



Massive Schneefälle auf der Alpensüdseite: Wie hier in San Bernardino war es im Februar teilweise nötig, die Dächer von den grossen Schneemengen zu befreien. Foto: G. Kappenberger

# Schnee, Gletscher und Permafrost 2013/14

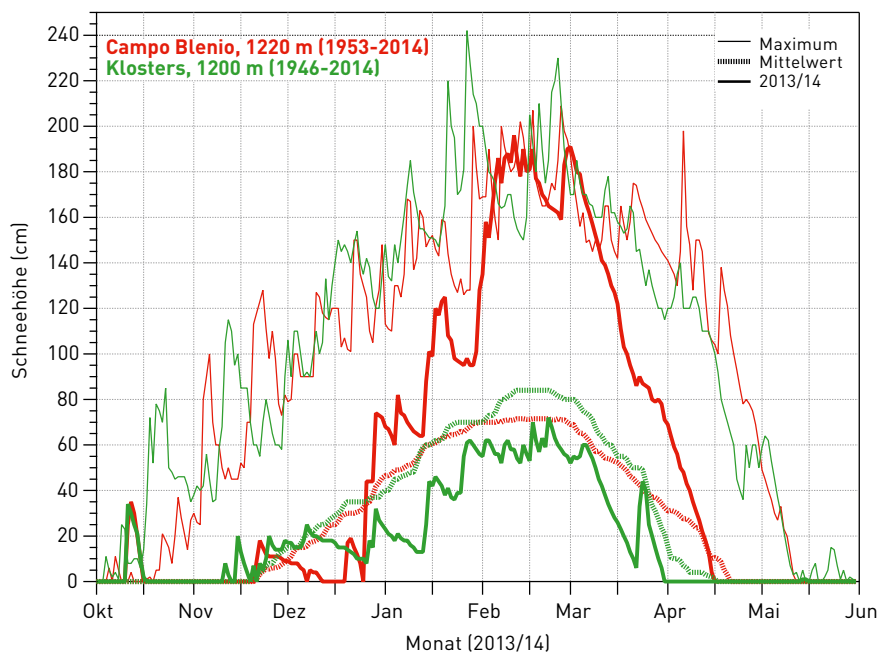
Kryosphärenbericht für die Schweizer Alpen

*Grosse Nord-Süd-Unterschiede bei den Schneefällen und ein warmer, aber wechselhafter Sommer resultierten in entsprechenden Unterschieden hinsichtlich Schneedecke, Gletschermassenbilanz und Permafrosterwärmung. Als Folge einer langfristigen Entwicklung trennte sich erneut bei drei Gletschern ein Teil der Zunge ab.*

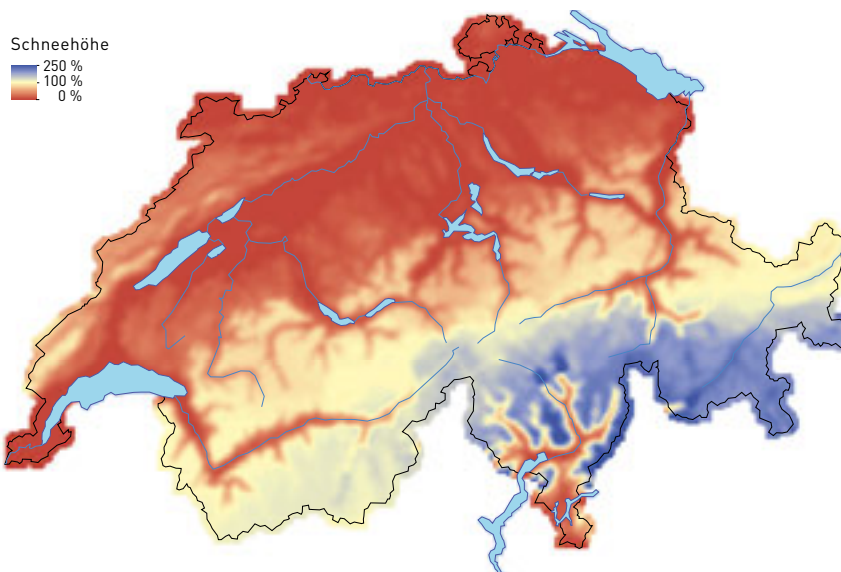
Text: Frank Paul, Andreas Bauder, Christoph Marty und Jeannette Nötzli

**Abb. 1:**

Entwicklung der täglichen Schneehöhe in Klosters (1200 m) und auf der Alpensüdseite in Campo Blenio (1220 m). Beide Stationen zeigen ähnliche mittlere und maximale Schneehöhen in den letzten 60 Jahren. 2013/14 waren die Schneehöhen in Klosters klar unterdurchschnittlich, in Campo Blenio dagegen im Bereich der Rekordwerte.



