

Monitoring von schuttbedeckten Gletschern gezeigt am Beispiel des Gössnitzkeeses (Schobergruppe, Hohe Tauern) – Methoden und Klimarelevanz

Viktor Kaufmann

Institut für Geodäsie
Arbeitsgruppe für Fernerkundung und Photogrammetrie
Technische Universität Graz
Steyrergasse 30/I, 8010 Graz, Austria
e-mail: viktor.kaufmann@tugraz.at
<http://www.staff.tugraz.at/viktor.kaufmann/>



Andrea Kellerer-Pirklbauer

Institut für Geographie und Raumforschung
Forschungsgruppe Cascade
Universität Graz
Heinrichstraße 36, 8010 Graz, Austria
e-mail: andreas.kellerer@uni-graz.at
<https://geographie.uni-graz.at/>

1. EINLEITUNG

Die Klimaveränderung führt in nahezu allen alpinen Regionen der Erde zu einem verstärkten Abschmelzen der Gletscher. Mit dem Gletscherrückgang ist meist eine verstärkte Schuttbedeckung, vorzugsweise in den Ablationsbereichen der Gletscher (Zungenenden), verbunden. Für glaziologische und klimatologische Studien ist eine Zeitreihenanalyse der Vergletscherung für einzelne Gletscher bzw. auch Gebirgsregionen unerlässlich. Durch die angesprochene Zunahme der Schuttbedeckung ist es schwieriger geworden – das Gletschereis ist häufig nicht mehr direkt sichtbar, nicht nur vor Ort im Gelände, sondern auch in Fernerkundungsbildern – den aktuellen Gletscherrand klar bzw. überhaupt abzugrenzen: In vielen Fällen ist das Oberflächensubstrat (Blockwerk, Schuttmaterial, teilweise sogar mit Pionierpflanzenbewuchs und initialer Bodenbildung bei entsprechendem, eher feinkörnigem Substrat) der Gletscher und deren Umgebung in Textur und spektraler Signatur zum Verwechseln ähnlich.

In diesem Poster wird am Beispiel des Gössnitzkeeses, einem kleinen, stark schuttbedeckten Kargletscher in der Schobergruppe, Hohe Tauern gezeigt, wie die vorhin angesprochene Gletscherkartierung mit Hilfe von Luftbildzeitreihen – trotz starker Schuttbedeckung – erfolgreich durchgeführt und mit geodätischen In-situ-Messungen sinnvoll ergänzt werden kann. Die Ermittlung der spezifischen Kenndaten der Gletscher ist nicht Selbstzweck, sondern dient in optimaler Weise klimatologischen Studien zur Abklärung der Auswirkung der lokalen/globalen Klimaänderung auf die Kryosphäre (Gletscher, Permafrost) im Gebirge und die Landschaftsentstehung, aktuell aber auch in Zukunft. Zu diesem Zweck werden in diesem Beitrag für das Gössnitzkees ermittelte geometrische Kenngrößen mit Temperaturzeitreihen korreliert und somit in glaziologisch-klimatologischen Wert gesetzt.

2. ARBEITSGEBIET

Das Gössnitzkees – Kees ist ein in Salzburg, Tirol, Südtirol und Kärnten verwendeter Begriff für Gletscher und leitet sich aus dem mittelhochdeutschen Wort für Eis und Frost ab – befindet sich im Talschluss des Gössnitztales im Kärntner Teil der Schobergruppe, Hohe Tauern (Abb. 1). Die Schobergruppe (Fläche ca. 386,5 km², 36 Gipfel über 3000 m) ist eine wenig erschlossene Gebirgsgruppe, die bundesländerübergreifend in Kärnten und Tirol (Osttirol) liegt und aufgrund ihrer landschaftlichen Unversehrtheit und Schönheit auch Teil des Nationalparks Hohe Tauern ist. Diese Gebirgsgruppe ist aufgrund ihrer geographischen Lage klimatologisch kontinental, mit relativ geringen Niederschlägen, geprägt, was sich auch in einer relativ geringen Vergletscherung (Gletscherinventar/GI 3 aus dem Jahr 2009: 0,7 % widerspiegelt. Das Gössnitzkees (GI 3, 0,498 km²) ist ein nordexponierter, von Lawinen genährter Kargletscher. Aus glaziologischer Sicht ist ein wirkliches Nähr- bzw. Akkumulationsgebiet für diesen Gletscher unter den aktuellen Rahmenbedingungen (Topographie, Klima) nicht mehr gegeben. In seltenen Fällen überdauern kleine Altschneeflecken in den Couloirs unterhalb der Klammerköpfe die Sommermonate (Abb. 2).

