

Schnee, Gletscher und Permafrost 2018/19

Kryosphärenbericht für die Schweizer Alpen

Im Winter 2018/19 fiel viel Schnee, was zu teilweise sehr grosser Lawinengefahr führte. Dennoch waren die Verluste der Schweizer Gletscher im Sommer 2019 massiv. Die Schneemengen konnten auch den Permafrost nicht vor der Sommerhitze schützen, und er erwärmt sich weiter.

Text: Matthias Huss, Christoph Marty, Andreas Bauder und Jeannette Nötzli

Witterung und Schnee

Das Winterhalbjahr 2018/19 war von grossen Unterschieden zwischen dem Norden und dem Süden geprägt. Im Süden war es mehrheitlich trocken und mild. Die Alpennordseite erlebte zwar insgesamt auch einen eher milden Winter. Aber laut MeteoSchweiz gab es gleichzeitig in höheren Lagen den kältesten Januar seit über 30 Jahren mit intensiven Schneefällen. Insbesondere im Osten fielen rekordmässige Neuschneemengen. Von Mitte Januar bis Ende Februar herrschte in den Alpen mit kurzen Unterbrüchen Sonne pur. Zusätzlich war der Februar von frühlingshaften Temperaturen geprägt. Ende Februar waren die Schneehöhen nur am Alpenhauptkamm und im Osten überdurchschnittlich, im Süden klar unterdurchschnittlich. Anfang April sorgten im Gotthardgebiet intensive Schneefälle bis in tiefe

Lagen teilweise für Rekorde in den Zwei-Tages-Neuschneesummen.

Insgesamt war die Zeit von November bis April in den nördlichen Alpen sehr schneereich (Abb. 1). Vor allem im Wallis und im nördlichen Graubünden lagen die Schneehöhen 20 bis 50% über dem Mittelwert von 1971 bis 2000. Südlich des Alpenhauptkamms und in den übrigen Alpenregionen waren sie etwa durchschnittlich. Unterhalb von 1000 Metern hingegen musste man einmal mehr mit wenig Schnee vorliebnehmen.

Ein kalter Mai und Sommerhitze

Der Mai war schweizweit deutlich kühler als normal, laut MeteoSchweiz war es der kälteste Mai seit 1991. Entspre-

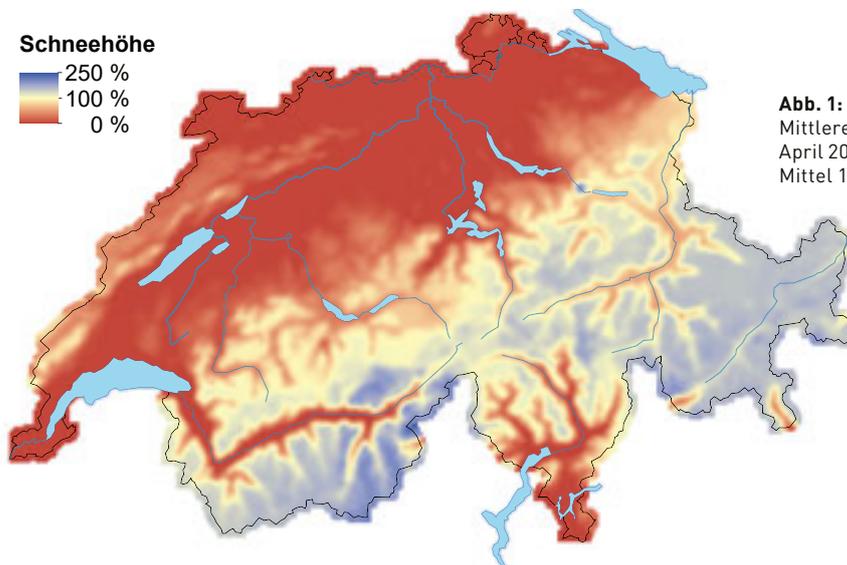


Abb. 1: Mittlere Schneehöhe (November 2018 bis April 2019) im Vergleich zum langjährigen Mittel 1971 bis 2000. Grafik: SLF

