner Tauern Range and Seckauer Tauern Range. The most important basis for the inventorying process was a digital terrain model with a resolution of 1 m based on airborne laser scanning (ALS) data. Results show that some 31 km² of the study area are covered by rock glacier-suspected landforms. 150 km² of the study area belong to hydrological catchments of rock glacier-suspected landforms. 27 % of all areas above 2000 m a.s.l. in the Styrian part of the Niedere Tauern Range are hydrologically influenced by rock glacier-suspected landforms and their catchments. In the subunit Seckauer Tauern Rang this value increases to 51 % highlighting the importance of low-elevated rock glaciers in the eastern-most subunit of the Niedere Tauern Range.

Schlüsselworte: Niedere Tauern; Steiermark; Blockgletscher; Hydrologische Einzugsgebiete; Hydrogeologie.

Key Words: Niedere Tauern Range; Styria; Rock glacier; Hydrological catchment; Hydrogeology.

1. Einleitung

Blockgletscher bilden auffallende periglaziale Landschaftsformen in den höheren Zonen vieler Hochgebirge der Erde. Aktive Blockgletscher sind an Permafrost (d.h. Dauerfrostboden mit einer saisonalen geringmächtigen Auftauchschicht) gebunden und kriechen gravitativ langsam talwärts, wobei die jährlichen Bewegungsraten im Dezimeter- bis Meterbereich liegen. Bedingt durch klimatische Veränderungen können Blockgletscher ihre Bewegungsgeschwindigkeit erhöhen oder labil werden und somit in weiterer Folge zur Naturgefahr werden (SCHOENEICH et al. 2014). Die Verbreitung dieser Formen wurde vielerorts im Rahmen von Inventarisierungen erfasst, wie beispielsweise für die italienischen Alpen durch GUGLIELMIN & SMIRAGLIA (1998) oder für die spanischen Pyrenäen durch CHUECA (1992). Eine Erwärmung des Klimas kann ein Ansteigen der Permafrostuntergrenze bewirken, wodurch aktive Blockgletscher zuerst klimatisch inaktiv (weit verbreiteter Permafrost, jedoch keine Bewegung), in weiterer Folge pseudoreliktsch (sporadisch bis inselhafter Permafrost; keine Bewegung, z.T. auch Baumbewuchs) und schließlich reliktsch (kein Permafrost, keine Bewegung, weitreichend mit Vegetation bedeckt) werden können. Reliktische Formen sind nicht immer einfach als solche im Gelände zu erkennen, da sie von dichter Vegetation bedeckt sein können (BARSCH 1996; KELLERER-PIRKLBAUER 2008).

Das erste Blockgletscherinventar für weite Teile Österreichs wurde durch LIEB (1996) veröffentlicht. In diesem ersten Inventar wurde jedoch nicht die Abgrenzung der Blockgletscher durch Polygone erfasst, sondern nur die zentrale Koordinate als Punkt.

Vor wenigen Jahren erfolgte die Veröffentlichung von zwei Polygon-basierten Blockgletscherinventaren; eines für Zentral- und Ostösterreich (KELLERER-PIRKLBAUER et al. 2012) und eines für Tirol (KRAINER & Ribis 2012). Auf Basis des Inventars von LIEB et al. (2010) wurde für ein 2440 km² großes Gebiet der Steiermark (steirischer Anteil der Niederen Tauern) ein Blockgletschereinzugsgebietsinventar erstellt (KELLERER-PIRKLBAUER et al. 2013), welches – wie die Blockgletscher selbst – händisch ausgewiesen wurde. Ermöglicht durch die Verfügbarkeit von neueren, hochaufgelösten Geländemodellen (1 × 1 m Raster; Basis Airborne Laser Scanning/ALS Daten zur Verfügung gestellt vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung; vgl. WINKLER et al. 2016) wurde ein neues Blockgletscherinventar (KELLERER-PIRKLBAUER et al. 2014), sowie darauf aufbauend ein Blockgletschereinzugsgebietsinventar (WAGNER et al. 2014) für den steirischen Anteil der Niederen Tauern generiert. Ergebnisse daraus werden in diesem Beitrag dargestellt.