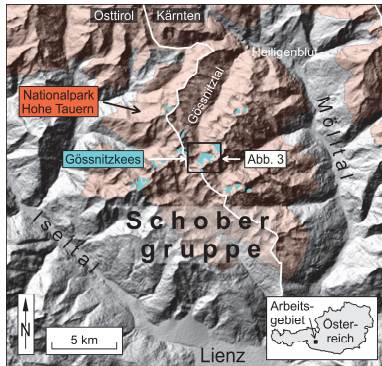


Abb.1: Lage des Arbeitsgebietes im Kärntner Teil der Schobergruppe in der Kernzone des Nationalparks Hohe Tauern.



Abb.2: Geodätische Vermessung. Blick in südöstlicher Richtung in den Talschluss des Gössnitztales mit dem unterhalb der Klammerköpfe gelegenen Gössnitzkees. Foto: V. Kaufmann, 29.8.2025.

3. METHODIK

3.1 Luftbilddauswertung

- 3.1.1 Datengrundlage
- 3.1.2 Oberflächenmodelle und Orthophotos
- 3.1.3 Gletscherflächen
- 3.1.4 Flächen- und Volumenänderung
- 3.1.5 Fließgeschwindigkeit

3.2 Geodätische Messungen

- 3.2.1 Eisdickenänderung
- 3.2.2 Fließgeschwindigkeit

3.3 Klimamonitoring

4. ERGEBNISSE

4.1 Gletscherveränderung auf Basis von Luftbildern

In der Karte der Vergletscherung 1850-2021 (Abb. 3) ist der Gletscherrückgang und der damit einhergehende, gegenwärtige Zerfall des Gössnitzkeeses in mehrere Teilbereiche gut zu erkennen. Tabelle 1 listet die geometrisch-glaziologischen Kenngrößen des Gössnitzkeeses, die aus der gegenständlichen Luftbilddauswertung 2015-2021 abgeleitet wurden.

Epoche	Fläche (km ²)	Flächenänderung (%) bzgl. 1850	Volumenänderung (Mill. m ³) zur Vorepoche	Mittlere Eisdickenänderung (cm/Jahr) zur Vorepoche
1850	1,555			
2012	0,529	-66,0	-89,046	-50
2015	0,471	-69,7	-0,768	-52
2018	0,399	-74,3	-1,414	-105
2021	0,364	-76,6	-0,465	-40

Tab. 1: Flächen, Flächen- und Volumenänderung sowie Eisdickenänderung für ausgewählte Jahre seit 1850.

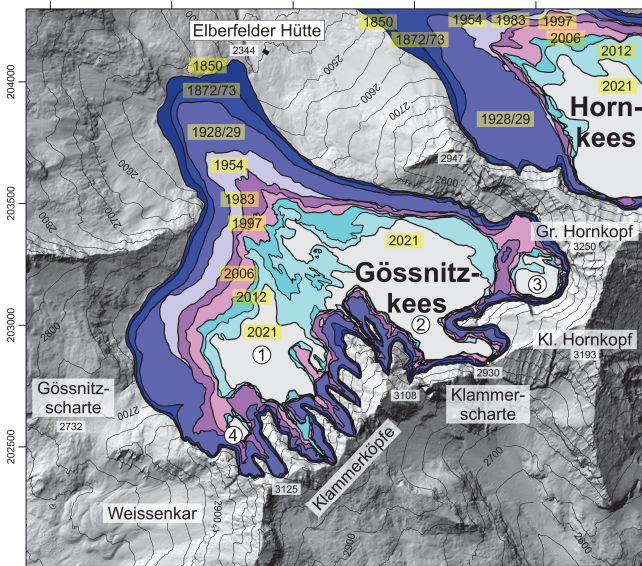


Abb. 3: Karte des Gössnitzkeeses für die verschiedenen Gletscherstände zwischen 1850 (letzter Hochstand) und 2021.

