



Bild: B. Zagel

Abb. 1: Stubachtal mit dem Stubacher Sonnblickkees im Jahr 2023

Monitoring von Gletschern in den Hohen Tauern im Zeichen des Klimawandels

In den Hohen Tauern (Österreich) existieren die größten Gletscherflächen in den Ostalpen. Vor über 130 Jahren wurde in Österreich begonnen, die bis 1850 vorstoßenden Eismassen systematisch zu beobachten. Heute werden die Gletscher nach standardisierten Parametern vermessen, um den aktuellen Rückzug und somit den Klimawandel zu dokumentieren.

Autor: Dr. Bernhard Zagel

Das Obere Stubachtal (Salzburg, Österreich, siehe Abbildung 1) und die umliegenden Gletschergebiete in den Hohen Tauern werden seit mehr als 60 Jahren zu den Zusammenhän-

gen zwischen Klimawandel, Gletschern und Biodiversität erforscht [1]. Heute wird dieser Forschungsstandort von der Universität Salzburg und dem Hydrografischen Dienst des Landes Salzburg koordiniert.

Diese langfristigen Forschungsaktivitäten sind in globalen Netzwerken und Monitoring-Systemen, wie LTER (Long Term Ecosystem Research) und dem World Glacier Monitoring System (WGMS), eingebun-

den. Basis dafür sind lange Messreihen aus mehreren Fachdomänen (u. a. Meteorologie, Hydrologie, Glaziologie, Botanik), die es erst ermöglichen, die komplexen Wechselwirkungen zwischen Mensch und Natur langfristig zu verstehen [2].

Monitoring von Gletschern

Gletscher (in Salzburg „Kees“, in Tirol „Ferner“ genannt) sind ganzjährig bestehende, plastische Körper aus Eis, Firn und Schnee, die durch die Umkristallisation von Schnee oder anderen festen Niederschlagsformen entstehen (Kryosphäre). Die Plastizität des Gletschereises erlaubt zudem eine langsame Bewegung des Eises [3]. Beim Monitoring von Gletschern wird zwischen drei Parametern unterschieden, die gemessen werden können. Dies sind Längenänderung, Fläche sowie Bestimmung der Massenbilanz. Darüber hinaus werden auch noch Messungen zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit durchgeführt.

Seit 1960 werden von der Universität Salzburg ein Dutzend Gletscher in den

Hohe Tauern beobachtet. Dies ist Bestandteil des Gletschermessprogrammes des Österreichischen Alpenvereins, wobei jährlich an über 90 Gletschern in Österreich Längenmessungen durchgeführt werden [4]. Zum Einsatz kommen hierbei Maßband, GPS und auch Drohnen. Die langen Messreihen gewinnen immer mehr an Bedeutung für das Verständnis der Klimaveränderung und deren Folgen. Im Jahr 2023 zogen sich die Gletscher im Schnitt um fast 24 Meter zurück, dies ist der dritthöchste Wert (nach 2022 und 2017). Im Stubachtal zog sich das Ödenwinkelkees um fast 38 Meter zurück (100 m in den letzten drei Jahren, 200 m in zehn Jahren; siehe auch Abbildung 2). Hauptursachen waren einerseits die milden und zum Teil schneearmen Winter in den Ostalpen und andererseits eine lange und sehr warme Schmelzperiode im Sommer, die kaum von Kaltlufteinbrüchen unterbrochen wurde.

Noch dramatischer stellen sich die Verluste an Gletscherflächen dar: Zum Zeitpunkt des letzten großen Gletscherinven-

tars in Österreich (2006–2012, Erfassung aller Gletscherflächen durch Bildflüge und Fernerkundung) betrug die Gesamtfläche ca. 471 km², zwölf Jahre später nur noch rund 300 km². Das Stubacher Sonnblickkees in den Hohen Tauern verlor in einem Zeitraum von 25 Jahren 50 Prozent seiner Fläche und baute 30 Mio. m³ Eis ab (siehe Abbildung 3). Es ist daher nicht verwunderlich, dass tiefergelegene Gletscher bereits verschwunden sind oder nicht mehr sinnvoll gemessen werden können.

