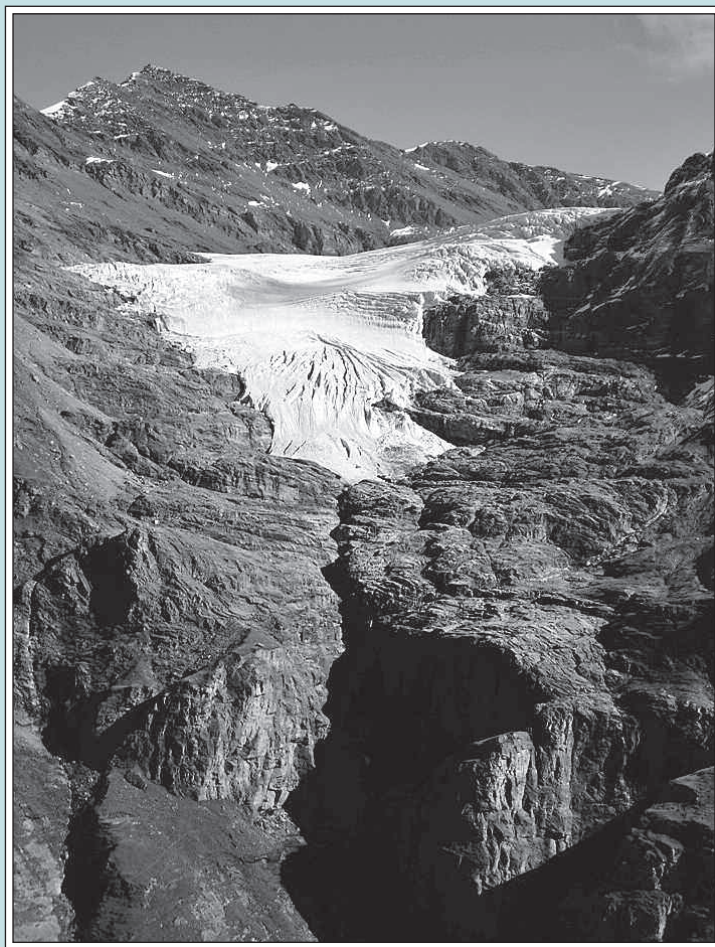


The Swiss Glaciers

2007/08 and 2008/09

Glaciological Report (Glacier) No. 129/130



2014

The Swiss Glaciers

2007/2008 and 2008/2009

Glaciological Report No. 129/130

Edited by

Andreas Bauder¹, Simon Steffen¹ and Stephanie Usselman¹

With contributions from

Andreas Bauder¹, Martin Funk¹, Martin Hoelzle²,
Matthias Huss^{1,2}, Giovanni Kappenberger³, Frank Paul⁴

¹ Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology (VAW), ETH Zurich

² Department of Geosciences, University of Fribourg

³ 6654 Cavigliano

⁴ Department of Geography, University of Zurich

Publication of the Cryospheric Commission (EKK) of the Swiss Academy of Sciences (SCNAT)

c/o Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology (VAW)
at the Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH Zurich)

Wolfgang-Pauli-Strasse 27, CH-8093 Zürich, Switzerland

<http://glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers/>

© Cryospheric Commission (EKK) 2014

ISSN 1424-2222

Imprint of author contributions:

Andreas Bauder	:	Chapt. 1, 2, 3, 4, 5, App. A, B, C
Martin Funk	:	Chapt. 1, 4
Martin Hoelzle	:	Chapt. 6
Matthias Huss	:	Chapt. 2, 4
Giovanni Kappenberger	:	Chapt. 4
Frank Paul	:	Chapt. 7

Ebnoether Joos AG
print and publishing
Sihltalstrasse 82
Postfach 134
CH-8135 Langnau am Albis
Switzerland

Cover Page: Glacier du Giétro (Vincent May, 23.10.2008)

Summary

During the 129th and 130th year under review by the Cryospheric Commission, Swiss glaciers continued to lose both length and mass. The dominant weather conditions of this measurement period and the effects of global warming left clear traces. In autumn 2008, a length variation was determined for 88 of the 110 glaciers observed, and one year later for 92 of 112 glaciers. In the two observation periods, 2007/08 and 2008/09, Swiss glaciers experienced further losses in length. Most of the measurement values lie between 0 and -30 m in both of these periods. In the two measurement periods, several glaciers displayed remarkably high retreat values in a single year. These can be attributed either to the separation of a protruding mass of dead ice, or to the melting of sections of the glacier that had constantly been growing thinner over many years.

Detailed mass balance figures were obtained for the five glaciers Basòdino, Findelen, Gries, Pizol and Silvretta, and point measurements were taken at several additional glaciers. The glaciers suffered significant mass losses in both periods. In the long-term statistics, the two periods rank as the third and fourth most negative years, exceeded only by the two extreme periods 2002/03 and 1997/98.

Flow measurements were taken at selected glaciers in the Mauvoisin and Mattmark regions as well as for the Aaregletscher. The trend continued toward diminishing ice velocities, a clear reflection of the reduction in ice thickness due to lasting negative mass balances of the glaciers.

A periodic update, with recent results from measurements of englacial temperatures at the Colle Gnifetti (Gornergletscher, Monte Rosa Massif), is presented here.

Published Reports

Annual reports of the Swiss glaciers started in the year of 1880 by F.A. Forel (1841-1912).

Authors of the annual reports:	No.	Year
F.A. Forel et L. Du Pasquier	1 - 17	1880 - 1896
F.A. Forel, M. Lugeon et E. Muret	18 - 27	1897 - 1906
F.A. Forel, E. Muret, P.L. Mercanton et E. Argand	28	1907
F.A. Forel, E. Muret et P.L. Mercanton	29 - 32	1908 - 1911
E. Muret et P.L. Mercanton	33 - 34	1912 - 1913
P.L. Mercanton	35 - 70	1914 - 1949
P.L. Mercanton et A. Renaud	71 - 75	1950 - 1954
A. Renaud	76 - 83	1955 - 1961/62
P. Kasser	84 - 91	1962/63 - 1969/70
P. Kasser und M. Aellen	92 - 104	1970/71 - 1982/83
M. Aellen	105 - 115	1983/84 - 1993/94
M. Aellen, M. Hoelzle und D. Vonder Mühl	116	1994/95
M. Hoelzle und D. Vonder Mühl	117	1995/96
M. Hoelzle, D. Vonder Mühl, A. Bauder und G.H. Gudmundsson	118	1996/97
M. Hoelzle, D. Vonder Mühl und M. Maisch	119	1997/98
M. Hoelzle, D. Vonder Mühl, M. Schwikowski und H.W. Gäggeler	120	1998/99
A. Bauder, A. Vieli und M. Hoelzle	121	1999/00
A. Bauder und M. Hoelzle	122	2000/01
A. Bauder, C. Schär und H. Blatter	123 - 124	2001/02 - 2002/03
A. Bauder, J. Faillettaz, M. Funk und A. Pralong	125 - 126	2003/04 - 2004/05
A. Bauder	127 - 130	2005/06 - 2008/09

Authors and editors of the glaciological two year reports:

P. Kasser, M. Aellen und H. Siegenthaler	95/96 - 99/100	1973/74 - 1978/79
M. Aellen	101/102	1979/80 - 1980/81
M. Aellen und E. Herren	103/104 - 111/112	1981/82 - 1990/91
E. Herren und M. Hoelzle	113/114	1991/92 - 1992/93
E. Herren, M. Hoelzle and M. Maisch	115/116 - 119/120	1993/94 - 1998/99
E. Herren, A. Bauder, M. Hoelzle and M. Maisch	121/122	1999/00 - 2000/01
E. Herren and A. Bauder	123/124	2001/02 - 2002/03
A. Bauder and R. Rüegg	125/126	2003/04 - 2004/05
A. Bauder and C. Ryser	127/128	2005/06 - 2006/07
A. Bauder, S. Steffen and S. Usselmann	129/130	2007/08 - 2008/09

Contents

Summary	iii
Published Reports	iv
1 Introduction	1
2 Weather and Climate	3
2.1 Weather and Climate in 2007/08	3
2.2 Weather and Climate in 2008/09	4
3 Length Variation	7
3.1 Introduction	7
3.2 Length Variations in 2007/08	7
3.3 Length Variations in 2008/09	8
3.4 Length Variations in 2007/08 and in 2008/09, Summary	9
3.5 Length Variations - Statistics for 1880-2009	14
4 Mass Balance	19
4.1 Introduction, cumulative mean specific mass balances	19
4.2 Mass Balance in 2007/08	21
4.3 Mass Balance in 2008/09	21
4.4 Ghiacciaio del Basòdino	23
4.5 Findelengletscher	27
4.6 Griesgletscher (Aegina)	31
4.7 Pizolgletscher	36
4.8 Rhonegletscher	39
4.9 Silvrettagletscher	43
4.10 Claridenfirn	47
4.11 Grosser Aletsch (Jungfraufirn)	51
5 Velocity	53
5.1 Introduction	53
5.2 Glacier du Giétro	55
5.3 Glacier de Corbassière	58
5.4 Aaregletscher	61
5.5 Mattmark	65

6	Englacial Temperature	69
6.1	Introduction	69
6.2	Colle Gnifetti (Monte Rosa)	70
7	Glacier Inventory	75
7.1	Observed changes in glacier length from 1973 to 1998/99	75
7.2	Comparison of length changes from 1973 to 1998/99	79
	References	81
	Acknowledgements	85
A	Remote Sensing	87
A.1	Aerial photographs	87
B	Remarks on Individual Glaciers	92
C	Investigators	111
C.1	Length Variation (2009)	111
C.2	Mass Balance and Velocity	114
C.3	Englacial Temperature	114

1 Introduction

Systematic and long-term records of glacier changes in Switzerland started in 1880 with annual length change measurements of selected glaciers. At that time these measurements were motivated by questions about past and future ice ages. In the meantime, the goals of the worldwide glacier monitoring programs have evolved and multiplied. Glacier change data are primarily necessary for investigations of the glacier-climate interactions. The data are also important for the assessment of water resources, sea level rise and natural hazards. Finally, the broad public manifests an increasing interest in glacier changes.

The main focus of the ongoing Swiss Glacier Monitoring Network is to collect the following data: (1) mass balance, (2) surface flow speed, (3) length variation, (4) glacier parameters (e.g. surface area) and (5) englacial temperature. The program for glacier monitoring in Switzerland (GLAMOS) has been adopted by the Cryospheric Commission in March 2007. A detailed description about the aims, current status and perspectives of the monitoring program was presented in chapter 1.1 of "The Swiss Glaciers" volume number 125/126.

The results of the Swiss glacier monitoring contribute also to the international efforts to document glacier fluctuations as part of global environmental monitoring initiatives of the Global Terrestrial Network for Glaciers (GTN-G) within the Global Terrestrial and Climate Observing System (GTOS/ GCOS) and are reported to the World Glacier Monitoring Service (WGMS).

This report is the new volume No. 129/130 in the series "The Swiss Glaciers" and presents the results of the two observational periods 2007/08 and 2008/09. It carries on the long tradition of yearbooks documenting monitored fluctuations of Swiss glaciers since 1880 (see page iv). Data and digital versions of the present and earlier volumes can be found at <http://glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers>. Thanks to continuous efforts of many people, public and private organisations in Switzerland, long time-series of data related to glacier changes do exist.

The present data-report expands the short overview of general outcomes published in German and French in the magazine "Die Alpen - Les Alpes" of the Swiss Alpine Club (Bauder et al., 2008) with detailed facts and figures.

2 Weather and Climate

In this section the weather and climate conditions for the two periods under review 2007/08 and 2008/09 are described. The focus is on the variables that are most relevant for glacier mass balance, namely temperature and precipitation. In general, glacier mass balance is largely determined by the amount of snow fall in winter and the temperature during summer. Additionally, particular climate conditions can have an important influence. High temperatures in April, May or June can reduce the winter snow pack rapidly and expose the much darker ice surface already in July. During July and August solar radiation receipts are very high and melting of the unprotected ice can reach extreme values. When these two factors are combined it will lead to very negative mass balances like in the period 2002/03. On the other hand, snow fall down to low elevations (2000 m) during summer protects the glacier surface from melting and will lead to less negative mass balances. Precipitation that falls as rain influences the mass balance negatively.

We have selected the four high-elevation climate stations at Grand St-Bernard (2472 m), Jungfrau-joch (3580 m), Säntis (2502 m) and Weissfluhjoch (2690 m) to illustrate the monthly anomalies in air temperature (Figure 2.1) and 15 stations (Airolo, Château-d'Oex, Disentis, Engelberg, Elm, Grand St-Bernard, Grimsel Hospiz, Montana, Lauterbrunnen, Säntis, Scuol, Sils-Maria, Weissfluhjoch, Zermatt) throughout all regions of the Swiss Alps for monthly anomalies in precipitation (Figure 2.2) in the two reporting periods. For the two parameters of annual precipitation and mean summer temperature, the long-term record since 1880 is shown in Figures 2.3 and 2.4 as a mean of 12 homogenized climate stations (Begert et al., 2005). The description of the weather conditions in the two reporting periods refer to the figures and the annual and monthly reports of the meteorological conditions by MeteoSwiss. Data are taken from different stations of the observational networks maintained by MeteoSwiss.