2. Arbeitsgebiet

Das Arbeitsgebiet mit einer Flächenausdehnung von 2440 km² umfasst den steirischen Anteil der Niederen Tauern mit den zentralen und östlichen Schladminger Tauern (ScT) sowie den Wölzer (WoT), Rottenmanner (RoT) und Seckauer Tauern (SeT) (Abb. 1). Rund die Hälfte der Gesamtfläche liegt über 1500 m ü.A. und 11 % über 2000 m ü.A. Der höchste Gipfel ist der Hochgolling mit 2862 m ü.A. Geologisch gesehen ist das Untersuchungsgebiet vorwiegend aus den zwei kristallinen Grundgebirgseinheiten des Oberostalpins (Silvretta-Seckau und Koralpe-Wölz Deckensysteme) und den darüber liegenden mesozoischen Deckschichten aufgebaut, welche primär aus unterschiedlichen Typen von Gneisen und Glimmerschiefern bestehen. Im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebiets bilden die Gesteine der Grauwackenzone die hangendste Gesteinseinheit (z. B. GASSER et al. 2009).

3. Datengrundlage und Methodik

Das bestehende Polygon-basierte Blockgletscherinventar von Ost- und Zentralösterreich von LIEB et al. (2010) diente als Grundlage für die Erstellung des neuen Blockgletscherinventars. Bildeten die damaligen Datengrundlagen bei LIEB et al. (2010) noch ein 10 × 10 m Geländemodell, so konnte das neue Blockgletscherinventar auf hochaufgelöste ALS-Daten (1 m Raster) zurückgreifen. Basierend auf den deutlichen räumlichen Auflösungsunterschied (10 m vs. 1 m) sowie der technischen Möglichkeit der ALS-Datenaufnahme die Vegetationsschicht zu durchdringen und somit die für die Blockgletscherabgrenzung „störende“ Vegetation (Bäume, Sträucher) auszublenden, konnte eine

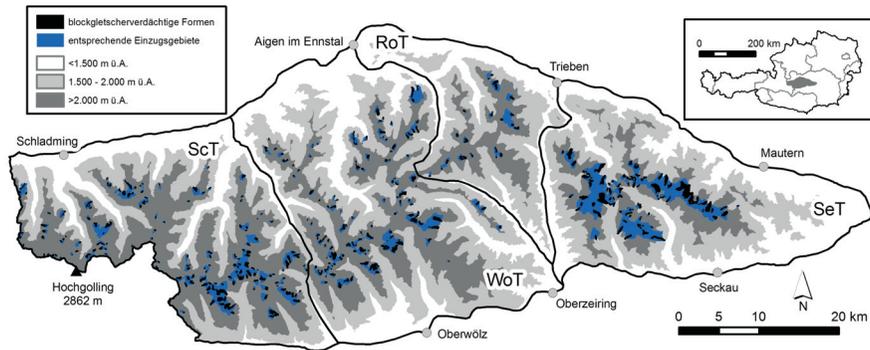


Abb. 1: Das 2440 km² große Arbeitsgebiet der steirischen Niederen Tauern mit den vier Untergruppen ScT (Schladminger Tauern), WoT (Wölzer Tauern), RoT (Rottenmanner Tauern) und SeT (Seckauer Tauern). Ausgewählte Ortschaften und der höchste Gipfel im Arbeitsgebiet (Hochgolling) sind zur Orientierung eingezeichnet. Die flächenhafte Verbreitung der kartierten blockgletscherverdächtigen Formen (n = 561; KELLERER-PIRKLBAUER et al. 2014) und deren hydrologische Einzugsgebiete (WAGNER et al. 2014) ist in der Karte verortet.