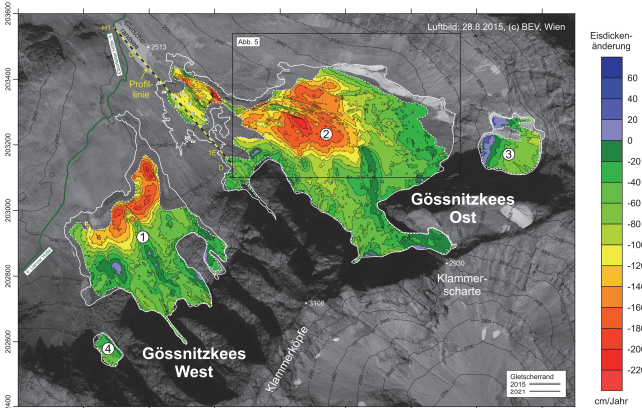


Abb. 4: Eisdickenänderung am Gössnitzkees zwischen 2015 und 2021.

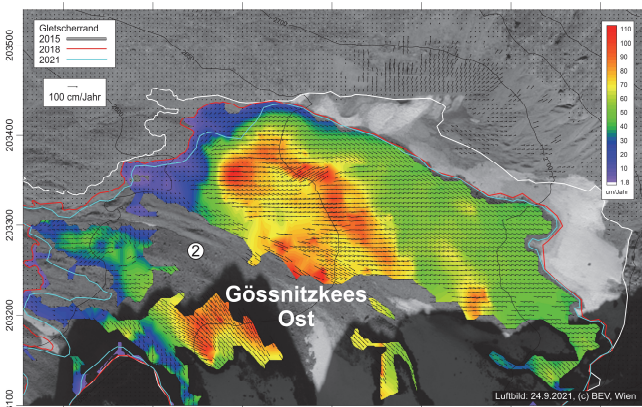


Abb. 5: Karte der Fließbewegung 2018-2021 im östlichen Teil des Gössnitzkeeses.

4.2 Gletscherveränderung auf Basis von geodätischen Messungen

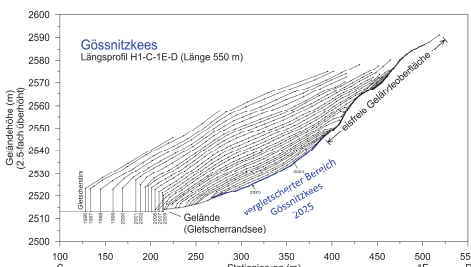


Abb. 6: Eisdickenänderung 1996-2025 in der Profilinie. Vergleiche mit Abbildung 4.

Aufgrund der kontinuierlichen Verringerung der Eismächtigkeit ergibt sich dort auch eine damit einhergehende Verringerung der Fließgeschwindigkeit (Abb. 7 & 8)

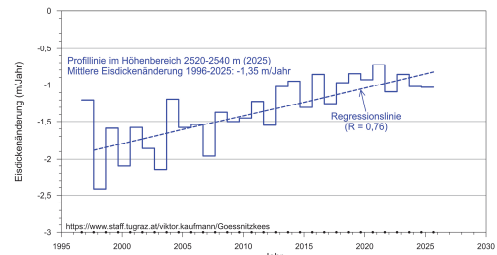


Abb. 7: Eisdickenänderung 1996-2025 in der Profilinie. Vergleiche mit Abbildung 6.

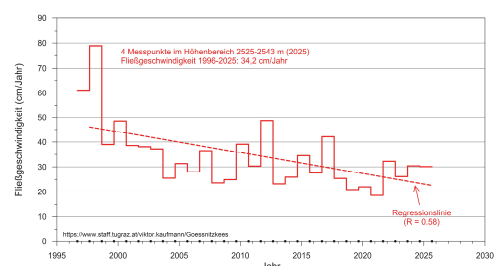


Abb. 8: Fließgeschwindigkeit 1996-2025 an 4 markierten Punkten.

4.3 Klimatische Veränderungen im Untersuchungszeitraum

Abbildung 9 zeigt die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur an den drei Standorten im Zeitraum 2007-2025 (für HLC-UP-N und HLC-AWS) bzw. 2015-2025 (GOE-PR). Deutlich ist der Erwärmungstrend in allen Datenreihen zu erkennen.