2.1 Weather and Climate in 2007/08

The month of October, characterized by the presence of high-pressure cells, was followed in mid-November by a period of abundant snowfall and the early onset of winter. During the first part of December it snowed in all regions north of the main Alpine ridge. January experienced unusually frequent advection situations, which led to heavy snowfalls – right down to lower elevations. The dominant foehn conditions of this period caused major snow redistribution. From February 8th to 19th there was no precipitation in all of Switzerland. By contrast, the first half of March was subject to storm activity from the west. At times during this extremely dynamic period the snowfall

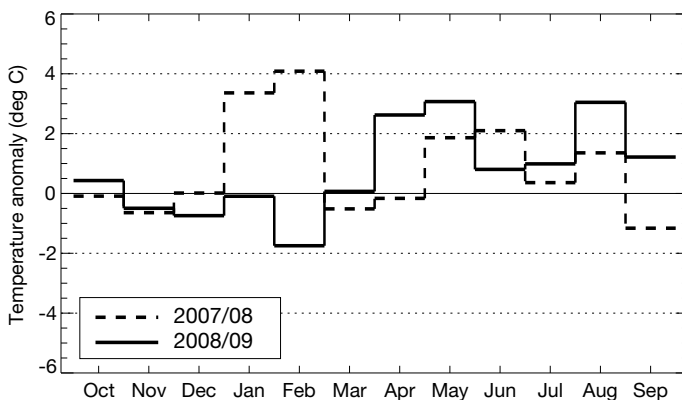


Figure 2.1: Mean monthly anomaly of temperature from the long-term climatic mean (period 1961-1990) for four selected stations of the MeteoSwiss network. Anomalies in the two reporting periods 2007/08 and 2008/09 are shown.

limit lay at over 2000 m a.s.l., while at other times, typical winter conditions predominated down to the lower regions. April was marked by continuous periods of precipitation (Figure 2.2), raising hopes that these massive amounts of snow would to some extent slow down glacier recession in 2007/08. However, the above-average high temperatures of May and June caused intensive snowmelt (Figure 2.1). As a result, the glaciers were exposed to summer sun very early in the year, and became snow-free even at high elevations. Snowfall occurred in July, but had little effect due to the warm temperatures in August. This warm period gave way to a cold September with abundant precipitation

Summertime temperatures were 1.1°C higher than the long-term mean (Figure 2.4). Positive deviations of approx. one degree have been common since the 1990s. Deviations of three percent from the mean annual precipitation amounts can, on the other hand, be considered as rather small (Figure 2.3).

2.2 Weather and Climate in 2008/09

A sudden burst of winter weather at the end of October caused abundant snow to fall in low-lying regions. Frequent advection situations from the south determined the development of meteorological conditions in November and December 2008. This triggered abundant snowfall at the end of December and values were one-and-a-half to two times greater than usual (in particular the Upper Valais, the southern slopes of the Alps, Engadine and the central Grisons). The first half of January was sunny and precipitation-free, followed by a distinctly warm period which began in November and lasted to the end of March, bringing with it rain up to elevations of over 2000 meters (in the northwest). After another intensive advection situation in early February with more than 1 m of new snow in the central region of the southern slopes of the Alps, maximum snow

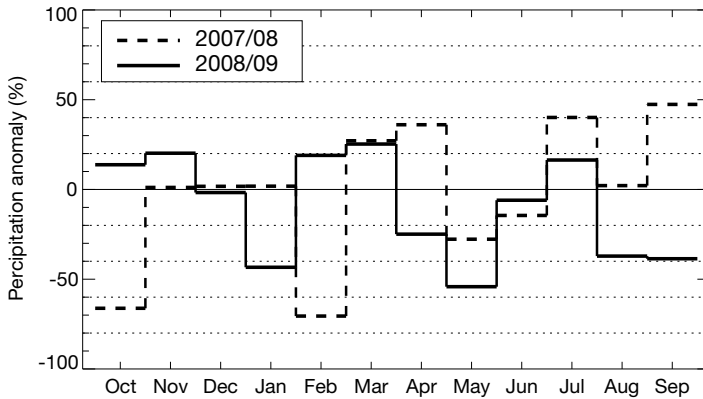


Figure 2.2: Mean monthly anomaly of precipitation from the long-term climatic mean (period 1961-1990) for 15 selected stations of the MeteoSwiss network. Anomalies in the two reporting periods 2007/08 and 2008/09 are shown.

depth for winter was reached there and in the Oberengadin already on February 8th. The month of March also registered above-average amounts of new snow on both sides of the Alps (Figure 2.2). South of the Alps, three major snowfall events were recorded once more, with close to 2 m of new snow in some places.

Thus at the end of May there was an above-average amount of snow on the ground for this time of the year at higher elevations of the main Alpine ridge, protecting the glaciers of the southern Alps for some time from solar radiation, resulting in less snowmelt. By contrast, as the months of April and May were very warm north of the Alps, there was intensive snowmelt in these regions. The third-warmest summer on record since measurements began in 1864 caused the snow cover to melt away completely by the month of August, which favored intensive melting of the ice (Figure 2.1). The glaciers were subject to this situation of melting until the end of October – a very long period of time. This rapid melt-out in spring combined with high summer temperatures had a very negative effect on the development of the glaciers. Annual precipitation for 2008/09, at -7%, was slightly below the long-term mean (Figure 2.3), whereas the summer temperatures (May to September 2009) were +2.2°C above average (Figure 2.4).

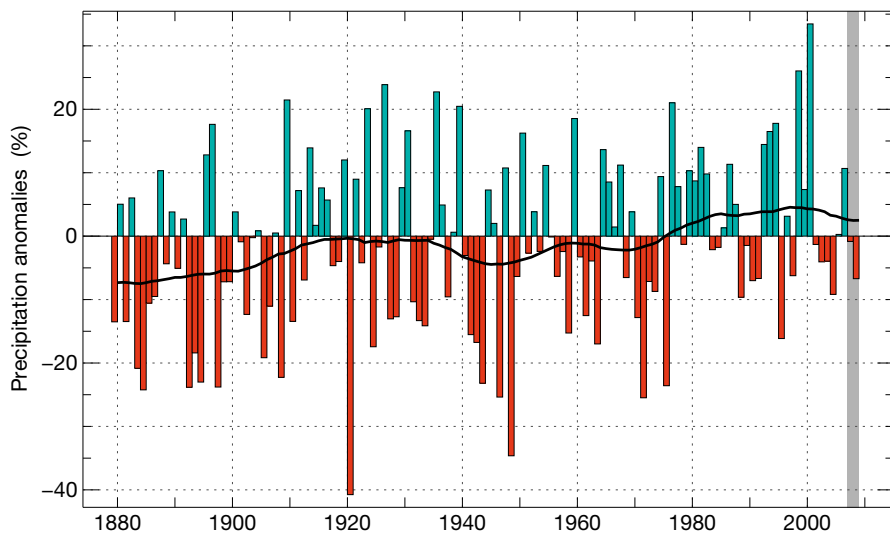


Figure 2.3: Anomalies of annual precipitation (hydrological year) from the mean value 1961-1990 in percentage for the period 1864-2009. The gray shaded area highlights the years of the current report.

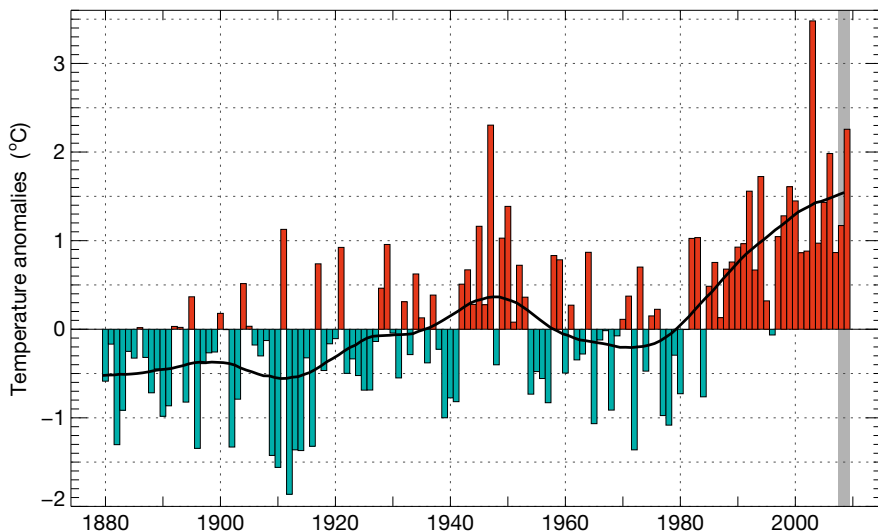


Figure 2.4: Anomalies of mean summer air temperature (May-September) from the mean value 1961-1990 in degrees Celcius for the period 1864-2009. The gray shaded area highlights the years of the current report.