chend schneite es vereinzelt bis ins Flachland, und die Schneehöhen in den hohen Lagen stiegen weiter an. Der Neuschnee und die bereits vorhandenen grossen Schneemengen kumulierten sich Ende Mai oberhalb von rund 2000 Metern auf das Zwei- bis Dreifache des Normwertes. Auf dem Weissfluhjoch/GR wurde am 30. Mai so viel Schnee wie nie seit Messbeginn 1937 festgestellt. Die mittlere Schneehöhe der beiden Monate Mai und Juni liegt 2019 auf dem Weissfluhjoch auf Rang 4, wobei Rang 1 bis 3 vor 1981 erreicht worden sind. Nicht überraschend liegt deshalb die mittlere Mai-Juni-Schneehöhe 2019 bei über einem Drittel aller hoch gelegenen automatischen Messstationen (erste Installationen 1994) auf Rang 1. Diese Schneemassen schmolzen im Verlauf des zweitheissesten Junis seit Messbeginn und eines ebenfalls sehr warmen Julis extrem schnell dahin (Abb. 2), sodass die Ausaperung vielerorts auch in hohen Lagen nur wenig später als normal stattfand. Aufgrund des ebenfalls warmen Augusts erlebten wir den drittwärmsten Sommer seit Messbeginn. Im Gegensatz zum Sommer 2018 fiel aber in den

meisten Regionen ausreichend Niederschlag. Trotzdem wurde auf dem Weissfluhjoch, wie erstmals 2018, zwischen Juni und August kein Neuschnee gemessen. Im Durchschnitt beträgt die Sommer-Neuschneesumme dort rund 80 Zentimeter. Mit Ausnahme von einigen Niederschlägen im September schneite es im Sommer 2019 aufgrund der Wärme jedoch meist nur oberhalb von 3000 Metern.

Gletscher

Viel Schnee, starke Schmelze

Der seit Jahren anhaltende Schwund der Schweizer Gletscher setzte sich fort. Die hoffnungsvollen Vorzeichen, die der lange und schneereiche Winter mit sich brachte, wurden durch den schmelzintensiven Sommer mit mehreren anhaltenden Hitzeperioden zunichtegemacht. Dennoch fielen die Verluste im Vergleich zu den Messperioden 2016/17 und 2017/18 etwas geringer aus. Im Jahr 2019 wurden auf knapp

Auf der Zunge des Findelgletschers schmolzen im Jahr 2019 acht Meter Eis, eindrücklich illustriert durch die Höhe der Pegelstange. Foto: M. Huss





Veränderung des Pizolgletschers/SG zwischen 2006 und 2019. In diesem Sommer zerfiel dieser kleine Gletscher weiter und existiert nur noch in Form von kleinen, abgetrennten Eisresten, die meist von Schutt bedeckt sind. Foto: M. Huss

20 Gletschern die Winterschneemenge und der jährliche Massenverlust bestimmt und an rund 100 Gletscherzungen die Veränderung der Länge ermittelt. Auf alle Schweizer Gletscher hochgerechnet ist ein geschätzter Verlust von über einer Milliarde Kubikmetern Eis entstanden. Dies entspricht etwa dem jährlichen Trinkwasserverbrauch der Schweiz. Jahre mit sehr starker Schmelze häufen sich in jüngster Zeit: In den letzten fünf Jahren hat die Schweiz rund 10% ihres Gletschervolumens verloren.

Bei den Messungen Ende April lagen im Vergleich zum letzten Jahrzehnt 10 bis 50% mehr Schnee auf den Gletschern. Der Überschuss war im Gotthardgebiet und im Osten besonders ausgeprägt. Dennoch zeigten im September alle untersuchten Gletscher deutliche Verluste. Die grössten Einbussen an mittlerer Eisdicke fanden sich mit eineinhalb bis zwei Metern im westlichen Berner Oberland und im Engadin, die geringsten mit weniger als einem halben Meter im südlichen

Wallis und in den Zentralalpen. Schweizweit war die Sommerschmelze zwischen 10 und 40% stärker als im Mittel der letzten zehn Jahre (Abb. 3). Nur beim kleinen Pizolgletscher erscheinen die Verluste etwas weniger dramatisch. Da dieser im Sommer 2019 jedoch fast vollständig zerfallen ist, sind die Daten nicht mehr repräsentativ. Im Herbst wurde der Pizolgletscher medienwirksam «bestattet».

