

Die Gletscher der Schweizer Alpen 2000/2001¹

Das 122. Berichtsjahr der Glaziologischen Kommission war einmal mehr geprägt durch Extreme: der nasseste März, vielerorts der wärmste Mai seit Messbeginn von 1860 und der kühlfte September in den Bergen seit 1972. Die global beobachteten Erwärmungstendenzen zeigten ihre Auswirkungen auch bei den Schweizer Gletschern: Im Beobachtungsjahr 2000/2001 zogen sich von den 108 beobachteten Gletschern 78 zurück.

Die globalen Erwärmungstendenzen zeigen auch regional ihre Auswirkungen, sodass sich die Gletscher in den Schwei-

¹ Auszug aus dem 122. Bericht der Glaziologischen Kommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (GK/SANW) und der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW/ETHZ)

Basodinogletscher 1969



Basodinogletscher 1971

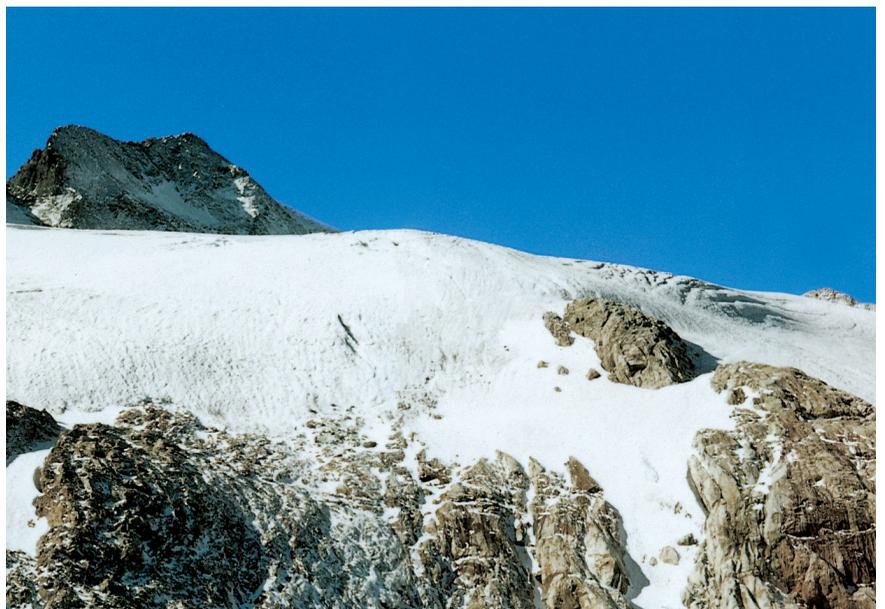


Tabelle 1: Titel der monatlichen Witterungsberichte von MeteoSchweiz Oktober 2000 bis September 2001

2000		Aussergewöhnlich warm – extreme Herbstregen im Süden und Wallis
Oktober	Unwetterkatastrophe im Wallis, höchster Pegelstand des Lago Maggiore seit 1868	
November	Im Norden unbeständig, mild und föhnig, im Süden extrem nass	
Dezember	Auf der Alpennordseite und im Wallis extrem mild und sehr niederschlagsarm	
2001		In den Niederungen warm und recht sonnig, auf der Alpennordseite nass
Januar	Mild und föhnig. Schneemangel am Alpennordhang, sonnenarm im Süden	
Februar	Sehr mild in der ersten Monatshälfte – nebelarm in den Niederungen	
März	Regnerisch und mild – nördlich der Alpen Rekordniederschläge	
April	Im Süden wechselhaft, im Norden nasskalt – Rückkehr des Spätwinters	
Mai	Sonnig, trocken und extrem warm	
Juni	Zuerst nass und kühl, sonnig und warm im letzten Monatsdrittel	
Juli	Kühl und regnerisch um die Monatsmitte, Hochsommer im letzten Monatsdrittel	
August	Sehr warm, viel Sonne und auf der Alpennordseite mehrheitlich zu trocken	
September	Sehr kühl – auf der Alpennordseite ungewöhnlich trüb	

