

# Schweizer Kryosphärenbericht 2023/2024

Ein Bericht der Schweizerischen Kommission für Kryosphärenbeobachtung (SKK) der SCNAT

## Trotz viel Schnee: Weiterer Rückgang von Gletscher und Permafrost in den Schweizer Alpen

Matthias Huss<sup>1,2,3</sup>, Christoph Marty<sup>4</sup>, Andreas Bauder<sup>1,2</sup>, Jeannette Nötzli<sup>4,5</sup>, Cécile Pellet<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich

<sup>2</sup> Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

<sup>3</sup> Department für Geowissenschaften, Universität Freiburg

<sup>4</sup> WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos-Dorf

<sup>5</sup> Climate Change and Natural Hazards in Alpine Regions Research Center CERC, Davos-Dorf

***Nach den Extremjahren 2022 und 2023 ist keine Entspannung in Sicht für die Schweizer Kryosphäre – Schnee, Gletscher und Permafrost: Trotz aussergewöhnlich grosser Schneemengen im Winter 2023/2024 führten teils rekordhohe Temperaturen im Juli und August, kombiniert mit Saharastaub, zu einem Verlust von über 2 Prozent des Gletschervolumens. Zusammen mit den bereits sehr warmen letzten Jahren begünstigte der frühe Schneefall neue Rekordwerte im Permafrost.***



Blockgletscher im Val Muragl oberhalb von Samedan (Foto: J. Nötzli).

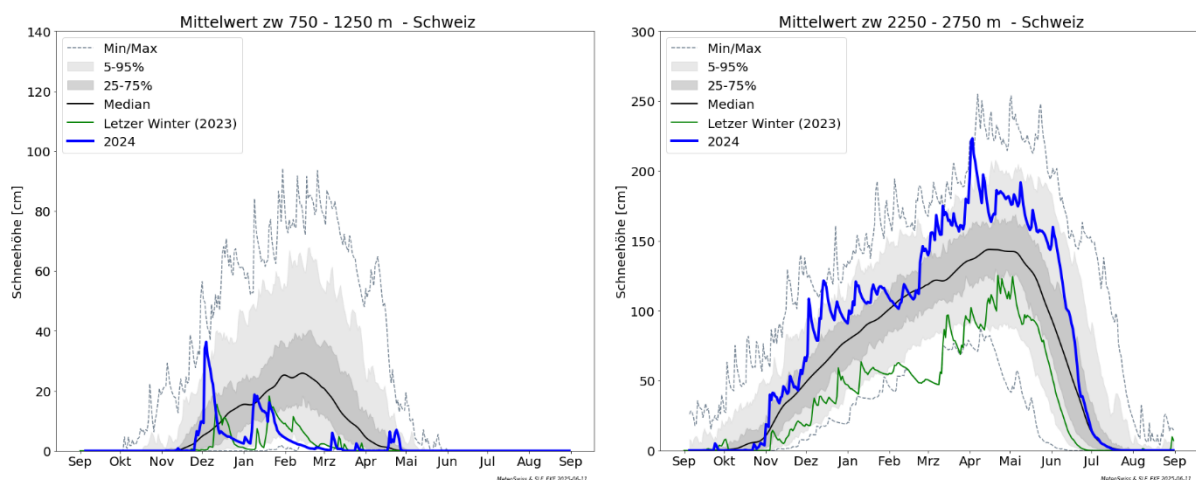
## Witterung und Schnee

Die Schneeverhältnisse im Winter 2023/2024 waren beidseits der Alpen durch einen Kontrast zwischen Berg und Tal geprägt: Unterhalb 1400 m ü. M. waren die Schneehöhen klar unterdurchschnittlich und oberhalb 2200 m ü. M. klar überdurchschnittlich. Verantwortlich dafür waren grosse Niederschlagsmengen bei gleichzeitig hohen Temperaturen während des gesamten Winterhalbjahres (Abb. 1). Die mittleren Schneehöhen zwischen November 2023 und April 2024 gehören in der Höhe zu den grössten der letzten 25 Jahre. Die bald 90-jährige Messreihe auf dem Weissfluhjoch (GR, 2540 m ü. M.) oberhalb Davos zeigte Rang 6 seit Messbeginn 1959, knapp hinter 2017/2018 und 1998/1999.