Massenbilanz als Indikator des Klimawandels

Die aufwendigste Methode, um den Massenverlust oder Zuwachs eines Gletschers zu bestimmen, ist die Massenbilanz: Diese stellt die Zuwächse (Akkumulation) den Verlusten (Ablation) von Gletschereis in einem bestimmten Zeitraum gegenüber. Die enge Verbindung zwischen Gletscher und Klima zeigt sich am deutlichsten in der jährlichen Massenbilanz. Ihr Wert wird direkt von den in der jeweiligen Periode herrschenden Größen der Klima-



Bilder: E. Baumann (links), H. Slupetzky (rechts)

Abb. 2: Fotovergleich Ödenwinkelkees 1929 und 2015

Datenzentren-Repositoryen

DEIMS-SDR – Dynamic Ecological Information Management System – Site and Dataset registry: <https://deims.org>
 eLTER – Integrated European Long-Term Ecosystem, critical zone and socio-ecological Research: <https://elter-ri.eu>
 GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space: www.glims.org
 LTER Site Oberes Stubachtal: [deims.org, https://deims.org/e26012b5-8a4f-4ad1-b20a-f6e615e27911](https://deims.org/e26012b5-8a4f-4ad1-b20a-f6e615e27911)
 PANGAEA – Data Publisher for Earth & Environmental Science: www.pangaea.de
 WGMS – World Glacier Monitoring Service: <https://wgms.ch>

elemente Niederschlag, Wind, Temperatur und Sonnenstrahlung bestimmt. Im Gegensatz zu den vorher besprochenen glazialen Kenngrößen, wie die Flächen- und Längenänderung eines Gletschers, reagiert die Massenbilanz somit unmittelbar auf Klimaschwankungen.

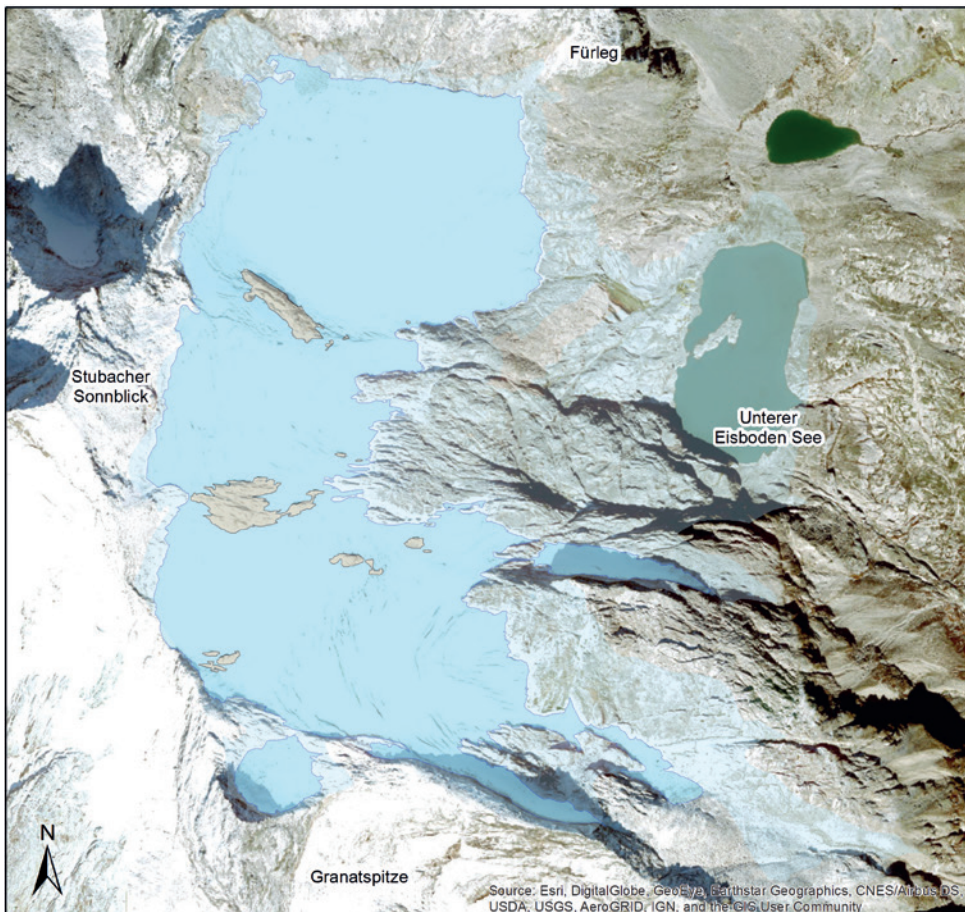
Die jährliche Massenbilanz wird auf das sogenannte Haushaltsjahr bezogen. Dieses setzt sich aus der winterlichen Akkumulationsperiode (Massenzunahme überwiegt) und der sommerlichen Ablationsperiode (Massenabnahme überwiegt) zusammen. Das natürliche Haushaltsjahr endet bzw.

beginnt mit den ersten ergiebigen Schneefällen im Herbst, d. h. zum Zeitpunkt der maximalen Abschmelzung des Gletschers. Das oft verwendete hydrologische Haushaltsjahr bezieht sich auf ein fixes Datum (1. Oktober bis 30. September des Folgejahres).