Quelle: MétéoSuisse

zer Alpen nach wie vor und unvermindert zurückziehen. Diesem allgemeinen und längerfristigen Trend vermögen auch die kurzfristig, von der normalen Variabilität des Klimas verursachten Schwankungen in einzelnen Jahren nichts entgegenzusetzen. Nicht ohne Grund gelten die Gletscher als eines der besten Instrumente, um Veränderungen des Klimas zu erkennen. Sie widerspiegeln nicht nur die langfristigen Tendenzen, sondern vermögen auch direkt die viel zu oft unterschätzten grossen Fluktuationen von Jahr zu Jahr aufzuzeigen. Die Erhebungen im vorliegenden Bericht sind einmal mehr ein sehr gutes Beispiel dafür. Während die Messgrössen der vergletscherten Fläche beziehungs-

weise der Gletscherlänge eher die langfristigen Signale wiedergeben, stehen der Schneezuwachs (Niederschlag) und der Eisabtrag (Schmelze) in direkter Beziehung zu den vorherrschenden aktuellen klimatischen Verhältnissen im Berichtsjahr. Die zum Teil seit über hundert Jahren jährlich durchgeführten Erhebungen an den Schweizer Gletschern dienen diesem Zweck. Die inzwischen vorhandenen Messreihen gehören weltweit zu den längsten und vollständigsten. Ihre Bedeutung in der detaillierten Dokumentation und Beschreibung der Entwicklung eines sensiblen Umweltsystems ist einmalig.

Witterung und Klima

Überblick über das hydrologische Jahr 2000/2001

Weltweit zählt die vergangene Jahresperiode wiederum zu den wärmsten seit 1860, dem Beginn instrumenteller Messungen. Das globale Mittel der Temperaturen an der Erdoberfläche übertraf den langjährigen Mittelwert 1960–1990 um gut $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ – zum 23. aufeinander folgenden Mal. Neun der zehn wärmsten Jahre sind seit 1990 aufgetreten. Die Zahl klimatischer Extremverhältnisse wie Wirbelstürme, Überschwemmungen, aber auch Dürren lag einmal mehr über dem Durchschnitt (WMO, 2001).

Auch in der Schweiz war das Berichtsjahr überdurchschnittlich warm und zudem auch niederschlagsreich. Den nassen, eher kühlen Oktober und November folgte ein ausserordentlich milder Dezember, der ausser im süd-

lichen Tessin und Graubünden sehr trocken ausfiel. Die milden Temperaturen hielten an, bis im April der Winter wieder zurückkehrte und sich ein ausgesprochen niederschlagsreicher und sonnenarmer Frühling anschloss. Der Sommer verlief wechselhaft und überdurchschnittlich warm, bevor Anfang September der Winter sehr früh hereinbrach. In Erinnerung bleiben die Unwetterkatastrophen Mitte Oktober im Wallis. Daneben konnten der nasseste März, ein vielerorts wärmster Mai seit Messbeginn 1860 und speziell in den Bergen der kälteste September seit 1972 verzeichnet werden (vgl. Tab. 1).

Temperatur

Die Anzahl der Monate mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen überwog in der Berichtsperiode einmal mehr. Die Monate Dezember, Januar, Februar, März, Mai und August waren

deutlich zu warm, jedoch in den höheren Lagen etwas weniger ausgeprägt. Demgegenüber stehen einzig die beiden Monate April und September, die deutlich kälter ausfielen als der langjährige Durchschnitt. Der Trend der vergangenen Jahre von höheren durchschnittlichen Jahrestemperaturen setzte sich fort. Während der für die Schneeschmelze (Mai und Juni) und Ausaperung (Juli bis September) bedeutungsvollen strahlungsintensiven Sommermonate lagen die Werte wiederum zwischen $1,0$ und $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ über dem Durchschnitt (vgl. Fig. 1).

Niederschlag

Auf die Periode 1999/2000 mit Niederschlag auf normalem Niveau folgte 2000/2001 eine Periode mit überdurchschnittlich viel Niederschlag. Der Herbst 2000 fiel speziell im Süden sehr nass aus, während in der restlichen Periode auch auf der Alpennordseite viel Niederschlag verzeichnet wurde. Die Monate Oktober, November, Januar und März fielen überall in der Schweiz zu nass aus. Dagegen waren nur Mai und August in allen Regionen zu trocken. Die Abweichungen streuen über eine relativ grosse Spannweite von $+10$ bis $+70\%$, wobei Maximalbeträge deutlich über $+100\%$ auftraten. Einige anhaltende Staulagen von südwestlicher Richtung führten zu grossen Schneemengen auf der Alpensüdseite, insbesondere in den westlichen Tessiner Bergen und im Engadin (vgl. Fig. 2).

