

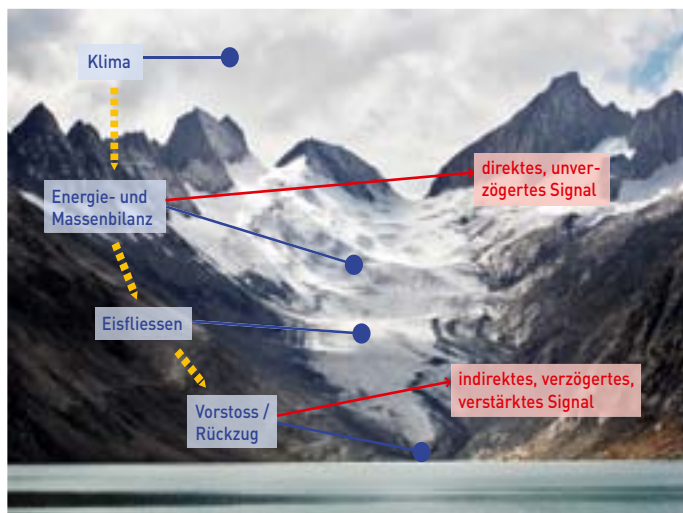


Messung der Schneedichte am Pizolgletscher. Foto: Mauro Werder

Schnee – das Zünglein an der Waage

Unterschiedliche Wirkung auf Gletscher und Permafrost

Viel Schnee heisst nicht unbedingt, dass die Gletscher an Masse zulegen und der Permafrost gut gekühlt bleibt. Es kommt darauf an, wann die weisse Pracht fällt.



Grafik 1: Prozesskette, wie ein Gletscher auf Klimaänderungen reagiert: Die Massenbilanz ist das direkte und unverzögerte Resultat von einem Haushaltsjahr. An anhaltend veränderte Massenbilanzen passt sich der Gletscher um viele Jahre verzögert über eine Längenänderung an.

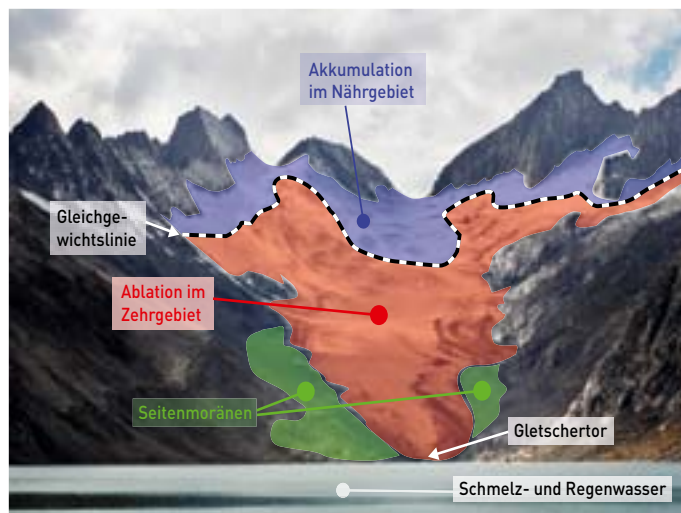
Foto: David Schweizer/Grafik: Alexandra Rozkosny nach Vorlage von Wilfried Haeberli

Text: Mylène Jacquemart, Jeannette Nötzli, Frank Paul

Es sind 433 Treppenstufen vom Grossen Aletschgletscher zur Konkordiahütte, und es werden immer mehr. Das zeugt vom unaufhaltsamen Wandel im Alpenraum. Der Koloss aus Eis kann der Klimaänderung nicht standhalten und verliert konstant an Masse. Eine entscheidende Rolle spielt dabei der Schnee. Er reflektiert, isoliert und nährt die Gletscher. Im Winter 2009 etwa erhielten die Gletscher ein frühes Winterkleid verpasst. Anfang Oktober fiel stellenweise fast ein halber Meter Neuschnee. Schnee, der dringend benötigten Massenzuwachs liefert. Von den mehreren Metern Schnee, die sich im Winter im Nährgebiet des Gletschers ansammeln, trägt allerdings nur Schnee, der den Sommer überdauert, zur «Ernährung» des Gletschers bei. Er wird nach einem Jahr zu körnigem Firn und im Laufe vieler Jahre unter dem stetigen Druck der aufliegenden Schichten zu Gletschereis umgewandelt. Dann erst beginnt die oft Hunderte von Jahren dauernde Reise talabwärts bis zur Gletscherzunge. Im Zehrgebiet angekommen, schmilzt das Eis wieder (vgl. Grafik 2).