Aufgrund der sehr hohen Juli- und Augusttemperaturen verschwanden die Schneemengen aber schnell. Auf dem Jungfraujoch war der August 2024 sogar wärmer als in den Hitzesommern 2003 und 2022. Damit fand im Hochgebirge die Ausaperung nur einige Wochen später als normal statt. Mitschuldig an der schnellen Schneeschmelze war die Ablagerung von Saharastaub während der wiederholten Südstaulagen im Winterhalbjahr. Aufgrund der dunkleren Oberfläche wurde mehr Sonnenenergie durch den Schnee absorbiert. Zusätzlich blieben zwischen Mitte Juni und Mitte September auch auf 3000 m ü. M. nennenswerte Neuschneefälle aus. Dies ist aussergewöhnlich, war in den letzten Jahren aber immer häufiger der Fall.



Mitte Februar 2024 gab es nur Kunstschnee im Skigebiet Schwarzsee Kaiseregg im Freiburgerland auf 1300 m ü. M. (Foto: Webcam Schwarzsee Tourismus)



**Abbildung 1: Modellierter Schneehöhenverlauf basierend auf 1 km Gitterdaten für die ganze Schweiz auf 1000 m ü. M. (links) und auf 2500 m ü. M. (rechts). In Blau die Periode 2023/2024, in Schwarz der Median des Schneehöhenverlaufs zwischen 1962-2023, in Dunkelgrau der normale Schwankungsbereich, in Hellgrau die aussergewöhnlichen Schneehöhen, und gestrichelt die minimalen und maximalen Werte für jeden Tag. Graphik und Daten: MeteoSchweiz und SLF.**

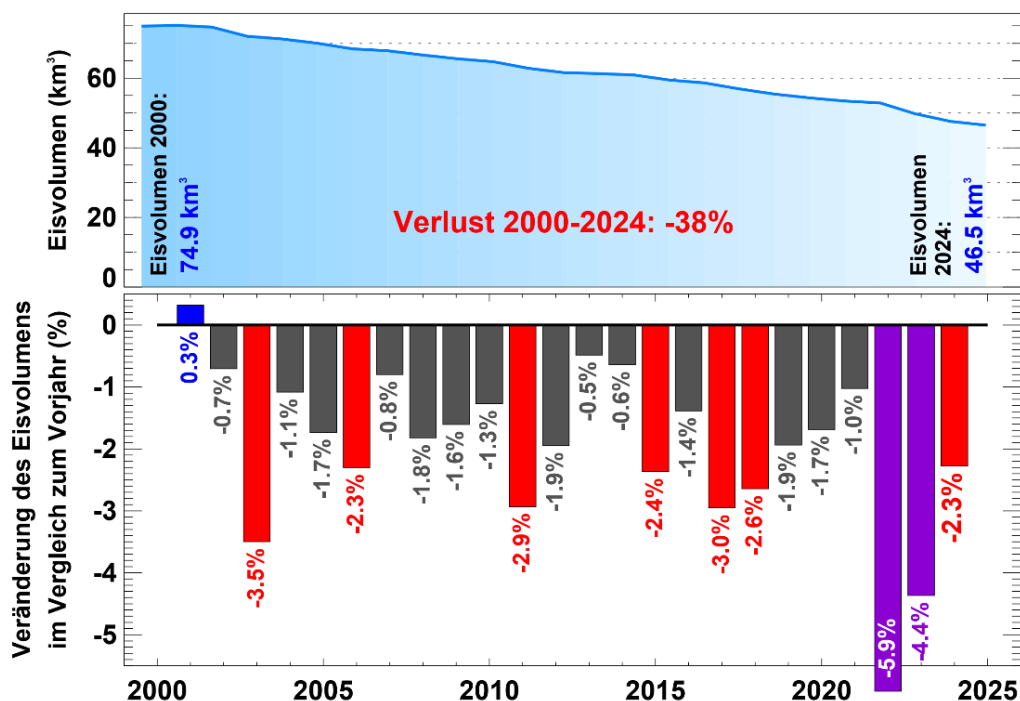
## Gletscher

Auch für die Schweizer Gletscher war das Jahr 2023/2024 von Gegensätzen geprägt, wie Daten des Schweizer Gletschermessnetzes (GLAMOS) zeigen: Bis in den Juni herrschten sehr günstige Bedingungen dank 31 Prozent mehr Winterschnee als im Mittel und einem regnerischen und kühlen Frühsommer. Mit der ersten hochsommerlichen Periode nach Mitte Juli änderte sich das schlagartig. Die dicke, schützende Schneeschicht verschwand schnell, auch unterstützt durch den Effekt des Saharastaubs. Im August wurde gar der grösste Eisverlust seit Messbeginn verzeichnet. Insgesamt verloren die Gletscher auch im Berichtsjahr markant an Masse.



Saharastaub auf der Altschnee-Oberfläche des Griesgletschers im August 2024 (Foto: M. Huss).