Basodinogletscher 1985



Fotos: Archiv VAW/Sezione forestale cantonale TI

Von links nach rechts: Der Basodinogletscher in verschiedenen Jahren. Der Verlauf der aufsummierten Längenänderungen ist in Fig. 4 dargestellt. Zwischen 1966 und 1986

stiess der Basodinogletscher um 88 m vor. Seither hat er sich wieder um 85 m zurückgezogen und ist heute rund 550 m kürzer als zu Beginn der ununterbrochenen Messreihe im Jahr 1899.

Basodinogletscher 1997



Sonnenschein

Nach der sonnenreichen Periode 1999/2000 lag die Sonnenscheindauer in der Berichtsperiode unter dem Durchschnitt. Ausser in den nördlichen Bündner Bergen wurden in den höheren Lagen Werte auf normalem Niveau erreicht. Überdurchschnittlich sonnig waren Mai, Juni und August, während Oktober, November, Dezember 2000 sowie März, April und September in den gesamten Schweizer Alpen sonnenarm ausfielen. Trotz geringem Sonnenschein wurden überdurchschnittliche Temperaturen verzeichnet.

Massenhaushalt

Aufwändige und detaillierte Erhebungen des Massenhaushalts – die Bilanz zwischen Schneezuwachs und Eisabtrag – mit der glaziologischen Methode wurden an drei Schweizer Gletschern, Basodino, Gries und Silvretta, durchgeführt. Zusätzlich wurden einzelne punktuelle Messungen der Massenänderung am Jungfraufirn (Gr. Aletsch-), Clariden-, Giétro- und Corbassièregletscher sowie im Mattmarkgebiet vorgenommen. Der Massenhaushalt liefert sehr viel detailliertere Informationen und gibt speziell die klimatischen Einflüsse unverzögert wieder.

Der Ghiacciaio del Basodino im Tesin legte deutlich an Masse zu. Der in unmittelbarer Nähe liegende Griesglet-

scher im Nufenengebiet weist eine nahezu ausgeglichene Bilanz auf. Für den am Alpennordhang liegenden Silvrettagletscher im hinteren Prättigau ergaben die Analysen ebenfalls eine positive Massenzunahme. Die Werte der mittleren, spezifischen Massenbilanz in Meter Wasseräquivalent betragen +0,64 m am Basodino, -0,05 m am Gries und +0,86 m am Silvretta. Im Vergleich mit den vorangegangenen Messperioden fallen alle Werte höher aus, nicht nur gegenüber der letzten, sondern auch der vorletzten

Periode mit schneereichem Winter (vgl. Fig. 3).

Die beiden Gletscher Basodino und Gries sind hauptsächlich Wettereinflüssen von Süden ausgesetzt. Die Resultate zeigen deutlich die Auswirkungen der im vergangenen Winter am Alpensüdhang gefallenen grossen Schneemengen. Beim kleineren der beiden, dem Basodino, hat sich der über die Wintersaison erfolgte Schneezuwachs weitaus positiver ausgewirkt. Neben der Grösse und gleichzeitig auch dem grösseren Höhenbereich dürfte wohl vor allem der viele Staub und das feine Gesteinsmaterial auf der Zunge des Gries, welche die Schmelze noch verstärken, für den Unterschied verantwortlich zeichnen. Beide Gletscher haben in den vorangehenden Perioden jeweils massive Masseneinbussen erlitten.



Cambrenagletscher 1986

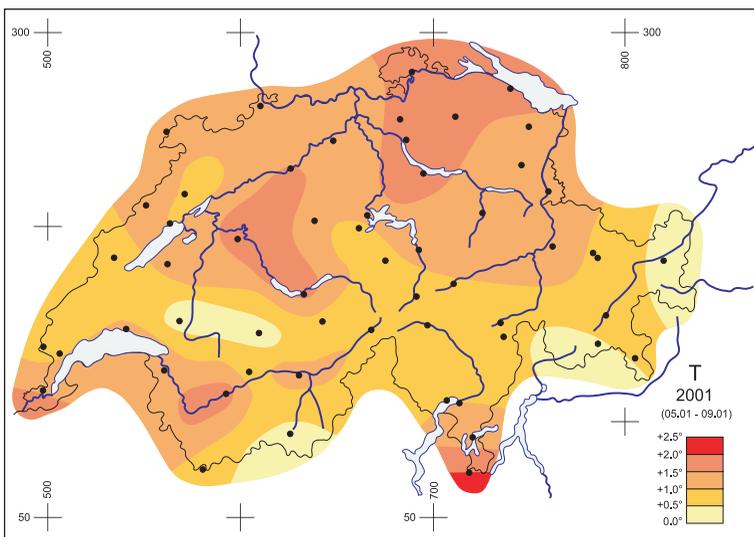


Fig. 1
Sommertemperatur 2001
(Mittelwert 1.5.–30.9.2001):
Abweichung vom langjährigen
Normalwert (1901 bis 1960)
in Grad Celsius