Vermessung der Gletscherzungen wird schwierig

Der Rückgang der Gletscherzungen widerspiegelt das vorherrschende Klima über einen mehrjährigen Zeitraum und nicht die Bedingungen im Einzeljahr. Die klimatischen Einflüsse wirken sich je nach Grösse des Gletschers mit unterschiedlicher Verzögerung auf das Zungenende aus. Nahezu alle untersuchten Gletscher haben weiter an Länge eingebüsst. Nur bei acht Ausnahmen blieb das Gletscherende nahezu unverändert. Mehrheitlich wurde ein Rückgang

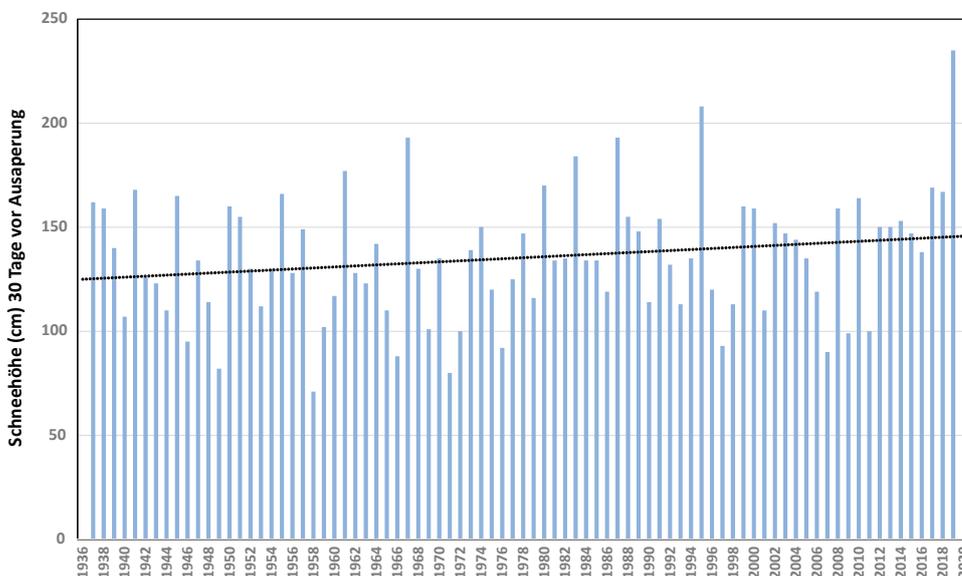


Abb. 2: Schneehöhe der letzten 82 Jahre auf dem Weissfluhjoch (2536 m), jeweils 30 Tage vor der Ausaperung. Der Rekordwert im Jahr 2019 zeigt, dass die Schneedecke innerhalb eines Monats von 235 auf 0 Zentimeter zurückgegangen ist. Dies entspricht einer Schmelzrate von fast acht Zentimetern pro Tag; durchschnittlich sind es weniger als fünf pro Tag. Die gestrichelte Linie zeigt den langjährigen Trend. Grafik: SLF

zwischen 0 und 30 Metern gemessen. Extreme Rückgänge von mehr als 100 Metern (z. B. beim Glacier du Tseudet/VS oder beim Vadret da Sesvenna/GR) entstehen, wenn sich das Zungenende über Jahre hinweg zunehmend ausdünn. In einem Einzeljahr zerfällt dann die verbliebene Eismasse, und das Ende des zusammenhängenden Gletschers verlagert sich schlagartig zurück. Wegen des anhaltenden Rückgangs liegen einige Gletscherzungen inzwischen in unzugänglichem Gelände. Eine Vermessung ist nur noch mit erhöhtem Aufwand möglich und kann deshalb nicht mehr jedes Jahr durchgeführt werden. Die Fortsetzung der Messreihen ist dennoch gewährleistet, indem vermehrt auch neue Technologien wie Drohnen oder Luftbilder eingesetzt werden.