Fig. 1: The 2440 km² large study area in the Styrian part of the Niedere Tauern Range with its four sub-units ScT (Schladminger Tauern Range), WoT (Wölzer Tauern Range), RoT (Rottenmanner Tauern Range) and SeT (Seckauer Tauern Range). Selected settlements and the highest mountain peak in the study area (Hochgolling) are indicated for orientation. The spatial distributions of rock glaciers (n = 561; KELLERER-PIRKLBAUER et al. 2014) and respective catchments (WAGNER et al. 2014) are depicted.

wesentliche Verbesserung des Blockgletscherinventars und in weiterer Folge des Einzugsgebietsinventars erzielt werden (Abb. 2). Neben klar erkennbaren Blockgletschern wurden auch Initialformen (embryonale Blockgletscher bzw. *protalus ramparts*; BAL-LANTYNE & KIRKBRIDGE 1986) im Inventar miterfasst. Die Abgrenzung der Blockgletscher erfolgte manuell in ArcGIS (Version 10.0) auf Basis von Schummerungsdarstellungen (mit unterschiedlichen Azimut der Beleuchtung), abgeleitet aus dem 1 m Geländemodell, wobei morphologische Gegebenheiten (z. B. Stirn, Wülste) für die Abgrenzung herangezogen wurden. Die Blockgletschereinzugsgebiete wurden auf Basis des 1 m Geländemodells sowie der Ausdehnung der kartierten Blockgletscher in ArcGIS ermittelt, indem für jedes Pixel die Fließrichtung bestimmt wurde und ausgehend von den Blockgletscherflächen selbst jeder zufließende Punkt dem Einzugsgebiet zugerechnet wurde.

In einem nächsten Schritt wurden zahlreiche Attribute (wie Länge, Breite, etc.) für jeden Blockgletscher (26 Attribute) bzw. jedes Blockgletschereinzugsgebiet (18 Attribute) ermittelt. Diese Attribute beziehen sich im Wesentlichen auf Codierung, Name, Bezug zu früherem Inventar (LIEB et al. 2010), Raumlage, Geometrie, Aktivitätsgrad, Komplexität der Blockgletscherform, Angaben zu Quellen oder Länge der hydrologischen Fließstrecken. Diese Attribute wurden für weitere Auswertungen herangezogen; nur ein Auszug aus diesen Auswertungen wird in diesem Beitrag präsentiert.

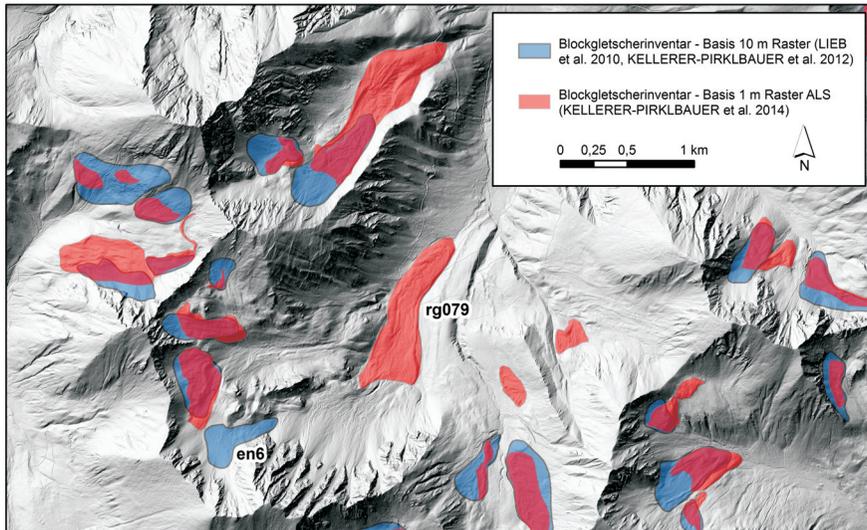


Abb. 2: Unterschiede in der Ausweisung von Blockgletschern auf Basis divergierender Datengrundlagen (photogrammetrisch erstellte Geländemodelle mit 10 m Auflösung versus Laserscanning-basierte Geländemodelle mit 1 m Auflösung). Tief liegende Formen in bewaldeten Arealen (z. B. rg079) konnten nunmehr durch die vorhandenen ALS-Daten mit 1 m Rasterauflösung erfasst werden. Früher erfasste Blockgletscher (z. B. en6) wurden nicht immer als solche bestätigt.

