

# Gletscherschmelze in der Schweiz

Gletscher sind die **Botschafter des Klimawandels**.

Ihr Rückgang, in der Schweiz und weltweit, hat schwerwiegende Konsequenzen für den Wasserkreislauf und den Anstieg des Meeresspiegels.

Auch für die Schweiz zeigen die Berechnungen ein düsteres Bild für die Zukunft, ermöglichen es aber zugleich, sich auf eine Welt mit viel kleineren oder sogar ohne Gletscher vorzubereiten.

Von **Matthias Huss**

**D**ie Entwicklung von Gletschern in Raum und Zeit bestimmt das Landschaftsbild von Gebirgsregionen. Es ist heute schwer vorstellbar, dass die eindrücklichen Gletscher an den Flanken der höchsten Gipfel der Alpen bald nicht mehr existieren könnten. Im Zuge der globalen Klimakrise stellt der Rückgang von Gebirgsgletschern sowie der beiden Eisschilde in Grönland und der Antarktis die Menschheit vor zunehmend ernsthafte Probleme. Gletscher regulieren einerseits den Wasserkreislauf in vielen Regionen der Erde, indem sie Wasser in kalten und feuchten Perioden speichern und es während warmen, trockenen Phasen wieder freigeben. Mit einem Verschwinden des Eises wird dieser Effekt zum Teil wegfallen und zu Wasserknappheit führen. Andererseits trägt die Schmelze von Gletschereis zum Anstieg des Meeresspiegels bei und betrifft daher direkt oder indirekt Milliarden von Menschen. Daneben ergeben sich auch neue Bedrohungen für das Leben im Gebirge durch Naturgefahren, die durch den Gletscherrückzug begünstigt werden, wie zum Beispiel Berg- und Eisstürze oder Hochwasser durch den Ausbruch



Vergleichsbilder dokumentieren den Gletscherrückgang eindrücklich, hier am Beispiel des Tschiervagletschers im Kanton Graubünden, 1935 (l.) und 2022.

von Gletscherseen. Nicht zuletzt stellen Gletscher eine wichtige Ressource für den Tourismus dar und werden oft als Sinnbild für eine intakte Bergwelt wahrgenommen.

Das „große Schmelzen“ macht die Veränderungen im globalen Klimasystem und seine Auswirkungen für alle anschaulich. Deshalb kommt Gletschern eine große Bedeutung zu, um das oft schwer greifbare Thema des Klimawandels zu verdeutlichen.

Seit 1850, also ungefähr seit dem Beginn der Industrialisierung, haben die Gletscher in den Alpen rund zwei Drittel

Auf dem Hüfigletscher im Kanton Uri befindet sich der größte Windkolk Europas. Derartige Freiräume entstehen durch gleichmäßige, starke Winde an einem Felshindernis.

**Ungefähr seit dem Beginn der Industrialisierung haben die Gletscher in den Alpen rund zwei Drittel ihres Volumens eingebüßt.**

ihres Volumens eingebüßt. Dieser massive Rückgang ging mit dem Anstieg der globalen Lufttemperaturen von über einem Grad einher. Er kann fast ausschließlich auf den menschlichen Einfluss auf das globale Klima durch stetig zunehmende Treibhausgas-Emissionen zurückgeführt werden. Die eindrucklichen Gletscherzungen reichen deshalb heute viel weniger weit ins Tal als zu den Zeiten unserer Großeltern, und Tausende kleiner Gletscher sind schon ganz verschwunden.

### Gletschervermessung in der Schweiz

Seit über einem Jahrhundert werden Messungen auf Gletschern durchgeführt. Langfristige Daten haben einen immensen Wert für die Dokumentation des Gletscherrückgangs und damit für das Verständnis der ablaufenden Prozesse. In der Schweiz ist das Messprogramm GLAMOS (Glacier Monitoring Switzerland, [glamos.ch](http://glamos.ch)) verantwortlich für die Aufnahme, Auswertung und Archivierung verschiedener glaziologischer Variablen. So werden