**Schneehöhen 2013/2014 im Vergleich zur Periode 1971–2000**  
Februar

**Abb. 2:**

Die grossen Schneefälle auf der Alpensüdseite zeigen sich deutlich in den relativen Schneehöhen im Februar 2014. Angezeigt ist die Abweichung vom Mittel der Periode 1971–2000.

## Witterungsverlauf

Obwohl es bereits im November 2013 ausgiebig schneite, blieb die Schneehöhe bis Weihnachten in allen Gebieten stark unterdurchschnittlich. Durch die anschliessenden häufigen Südostlagen wurde der Alpensüdhang dann aber bis Ende Februar 2014 mit reichlich Schnee versorgt (200 bis 300% der normalen Menge). Teilweise fiel bis zu einem Meter der weissen Pracht in 24 Stunden. In den südlichen Alpen wurden dadurch auf rund 1500 Metern Schneehöhen von 2 bis 2,5 Metern erreicht. Für wirklich neue Rekorde hat es aller-

dings an keiner Messstelle gereicht (Abb. 1). Im Gegenzug führten die häufigen Föhnlagen auf der Alpennordseite und im Mittelland zu milden Temperaturen mit nur wenig Niederschlag und unterdurchschnittlichen Schneehöhen (Abb. 2). Sogar auf dem Weissfluhjoch (2540 m) waren die Schneehöhen nur gerade im Oktober und im November 2013 leicht überdurchschnittlich. An einigen Orten im Mittelland gab es keinen einzigen Schneetag. Hingegen hatte Locarno am Ende des Winters etwa doppelt so viele Schneetage (7)



wie Zürich (3). Rückblickend betrachtet war im Mittelland nur der Winter (Nov/Apr) 1989/90 noch schneeärmer.

Die warmen und eher trockenen Monate März und April führten zu einem raschen Abbau der Schneedecke in allen Regionen.

Nach einem warmen Juni war es im Juli und im August leicht kühler und feuchter als normal. Das führte oberhalb von 3000 Metern zu wiederholtem Schneefall und damit zu günstigen Bedingungen für die Gletscher. Häufig blieben Nordwände fast den ganzen Sommer hindurch weiss. Auch die Alpensüdseite erlebte einen sehr niederschlagsreichen und sonnenarmen Sommer. Dadurch konnten winterliche Schneereste in Rinnen und Mulden teilweise auch unterhalb von 2000 Metern überdauern.

## Gletscher

In der Beobachtungsperiode 2013/14 wurde auf rund 15 Gletschern die Massenbilanz und an über 100 Gletscherzungen die Längenänderung ermittelt. Die Gletscher starteten im Süden mit über- und im Norden mit unterdurchschnittlichen Schneemengen in die sommerliche Schmelzperiode. Das wechselhafte Wetter im Juli und im August kam vor allem Gletschern in hohen Lagen zugute, da die häufigen Neuschneefälle die Gletscherschmelze deutlich reduzierten. Der anschliessende warme September führte hingegen zu weiteren Massenverlusten und zu durchwegs gut ausgeaperten Gletscherzungen.