In den Vorjahren 2022 und 2023 verschwanden insgesamt 10 Prozent des verbleibenden Schweizer Gletschervolumens – so viel wie nie zuvor. Auch der diesjährige Verlust von 2.3 Prozent liegt über dem Mittelwert des letzten Jahrzehnts (Abb. 2). Die grossen Winter-Schneemengen konnten den Eisverlust zwar vermindern, aber nicht aufwiegen. Zum Beispiel wurden auf dem Claridenfirn (GL) auf 2900 m ü. M. Mitte Mai noch 6 Meter Schnee gemessen, der bis im September komplett verschwand. Gletscher unterhalb von 3000 m ü. M. aperten auch im Sommer 2024 komplett aus und wiesen Verluste von bis zu 2 Metern mittlerer Eisdicke auf (z.B. Glacier du Giétro VS, Glacier de la Plaine Morte BE, Silvrettagletscher GR). Für Gletscher mit Südeinfluss fiel der Verlust dank den regional grössten Schneemengen im Winter etwas weniger stark aus (z.B. Ghiacciaio del Basòdino TI).



**Abbildung 2: Veränderung des Eisvolumens aller Schweizer Gletscher zwischen 2000 und 2024 (oben). Relative Veränderung des Eisvolumens von Jahr zu Jahr (unten). Graphik und Daten: GLAMOS**

Der fortgesetzte Schwund der Eismasse über die letzten Jahre widerspiegelt sich auch in der Position des Gletscherendes. Bei den Messungen im Herbst 2024 wurde fast ausnahmslos ein weiterer Rückgang festgestellt. Über 90 Prozent der Messwerte liegen zwischen -4 und -55 Metern. Die mit Abstand grösste Veränderung mit rund -900 Metern wurde am Bifertenfirn (GL) festgestellt. Das flache Zungenende verlor in einer Steilstufe den Kontakt zum Einzugsgebiet. Dies folgt auf die Entwicklung der letzten Jahre, denn der Gletscher hatte sich dort seit einigen Jahren sukzessive ausgedünnt und eingeengt. Schlagartig verschob sich im vergangenen Sommer nun das Ende der zusammenhängenden und dynamischen Eismasse um eine grosse Distanz. Eine solch beschleunigte Entwicklung konnte in den vergangenen Jahren beinahe jährlich beobachtet werden. Dies zeigt, dass die Entwicklung an der Gletscherzunge im Gegensatz zu den Messungen der Winter-Schneemenge und der Sommer-Schmelze nicht das Resultat der Witterung im aktuellen Jahr ist, sondern der langfristigen Entwicklung davon.



*Der Bifertenfirn (GL) mit der aktuellen Zunge in der Steilstufe im Hintergrund und dem flachen und schuttbedeckten, bisherigen Gletscherende im Vordergrund. (Foto: HP. Klauser)*

## Permafrost

Als Permafrost wird Bodenmaterial bezeichnet, das über viele Jahre Temperaturen von maximal 0 °C aufweist. Er ist in den Schweizer Alpen oberhalb von ca. 2500 m ü. M. in Felsgebieten und Schutthalden zu finden. Messungen der Veränderungen im Permafrost-Gebiet werden in der Schweiz seit 25 Jahren im Rahmen des Schweizer Permafrostmessnetzes (PERMOS) koordiniert.

In den obersten Metern des Bodens reagieren die Temperaturen direkt auf die Witterungsbedingungen. Das frühe Einschneien im Herbst 2023 führte zu sehr hohen Bodentemperaturen, da die Schneedecke den Boden von den sinkenden Lufttemperaturen isolierte und der Boden nicht auskühlen konnte. Auch an Standorten, an denen sich keine dicke Schneedecke bildet – weil es zum Beispiel zu steil oder wind-exponiert ist – waren die Temperaturen nahe der Oberfläche sehr hoch. Dies aufgrund der sehr hohen Lufttemperaturen im Winter 2023/2024: Im Februar wurden noch nie höhere Werte gemessen als im Jahr 2024. Zusammen mit dem folgenden warmen Sommer führte dies zu überdurchschnittlichen Jahresmitteltemperaturen nahe der Bodenoberfläche. An rund einem Drittel der PERMOS-Standorte wurden neue Rekordwerte seit Beginn der Messungen vor 25 Jahren registriert.