Zu unterscheiden sind auch die diversen Methoden zur Bestimmung der Massenbilanz. Neben der direkten Methode (direkt am Gletscher, dichtes Netz an Messpunkten, aufwendige Feldarbeiten) sind auch die terrestrische (Befliegung oftmals mit Drohne) und weitere indirekte

Methoden bekannt. In Österreich wird die Massenbilanz an 13 Gletschern durchgeführt. Bestimmendes Maß für die Massenbilanz ist die Volumenänderung im Kubikmeter. Beispielhaft ist hier die Massenbilanzreihe des Stubacher Sonnblickkees (SSK) dargestellt [5].

Im Haushaltsjahr 2022/23 – das 60. Messjahr seit Beginn der Reihe 1963/64 – hatte das Stubacher Sonnblickkees eine negative Bilanz von 1,675 Mio. m³ Netto-Massenverlust. Der wesentliche Grund für die negative Bilanz des SSK war die Jahresmitteltemperatur. Diese lag mit 1,5° deut-



PARIS LODRON UNIVERSITÄT SALZBURG

Stubacher Sonnblickkees

LTERR Site Oberes Stubachtal | NP Hohe Tauern

Berichtsjahr: 2023

SSK Abgrenzung 2023
 Gletscherfläche: 0,73 km²

SSK Abgrenzung 1998
 Gletscherfläche 1,5 km²

Flächenverlust 1998 - 2023: -0,77 km² | -51%
Massenverlust 1998 - 2023: -30,06 Mio m³

Kontakt:
 Universität Salzburg - FB Geoinformatik - Z_GIS
 LTER Site Koordinator Oberes Stubachtal
 Dr. Bernhard Zagel - Bernhard.Zagel@plus.ac.at

Datenquellen | Kartierung:
 Gletscherinventar 1998 | Bildflug SAGIS, BEV
 Eisrand 1999 - Kartierung H.Slupetzky, G.Ehgartner
 UAV Flug 05.09.2023 - georesearch, R. Delleske
 Orthofoto 2023 - georesearch, R. Delleske
 Eisrand 2023 Kartierung - Z_GIS, B.Zagel

0 100 200 400 Meter

Abb. 3: Karte Stubacher Sonnblickkees – Vergleich 1998 – 2023: Veränderung in 25 Jahren