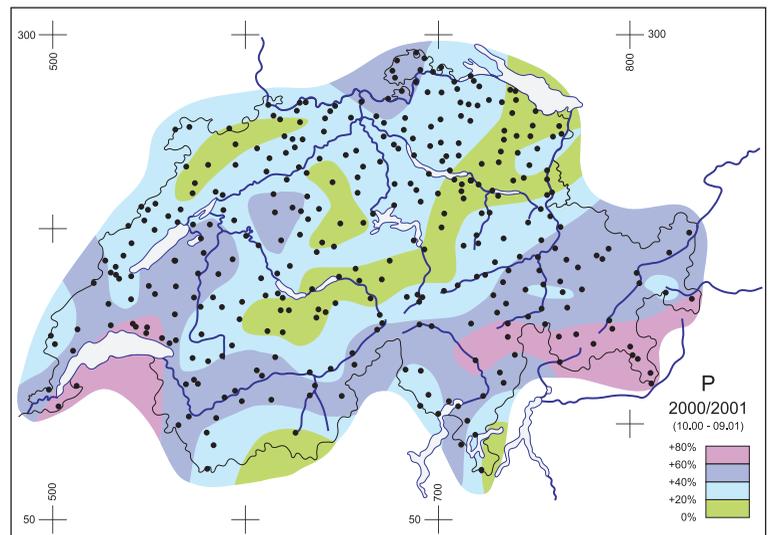


Fig. 2
Jahresniederschlag 2000/2001
(Summe 1.10.2000–30.9.2001):
Abweichung vom langjährigen Normal-
wert (1901 bis 1960) in Prozent



Cambrenagletscher 2001

Nachdem der Cambrenagletscher zwischen 1962 und 1986 (links) um 109 m vorgestossen war, hat er sich zwischen 1986 und 2001 (rechts) um 96 m zurückgezogen.

Etwas anders sieht die Situation am Silvrettagletscher aus: Dieser Gletscher setzt einen in den vergangenen Jahren bereits begonnenen positiven Trend fort. In der Berichtsperiode hat er weniger von den Schneeablagerungen während des Winters als vielmehr von den längeren Schlechtwetterphasen im Sommer und dem relativ frühen Wintereinbruch im Herbst profitiert. Dies dürfte

mit ein Grund sein, dass das diesjährige Resultat noch positiver ausgefallen ist als jenes vor zwei Jahren mit den extrem hohen Schneefällen in dieser Region. Es bleibt spannend abzuwarten, inwiefern dieser nun schon drei Jahre anhaltende Trend positiver Jahresbilanzen sich auf die dynamische Reaktion des Gletschers auswirken wird. Vorderhand zieht sich die Zunge weiter zurück. Es baut sich jedoch langsam ein massgebender Massenüberschuss im Nährgebiet auf.

Die zusätzlichen punktuellen Messungen vervollständigen den räumlichen Überblick. Die Resultate der Massenänderung fallen durchwegs positiver aus als in der vorangehenden Periode. Zudem sind sie gleichmässig über das gesamte schweizerische Alpengebiet hinweg verteilt, ohne dass ein Gefälle entlang oder quer zum Hauptkamm feststellbar ist.

Die ausserdem aufgenommenen Bewegungsmessungen im Mattmarkgebiet, auf dem Giétro- und dem Corbasièregletscher widerspiegeln weiterhin deutlich den allgemeinen Trend des Zurückschmelzens der Alpengletscher. Die Entwicklung mit kontinuierlich abnehmenden Geschwindigkeiten setzt sich auch in der Berichtsperiode fort.