*Absenkungen im Bereich der Permafrost-Messstation auf dem Stockhorn oberhalb von Zermatt auf ca. 3400 m ü. M., die vermutlich durch Eisverlust im Boden oder zunehmende Bewegungen verursacht wurden (Foto: C. Pellet).*

Entsprechend wurden am Ende des hydrologischen Jahres 2024 auch für die Auftauschicht – die obersten Meter über dem Permafrost, die jeweils im Sommer auftauen – neue Rekordwerte gemessen. Extrem zeigte sich das am Schilthorn (BE): hier hat sich die Auftauschicht von weniger als 5 Metern im Jahr 1998 auf über 13 Meter im Vorjahr vergrößert und ist schliesslich im Winter 2023/2024 gar nicht mehr durchgefroren. Der Permafrost ist an diesem Standort am Verschwinden und verbleibt aktuell nur noch unterhalb von etwa 15 Metern.

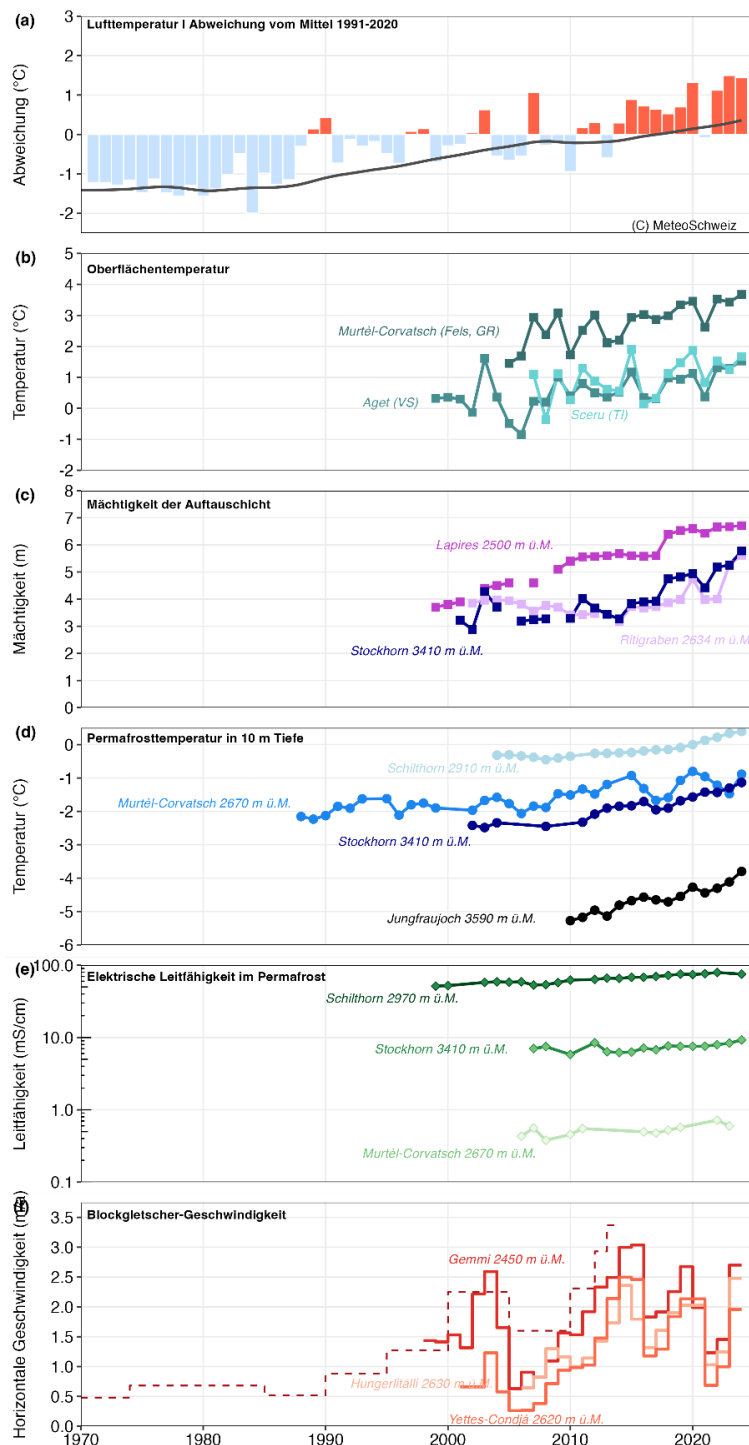
In der Tiefe – im eigentlichen Permafrost unterhalb der Auftauschicht – reagieren die Temperaturen verzögert und gefiltert auf Veränderungen an der Oberfläche. In 10 Meter Tiefe haben die Permafrost-Temperaturen an allen 14 Bohrlochstandorten im Jahr 2024 neue Rekordwerte erreicht (Abb. 3). Die Temperaturzunahme während der letzten 10 Jahre beträgt in dieser Tiefe bis zu 0.8 °C und ist ähnlich gross wie jene der Lufttemperatur. In einer Tiefe von 20 Metern ist die Erwärmung im letzten Jahrzehnt erst etwa halb so gross, und in noch grösserer Tiefe ist erst ein kleiner Teil angekommen.