3 Length Variation

3.1 Introduction

Of the 121 glaciers registered in the observation network, 110 in the period 2007/08 and 112 in the period 2008/09 were being actively observed (Figures 3.1, 3.2 and Table 3.1). The other glaciers (compare Table 3.1, remark f) have melted back drastically, and are often debris-covered, on one hand, with the result that it is simply not possible to carry out a proper survey at yearly intervals. On the other hand, a number of glaciers were observed only at irregular intervals, and produced measurement values that were rather imprecise, which does not justify preserving these figures in the charts and analyses.

During the two years under review, 2007/08 and 2008/09, Swiss glaciers suffered further losses in length. Most of the measurements are within the range of 0 to -30 m for both periods. This overall trend was overshadowed in both years by a few significantly high retreat values, which as in previous years could be traced to local influences, or refer to larger glaciers, and in some cases also pertain to a period of several years. They are usually also the result of a process extending over a longer period of time and thus are not unexpected.

3.2 Length Variations in 2007/08

In the autumn of 2008, it was possible to visit 88 of the 110 glaciers under observation for annual data collection and determination of length changes at the glacier tongues. Further length losses were recorded at 81 glaciers, while 5 showed a slight advance, and no change in tongue position was found for 2 (Figure 3.2 and Table 3.1). The recorded maximum values indicate a retreat of 290 m for Gornergletscher and an advance of 14 m for Allalingsletscher. The majority of the values lie between -25 and 0 m. Overlooking the extreme values for Gornergletscher and Eigergletscher, there are few high values to be noted in each case, and for several these relate to a time span of several years.

The massive retreat of Gornergletscher is the result of a continual process during past years. For a number of decades the glacier tongue has been located in a narrow, shady gorge. Above the gorge, increased melting caused a hole to form gradually in the glacier, which grew so large by last summer that small chunks of ice were all that remained in the gorge. Now the glacier margin lies further upvalley.

In the case of Eigergletscher, a similar process is responsible for the enormous retreat values occurring over a period of two years. The debris-covered terminus lies here at the lower end of a ramp. Observations indicate very few changes at the terminus in recent years. However, in the steeper zone further back, the tongue thinned out at a continuous rate until it completely detached from the rest of the glacier. In this way, the glacier margin of the coherent ice mass shifted abruptly more than 200 m upward. It has been possible, in recent years, to repeatedly observe the formation of protruding, detached and often debris-covered, stagnating ice remnants. For several years the terminus of the Allalingsletscher has been forming a steep break-off front. In the past measurement period, the ice movement has been greater than the melting and ice break-off, and for this reason, the glacier margin has moved several meters forward.

3.3 Length Variations in 2008/09

In the autumn of 2009, 92 glaciers were investigated and evaluated. Of these, 84 had retreated, 2 had advanced slightly, and 6 remained unchanged (0 ± 1 m) as compared with the previous year (Figure 3.2 and Table 3.1). For the majority, length changes lay between -1 and -25 m.

Local influences led to cases of extreme glacier recession. A very high retreat value of -151 m was recorded at Glacier du Trient, a further step in the development already seen in recent years. Due to the inadequate resupply of ice through ice movement, the terminus gradually thinned out and retreated to a steep incline, easily giving rise to greater losses in length.

At Riedgletscher in Mattertal and Rossbodengletscher at Simplon, the new terminus is located between a half and a full kilometer further back, respectively, than the year before. In both cases the glacier separated in a steep and thus thin zone. This caused the flat, debris-covered tongues to lose contact with the accumulation areas and be left behind in the form of dead ice which often melts at a very slow rate. This phenomenon of dead ice formation has been observed at other glaciers in recent years.

A block of ice detached from Feegletscher above Saas Fee and the glacier formed into various lobes. Yearly length change measurements are undertaken at the lobe which stretches furthest into the valley to the north. The adjacent, broad lobe is situated on a steep incline. Due to the dramatic recession of recent years it gradually lost support, with the result that it has become more instable since 2003. As a consequence, between Sept. 15th and 20th Sept. 2009, approx. 200'000 m³ of ice detached from the glacier in chunks without causing any damage.

3.4 Length Variations in 2007/08 and in 2008/09, Summary

No. ^a	Glacier	Ct. ^b	Length variation ^c		Altitude ^d (m a.s.l.)	Date of measurements (Day, Month)		
			2007/08	2008/09		2009	2007	2008
Catchment area of the river Rhone (II)								
1 ^{e,f}	Rhone	VS	-3.3	-4.1	2208.0	12.09.	29.08.	07.09.
2 ^{e,f}	Mutt	VS	-17.6	-21.8	2640	14.08.	06.08.	04.10.
3 ^{e,f}	Gries	VS	-25.7	-16.3	2411.0	12.09.	29.08.	08.09.
4 ^{e,f}	Fiescher	VS	-32.6	-10.7	1672	18.10.	21.08.	15.10.
5 ^{e,f}	Grosser Aletsch	VS	-67.5	-32.6	1587.9	12.09.	09.09.	07.09.
6 ^{e,f}	Oberaletsch	VS	x	x	2142 ⁰³	03.09.	11.09.	23.08.
7 ^{e,f}	Kaltwasser	VS	+6.7	-5.7	2660	20.09.	02.10.	30.09.
173 ^e	Seewjinen	VS	-23	-2.4	2715.6	05.09.	29.08.	07.09.
10 ^{e,f}	Schwarzberg	VS	-13	-17.0	2660.3	05.09.	29.08.	07.09.
11 ^{e,f}	Allalin	VS	+14	-3.7	2633.1	05.09.	29.08.	07.09.
174 ^e	Hohlaub	VS	-5	-4.0	2833.1	05.09.	29.08.	07.09.
12 ^e	Kessjen	VS	-12	-7.4	2868.1	05.09.	29.08.	07.09.
13 ^{e,f}	Fee (Nord)	VS	-19.6	-13.5	2160	01.10.	29.09.	05.10.
14 ^f	Gorner	VS	-290	-6	2165 ⁰⁸	20.10.	18.10.	15.10.
16 ^{e,f}	Findelen	VS	-0.9	-1.1	2492.2	13.09.	29.08.	07.09.
17 ^e	Ried	VS	-18.7	-500	2200	12.09.	21.09.	20.09.
18 ^{e,f}	Lang	VS	-19	-12.5	2090	05.11.	27.10.	30.10.
19 ^f	Turtmann	VS	n	n	2270 ⁰⁵	n	n	n
20 ^f	Brunegg (Turtmann)	VS	n	n	2500 ⁰⁵	n	n	n
21 ^f	Bella Tola	VS	n	n		n	n	n
22 ^{e,f}	Zinal	VS	n	-33.8 ^{2a}	2040	28.10.	n	22.10.
23 ^{e,f}	Moming	VS	x	x	2630 ⁰²	n	01.10.	16.10.
24 ^{e,f}	Moiry	VS	-15.5	n	2400 ⁰⁸	07.10.	15.10.	n
25 ^f	Ferpècle	VS	n	-13 ^{2a}		23.10.	n	15.10.
26 ^f	Mont Miné	VS	n	-32 ^{2a}		23.10.	n	24.09.
27 ^f	Arolla (Mont Collon)	VS	n	-68 ^{2a}		23.10.	n	24.09.
28 ^f	Tsidjiore Nouve	VS	n	-26 ^{2a}		23.10.	n	15.10.
29 ^{e,f}	Cheillon	VS	-3.3	x	2706	17.10.	01.10.	28.10.
30 ^{e,f}	En Darrey	VS	-8	x	2502	17.10.	01.10.	28.10.
31 ^f	Grand Désert	VS	-47.2	-15.5	2822	09.09.	22.09.	27.09.
32 ^f	Mont Fort (Tortin)	VS	x	-22.0	2814	11.10.	01.10.	20.09.
33 ^f	Tsanfleuron	VS	-125.5 ^{3a}	-103.5		n	18.10.	20.10.
34 ^e	Otemma	VS	-31.2	-51.2	2460	03.10.	03.09.	01.09.
35 ^e	Mont Durand	VS	x	-53 ^{2a}	2340	01.10.	05.09.	30.08.
36 ^e	Breney	VS	-22.6	-32.4	2575	02.10.	02.09.	31.08.