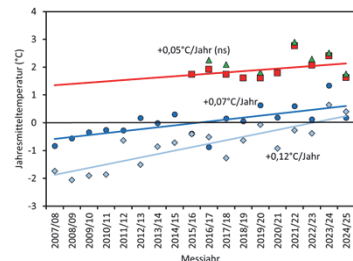


Abb. 9: Entwicklung der mittleren jährlichen Luft- und Bodentemperatur im Bereich des Gössnitzkeeses zwischen 2007 und 2025.

5. DISKUSSION

5.1 Kombination von Luftbild- mit geodätischen Daten

Die Ableitung der Gletscherränder durch Differenzbildung von zeitunterschiedlichen DOMs funktioniert nur dann gut, wenn die Eisdickenänderung signifikant von Null verschieden ist.

5.2 Kombination von geometrischen Gletscherveränderungen mit Klimadaten

Wie in den Abbildungen 7 & 8 gezeigt wurde, nahm die Gletscherdynamik markant seit den 1990er Jahren ab. Gleichzeitig nahm auch die Eismächtigkeit dramatisch ab. Kumuliert man die mittleren Höhenabnahme der vier verbliebenen Messpunkte für den Zeitraum 1996 bis 2025, so ergibt sich ein mittlerer Höhenverlust der Profilinie von -41,1 m. Der Vergleich der kumulativen Eisdickenänderung mit der Fließgeschwindigkeit (Abb. 10 links) zeigt, dass mit zunehmenden Eisverlust auch die Kinematik in Form der Fließgeschwindigkeit deutlich abnahm, was glaziologisch zu erwarten ist. Vergleich man die mittlere Jahreslufttemperatur an der nahe gelegenen meteorologischen Station im Hinteren Langtalar mit der Fließgeschwindigkeit (Abb. 10 Mitte) und der Eisdickenänderung pro Jahr (Abb. 10 rechts), so fällt auf, dass die Temperatur weder für die Fließgeschwindigkeit noch für die Eisdickenänderung der wichtigste Faktor zu sein scheint.

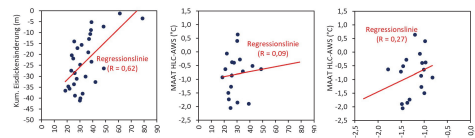


Abb.10: Gegenüberstellung verschiedener glaziologischer und meteorologischer Parameter und ihre Korrelationen.

4. FAZIT

Das Gössnitzkees zeigt exemplarisch, wie stark sich schuttbedeckte Gletscher unter anhaltender klimatischer Erwärmung verändern: Flächenverlust, Zerfall in Teilkörper und deutliche Abnahme der Eismächtigkeit seit den 1990er Jahren, begleitet von stark sinkenden Fließgeschwindigkeiten. Die Kombination von Orthophotos und Oberflächenmodellen mit jährlichen geodätischen Messungen liefert ein belastbares, sich ergänzendes Bild: Fernerkundung erfasst flächenhafte Veränderungen und Geschwindigkeitsfelder, Geodäsie erhöht die zeitliche Auflösung und validiert Trends lokal. Klimatisch belegen die Boden- und Lufttemperaturreihen einen signifikanten Erwärmungstrend. Dennoch schwächte sich der spezifische Eisverlust zuletzt ab – vor allem durch eine anwachsende supraglaziale Schuttdecke, die das Eis thermisch immer besser schützt. Damit entkoppeln sich schuttbedeckte Gletscher zu einem gewissen Grad von kurzfristigen Lufttemperaturschwankungen; die Kinematik wird primär durch Eismächtigkeit und Schuttbedeckung bestimmt. Permafrost kann in den Hochlagen der Schobergruppe kryologische Prozesse modifizieren, eine Neubildung im Vorfeld des Gössnitzkeeses ist derzeit jedoch unwahrscheinlich unter Berücksichtigung der Boden- und Lufttemperaturdaten. Regional ist in den Ostalpen mit dem baldigen Verschwinden frei sichtbaren Eises zu rechnen; strahlungsgeschützte, schuttbedeckte Reste könnten jedoch noch Jahrzehnte bestehen bleiben.