Permafrost

Die Tiefe der Auftauschicht wächst weiter

Ende Herbst 2018 lag vielerorts bereits früh eine geschlossene Schneedecke und speicherte die Sommerwärme in der

obersten Bodenschicht. Dies führte zu überdurchschnittlichen Oberflächentemperaturen im Winter 2018/19, insbesondere in der Gotthardregion und den Südalpen. Da die Ausaperung zwar schnell, aufgrund der mächtigen Schneedecke aber vielerorts relativ spät erfolgte, war der Untergrund länger vor den hohen Lufttemperaturen geschützt. An exponierten Stellen, wo der Schnee typischerweise nicht oder nur kurz liegen bleibt, wurden hingegen neue Rekorde der Oberflächentemperatur gemessen, beispielsweise in Felswänden während der Hitzewelle Ende Juni. Die Durchschnittstemperaturen für das Jahr 2018/19 waren bei fast allen der 200 Messstellen nur wenig tiefer als in den bisher wärmsten Jahren 2003 und 2015. Die Oberflächentemperaturen werden in den Untergrund weitergeleitet und steuern so die Veränderungen in der Auftauschicht und im darunterliegenden Permafrost. Nachdem bereits im Vorjahr neue Maximaltiefen der Auftauschicht verzeichnet worden waren, zeigten die Messungen im Spätsommer 2019 an vielen Standorten abermals Rekorde. Am Stockhorn und am Ritigrabe im Mattertal, am Corvatsch im Engadin oder im Unterwallis

Spezielle Ereignisse

Lawinensituation im Januar 2019

In der ersten Januarhälfte schneite es im Norden anhaltend und ergiebig. Die Zehn-Tages-Neuschneesumme vom 5. bis zum 14. Januar 2019 brach vor allem im Osten der Schweiz einige Rekorde. Von Liechtenstein bis ins nördliche Prättigau entsprach die Niederschlagsmenge (2–3 m Neuschnee) einem Ereignis mit einer 150- bis 300-jährigen Wiederkehrdauer, in den übrigen östlichen Gebieten einem circa 30-jährlichen Ereignis. Am Alpennordhang fiel zwischen dem 12. und dem 14. Januar verbreitet mehr als ein Meter, zum Teil sogar mehr als eineinhalb Meter Schnee. Aufgrund dieser grossen, von Sturm begleiteten Neuschneemengen wurde vom östlichen Berner Oberland bis ins Unterengadin verbreitet vor sehr grosser Lawinengefahr (Stufe 5 auf der Lawinengefahrenskala) gewarnt. Es war mit dem Lawinenwinter 1999 und dem Januar 2018 erst der dritte Winter, in dem grossflächig sehr grosse Lawinengefahr herrschte. Die tiefen Temperaturen führten dazu, dass viele Staublawinen niedergingen und sehr gross wurden. Wie bereits im Winter 2017/18 bewährten sich bauliche, raumplanerische und organisatorische Schutzmassnahmen. Es entstanden in dieser Periode zwar Sach-, nicht aber Personenschäden.

Felssturz am Flüela Wisshorn

Am Südwestgrat des Flüela Wisshorns (3085 m) ereignete sich am 19. März 2019 kurz nach Mitternacht ein Felssturz mit einem Volumen von etwa 300 000 Kubikmetern. Er löste eine sehr grosse Staublawine aus, die fast bis hinunter zur geschlossenen Flüela-