Längenänderung

Die Schweizer Gletscher haben sich im Beobachtungsjahr 2000/2001 wiederum in der Mehrzahl zurückgezogen. Von den 108 aktiv beobachteten Gletschern konnten trotz des frühzeitigen Winter- einbruchs und der langen Schlechtwetter-

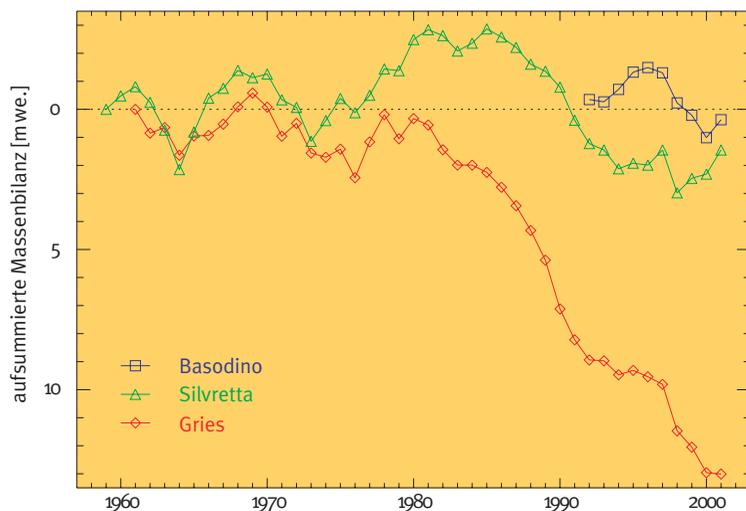


Fig. 3
Aufsummierte mittlere jährliche Massenbilanz (in m Wasseräquivalenten) von den Gletschern Basodino, Gries und Silvretta

Fig. 4
Aufsummierte jährliche Längenänderungen (in m) für fünf ausgewählte Gletscher des Messnetzes mit unterschiedlichem Reaktions- und Anpassungsverhalten auf das Klima

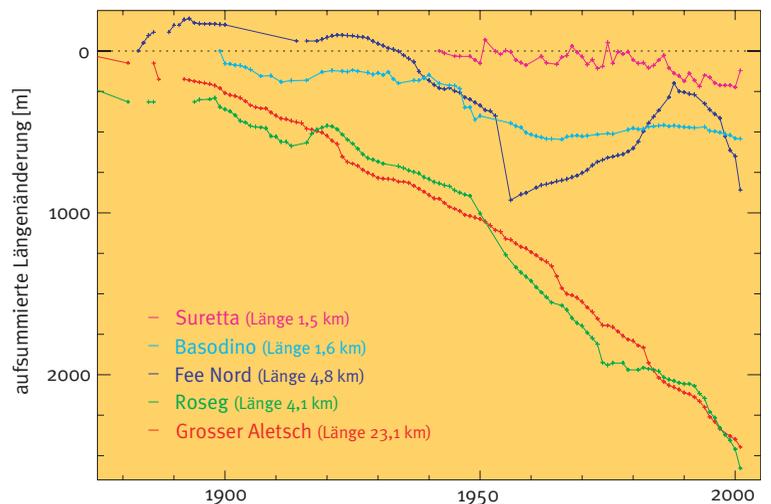
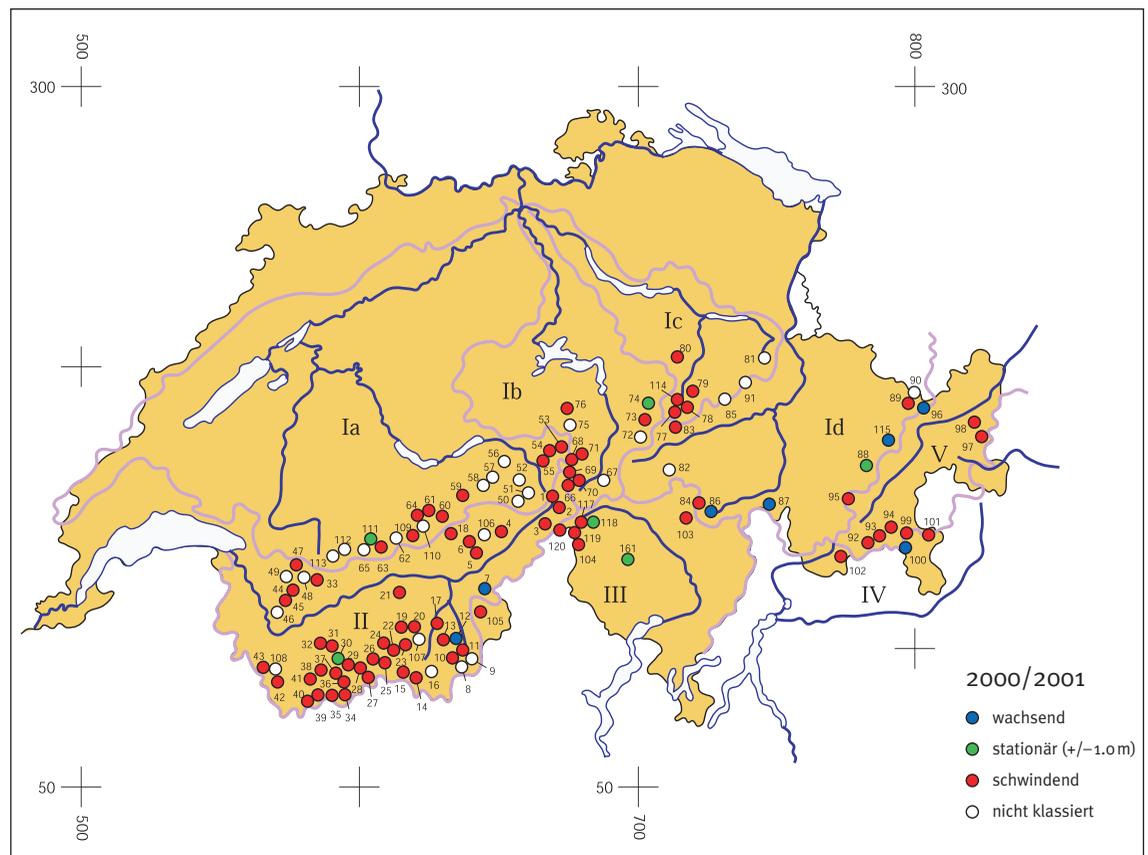