Sensible Kolosse

Die Geschichte der Überwachung und Vermessung der Gletscher – wenn auch früher eher aus Furcht vor ihnen – ist alt. Sie reicht zurück bis ins 17. Jahrhundert. Seit 1893 werden systematische Messungen durchgeführt und die Resultate in den Jahrbüchern des SAC veröffentlicht. Mittlerweile werden die Längenänderungen an 110 Gletschern und die Massenbilanzen von sechs Alpengletschern erfasst (siehe S. 51). Wie in einer unternehmerischen Jahresbilanz spiegelt sich hier das Verhältnis zwischen Einnahmen und Ausgaben. Schmilzt an der Gletscherzunge mehr Eis, als im Nährgebiet an Schnee hinzugekommen ist, resultiert ein Massenverlust.



Grafik 2: Gletschergrundbegriffe schematisch dargestellt am Beispiel des Oberaargletschers.

Foto: David Schweizer/Grafik: Alexandra Rozkosny nach Vorlage von Max Maisch

Auch ein Gletscher kann jedoch nur existieren, wenn die Bilanz langfristig ausgeglichen ist: Durch den Gletscherückzug wird das Zehrgebiet verkleinert, und die Verluste werden reduziert (vgl. Grafik 1). Die grössten Gletscher – wie etwa Aletsch-, Gorner- oder Unteraargletscher – reagieren dabei jedoch sehr träge. Ihr Rückgang ist nicht die Reaktion auf die Massenbilanzen der letzten Jahre oder Jahrzehnte, sondern die Reaktion auf den Klimatrend des letzten Jahrhunderts. Die Mehrheit der Alpengletscher ist jedoch klein, sie reagieren schneller und zeigen Klimaänderungen im Bereich von Jahrzehnten an. Und hier variiert das Bild kaum: Seit den 1980er-Jahren weisen die meisten dieser sensiblen Klimazeiger Nettoverluste aus. Im Mittel über ihre gesamte Fläche gesehen, verloren sie bis ins Jahr 2000 jedes Jahr etwa 80 cm an Dicke. Seitdem ist es oftmals mehr als ein Meter jährlich, im Hitzesommer 2003 waren es sogar 2,5 Meter. Alfred Hagmann, seit 2005 Hüttenwart der Konkordiahütte oberhalb des Aletschgletschers, erlebt den Klimawandel quasi vor der Haustür: «Die Gletscheroberfläche am Konkordiaplatz liegt jeden Sommer etwa einen Meter tiefer – für den sicheren Zustieg mussten wir die Treppe in den letzten sechs Jahren um 30 Tritte verlängern», sagt er.

Schnee als Schutzschild

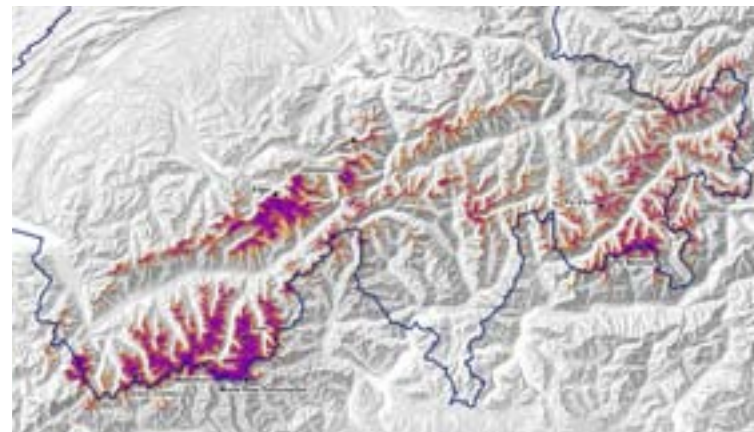
Wer auf Skitouren ist, kennt die Situation: Scheint die Sonne, ist die Sonnenbrille unentbehrlich, sonst droht Schneebblindheit. Ein grosser Teil der Sonnenstrahlung wird vom Schnee reflektiert, man sagt, seine Albedo ist hoch. Gerade während der Sommermonate sind Schneefälle deshalb gut für die Gletscher: Werden die aperen, dunklen Gletscherzungen von Schnee bedeckt, ist das Eis vor der Strahlung geschützt, die es sonst schmelzen lässt.