No. ^a	Glacier	Ct. ^b	Length variation ^c		Altitude ^d (m a.s.l.) 2009	Date of measurements (Day, Month)		
			2007/08 (m)	2008/09 (m)		2007	2008	2009
37 ^e	Giétro	VS	-22.0	-48.4	2611.3	05.09.	18.08.	07.09.
38 ^e	Corbassière	VS	-21.0	-100.7	2246.9	13.09.	18.08.	07.09.
39 ^{e,f}	Valsorey	VS	-6	-28	2423.3	23.10.	29.08.	04.10.
40 ^e	Tseudet	VS	+11.3	-11.3	2477	23.10.	29.08.	04.10.
41 ^e	Boveyre	VS	-15	-22	2648.8	12.10.	29.08.	09.10.
42 ^{e,f}	Saleina	VS	-22	-15.5	1801.5	03.10.	29.08.	29.09.
43 ^{e,f}	Trient	VS	-91	-151	2060	29.09.	22.09.	11.09.
44 ^{e,f}	Paneyrosse	VD	-1.9	-5.4		23.09.	02.09.	15.09.
45 ^{e,f}	Grand Plan Névé	VD	-1.2	-3.4		12.09.	27.08.	10.09.
47 ^{e,f}	Sex Rouge	VD	x	-4.2 ^{2a}		13.09.	28.09.	10.09.
48 ^e	Prapio	VD	-4.4	-6.1	2523 ⁰⁸	01.08.	24.08.	09.09.
Catchment area of the river Aare (Ia)								
50 ^f	Oberaar	BE	-63.5 ^{3a}	-19.8	2306.9	n	28.08.	19.08.
51 ^f	Unteraar	BE	-71.8 ^{3a}	-18.2	1930.3	n	28.08.	19.08.
52 ^e	Gauli	BE	-75	-100	2130	16.09.	26.09.	18.09.
53 ^{e,f}	Stein	BE	-20	-28	1945	13.09.	21.09.	22.09.
54 ^e	Steinlimmi	BE	-23	-19	2100	13.09.	21.09.	22.09.
55 ^{e,f}	Trift (Gadmen)	BE	-21.5	-33.5	1654.6	12.09.	18.08.	07.09.
57 ^f	Oberer Grindelwald	BE	n	x		n	n	03.10.
58 ^f	Unterer Grindelwald	BE	x	x	1249.6	12.09.	18.08.	07.09.
59 ^e	Eiger	BE	-225 ^{2a}	x	2330	n	18.09.	06.10.
60 ^e	Tschingel	BE	-1.4	-3.3	2267.4	20.09.	23.09.	15.09.
61 ^{e,f}	Gamchi	BE	-7	-7.5	1950	06.10.	29.09.	03.10.
109 ^e	Alpetli (Kanderfirn)	BE	-44.5	-28.4	2275	12.09.	17.09.	12.09.
62 ^{e,f}	Schwarz	VS	-12.3 ^{2a}	-6.2	2260	n	20.09.	23.09.
63 ^{e,f}	Lämmern	VS	-14.8	-11.7	2550	06.09.	17.09.	11.09.
64 ^{e,f}	Blüemlisalp	BE	-34.0	-19	2270	15.09.	20.09.	16.09.
111 ^e	Ammerten	BE	-1.7	-0.1	2350	14.10.	19.10.	11.10.
65 ^f	Rätzli	BE	n	n	2450 ⁰¹	n	n	n
112 ^e	Dungel	BE	-3	-3.4	2608	21.09.	21.09.	08.08.
113 ^e	Gelten	BE	-8	-16.1	2499	22.09.	20.09.	09.09.
Catchment area of the river Reuss (Ib)								
66 ^{e,f}	Tiefen	UR	-31.8	-15.7	2520	24.09.	27.08.	10.09.
67 ^{e,f}	Sankt Anna	UR	-20.2 ^{2a}	-6.0	2585	n	29.08.	26.09.
68 ^{e,f}	Kehlen	UR	-36.6	-24.2	2220	03.10.	11.09.	23.09.
69 ^e	Rotfirn (Nord)	UR	-13.3	-12.0	2040	03.10.	11.09.	23.09.
70 ^{e,f}	Damma	UR	x	n	2085 ⁰³	n	11.09.	n
71 ^{e,f}	Wallenbur	UR	-1.9	-8.7	2250 ⁰⁶	16.10.	15.10.	07.10.

No. ^a	Glacier	Ct. ^b	Length variation ^c (m)		Altitude ^d (m a.s.l.) 2009	Date of measurements (Day, Month)		
			2007/08	2008/09		2007	2008	2009
72 ^{e,f}	Brunni	UR	n	-5.4 ^{6a}	2560	n	n	29.09.
73 ^{e,f}	Hüfi	UR	-12	-9	1800	12.10.	13.10.	30.10.
74 ^{e,f}	Griess	UR	-3.5	-2.5	2223	21.09.	26.09.	09.10.
75 ^{e,f}	Firnalpeli (Ost)	OW	+3.5	-7.4	2195	23.09.	24.08.	24.08.
76 ^f	Griessen	OW	n	-11.2 ^{2a}	2530	17.09.	n	25.08.