Die grösste Zunahme wurde in hochgelegenen Felsstandorten gemessen, da hier nur wenig Eis in Poren und Klüften vorkommt. Dort wo der Permafrost Eis-reich ist und seine Temperatur wenig unter 0 °C liegt – also in Schutthalden und Blockgletschern – sind die Temperaturänderungen kleiner: Bei Temperaturen wenig unter 0 °C schmilzt das Eis im Boden und dies benötigt Energie. Darum ändert die Temperatur über mehrere Jahre sehr wenig. Änderungen im Eisgehalt können mit geophysikalischen Methoden festgestellt werden, die an fünf Standorten jährlich eingesetzt werden. An all diesen Standorten zeigt sich in den letzten 25 Jahren eine kontinuierliche Zunahme des ungefrorenen Wassergehalts und damit eine Abnahme des Eisgehalts im Untergrund.



*Ersatzbohrung auf dem Blockgletscher Muragl im Oberengadin für langfristige Temperaturmessungen im Permafrost (Foto: J. Noetzi)*

Wenn Lockermaterial sehr viel Eis enthält, kann es sich mit der Schwerkraft verformen und sogenannte Blockgletscher bilden, die sich hangabwärts bewegen. Die 18 untersuchten Blockgletscher haben sich als Reaktion auf die steigenden Permafrost-Temperaturen und die damit verbundenen Änderungen im Wasser- und Eisgehalt in den letzten gut 20 Jahren zunehmend beschleunigt (Abb. 3). Im Jahr 2023/2024 hat die Geschwindigkeit der Blockgletscher gegenüber dem Vorjahr im Durchschnitt um 39 Prozent zugenommen. Trotz beträchtlicher Schwankungen zwischen den Jahren und Standorten zeigen die längsten Zeitreihen eine deutliche Zunahme der Geschwindigkeit von einigen Dezimetern pro Jahr in den frühen 1990er Jahren auf heute mehrere Meter pro Jahr.



**Abbildung 3 Veränderungen im Permafrost in den Schweizer Alpen in den letzten Jahrzehnten anhand der verschiedenen Messgrößen: (a) Jährliche Abweichung der Lufttemperatur zur Normperiode 1961-1990 (Daten: MeteoSchweiz), (b) Oberflächen-temperaturen, (c) Mächtigkeit der Auftauschicht, (d) jährliche Permafrosttemperaturen in 10 Metern Tiefe, (e) elektrische Leitfähigkeit im Permafrost, und (f) Kriechgeschwindigkeit der Blockgletscher. Grafik und Daten: PERMOS:**



*Glaziologen bohren eine Messstange auf dem Griesgletscher (VS) nach. Ein Netzwerk von Messstangen verteilt über die gesamte Gletscherfläche wie rechts im Bild erlaubt die Bestimmung des Verlustes (Foto: M. Huss)*

### **Kryosphärenmessnetze Schweiz**

Die Beobachtung der Kryosphäre umfasst Schnee, Gletscher und Permafrost. Die Kommission für Kryosphärenbeobachtung (**SKK**) der SCNAT koordiniert die Beobachtungen und die Messnetze. Die Schnee-, Gletscher- und Permafrostmessungen werden von verschiedenen Bundesämtern, kantonalen Forstämtern, Forschungsinstitutionen des ETH Bereichs und den Universitäten und Hochschulen getragen. Sie beinhalten rund 150 Schnee-Messstationen ([www.slf.ch](http://www.slf.ch), [www.meteoschweiz.admin.ch](http://www.meteoschweiz.admin.ch)). Messungen an etwa 120 Gletschern werden im Rahmen des Schweizer Gletschermessnetzes (GLAMOS) durchgeführt ([www.glamos.ch](http://www.glamos.ch)). Das Schweizer Permafrostmessnetz (PERMOS) umfasst rund 30 Standorte mit Messungen von Permafrosttemperaturen, Änderungen im Eisgehalt und Blockgletschergeschwindigkeiten ([www.permos.ch](http://www.permos.ch)).

## Dank

Die langfristigen Messungen der Schweizer Kryosphärenbeobachtung werden finanziell unterstützt durch das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, im Rahmen von GCOS Schweiz, das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und die Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften SCNAT.



Scuola universitaria professionale  
della Svizzera italiana



Universität  
Zürich<sup>UZH</sup>