Fig. 5
Übersicht über die Längenänderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen 2000/2001



periode im September dennoch 99 Gletscherzungen besucht und bei 91 eine Längenänderung bestimmt werden. Während sich die grosse Mehrheit von 78 Gletschern zurückzog, verhielten sich deren 6 stationär ($= \pm 1$ m), und nur gerade 7 Zungen stiessen vor (vgl. Fig. 5). Die registrierten Maximalbeträge zeigen einen Vorstoss von +103 m am Surettagletscher und einen Rückzug von rund -250 m am Triftgletscher (vgl. Tab. 2).

Der ermittelte ausserordentlich grosse maximale Vorstosswert des kleinen Surettagletschers im Rheinwald ist kein eigentliches Vorrücken der Zunge. Seit mehreren Jahren blieben an der Zunge Rückstände von Altschnee liegen, die inzwischen deutlich verfirnt sind und deshalb zum Gletscher mitgezählt werden. Die Gletscherzunge ist während dieser Zeit auch nie mehr ausgeapert. Dieses Verhalten steht im Gegensatz zu einem eigentlichen Gletschervorstoss, bei welchem als Folge einer langfristig kühlen und niederschlagsreichen Witterung im Nährgebiet ein Massenüberschuss aufgebaut wird. Die veränderten Massenverhältnisse bewirken eine dynamische Reaktion des Gletschers, die sich mit einer zeitlichen Verzögerung bis zur Zunge fortpflanzt.

Am Triftgletscher im Susten-/Grimselgebiet (Gadmertal) präsentieren sich die Veränderungen nach wie vor spannend. Die Zunge ergiesst sich durch einen schmalen Ausfluss aus dem Nährgebiet über eine Steilstufe und reicht deshalb vergleichsweise tief hinunter (rund 1600 m ü. M.). Bis vor wenigen Jahren ist das Zungenende an einer Felsbarriere angestanden. In den letzten Jahren ist der flach auslaufende Zungenbereich stark zusammengeschmolzen, hat den Kontakt zum Felsriegel verloren, und es hat sich am Rand ein natürlicher See gebildet. Im vergangenen Sommer hat sich dieser See weiter vergrössert, und ein Kanal spaltet die Zunge in zwei Teile. Dieser See beschleunigt das Zurückschmelzen der Zunge zusätzlich, was auch der ermittelte maximale Rückzugswert verdeutlicht.

Nicht nur am Triftgletscher, sondern auch an den Gletschern Fee und Roseg wurden starke Rückzüge registriert. In beiden Fällen setzt sich eine Entwicklung aus den vorangehenden Perioden etwas verstärkt fort. Die übrigen in der Berichtsperiode festgestellten grösseren Längenänderungen bewegen sich um die -50 m. Die vereinzelten positiven Werte lassen sich nicht direkt mit der Reaktion auf die klimatischen Verhältnisse wie die grösseren Schneemengen in den süd-

lichen Gebieten erklären. Sie widerspiegeln eher die speziell bei kleineren Gletschern mit kürzerer Reaktionszeit vorhandene grössere Fluktuation der Messwerte.