Fig. 2: Differences in the delineation of rock glaciers based on divergent digital elevation models/DEMs (photogrammetrically-derived with 10 m resolution versus laserscanning-derived with 1 m resolution). Low elevated rock glaciers in forested areas (e. g. rg079) were now detected and included in the inventory based on the used ALS data which penetrate through the forest layer to the ground surface. In contrast, suspected rock glaciers which were mapped in the earlier inventory (e. g. en6) were not always confirmed as such in the new inventorying process.

4. Blockgletscherinventar

Das neue Blockgletscherinventar umfasst 561 blockgletscherverdächtige Formen, von denen 89 als embryonale Blockgletscher und 472 als eigentliche Blockgletscher klassifiziert wurden (Abb. 1). In Summe bedecken sie 31,3 km² bzw. 1,3 % der Gesamtfläche (Tab. 1). Die meisten Blockgletscher finden sich in den ScT, die meisten embryonalen Blockgletscher in den WoT (Abb. 3a). Im Vergleich dazu erfassten LIEB et al. (2010) nur 376 Blockgletscher im gegenständlichen Untersuchungsgebiet. Von den 561 kartierten Blockgletscher sind 7 als intakt (aktuell noch mit Permafrost) und 554 als reliktsch klassifiziert worden. Alle intakten Blockgletscher befinden sich in der Untergruppe ScT. Die meisten blockgletscherverdächtigen Formen finden sich im Teilgebiet ScT (220), die wenigsten in den RoT (27) und die im Durchschnitt größten und längsten vorwiegend in den SeT. Unter den 10 längsten sind 8 in den SeT zu finden und 2 in den WoT. 85 % aller Formen sind monomorph, d.h. sie sind relativ einfach aufge-

baut mit einer klar abgrenzbaren Blockgletschergeneration. 78 % weisen eine Zungenform auf (Länge > Breite) und 80 % haben sich primär aus Hangschuttablagerungen gebildet. Den höchsten Anteil von Blockgletscherflächen an der Gesamtfläche bzw. der Flächen über 1500 m ü.A. findet man im Teiluntersuchungsgebiet SeT (Abb. 3b, Tab. 1).

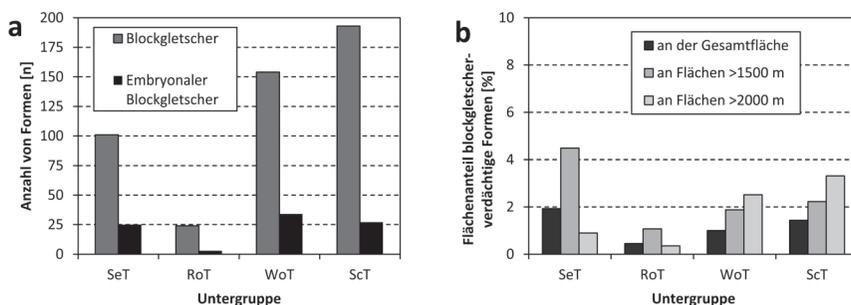


Abb. 3: Ergebnisse aus dem Blockgletscherinventar: (a) Anzahl von Blockgletschern und embryonalen Blockgletschern in den Teilgebieten; (b) Flächenanteile von blockgletscherverdächtigen Formen an der Gesamtfläche sowie Flächen über 1500 m bzw. 2000 m ü.A. in den Teilgebieten. Fig. 3: Results of the rock glacier inventory: (a) numbers of rock glaciers and protalus ramparts in the four different subunits; (b) percentage of rock glacier covered areas based on the total area, the area above 1500 m a.s.l., and, respectively, the area above 2000 m a.s.l. of the individual subunit.