Catchment area of the river Linth / Limmat (Ic)

77 ^{e,f}	Biferten	GL	-8.7	-3.5	1968.7	07.10.	26.10.	01.11.
78 ^e	Limmern	GL	-5.8	-4	2290	08.10.	27.09.	24.09.
114 ^e	Plattalva	GL	-19.5	-21.2	2585	09.10.	28.09.	25.09.
79 ^{e,f}	Sulz	GL	-3.8	-7.6	1790	16.10.	02.10.	06.10.
80 ^{e,f}	Glärnisch	GL	-2.5	-12.6	2344.6	06.10.	27.09.	26.09.
81 ^{e,f}	Pizol	SG	-0.3	-2.3	2605	03.09.	26.09.	24.09.

Catchment area of the river Rhine / Lake Constance (Id)

82 ^{e,f}	Lavaz	GR	-18 ^{2a}	n	2428 ⁰⁸	n	20.08.	n
83 ^{e,f}	Punteglias	GR	-10.3	n	2350 ⁰⁸	29.10.	20.10.	n
84 ^{e,f}	Lenta	GR	-9.5	-13.3	2375	07.09.	25.09.	07.09.
85 ^{e,f}	Vorab	GR	-8.8	-13.8		16.10.	01.10.	22.09.
86 ^{e,f}	Paradies	GR	+2.1	+1.9	2691	13.09.	09.09.	17.09.
87 ^e	Suretta	GR	-2.1	+0.4	2572	16.10.	30.09.	17.09.
88 ^{e,f}	Porchabella	GR	-22.2	-16.5	2653	15.10.	01.10.	07.10.
115 ^e	Scaletta	GR	-21.7	-6.3	2590	13.09.	27.08.	01.09.
89 ^{e,f}	Verstankla	GR	-9	-10.3	2425	17.09.	03.09.	01.09.
90 ^e	Silvretta	GR	-6.0	-6.8	2466.9	24.09.	09.09.	09.09.
91 ^{e,f}	Sardona	SG	-7.6	-2.1	2450	17.09.	25.09.	28.08.

Catchment area of the river Inn (V)

92 ^{e,f}	Roseg	GR	-17.9	-31.5	2160	13.09.	02.10.	14.09.
93 ^e	Tschierva	GR	-25.0	-24.8	2262	13.09.	02.10.	14.09.
94 ^{e,f}	Morteratsch	GR	-35.0	-32.8	2110	13.09.	02.10.	14.09.
95 ^e	Calderas	GR	-6.8	-120.8	2759	04.09.	21.08.	27.08.
96 ^{e,f}	Tiatscha	GR	-4.6	+1.4	2650 ⁰⁵	23.08.	30.09.	20.08.
97 ^e	Sesvenna	GR	-7.7	-4.9	2760 ⁰⁷	13.09.	27.08.	19.08.
98 ^{e,f}	Lischana	GR	-7.2 ^{2a}	-2.5	2774 ⁰⁶	n	09.09.	28.08.

Catchment area of the river Adda (IV)

99 ^e	Cambrena	GR	-20	n	2530 ⁰⁸	11.10.	07.10.	n
100 ^{e,f}	Palü	GR	-8	n	2620 ⁰⁸	12.10.	19.09.	n
101 ^e	Paradisino (Campo)	GR	-11	n	2840 ⁰⁸	15.09.	20.10.	n
102 ^f	Forno	GR	-28.3	-23.8	2260	14.09.	10.09.	21.09.

No. ^a	Glacier	Ct. ^b	Length variation ^c		Altitude ^d (m a.s.l.)	Date of measurements (Day, Month)		
			2007/08	2008/09		2009	2007	2008
Catchment area of the river Ticino (III)								
120 ^e	Corno	TI	-3.3	-1.3	2601.0	28.08.	25.09.	31.08.
117 ^e	Valleggia	TI	-8.9	-0.8	2426.5	19.09.	07.10.	02.09.
118 ^e	Val Torta	TI	-12	0	2506.1	20.09.	09.10.	23.09.
352 ^e	Croslina	TI	-2.5	-0.5	2717.0	04.09.	02.09.	10.09.
103 ^{e,f}	Bresciana	TI	-6.8	-2.7	2938.0	11.09.	10.09.	08.09.
119 ^e	Cavagnoli	TI	-20.9	-4.5	2539.4	12.09.	24.09.	28.09.
104 ^{e,f}	Basòdino	TI	-11.9	-2.7	2576.8	13.09.	23.09.	29.09.
105 ^{e,f}	Rossboden	VS	x	x	1930 ⁰⁴	n	23.10.	16.10.

Legend

+	advancing	x	value not determined
st	stationary, ± 1 m	n	not observed
-	retreating	sn	snowed in

- a Identification number of the glacier in the observation network.
- b If a specific glacier is situated in more than one canton, the canton indicated in the table is the one where the observed glacier tongue lies.
- c If the value given relates to more than one year, the number of years is indicated as follows: -23 ^{4a} = Decrease of 23 meters within 4 years.
- d If the altitude of the glacier tongue is not measured in 2009, the year of the last measurement is indicated: 2522 ⁹⁹ = 2522 m above sea level, measured in the year 1999.
- e Compare Appendix B: Remarks on individual glaciers.
- f Glacier with nearly complete data series since the beginning of the measurements at the end of the 19th century and one of the 73 glaciers selected in Figures 3.3 and 3.4.

Table 3.1 no longer includes a) glaciers which have melted back drastically and are often debris-covered, making it impossible to carry out a proper survey at yearly intervals (Mittelaletsch, Tälliboden, Ofental, Zmutt), and b) glaciers observed only at irregular intervals and/or that yield imprecise measurement values, which do not justify retaining these figures in the charts and analyses (Bis, Orny, Martinets, Pierredar, Rosenlaui, Lötschberg, Albigna).

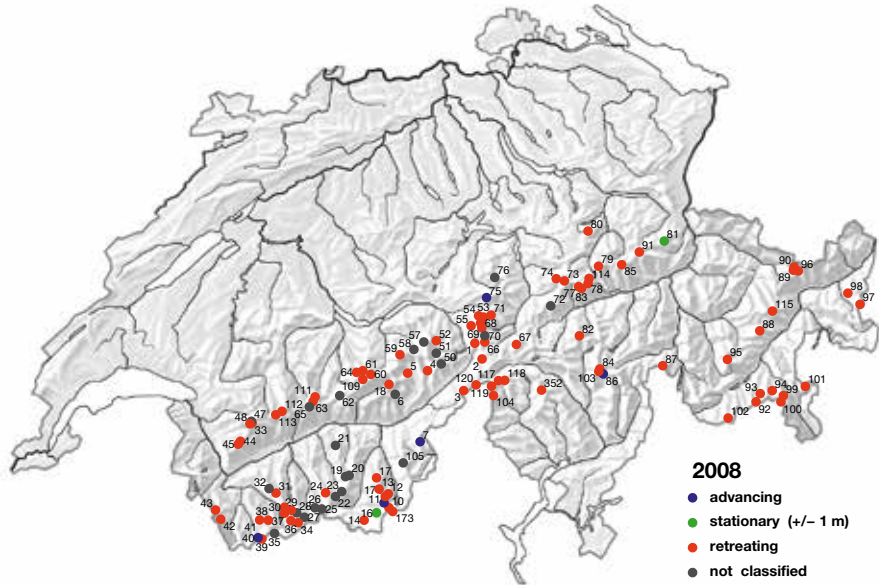


Figure 3.1: Observed glaciers in fall 2008.