Dank

Die langfristigen Beobachtungen der Gletscher in den Schweizer Alpen durch die Glaziologische Kommission der SANW ist ohne die tatkräftige und langjährige Unterstützung durch viele freiwillige Helfer undenkbar. Ein besonderer Dank gilt allen regelmässig im Gelände bei der Aufnahme oder im Büro bei der Datenbearbeitung mitwirkenden Privatpersonen und Angehörigen der Forstdienste in den Gebirgskantonen, der Kraftwerke Ägina, Mattmark und Mauvoisin, von Bundesämtern, Forschungsanstalten, Hochschulen und Universitäten. ▲

Andreas Bauder und Martin Hoelzle, VAW/ETHZ, GK/SANW und GIUZ

Literatur

WMO (2001). Statement of the Status of the Global Climate in 2001. World Meteorological Organization, WMO Press Releases. (<http://www.wmo.ch>), No. 670

Tabelle 2:
Längenänderung der Gletscher in den Schweizer Alpen 2000/2001

Nr.	Gletscher	Kt.	Längen- ände- rung (m)	Nr.	Gletscher	Kt.	Längen- ände- rung (m)
Einzugsgebiet der Rhone (II)				111	Ammerten	BE	st
1	Rhone	VS	-6,1	65	Rätzli	BE	x
2	Mutt	VS	-4,75	Einzugsgebiet der Reuss (Ib)			
3	Gries	VS	-13,0	66	Tiefen	UR	-7,45
4	Fiescher	VS	-11,6	67	Sankt Anna	UR	n
5	Grosser Aletsch	VS	-47,8	68	Kehlen	UR	-25,8
6	Oberaletsch	VS	-14,42	69	Rotfirn (Nord)	UR	-18,2
7	Kaltwasser	VS	+13,1	70	Damma	UR	-6,7
10	Schwarzberg	VS	-20	71	Wallenbur	UR	-3,4
11	Allalin	VS	-95	72	Brunni	UR	n
12	Kessjen	VS	+1,5	73	Hüfi	UR	-25,6
13	Fee (Nord)	VS	-209,4	74	Griess	UR	st
14	Gorner	VS	-29,32	75	Firnalpeli (Ost)	OW	n
16	Findelen	VS	n (sn)	76	Griessen	OW	-6,3
17	Ried	VS	-32,4	Einzugsgebiet der Linth/Limmat (Ic)			
18	Lang	VS	-5,3	77	Biferten	GL	-9,0
19	Turtmann	VS	-1,4	78	Limmern	GL	-9,54
20	Brunegg (Turtmann Ost)	VS	-8,5	114	Plattalva	GL	-11,64
21	Bella Tola	VS	-4,5	79	Sulz	GL	-9,3
22	Zinal	VS	-5	80	Glärnisch	GL	-2,5
23	Moming	VS	-90	81	Pizol	SG	n
24	Moiry	VS	-6	Einzugsgebiet des Rheins (Id)			
25	Ferpèche	VS	-5	82	Lavaz	GR	n
26	Mont Miné	VS	-25	83	Punteglias	GR	15,62
27	Arolla (Mont Collon)	VS	-20	84	Lenta	GR	-25
28	Tsidjiore Nouve	VS	-12	85	Vorab	GR	n
29	Cheillon	VS	-1,7	86	Paradies	GR	+4,4
30	En Darrey	VS	st	87	Suretta	GR	+103,2
31	Grand Désert	VS	-29,2	115	Scaletta	GR	+4,6
32	Mont Fort (Tortin)	VS	-10,2	88	Porchabella	GR	st
33	Tsanfleuron	VS	-30	89	Verstankla	GR	-5,25
34	Otemma	VS	-24,2	90	Silvretta	GR	n (sn)
35	Mont Duran	VS	-2,2	91	Sardona	SG	n
36	Breney	VS	-55,7	Einzugsgebiet des Inns (V)			
37	Giétro	VS	-7,0	92	Roseg	GR	-118
38	Corbassière	VS	-13,6	93	Tschierva	GR	-46,7
39	Valsorey	VS	-42	94	Morteratsch	GR	-26,4
40	Tseudet	VS	-92	95	Calderas	GR	-1,7
41	Boveyre	VS	-182	96	Tiatscha	GR	+13,2
42	Saleina	VS	-322	97	Sesvenna	GR	-8,0
43	Treint	VS	-30	98	Lischana	GR	-1,72
44	Paneyrosee	VD	-4,55	Einzugsgebiet der Adda (IV)			
45	Grand Plan Névé	VD	-5,3	99	Cambrena	GR	-82
47	Sex Rouge	VD	-1,5	100	Palü	GR	+9,5
48	Prapio	VD	x	101	Paradisino (Campo)	GR	-6,53
Einzugsgebiet der Aare (Ia)				102	Forno	GR	-21,0
50	Oberaar	BE	x	Einzugsgebiet des Tessin (III)			
51	Unteraar	BE	x	120	Corno	TI	-8,3
52	Gauli	BE	x	117	Valleggia	TI	-3,0
53	Stein	BE	-14	118	Val Torta	TI	st
54	Steinlimmi	BE	-18	103	Bresciana	TI	-14,0
55	Trift (Gadmen)	BE	-250	119	Cavagnoli	TI	-10,5
57	Oberer Grindelwald	BE	x	104	Basodino	TI	-3,0
58	Unterer Grindelwald	BE	x	161	Croslina	TI	st
59	Eiger	BE	-4,1	105	Rossboden	VS	-1,75
60	Tschingel	BE	-5,2				
61	Gamchi	BE	-5,4				
109	Alpetli	BE	-3,8				
62	Schwarz	VS	x				
63	Lämmern	VS	-1,5				
64	Blüemlisalp	BE	-9,5				