Gebirgsgruppe	Anzahl	Gesamtfläche		Fläche >1500 m ü.A.		Fläche >2000 m ü.A.	
	[n]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]
blockgletscherverdächtige Form							
SeT/Seckauer Tauern	126	12,1	1,9	11,7	4,5	0,4	0,9
RoT/Rottenmanner Tauern	27	1,5	0,5	1,5	1,1	0,1	0,4
WoT/Wölzer Tauern	188	8,2	1,0	8,0	1,9	1,6	2,5
ScT/Schladminger Tauern	220	9,5	1,4	9,5	2,2	5,2	3,3
<i>Steirische Niedere Tauern</i>	<i>561</i>	<i>31,3</i>	<i>1,3</i>	<i>30,7</i>	<i>2,5</i>	<i>7,1</i>	<i>2,6</i>
hydrologische Einzugsgebiete der blockgletscherverdächtigen Formen							
Seckauer Tauern	126	57,7	9,2	57,0	21,8	20,6	51,2
Rottenmanner Tauern	27	7,7	2,4	7,7	5,6	3,5	21,2
Wölzer Tauern	188	36,9	4,5	36,2	8,5	14,5	23,4
Schladminger Tauern	220	46,6	7,0	46,6	10,9	35,4	22,7
<i>Steirische Niedere Tauern</i>	<i>561</i>	<i>149,0</i>	<i>6,1</i>	<i>147,6</i>	<i>11,8</i>	<i>74,0</i>	<i>27,0</i>

Tab. 1: Anzahl und Flächen der blockgletscherverdächtigen Formen und ihren Einzugsgebieten in den steirischen Niederen Tauern aufgeschlüsselt auf die einzelnen Teiluntersuchungsgebiete und Höhenbereiche.

Tab. 1: Number and extent of rock glacier-suspected landforms and their catchments in the four subunits and the entire study area. For each of the four subunits and the entire study area the three distinctions total area, the area above 1500 m a.s.l., and the area above 2000 m a.s.l. were made.

5. Inventar von Blockgletschereinzugsgebieten

Die hydrologischen Einzugsgebiete wurden automatisiert in ArcGIS ermittelt und umfassen die Einzugsgebietsfläche des tiefsten Punktes der Stirn (tw. mit Quelle) einer blockgletscherverdächtigen Form. Die hydrologischen Einzugsgebiete schließen somit auch die blockgletscherverdächtigen Formen mit ein. Ihre Gesamtfläche in den steirischen Niederen Tauern beträgt mit 149 km² 6,1 % der Gesamtfläche (Tab. 1). Dieser Flächenanteil ist deutlich höher als jener basierend auf dem älteren Blockgletscherinventar, worin 295 Blockgletschereinzugsgebiete eine Fläche von 108 km² umfassten (KELLERER-PIRKLBAUER et al. 2013). Die um 41 km² deutliche größere Gesamtfläche lässt sich vor allem durch die Erfassung von tiefliegenden Blockgletschern (z. B. Abb. 2, Bildmitte) erklären, die früher – bedingt durch Waldbewuchs – bei der manuellen Kartierung nicht erfasst werden konnten. Hydrologische Einzugsgebiete von blockgletscherverdächtige Formen sind vor allem im Teiluntersuchungsgebiet SeT von großer Bedeutung.

Werden im neuen Einzugsgebietsinventar nur die Bereiche über einer Seehöhe von 1500 m ü.A. betrachtet, steigt der Anteil von 6,1 % auf fast 12 %; bei Gebieten von über 2000 m ü.A. sind es sogar 27 %. Im Vergleich dazu waren es im früheren Blockgletschereinzugsgebietsinventar nur 23 % der Gebiete über 2000 m, die als Blockgletschereinzugsgebiete ausgewiesen wurden. Betrachtet man nur das Teilgebiet SeT, so sind im neuen Inventar 51,2 % der Flächen über 2000 m ü.A. von Blockgletschern und ihren Einzugsgebieten beeinflusst (Abb. 4a, Tab. 1). Das Blockgletschereinzugsgebiet ist flächenmäßig durchschnittlich 5-mal größer als die blockgletscherverdächtige Form selbst. In Abbildung 4b ist das Flächenverhältnis der Blockgletscher zu deren Einzugsgebieten dargestellt. In extremen Fällen kann das Blockgletschereinzugsgebiet rund 60-mal größer sein, was dadurch zu erklären ist, dass kleine embryonale Blockgletscher relativ große Einzugsgebiete aufweisen können.