## Das „große Schmelzen“ macht die Veränderungen im globalen Klimasystem und seine Auswirkungen für alle anschaulich.

Messpegel zur Bestimmung der Schmelze. An dieser Stelle auf dem Aletschgletscher sind im Sommer 2022 über 6 m Eis abgeschmolzen, wie die Höhe der Stange zeigt.



seit 1881 insgesamt rund 100 Gletscher jährlich mit verschiedenen Methoden vermessen. Auf einigen Gletschern wird die sogenannte Massenbilanz mit direkten Messungen der Winter-Schneehöhe und der Eisschmelze bestimmt. Zu diesem Zweck werden verteilt auf der ganzen Gletscheroberfläche Messpegel ins Eis gebohrt, an denen sich der lokale Gewinn oder Verlust über ein Jahr ablesen lässt. Hochgerechnet auf den ganzen Gletscher zeigen diese aufwändigen Messungen, wie sich seine Masse als sofortige Reaktion auf die Witterungsbedingungen im jeweiligen Jahr ändert.

Die Position der Zunge wird etwa seit dem Jahr 1880 an zahlreichen Gletschern bestimmt. Daraus lässt sich die Veränderung der Gletscherlänge berechnen. Die Erhebung dieser Daten ist logistisch relativ einfach, doch zeigen sie keine unmittelbare Reaktion auf die vorherrschenden Klimabedingungen. Steigt die Lufttemperatur oder nimmt die Schneemenge ab, beginnt sich die Gletscherzunge erst mit einer Verzögerung von mehreren Jahren zurückzuziehen. Während große, dicke Gletscher lange Reaktionszeiten haben und sich somit gleichmäßig zurückbilden, können kleine oder steile Gletscher teils auf kurze Perioden mit günstigerem Klima reagieren und wieder leicht vorstoßen. Grundsätzlich versuchen Gletscher, durch ihren Rückgang ein neues Gleichgewicht mit dem Klima auf einer größeren Höhe zu finden. Ob ein solches Gleichgewicht erreicht werden kann oder ob das Eis ganz verschwindet, wird durch die Höhe der Bergkette sowie den Betrag der Klimaänderung bestimmt.

Die direkt auf dem Gletscher vorgenommenen Messungen der Massenbilanz und der Längenänderung werden durch Daten ergänzt, die mit Methoden der Fernerkundung erhoben werden, also auf Luft- oder Satellitenbildern basieren. Auf solchen lässt sich beispielsweise die Fläche sämtlicher Gletscher zu einem gewissen Zeitpunkt kartieren. Daher ist bekannt, dass in der Schweiz 2016 eine Fläche von 961 km<sup>2</sup>, also rund 2 % des Landes, mit Eis bedeckt war. Es ist ebenfalls möglich, die Höhe der Gletscheroberfläche mit großer Präzision aus dem Weltall zu bestimmen. Damit kann berechnet werden, wie viel Eisvolumen in einer mehrjährigen Zeitperiode insgesamt



Saharastaub setzt sich als rötlich-braune Schicht auf dem Schnee ab. Wo die Schneeschicht verschwindet und das Eis an die Oberfläche tritt, wird der Staub durch Regen ausgewaschen, wie hier am Grenzletscher im Wallis (Juli 2024).

Zudem brachten Südwestwinde wiederholt Saharastaub in die Alpen, der sich auf der dünnen Schneedecke absetzte. Dieser in dreckigem Rot-Gelb verfärbte Schnee nimmt mehr Sonnenenergie auf und schmilzt so deutlich schneller. Schließlich begannen Hitzewellen, schon im Mai das Geschehen zu bestimmen, und die hohen Temperaturen mit fast durchgehend schönem Wetter hielten bis in den September an. Die Kombination dieser drei Faktoren führte zu einer bislang nie dagewesenen Schmelze, die bis zu diesem Zeitpunkt auch kaum vorstellbar war. Selbst in den höchsten Lagen, im ehemaligen Nährgebiet der Gletscher, schmolzen bis zu 4 m Eis ab. Auf dem Jungfrauoch, einem der niederschlagsreichsten Orte der Alpen, wurde auf 3.400 m Höhe erstmals überhaupt seit Beginn der Messungen im Jahr 1920 ein Verlust gemessen. Und das Drama für die Gletscher wiederholte sich in fast gleicher Ausführung im Jahr 2023 ... In der Schweiz gingen in diesen beiden Extremjahren zusammen rund 10 % des noch verbleibenden Eisvolumens verloren (s. Grafik).