Abkürzungen
n = nicht beobachtet
sn = eingeschneit
x = Betrag nicht bestimmt
st = stationär

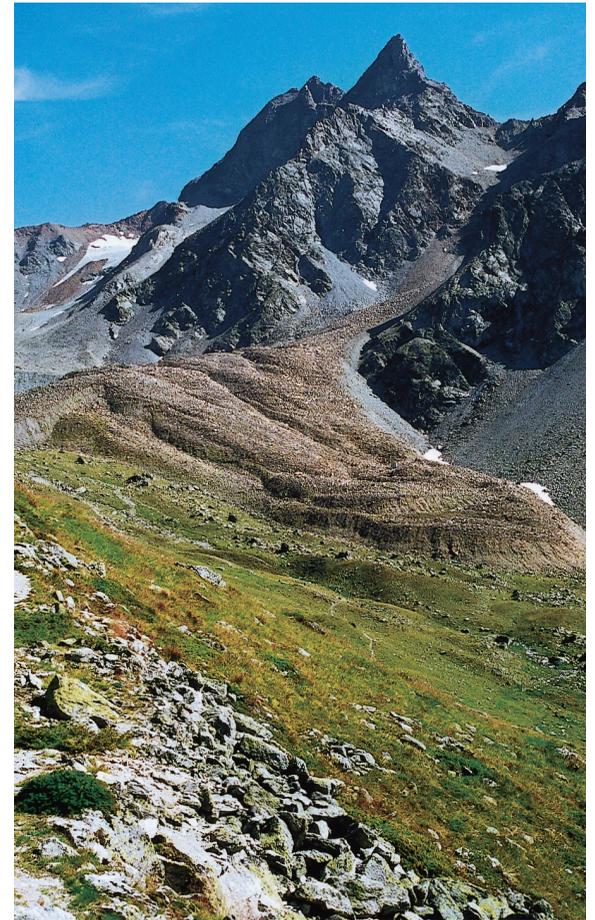
Bemerkung
 Gilt die Angabe für eine mehrjährige Zeitspanne,
 so zeigt die hochgestellte Zahl die Anzahl
 der Jahre an: -11² = Schwund um 11 m in 2 Jahren

Die Wissenschaft auf den Spuren des Dauerfrosts

Mit PERMOS Permafrost erforschen

Permafrost, also ständig gefrorener Boden, reagiert sehr empfindlich auf die Klimaveränderungen unserer Tage. Ein Auftauen könnte eine erhöhte Instabilität des Bodens in höheren Lagen zur Folge haben. Deshalb sollen mit Hilfe eines langfristigen Beobachtungsnetzes Aussagen über die zukünftige Entwicklung des Permafrosts gemacht werden können. Im Jahre 2000 wurde PERMOS, ein entsprechendes Forschungsprojekt der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW), genehmigt und mit einer vierjährigen Pilotphase begonnen.

Foto: Daniel Vonder Mühl



Klassisch ausgeprägter Blockgletscher im südlichen Val Muragl, Oberengadin. Unter Permafrostbedingungen bildet sich in den Hohlräumen von Geröllhalten Eis. Dieses Schutt-Eis-Gemisch – ein lavastromähnliches Gebilde mit Rücken, Gräben usw. – kriecht um Zentimeter bis Dezimeter jährlich talwärts und wird trotz seiner Entstehung Blockgletscher genannt.