6. Fazit

Die Bedeutung von räumlich hochaufgelösten, vegetationsdurchdringenden Höhenmodellen zur Bestimmung und Ausweisung von Landschaftsformen, wie beispielsweise Blockgletscher, als wesentliche Landschaftselemente im steirischen Anteil der Niederen Tauern wird hier verdeutlicht. Mit Hilfe der ALS-Daten konnten sowohl tiefer liegende Blockgletscherformen, die aufgrund des hohen Vegetationsbewuchses (Wald) bisher nicht identifizierbar waren, sowie Blockgletscherinitialformen (*protalus rampart*) erfasst werden. Des Weiteren wurden zum Teil aber auch Landschaftsformen als Blockgletscherform nicht bestätigt, die im früheren Inventar als Blockgletscher ausgewiesen waren. In Summe überwog der Zugewinn von neuen blockgletscherverdächtigen Formen. Die nunmehr 561 kartierten Formen mit ihren hydrologischen Einzugsgebieten

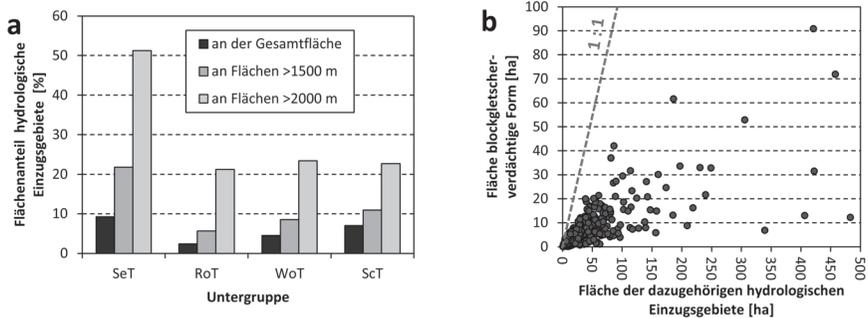


Abb. 4: Ergebnisse aus dem Blockgletschereinzugsgebietsinventar: (a) Flächenanteile von hydrologischen Blockgletschereinzugsgebieten an der Gesamtfläche sowie an Flächen über 1500 m bzw. 2000 m ü.A. in den Teilgebieten; (b) Flächenverhältnis der blockgletscherverdächtigen Form zu dessen Einzugsgebiet. Die strichlierte Linie markiert jenen Bereich, wo die Blockgletscherfläche gleich der Einzugsgebietsfläche ist.

Fig. 4: Results of the rock glacier catchment inventory: (a) percentage of hydrological catchments based on the total area, the area above 1500 m a.s.l., and the area above 2000 m a.s.l. of the individual subunit, respectively; (b) ratio between area of rock glacier-suspected landform and area of respective catchment. The dashed line marks the division where the area of the rock glacier-suspected landform equals the area of the respective catchment.

umfassen rund 6 % der Gesamtfläche der steirischen Niederen Tauern. Deutlich höher liegt dieser Wert mit 12 % für die Höhenzone über 1500 m ü.A. In einem Teilgebiet (SeT) sowie in diesem Gebiet in Höhen von über 2000 m ü.A. wurde sogar ein Wert von über 50 % ermittelt. Diese hier ausgewiesenen Prozentsätze deuten auf die hydrologische Relevanz der Blockgletscher und deren Einzugsgebieten in den betrachteten Gebieten hin.

Dank

Die Erstellung der beiden hier dargestellten Inventare wurde im Rahmen des Projektes „Grundwasserspeicherung und Entwässerungsdynamik reliktscher Blockgletscher“ durchgeführt, welches durch das Amt der Steirischen Landesregierung sowie dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) finanziert wurde. Ingomar FRITZ ist für die Begutachtung des Beitrages herzlich gedankt.