Das grobblockige Material des Felssturzes am Flüela Wisshorn bei Davos lagerte sich im Hochtal unterhalb des Gipfels ab. Foto: R. Kenner

passstrasse reichte. Die groben Blöcke des Felssturzes blieben im Hochtal unterhalb des Gipfels liegen, unmittelbar auf und neben der Skitourenroute über die Winterlücke zum Flüela Wisshorn. Die Anrisszone liegt auf über 3000 Metern mit Exposition Nordwest und damit im Permafrostgebiet. Messungen an anderen Standorten zeigen, dass sich der Permafrost im steilen und eisarmen Fels sowie in Gratlagen in den letzten Jahren besonders stark erwärmt hat. Wie entscheidend dieser Prozess für die Auslösung des Felssturzes war, lässt sich noch nicht beurteilen. Die Hauptrolle dürften die geologische Struktur der Felsflanke und die Erosion gespielt haben. Grosse Felsstürze aus Permafrostgebieten können ganzjährig auftreten. Die jährlichen Temperaturschwankungen kommen in der Tiefe verzögert an oder sind nicht messbar. Kleinere Ereignisse häufen sich hingegen während des Sommers, wie das Felssturzinventar des Swiss Permafrost Monitoring Network PERMOS und des Instituts für Schnee- und Lawinenforschung zeigt.

Mehr Informationen unter www.slf.ch/de/newsseiten/2019/04/felssturz-und-lawine-am-flueela-wisshorn.html



Ablagerung der Schosslawine bei Elm, abgegangen am 14. Januar 2019. Foto: K. Bähler

(Lapires und Les Attelas) waren die Auftauschichten 5 bis 20 Zentimeter mächtiger als im Vorjahr.

Erwärmung auch in der Tiefe

Direkte Messungen der Permafrosttemperatur werden an 15 Standorten mit Bohrlöchern von 20 bis 100 Metern Tiefe gemacht. Die Temperaturschwankungen werden mit der Tiefe immer stärker abgeschwächt und verzögert. Nach dem vorübergehenden Unterbruch der Erwärmung vor zwei Jahren sind die Temperaturen in der Tiefe 2019 wieder angestiegen und liegen nun nur noch wenig unter den bisherigen Höchstwerten (Abb. 4). Dies ist ein Resultat des Hitzesommers 2018. Der Effekt der ebenfalls heißen Sommermonate 2019 wird sich erst ein Jahr später zeigen.

Falls die Permafrosttemperaturen nur wenig unter 0°C liegen und viel Eis im Untergrund ist, bleiben sie beinahe konstant. Man bezeichnet diesen Effekt als Zero Curtain. Der Grund dafür ist die Schmelzenergie, die benötigt wird, um Eis in Wasser umzuwandeln. Änderungen im Permafrost sind deshalb nicht in den Temperaturmessungen sichtbar. Geophysikalische Methoden nutzen die unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit von Wasser und Eis, um die Änderungen im Eisgehalt zu erfassen. Die kontinuierliche Abnahme der elektrischen Widerstände an fünf Bohrlochstandorten hat sich fortgesetzt. Der grösste Rückgang im Eisgehalt wurde am Stockhorn/VS gemessen.

Die Kriechgeschwindigkeit von Blockgletschern wird jährlich bestimmt. Sie ist vom Wassergehalt und von den Temperaturschwankungen im Untergrund abhängig und hat im Schnitt gegenüber dem Vorjahr um 21% zugenommen, allerdings mit grossen regionalen Unterschieden. Die grösste Beschleunigung (46%) liess sich an den drei Standorten in der Gotthardregion und den Südalpen beobachten, wo auch die höchsten Oberflächentemperaturen im Winter gemessen wurden.