### Negative Bilanz trotz Massengewinn im Süden

Auf den Gletschern des südlichen Alpenhauptkamms und des Engadins (z.B. Findelgletscher, Vadret dal Murtel) konn-

ten ausgeglichene oder leicht positive Massenbilanzen (10 bis 50 cm Dickengewinn) gemessen werden. Die untersuchten Gletscher am nördlichen Alpenhauptkamm zeigten hingegen moderate Massenverluste. Diese fielen mit einer Abnahme von 40 bis 90 cm allerdings geringer aus als im Durchschnitt des letzten Jahrzehnts. Gletscher im Nordosten der Schweiz (Silvrettagletscher, Pizolgletscher) zeigten hingegen deutliche Verluste von über einem Meter (Abb. 3). Damit waren die regionalen Unterschiede der Massenbilanz 2013/14 besonders stark. Sie hängen direkt mit dem oben erwähnten häufigen Auftreten von Südstaulagen im Winter und im Frühling zusammen, die grossen Schneemengen im Süden und trockenes Wetter im Norden brachten. Auf alle Gletscher der Schweiz hochgerechnet, ergibt sich für die abgelaufene Messperiode ein geschätzter Verlust der Eismasse von etwa 300 Millionen Kubikmetern. Dies entspricht einer Reduktion von rund 0,6% des aktuell in der Schweiz vorhandenen Eisvolumens.

### 85 Gletscher haben an Länge eingebüsst

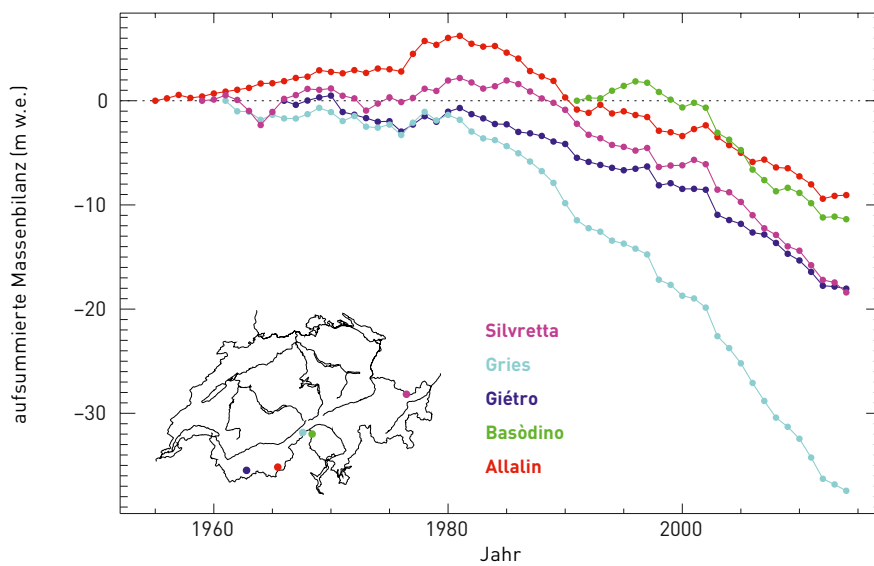
An 94 Gletscherzungen konnte im Herbst 2014 die Änderung der Länge bestimmt werden (siehe Tabelle). Im Unterschied zur Massenbilanz widerspiegelt sie weniger die Bedingungen im Einzeljahr als den Trend der klimatischen Verhältnisse über die vergangenen Jahre. Dabei wirkt sich der Klimatrend bei grösseren Gletschern nur mit stärkerer Verzögerung auf das Zungenende aus (Abb. 4). Insgesamt büssten 85 Gletscher an Länge ein, während 4 Gletscherzungen ihre Position nur wenig veränderten und 5 einen leichten Vorstoss verzeichneten. Abgesehen von drei Ausnahmen reichen die Werte (siehe Tabelle) von einem Rückzug um rund 100 Meter am Blüemlisalp/BE bis zu einem geringen Vorrücken des Zungenrandes um 8 Meter am Firnalpelifirn/OW.