Literatur

- BALLANTYNE, C.K. & KIRKBRIDGE, M.P. (1986): The Characteristics and significance of some lateglacial proglacial ramparts in upland Britain. – *Earth Surfaces Processes and Landforms*, 11: 659-671.
- BARSCHE, 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, Berlin.
- CHUECA, J. (1992): A statistical analysis of the spatial distribution of rock glaciers, Spanish Central Pyrenees. – *Permafrost and Periglacial Processes*, 3: 261-265.
- GASSER, D., GUSTERHUBER, J., KRISCHE, O., PUHR, B., SCHEUCHER, L., WAGNER T., & STÜWE K. (2009): Geology of Styria: An Overview. – *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark*, 139: 5-36.
- GUGLIELMIN, M. & SMIRAGLIA, C. (1998): The rock glacier inventory of the Italian Alps. – In: LEWKOWICZ, A.G. & ALLARD M. (Hrsg.): *Proceedings of the 7th International Permafrost Conference, Collection Nordicana*, 55: 375-382,, Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec.
- KELLERER-PIRKLBAUER, A. (2008): Aspects of glacial, paraglacial and periglacial processes and landforms of the Tauern Range, Austria. – Unpublizierte Doktorarbeit, 200 S., Karl-Franzens-Universität Graz, Graz.
- KELLERER-PIRKLBAUER, A., LIEB, G.K. & KLEINFERCHNER, H. (2012): A new rock glacier inventory in the eastern European Alps. – *Austrian Journal of Earth Sciences*, 105(2): 78-93.
- KELLERER-PIRKLBAUER, A., PAURITSCH, M. & WINKLER, S. (2013): Relict rock glaciers as important aquifers in sensitive ecosystems: The example of the Natura 2000 protection area Niedere Tauern Range, Styria. – In: BAUCH, K. (Hrsg.): *5th Symposium for Research in Protected Areas*. – 373-378, Conference Volume, Salzburger Nationalparkfonds, Mittersill.
- KELLERER-PIRKLBAUER, A., WAGNER, T. & WINKLER, G. (2014): Blockgletscherinventar der Steirischen Niederen Tauern. – Unpublizierter digitaler Datensatz, Institut für Erdwissenschaften und Institut für Geographie und Raumforschung, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz.
- KRAINER, K. & RIBIS, M. (2012): A Rock Glacier Inventory of the Tyrolean Alps (Austria). – *Austrian Journal of Earth Sciences*, 105(2): 32-47.
- LIEB, G.K. (1996): Permafrost und Blockgletscher in den östlichen österreichischen Alpen. – *Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz*, 33: 9-125.
- LIEB, G.K., KELLERER-PIRKLBAUER, A. & KLEINFERCHNER, H. (2010): Rock glacier inventory of Central and Eastern Austria elaborated within the PermaNET project. – Unpublizierter digitaler Datensatz, Institut für Geographie und Raumforschung, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz.
- SCHOENEICH, P., BODIN, X., ECHELARD, T., KAUFMANN, V., KELLERER-PIRKLBAUER, A., KRYSIECKI, J.M. & LIEB, G.K. (2014): Velocity changes of rock glaciers and induced hazards. – In: LOLLINO, G., MANCONI, A., CLAGUE, J., SHAN, W. & CHIARLA, M. (eds.): *Engineering Geology for Society and Territory. Volume 1*. – 223-227, Springer International Publishing, Switzerland.
- WAGNER, T., KELLERER-PIRKLBAUER, A. & WINKLER, G. (2014): Blockgletschereinzugsgebietsinventar der Steirischen Niederen Tauern. – Unpublizierter digitaler Datensatz, Institut für Erdwissenschaften und Institut für Geographie und Raumforschung, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz.

WINKLER, G., PAURITSCH, M., WAGNER, T. & KELLERER-PIRKLBAUER, A. (2016): Grundwasserspeicherung und Entwässerungsdynamik reliktscher Blockgletscher. – Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung, 86: 1-134.

Anschrift der Verfasser:

Andreas Kellerer-Pirklbauer

Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung, Arbeitsgruppe Alpine Landschaftsdynamik (ALADYN), Heinrichstraße 36, 8010 Graz

andreas.kellerer@uni-graz.at

Thomas Wagner & Gerfried Winkler

Karl-Franzens-Universität Graz, NAWI Graz Geozentrum, Institut für Erdwissenschaften, Arbeitsgruppe für Hydrogeologie, Heinrichstraße 26, 8010 Graz

thomas.wagner@uni-graz.at, gerfried.winkler@uni-graz.at