Entscheidenden Einfluss auf die Massenbilanz hat auch die Lufttemperatur im Sommer: Steigt das Thermometer – wie



Grafik 3: Zur Zeit der maximalen Ausaperung am Ende des Sommers entspricht die Schneegrenze etwa der Gleichgewichtslinie des Gletschers. Zu sehen ist der Traunter Ovas-Gletscher beim Julierpass im Sommer 2003. Die kleine Fläche des Nährgebiets reicht bei Weitem nicht, um den Gletscher in dieser Grösse zu ernähren. Foto: Christine Levy-Rothenbühler

Permafrost lokal möglich
Permafrost flächenhaft wahrscheinlich



Grafik 4: Karte der potenziellen Permafrostverbreitung des Bundesamts für Umwelt. Die Karte ist für die gesamte Schweiz im Massstab 1 : 50 000 verfügbar. Für detaillierte lokale Aussagen über Permafrostvorkommen sind aber noch weitere Abklärungen nötig. Grafik: Hugo Raetzo, BAFU 2006

heuer im April und Mai – früh auf sommerliche Werte, werden die Zungen früh ihres weissen Schutzschildes beraubt. Das dunkle Eis liegt dann frei und schmilzt verstärkt auch durch die Strahlung (vgl. Grafik 3). Deshalb war der wechselhafte und eher feuchtkühle Sommer 2010 mit spätem Schnee bis in tiefere Lagen für die Gletscher ein Lichtblick in harten, weil zunehmend warmen Zeiten.

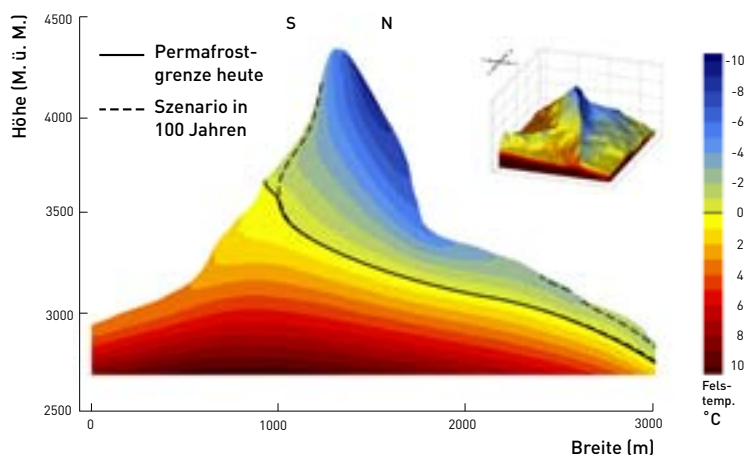
Permafrost: das unsichtbare Eis im Berg

Die Wärme schadet aber nicht nur den Gletschern, auch der Permafrost taut. Ein Beispiel dafür ist am Ritzlihorn oberhalb von Guttannen zu finden. «Der Gipfelbereich liegt im Permafrostgebiet, der stark zerklüftete und eisdurchsetzte Fels wird im Zuge steigender Temperaturen instabil», so der Geologe und Mitglied der Hüttenkommission des SAC Hansruedi Keusen. «Ein Felssturz hatte sich schon 2009 aus der Nordostflanke des Ritzlihorns gelöst, viel loses Material stand dadurch bereit.» Am 12. August 2010 wälzte sich nach heftigen Niederschlägen eine Mischung aus Geröll, Schutt und Wasser in einer gewaltigen Mure durch den Spreitgraben ins Tal. Die Galerie der Grimselstrasse und eine Transitsgasleitung wurden in Mitleidenschaft gezogen.

Im Hochgebirge liegt der Untergrund vielerorts im Permafrost, die Temperaturen bleiben dort das ganze Jahr bei oder unter null Grad Celsius. Weil der Permafrost aber ein Phänomen des Untergrundes und als solches nicht sichtbar ist, ist es schwierig, zu sagen, wo er sich genau befindet: An der Oberfläche sind manchmal jedoch Indikatoren zu sehen: Schneefelder, die liegen bleiben, Hängegletscher oder Eiswände sind Anzeichen von Permafrost. Auch Blockgletscher sind solche Indikatoren. Zumeist handelt es sich um eisübersättigte Schutthalden, die mit wenigen Zentimetern bis Dezimetern pro Jahr wie Lavaströme die Hänge hinabkriechen. In mehr als 75% aller Schutthalden oberhalb der Wald-



Jedes Jahr ein paar Stufen mehr. Die Treppe zur Konkordia-Hütte. Foto: Christof Sonderegger



Grafik 5: Schematische Darstellung der Felstemperaturen und der Permafrostgrenze (schwarze Linie) im Matterhorn. Das Matterhorn liegt fast gänzlich im Permafrost, und die Temperaturen ändern sich vor allem mit der Lage zwischen den verschiedenen warmen Bergflanken. Die gestrichelte Linie zeigt schematisch, wie sich die Permafrostgrenze in einem Jahrhundert entwickeln könnte. Die dargestellten Temperaturen sind vereinfacht simuliert und stellen keine Messdaten dar, der Einfluss der Gletscher ist nicht berücksichtigt. Die Änderungen erstrecken sich über grosse vertikale Distanzen, erreichen in dieser Zeit aber erst die obersten ca. 100 m.