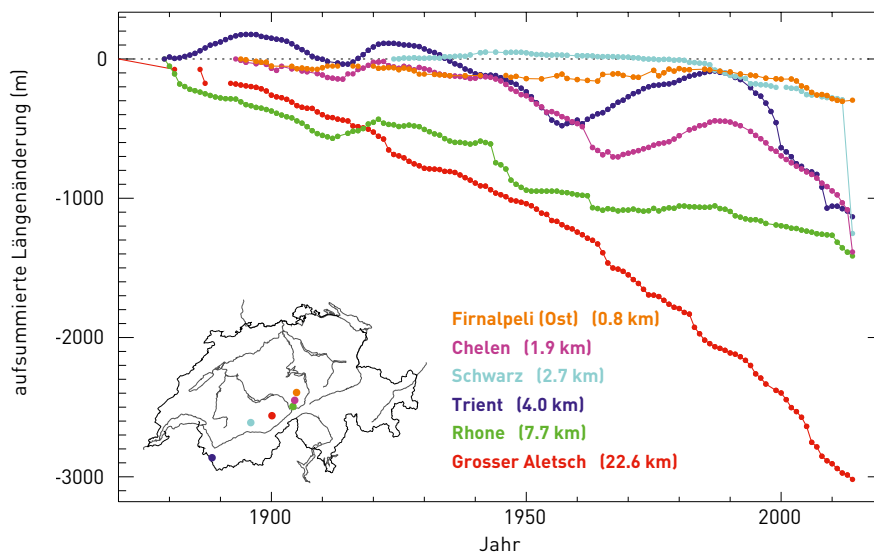
Das Zungenende des Chelengletschers 1998 (links), 2003 (Mitte) und 2014 (rechts). Im rechtesten Bild mit einem kleinen schuttbedeckten Toteisrest im Vordergrund, der gänzlich vom Gletscher losgetrennt ist.

Fotos: M. Planzer

**Abb. 3:** Massenbilanz der Gletscher Allalin, Basòdino, Giétro, Gries und Silvretta. Dargestellt ist die aufsummierte mittlere jährliche Massenbilanz in Meter Wasseräquivalenten.



**Abb. 4:** Aufsummierte jährliche Längenänderungen in Metern für ausgewählte Gletscher des Messnetzes mit unterschiedlichem Reaktions- und Anpassungsverhalten an das Klima.



## Längenänderung der Gletscher in den Schweizer Alpen 2013/14

Name/Kanton	Differenz	Name/Kanton	Differenz	Name/Kanton	Differenz	Name/Kanton	Differenz
Albigna/GR	-15	Gamchi/BE	-50	Paneirosse/VD	-9	Tschierva/GR	-67
Allalin/VS	-9	Gauli/BE	-51	Paradies/GR	2	Tschingel/BE	-14
Alpetli (Kanderfirn)/BE	-24	Gelten/BE	x	Paradisino (Campo)/GR	-8	Tseudet/VS	-14
Ammerten/BE	0	Giétro/VS	-7	Pizol/SG	1	Tsidjiore Nouve/VS	-8
Arolla (Mont Collon)/VS	-15	Glärnisch/GL	-7	Plattalva/GL	-18	Turtmann/VS	x
Basòdino/TI	-9 <sup>2</sup>	Gorner/VS	-30	Porchabella/GR	-11	Unteraar/BE	n
Biferten/GL	-49	Grand Désert/VS	-6	Prapio/VD	5	Unterer Grindelwald/BE	-472
Blüemlisalp/BE	-101	Grand Plan Névéd/VD	-4	Punteglias/GR	-1	Val Torta/TI	n
Boveyre/VS	-27	Gries/VS	-38	Rhone/VS	-28	Valleggia/TI	-6 <sup>2</sup>
Breney/VS	-6	Griess/UR	-8	Ried/VS	x	Valsorey/VS	-19
Bresciana/TI	-29 <sup>3</sup>	Griessen/OW	-8 <sup>2</sup>	Roseg/GR	-40	Verstankla/GR	-9
Brunegg (Turtmann)/VS	x	Grosser Aletsch/VS	-32	Rossboden/VS	n	Vorab/GR	-10
Brunni/UR	-4 <sup>5</sup>	Hohlaub/VS	-2	Rotfirn (Nord)/UR	-22	Wallenbur/UR	-43
Calderas/GR	-3	Kaltwasser/VS	-14	Saleina/VS	-30	Zinal/VS	-30 <sup>2</sup>
Cambrena/GR	-6	Lang/VS	-14	Sankt Anna/UR	-9		
Cavagnoli/TI	0 <sup>2</sup>	Lavaz/GR	-3	Sardona/SG	-10		
Chelen/UR	-303	Lenta/GR	-34	Scaletta/GR	s		
Cheillon/VS	-11	Limmern/GL	-21	Schwarz/VS	-959 <sup>2</sup>		
Chessjen/VS	-4	Lischana/GR	n	Schwarzberg/VS	-16		
Corbassière/VS	-53	Lämmern/VS	-12	Seewjinen/VS	-1		
Corno/TI	-16	Moiry/VS	-6	Sesvenna/GR	-6		
Croslina/TI	-2 <sup>2</sup>	Moming/VS	-8	Sex Rouge/VD	1		
Damma/UR	-9	Mont Durand/VS	x	Silvretta/GR	-7		
Dungel/BE	x	Mont Fort (Tortin)/VS	-17	Stein/BE	-88		
Eiger/BE	-7	Mont Miné/VS	-15	Steinlimi/BE	-89		
En Darrey/VS	x	Morteratsch/GR	-22	Sulz/GL	-8		
Fee/VS	-21	Mutt/VS	n	Suretta/GR	-9		
Ferpècle/VS	-13	Oberaar/BE	n	Tiatscha/GR	-36		
Fiescher/VS	x	Oberaletsch/VS	n	Tiefen/UR	-30		
Findelen/VS	-33	Oberer Grindelwald/BE	-12	Trient/VS	-41		
Firnalpeli (Ost)/OW	8 <sup>2</sup>	Otemma/VS	-33	Trift (Gadmen)/BE	1		
Forno/GR	-15	Palü/GR	-1	Tsanfleuron/VS	-19		