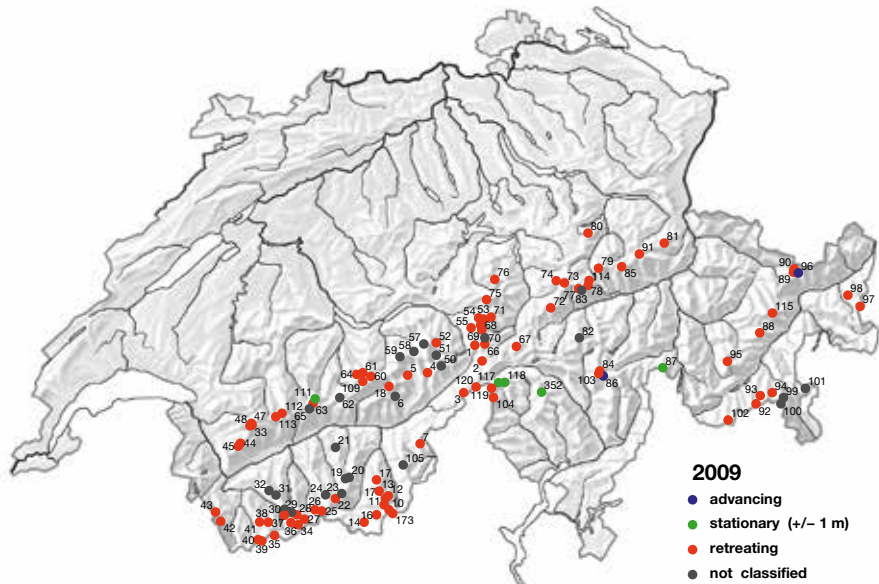


Figure 3.2: Observed glaciers in fall 2009.

3.5 Length Variations - Statistics for 1880-2009

The long-term development of glaciers in Switzerland is illustrated by taking a selected sample from the Swiss glacier network (Figures 3.3 and 3.4), and the cumulative glacier length variations which have been classified according to length (Figures 3.5 - 3.8).

The dynamic response to climatic forcing of glaciers with variable geometry involves striking differences in the recorded curves (Figures 3.4 and 3.5 - 3.8) (Hoelzle et al., 2003). Such differences reflect the considerable effects of size-dependent filtering, smoothing, and enhancing of the delayed tongue response with respect to the undelayed input (mass balance) signal. As a consequence, the overview figure of annual length-change data presented here as annual numbers or percentages of advancing and retreating glaciers should be interpreted carefully.

We also present absolute numbers, in order to avoid having a glacier sample whose scope changes annually, not all glaciers were included in Figures 3.3 and 3.4. From the entire dataset, 73 glaciers were selected as a sample with nearly complete series since the beginning of the measurements at the end of the 19th century. In Chapter 3.4, these 73 glaciers are indicated by a footnote f. The measured annual values are assigned to three classes: advancing, stationary and retreating. Figure 3.3 presents absolute numbers and percentages. The sample is dominated by medium-sized glaciers (length between 1 to 5 km). The typical response time of these glaciers is in the order of decades, and the periods of advance, such as those in the 1910s and the 1970s to 1980s, can be seen clearly. For the purpose of intercomparison, values of cumulative length change are presented with respect to size categories chosen in a way to optimally reflect common characteristics of the

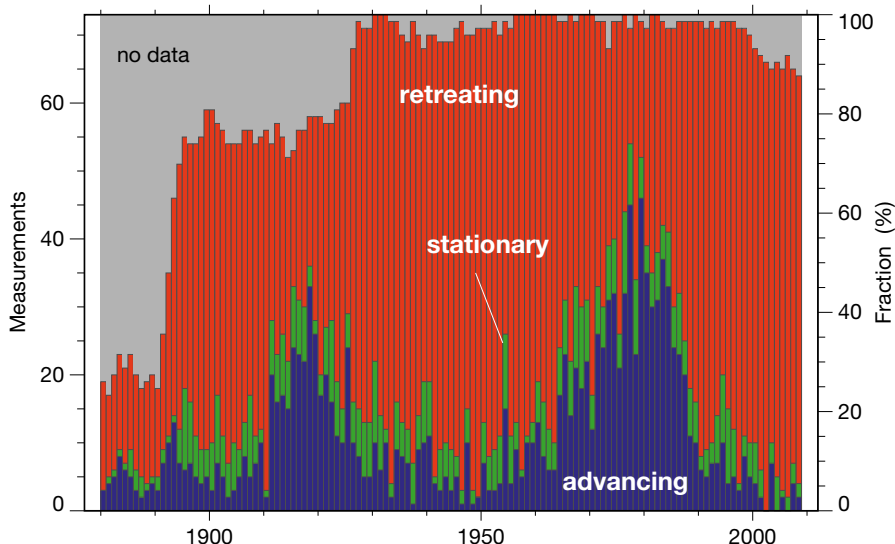


Figure 3.3: Yearly classification of glacier length behaviour (advancing, stationary and retreating) of 73 selected glaciers.

tongue-reaction signal. Figure 3.4 shows the annual and individual length change of all 73 selected glaciers sorted for size. It is well recognized that large glaciers, such as Grosser Aletschgletscher, show continuous retreat since 1880, in contrast to the smaller glaciers such as Pizolgletscher, which has highly variable behavior.