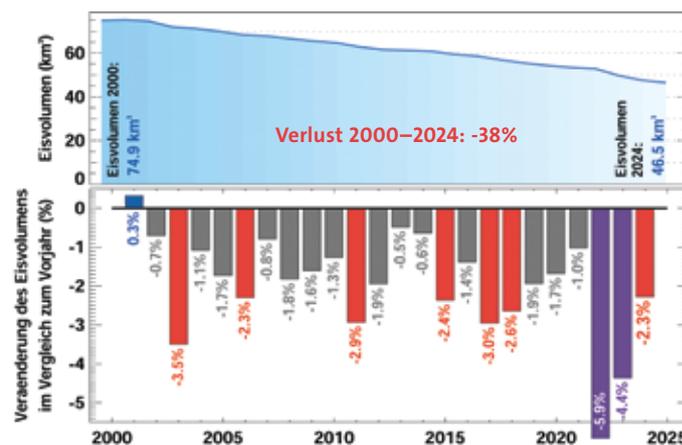
### Zukunft der Gletscher

Um die zukünftige Entwicklung der Gletscher zu erforschen und um physikalische Zusammenhänge und verstärkende Mechanismen zu verstehen, ist die

abgeschmolzen ist. Eine Kombination der verschiedenen Datentypen eröffnet neue Perspektiven in der Wissenschaft.

### Die Extremjahre 2022 und 2023

Obwohl die Gletscherschmelze in letzter Zeit ohnehin immer wieder durch neue Rekorde in die Schlagzeilen kam, stellten die Jahre 2022 und 2023 vieles auf den Kopf, was man bisher in der alpinen Glaziologie gesehen hat. Das Jahr 2022 kristallisierte sich schon früh als der „perfekte Sturm“ für die Gletscher heraus. Es begann mit einem Winter, der durch wenig Schnee im Gebirge geprägt war.



Veränderung des gesamten Gletscher-Volumens in der Schweiz (oben) und prozentualer Verlust an Eisvolumen (unten) zwischen 2000 und 2024. Die Daten basieren auf Messungen auf 20 Gletschern, die auf die ganze Schweiz hochgerechnet wurden.

Foto: Jürgen Merz; Grafik: GLAMOS, Swisswide Glacier Mass Balance, 2024



Berechneter Rückgang des Großen Aletschgletschers bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für zwei unterschiedliche Szenarien.

Anwendung von Berechnungsmodellen nötig. Solche mathematischen Verfahren beschreiben die Auswirkungen der Änderungen von Temperatur, Niederschlag und Sonneneinstrahlung auf die Schneemenge und die Gletscherschmelze. Ebenfalls wird der durch das Fließen des Eises beeinflusste Rückgang der Gletscherzunge als verzögerte Reaktion auf den Klimawandel berechnet.

Zukunftsprognosen für Gletscher werden durch regionale oder globale Klimamodelle angetrieben. Die Ergebnisse vieler solcher Modelle weisen auf eine weiterhin schnell voranschreitende, markante Erwärmung hin. Die wichtigste

## Wenn dieses Szenario eintritt, könnten unsere Enkel noch ansehnliche Gletscher in den Alpen bewundern.

Unsicherheit betrifft die künftigen Emissionen von Treibhausgasen. Diese hängen von der technologischen Entwicklung, den globalen politischen Strategien zur Eindämmung der Klimakrise sowie den Entscheidungen und Möglichkeiten von uns allen ab. Um die Veränderung von Gletschern im 21. Jahrhundert zu analysieren, müssen daher Berechnungen basierend auf verschiedenen Szenarien durchgeführt werden.