### Abkürzungen

n = nicht beobachtet

x = Betrag nicht bestimmt

s = Gletscherzunge  
schneebedeckt

Y<sup>2</sup> = Die hochgestellte Zahl zeigt die Anzahl Jahre an, falls der Betrag für eine mehrjährige Zeitspanne gilt. Bsp.: Biferten -13<sup>2</sup> = Der Gletscher verlor in zwei Jahren 13 Meter.

Die Forscher installieren eine Messstange im Eis des Rhonegletschers. Foto: Andreas Bauder



### Erneute Abtrennung von Gletscherzungen

Die drei Ausnahmen betreffen den Schwarzgletscher/VS mit -959 Metern (über 2 Jahre), den Unteren Grindelwaldgletscher/BE mit -472 Metern und den Chelengletscher/UR mit -303 Metern. Der jeweils grosse Schwundwert dieser Gletscher steht im Zusammenhang mit ihrer Entwicklung über die letzte Dekade. Die meist mächtige Schuttbedeckung auf der Zunge verbunden mit einem stark verringerten Eisnachschub aus dem Firngebiet führte jeweils zu einer massiven Ausdünnung der Gletscherzungen bei nur geringem Längenverlust. Bei allen drei Gletschern wurde dann im vergangenen Sommer ein grösserer Bereich der Zunge an einem Geländeknick oder einer weniger schuttbedeckten Stelle abgetrennt. Das aktive Zungenende hat sich dadurch bei allen drei Gletschern schlagartig um ein sehr grosses Stück nach hinten verschoben. Der Zeitpunkt dieser Veränderungen ist eher zufällig und widerspiegelt die allgemeine und kontinuierliche Entwicklung des Gletschers oder die Verhältnisse am Zungenende nur schlecht. Ähnlich verhält es sich auch mit den vereinzelt Vorstössen. Sie resultieren nicht aus einem grösseren Eisnachschub aus dem Firngebiet,

sondern aus den lokalen Begebenheiten und Verhältnissen im Einzeljahr.

Insgesamt kann die Witterung der Periode 2013/14 für die Gletscher der Schweizer Alpen dennoch als durchaus günstig bezeichnet werden. In den letzten 15 Jahren herrschten für die Gletscher nur in der vorangegangenen Messperiode 2012/13 noch leicht günstigere Bedingungen. Von einer Trendumkehr kann dennoch nicht gesprochen werden: Obwohl die Gletscherschmelze weniger dramatisch ausgefallen ist als im langjährigen Mittel, sind die Massenverluste insgesamt doch beträchtlich. Auch die fortgesetzte Abtrennung ganzer Gletscherzungen deutet darauf hin, dass die meisten Gletscher für das derzeitige Klima immer noch zu gross sind.

## Permafrost

Die Messdaten der Permafrostbeobachtung in der Schweiz (PERMOS) zeigen in der Berichtsperiode 2013/14 nunmehr für das sechste Jahr in Folge sehr warme Verhältnisse. Diese resultieren aus den jeweiligen Witterungs- und Schneeverhältnissen, die je nach Jahreszeit kühlend (z.B. späte Ausaperung im Frühling/Sommer) oder erwärmend (z.B. früher Schneefall im Herbst) wirken können.