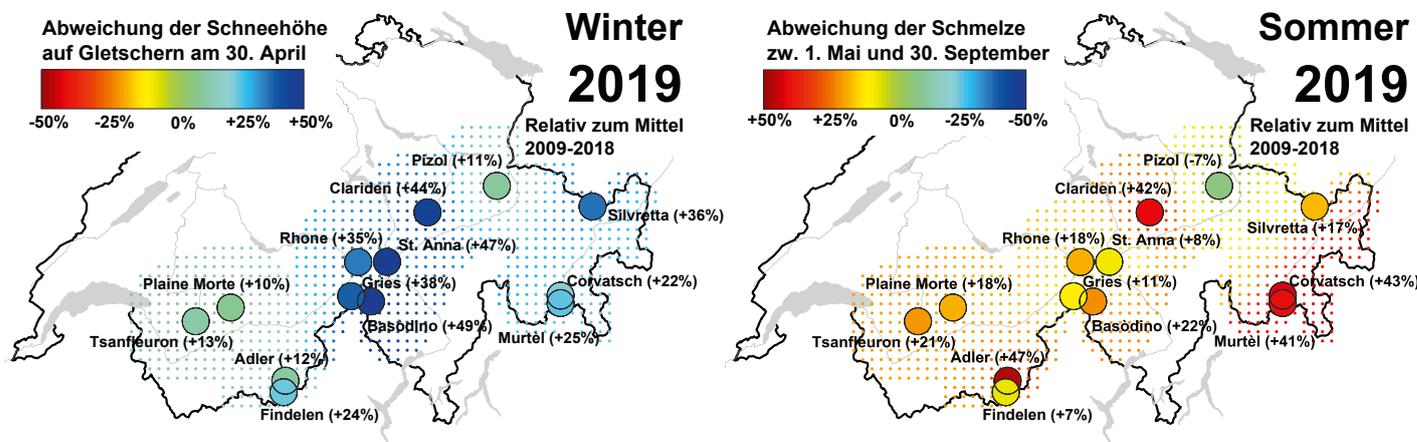


Abb. 3: Prozentuale Abweichung der Winterschneemenge (links) und der Sommerschmelze (rechts) auf den untersuchten Gletschern vom Mittel der letzten zehn Jahre. Kleine Punkte entsprechen einer Extrapolation, um die regionalen Unterschiede zu verdeutlichen. Grafik: GLAMOS

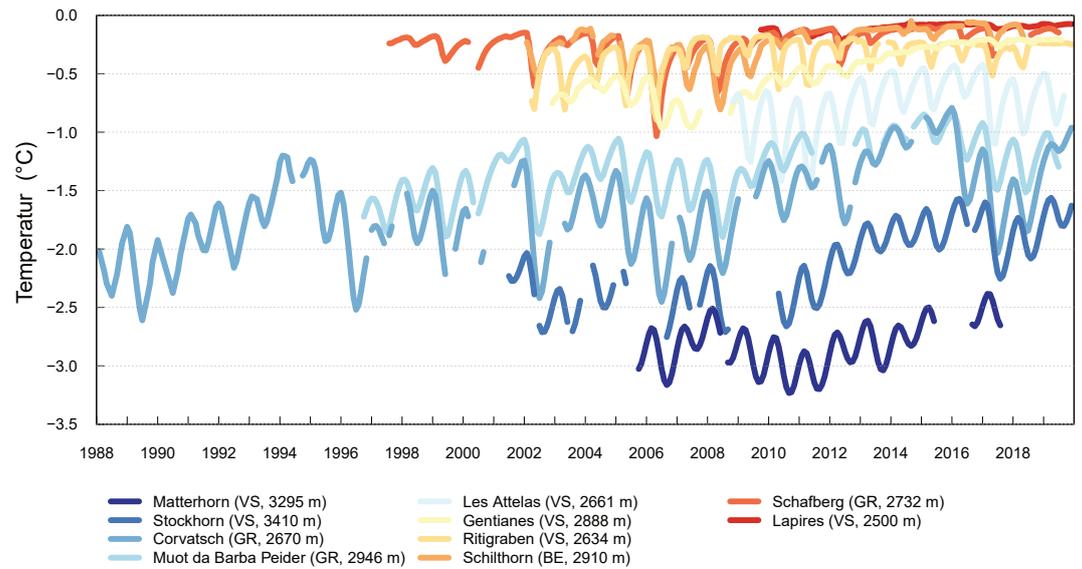


Abb. 4: Temperaturverlauf in verschiedenen Bohrlöchern im Permafrost in einer Tiefe von etwa zehn Metern (Monatsmittel). Grafik: PERMOS

Zum Weiterlesen

- www.kryosphäre.ch
- www.slf.ch
- www.meteoschweiz.ch
- www.glamos.ch
- www.permos.ch

Die steile Front des Blockgletschers Tsarminne im Val d'Arolla/VS und die darunterliegende Murgangrinne. Foto: C. Pellet