Die Abbildung links zeigt exemplarisch die berechnete Entwicklung des Aletschgletschers, des größten Gletschers der Alpen, für zwei mögliche Entwicklungen des Klimas: Das eine Szenario sieht keinerlei Maßnahmen zum Klimaschutz vor; das andere Szenario entspricht einer vollständigen und vor allem weltweiten Umsetzung der Versprechen, welche die

Staatengemeinschaft anlässlich des Pariser Klimaabkommens im Jahr 2015 gemacht hat. Demnach müsste die Menschheit spätestens ab 2060 CO<sub>2</sub>-neutral leben. Welches Szenario eintritt, lässt sich heute noch nicht sagen. In den letzten Jahrzehnten stieg

der globale Ausstoß von Treibhausgasen stark an. Viele Regierungen haben sich nun aber ehrgeizige Ziele zur Eindämmung der Emissionen gesetzt, sodass die günstigste Entwicklung mit sehr großen, sofortigen Anstrengungen weiterhin erreicht werden könnte.

Gemäß den Resultaten dieses detaillierten Berechnungsmodells wird der Aletschgletscher bis ins Jahr 2100 zwischen 60 % und 95 % seines heutigen Volumens verloren haben. Mehrere Gletscherseen könnten im tief eingeschnittenen Tal unter dem Eis zum Vorschein kommen und den Rückgang weiter beschleunigen. Der Aletschgletscher wird sich auch im Falle

der günstigsten Klimaentwicklung deutlich zurückbilden, denn selbst wenn die Emissionen rasch reduziert werden, steigen die globalen Temperaturen zunächst weiter. Hinzu kommt, dass der Aletschgletscher eine sehr lange Reaktionszeit hat – seine heutige Ausdehnung entspricht dem Klima von vor rund 50 Jahren. Selbst wenn sich die Temperaturen ab dem heutigen Tag nicht mehr ändern, würde sich die Gletscherzunge daher um mehrere Kilometer zurückziehen. Trotzdem macht Klimaschutz einen wichtigen Unterschied: Ohne eine Reduktion der Emissionen verschwindet das Gletschereis bis auf ein paar kümmerliche Reste vollständig. Mit





Schmelzwasser in der Schwemmebene vor dem Findelgletscher (Juli 2024, links) und Schmelzwasserkanäle auf der Eisoberfläche des Gornergletschers (August 2022, rechts), beide bei Zermatt.

umfassendem Klimaschutz hingegen verbleibt ein beträchtliches Eisvolumen in hohen Lagen. Schweizweit könnte nach Modellberechnungen rund ein Drittel des Eises bewahrt werden. Wenn dieses Szenario eintritt, könnten unsere Enkel noch ansehnliche Gletscher in den Alpen bewundern.

### Schlussfolgerung

Als überdimensionale Thermometer illustrieren Gletscher mit ihrem massiven Rückgang eindrücklich und eindeutig die Veränderung des Klimas. Die Dokumentation der Gletscherschmelze

mit genauen Messdaten ist von zentraler Bedeutung, um das Verhalten des „ewigen“ Eises in der Klimakrise zu verstehen und die künftige Veränderung wie auch die Auswirkungen zu bestimmen. In den Alpen, wie auch weltweit, zeichnet sich ein düsteres Bild für die Zukunft der Gletscher: Eine weitere Beschleunigung der Schmelze ist zu erwarten – sogar dann, wenn weitreichende Maßnahmen zum Klimaschutz umgesetzt werden. Dennoch könnten mit einer Verringerung der Treibhausgas-Emissionen die größten Gletscher zum Teil erhalten werden, was die negativen Auswirkungen abschwächen würde.

---

#### Dr. Matthias Huss

ist als Glaziologe an der ETH Zürich, der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft sowie der Universität Freiburg tätig. Er leitet das Schweizer Gletschermessnetz (GLAMOS) und beschäftigt sich mit der Messung und der Berechnung der Gletscher-Veränderung auf der lokalen bis hin zur globalen Skala.

---



Der Sonnenuntergang beleuchtet einen Eisbruch am Steingletscher im Kanton Bern. Wie Jahresringe liegen die einzelnen Schichten übereinander (August 2022).

**Die Jahre 2022 und 2023 stellten vieles auf den Kopf, was man bisher in der alpinen Glaziologie gesehen hat.**