### Regionale Unterschiede

Die regional unterschiedliche Schneebedeckung bewirkte auch in den oberflächennahen Schichten unterschiedliche Temperaturverhältnisse. In den Ostalpen führten frühe und grosse Neuschneemengen sowie hohe Herbsttemperaturen zur Konservierung der Herbstwärme, während in den restlichen Gebieten die Schneedecke bis Weihnachten nur dünn war und der Untergrund auskühlen konnte.

### Übers Jahr gesehen aber zu warm

Die grossen Schneemengen auf der Alpensüdseite führten dann zu einer späten Ausaperung. Der Schnee schirmte gegen die steigenden Frühlingstemperaturen ab. Die restlichen Gebiete aperten dagegen früher aus als im Durchschnitt. Die Rekordwärme des Jahres 2014 führte aber schliesslich dazu, dass die Oberflächentemperaturen am Ende der Periode an fast allen Standorten auf dem hohen Niveau der letzten Jahre blieb. Im Vergleich zum zehnjährigen Mittel 2000–2010 war sie etwa 0,3 °C höher. Die feuchten Bedingungen sowie die geringe Einstrahlung im Hochsommer 2014 reduzierten die Maxima der Oberflächentemperaturen, im Mittel blieben sie jedoch hoch. Die tiefer im Untergrund in gut 25 Bohrlöchern gemessenen Temperaturen haben an den meisten Standorten weiter leicht zugenommen (Abb. 5).

### Effekt der latenten Wärme

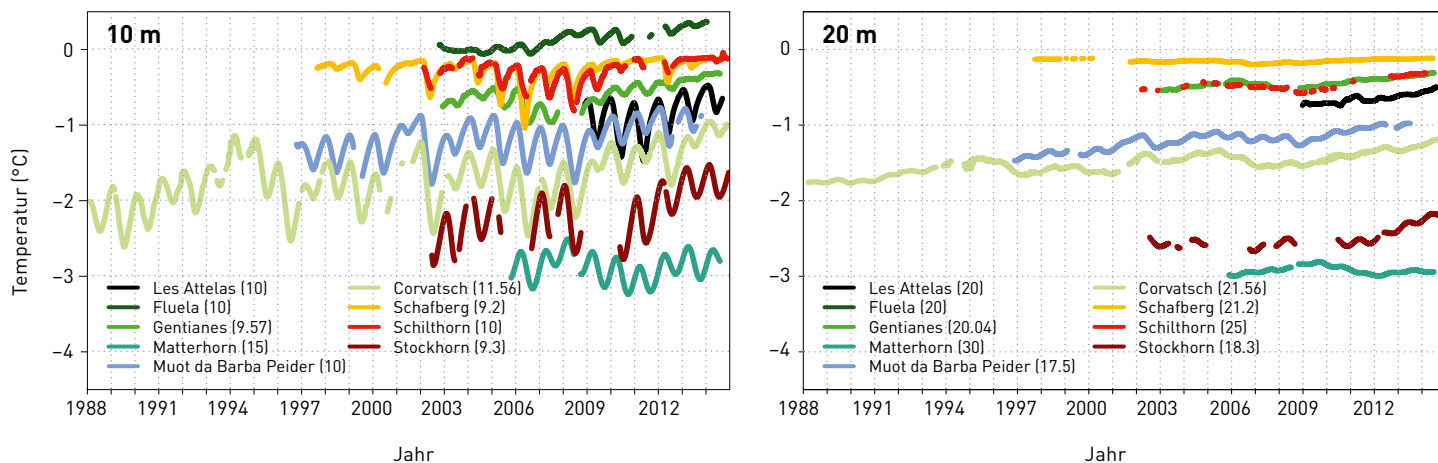
Auffällig sind die hohen Wintertemperaturen der letzten fünf Jahre, die an den wärmeren Standorten nur wenig unter dem Gefrierpunkt sind: zum Beispiel am Schilthorn, im



Front des Blockgletschers Tsarmine im Val d'Arolla. Es ist einer der Blockgletscher, dessen Geschwindigkeit im Berichtsjahr gegenüber dem Vorjahr am meisten zugenommen hat. Foto: Mario Kummert