Kumulative Massenbilanz 1946 - 2023

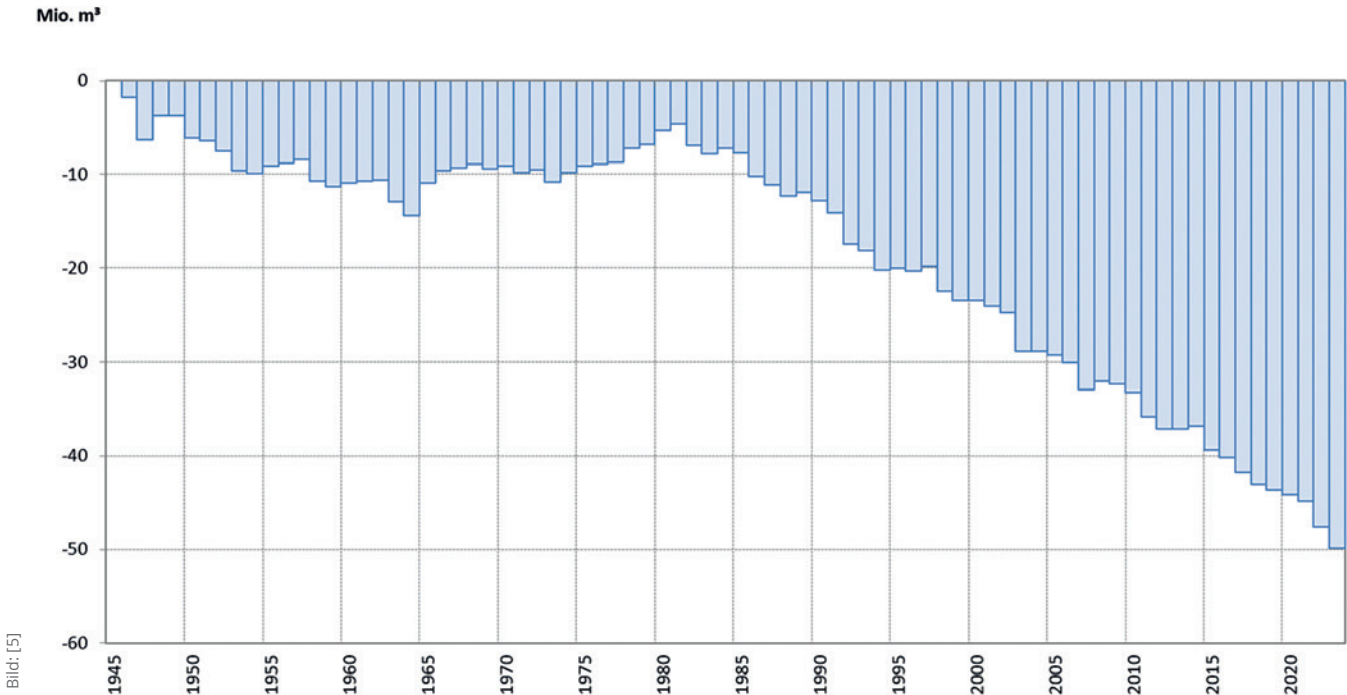


Abb. 4: Kumulative Massenbilanz Stubacher Sonnlickkees seit 1946 in Mio. m³

lich über dem Mittelwert von $-0,1^\circ$ an der Station Rudolfshütte. In den 60 Jahren seit Beginn der Reihe 1963/64 waren 20 Haushaltsjahre positiv und 40 negativ, seit 1981 endeten von den 43 Haushaltsjahren 36 negativ und nur 7 positiv. Seit 1981 wurden in 42 Jahren knapp 49,3 Mio. m³ Eis abgebaut. Davon allein in den letzten acht Jahren mehr als 13 Mio. m³.

Hält dieser Trend an, werden viele unter 3000 Meter gelegene Gletscher in den Hohen Tauern in den nächsten 15 bis 20 Jahren vollständig verschwunden sein. Das betrifft nicht nur das Stubacher Sonnlickkees mit einer Fläche von bereits deutlich unter einem Quadratkilometer, sondern nahezu alle Gletscher im Bereich des oberen Stubachtals.

Datenzentren für die Kryosphäre

Die Standardisierung, Archivierung und Bereitstellung von Daten der Kryosphäre, d. h. der Eisschilde und Gletschergebiete der Erde möglichst nach dem FAIR-Prinzip, erfolgt heute vor allem über das World Glacier Monitoring System (WGMS), Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) und PANGAEA. Darüber hinaus gibt es noch weitere Repositorien, die einen ganzheitlichen Ökosystemansatz verfolgen und die Daten bzw. Messreihen mehrere Fachdomänen räum-

lich integriert zur Verfügung stellen, wie z. B. DEIMS-SDR. Ziel ist es, diese Daten möglichst langfristig vorzuhalten, leicht auffindbar und gut dokumentiert bereitzustellen.

Quellen:

- [1] Fischer, A.; Stocker-Waldhuber, M.; Seiser, B.; Hynek, B.; Slupetzky, H.: Glaciological monitoring in Hohe Tauern National Park. In: *eco.mont* 6 (2013) 1, S. 63 – 70. <https://austriaca.at/0xc1aa5576%20x002f9165.pdf>
- [2] Mirtl, M. et al.: Research for the Future – LTER-Austria White Paper 2015 – On the status and orientation of process oriented ecosystem research, biodiversity, conservation research, and socio-ecological research in Austria. LTER-Austria Series (2015) 2. <http://www.lter-austria.at>
- [3] Hansche, I.; Fischer, A.; Greilinger, M. et al.: KryoMon.AT – Kryosphären Monitoring Österreich: 2021/22 Kryosphärenbericht Nr. 1. Graz (2023). <https://doi.org/https://doi.org/10.25364/402.2023.1>
- [4] Lieb, G.; Kellerer-Pirklbauer, A.: Sammelbericht über die Gletschermessungen des Österreichischen Alpenvereins im Jahr 2023. In: *Bergauf. Das Magazin des Österreichischen Alpenvereins* (2024) 2, S. 11 – 21. <https://www.alpenverein.at/>

portal_wAssets/docs/service/presse/2024/Gletscherbericht/Gletscherbericht_bergauf_2.24.pdf

- [5] Zagel, B.: Glaziologisches Monitoring. LTER Stubachtal | Sonnlickkees. Beiträge zur Glazialhydrologie eines hochalpinen Einzugsgebietes im Oberen Stubachtal, Hohe Tauern, Land Salzburg. Berichtsjahr 2023. Salzburg (2024)

Kontakt:

Dr. Bernhard Zagel
 Fachbereich Geoinformatik (Z_GIS)
 Universität Salzburg
 E: bernhard.zagel@plus.ac.at