Grafik: Jeannette Noetzi, DHM 25 von swisstopo



GPS-Messungen auf der Felsrutschung von Tsarmine (Arolla, VS). Foto: Reynald Delaloye

grenze ist Permafrost zu finden. Diese Halden wirken wie ein Kühltank, in dem kalte Luft zwischen den groben Blöcken zirkuliert, während die warme, leichtere Luft entweicht. Fehlen die Indikatoren, ist das jedoch kein Zeichen für fehlenden Permafrost. So ist zum Beispiel der grösste Teil des Matterhorns ganzjährig gefroren (Grafik 5).

In nach Norden exponierten Schuttgebieten kann der Permafrost bereits oberhalb von gut 2000 Metern beginnen, in steilen südexponierten Felswänden liegt die Grenze dagegen bis zu 1500 Meter höher (Grafik 4). Kurz: Die Verbreitung des Permafrosts ist sehr unregelmässig und wird bestimmt durch Höhe, Exposition, Bodenmaterial und Schneedecke: Weil diese Faktoren auf kleinem Raum stark variieren, gilt dies auch für die Temperaturen an der Oberfläche und damit für den Permafrost. Manchmal ist er zusammenhängend, dann wieder kleinräumig und unterbrochen.

Lediglich die sogenannte Auftauschicht taut im Sommer auf. Ähnlich der Massenbilanz der Gletscher spiegelt die Mächt-

tigkeit der Schicht die Witterung des vergangenen Jahres. Deutliche Spuren etwa hat auch hier der Hitzesommer 2003 hinterlassen: Noch nie wurden seit Messbeginn vor über zehn Jahren grössere Auftautiefen registriert: An Stellen, wo sonst weniger als ein Meter auftaut, waren es bis zu 2,5 Metern. Mit fast neun Metern – im Vergleich zu 4,5 bis 5 Metern in den Jahren zuvor – wurde der Rekord am Schilthorn gemessen. Es ist naheliegend, dass solch massive Veränderungen der Auftauschicht und damit des Eisgehalts im Permafrost weitreichende Konsequenzen haben. Nicht nur bezüglich der Naturgefahren, wie eingangs erwähnt am Ritzihorn, sondern auch beim Bau und Unterhalt von Infrastrukturen im Hochgebirge wie Hütten, Bergbahnstationen, Lawinenverbauungen oder Strassen.

Warmer Frühling verheisst nichts Gutes

Anders als für die Gletscher war der frühe Wintereinbruch im Oktober 2009 für den Permafrost nahe der Oberfläche sehr schlecht. Die Schneeschicht isoliert nämlich wegen ihres hohen Gehalts an eingeschlossener Luft wie eine Dauernacke: Die im Boden gespeicherte Sommerwärme kann nicht entweichen. Im Frühling dagegen wirkt eine Schneedecke positiv, da sie eine rasche Erwärmung des Permafrosts verhindert. Lediglich in steilem Fels wirkt eine Schneeschicht generell kühlend: Sie ist zu dünn, um zu isolieren, reflektiert dafür aber die Sonnenstrahlung.

Der ausbleibende Niederschlag dieses Frühlings und die viel zu hohen Temperaturen verheissen also wenig Gutes. Soll man nun auf einen nassen, kühlen Sommer hoffen? Mit Blick auf die Massenbilanzen der Gletscher und die Murgangereignisse in Guttannen bleiben wir geteilter Meinung. Sicher ist: Die Veränderungen im Hochgebirge finden statt – wenn auch langsam. Das erlebt auch Hüttenwart Hagmann von der Konkordiahütte: «Besonders Gäste, die während mehrerer Jahre nicht mehr hier waren, reagieren immer wieder erschrocken darauf.»



Sicht vom Augstbordpass über mehrere Blockgletscher im Augstbordtäl (Mattertal, VS). Foto: Isabelle Gärtner-Roer

→ Weitere Infos www.permos.ch