## Kryosphärenmessnetze Schweiz

Die Beobachtung der Kryosphäre umfasst Gletscher, Schnee und Permafrost ([www.cryosphere.ch](http://www.cryosphere.ch)). Die Expertenkommission für Kryosphäre (EKK) koordiniert die Beobachtungen und Messnetze. Die Schneemessungen werden vom Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz und vom WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) durchgeführt und beinhalten rund 150 Messstationen. Die Messungen an den 115 Gletschern führen Vertreter der Hochschulen, der kantonalen Forstämter und der Kraftwerksgesellschaften sowie Privatpersonen durch ([glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers](http://glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers)). Das Schweizer Permafrostnetzwerk wird von mehreren Hochschulen und dem SLF betrieben und umfasst 29 Standorte mit Temperatur-, Geoelektrik- und/oder Bewegungsmessungen ([www.permos.ch](http://www.permos.ch)). Der Witterungsverlauf basiert auf den Berichten von MeteoSchweiz und des SLF.

**Abb. 5:**

Temperaturverlauf in verschiedenen Bohrlöchern im Permafrost in den Schweizer Alpen. Links in etwa 10 Metern, rechts in etwa 20 Metern Tiefe. Die exakte Messtiefe in Metern ist jeweils in der Klammer angegeben und abhängig von der Installation. Die Abbildungen zeigen, dass sich der Permafrost in der Tiefe erwärmt. Grafik: PERMOS

Blockgletscher am Schafberg oberhalb Pontresina, oder in der eisreichen Moräne bei Gentianes bei Nendaz. An diesen «warmen» Standorten ist auch kein oder nur ein geringer Temperaturanstieg seit Beginn der Messungen sichtbar. Der Grund dafür ist, dass bei Temperaturen nur wenig unter dem Schmelzpunkt in den Boden gelangende Energie zum Auftauen von Eis gebraucht wird, bevor die Temperaturen über 0 °C ansteigen können. Man spricht hier vom Effekt der latenten Wärme (latent = verborgen).

Die Änderungen im Eisgehalt können mittels Temperaturmessungen nicht erfasst werden. Sie werden an einzelnen Bohrlochstandorten mit aufwendigen geophysikalischen Methoden beobachtet, wobei die unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit von Eis und Wasser genutzt wird. Für das Berichtsjahr liegen nur Daten von zwei Standorten vor (Schilthorn und Stockhorn beim Gornergrat), welche die warmen Verhältnisse bestätigen. Am Schilthorn liegen die Werte seit fünf Jahren auf einem Rekordtief.

### Etliche Blockgletscher bewegen sich sehr schnell

Im Rahmen der Permafrostbeobachtung werden auch horizontale Bewegungen an der Oberfläche von Blockgletschern erhoben. Im Berichtsjahr haben diese weiter zugenommen, im Mittel der acht bereits ausgewerteten Standorte um 5% gegenüber dem Vorjahr. Während die Blockgletscher an den Standorten Aget und Gemmi in dieser Periode eine relative

Abnahme um 10–15% zeigen, haben sie in Tsarmine (+21%) und am Grossen Gufer (+27%) am meisten zugenommen. Insgesamt bewegt sich die Mehrheit der Blockgletscher gegenwärtig sehr schnell, an einigen Standorten wurden nun auch die bisherigen Maxima vom hydrologischen Jahr 2003/04 erreicht oder übertroffen. In der längerfristigen Entwicklung gibt es jedoch Unterschiede zwischen den Standorten, deren genaue Ursachen noch weiter untersucht werden. Insbesondere ist die Frage nach dem Einfluss des Wassers auf die Blockgletscherbewegung zu klären.

### → Weitere Informationen

**Gletscher:** Andreas Bauder, VAW, ETH Zürich, [bauder@vaw.baug.ethz.ch](mailto:bauder@vaw.baug.ethz.ch), 044 632 41 12

**Schnee:** Christoph Marty, SLF, [marty@slf.ch](mailto:marty@slf.ch), 081 417 01 68

**Permafrost:** Jeannette Nötzli, PERMOS, Universität Zürich, [info@permos.ch](mailto:info@permos.ch), 044 635 52 24