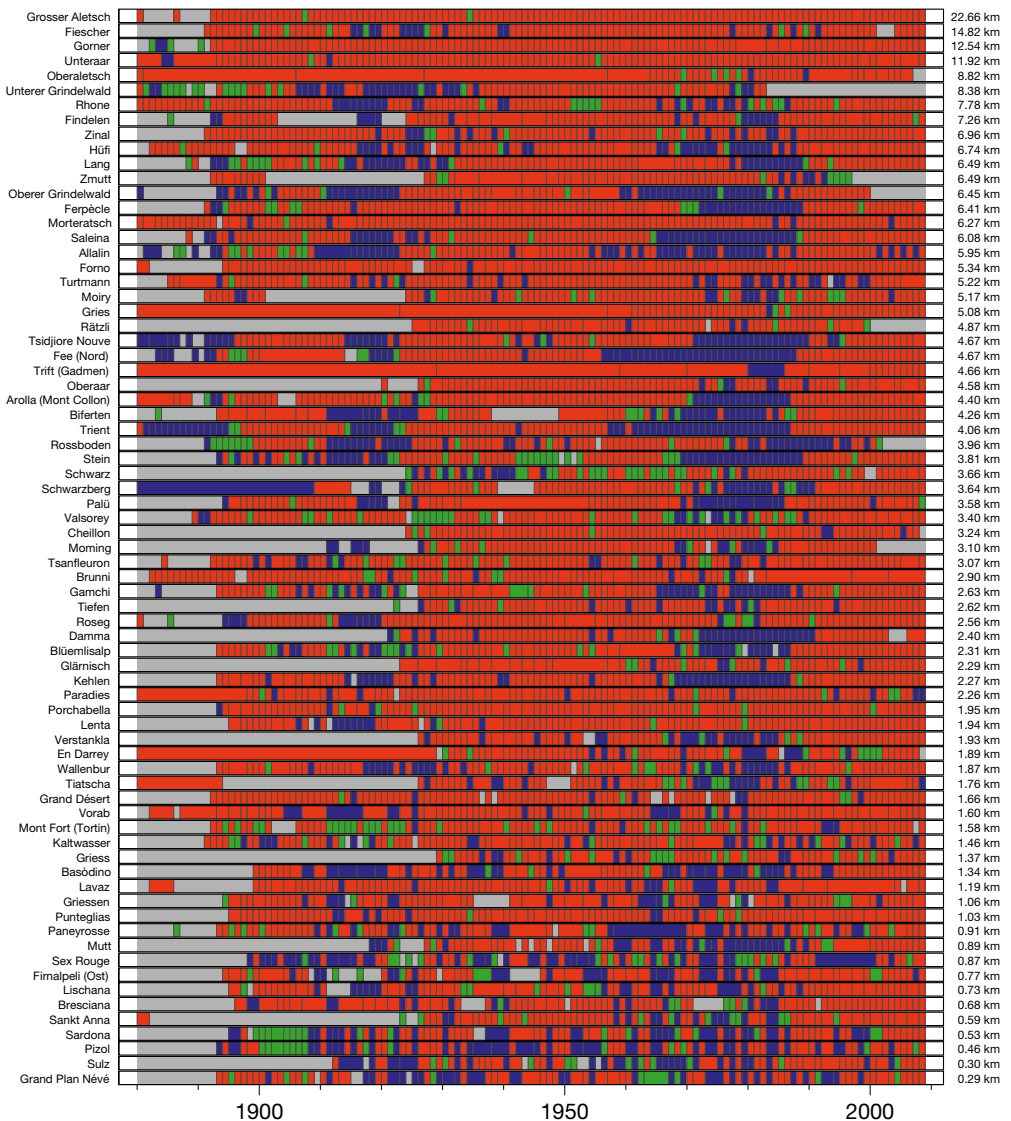


Figure 3.4: Individual yearly pattern of the same 73 selected glaciers (displayed in the descending order of actual glacier length).

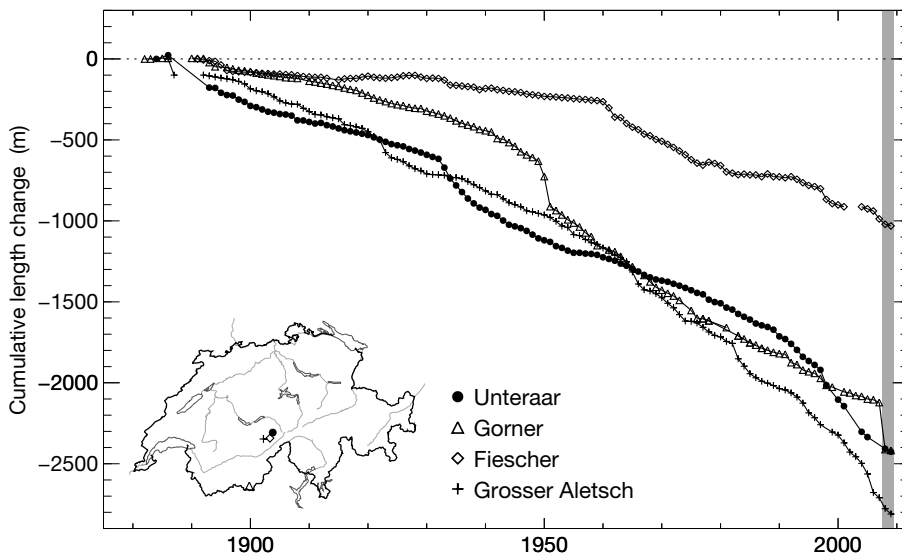


Figure 3.5: Large valley glaciers with a length of more than 10 km. The gray shaded area highlights the years of the current report.

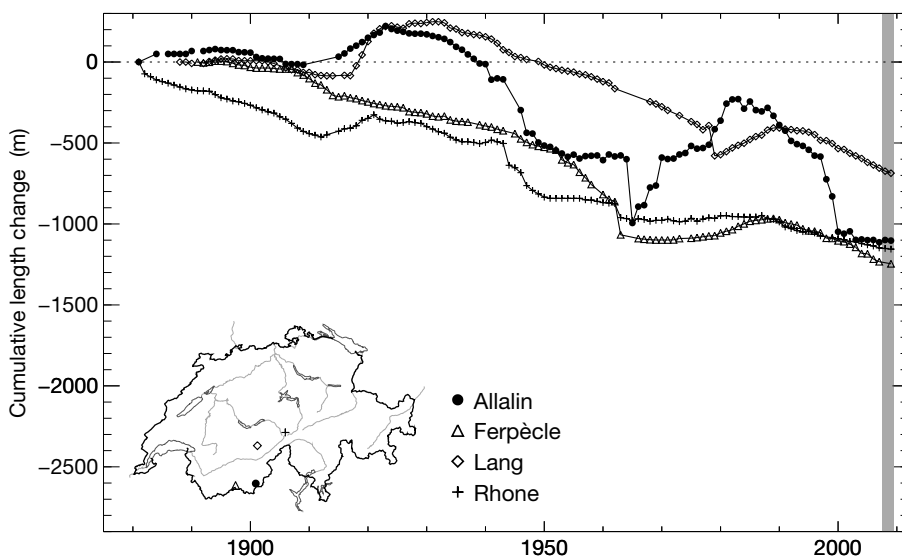


Figure 3.6: Mountain glaciers with a length of 5 - < 10 km. The gray shaded area highlights the years of the current report.

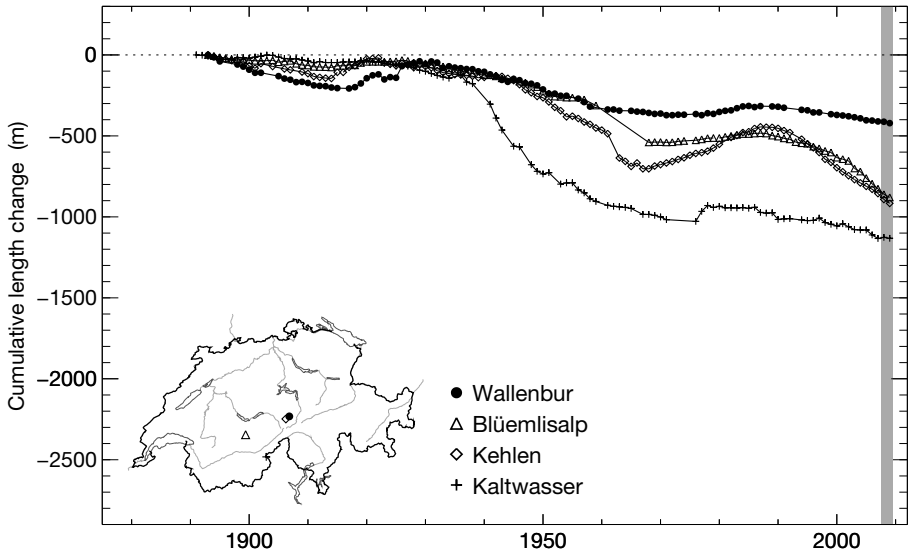


Figure 3.7: Small mountain glaciers with a length of 1 - < 5 km. The gray shaded area highlights the years of the current report.

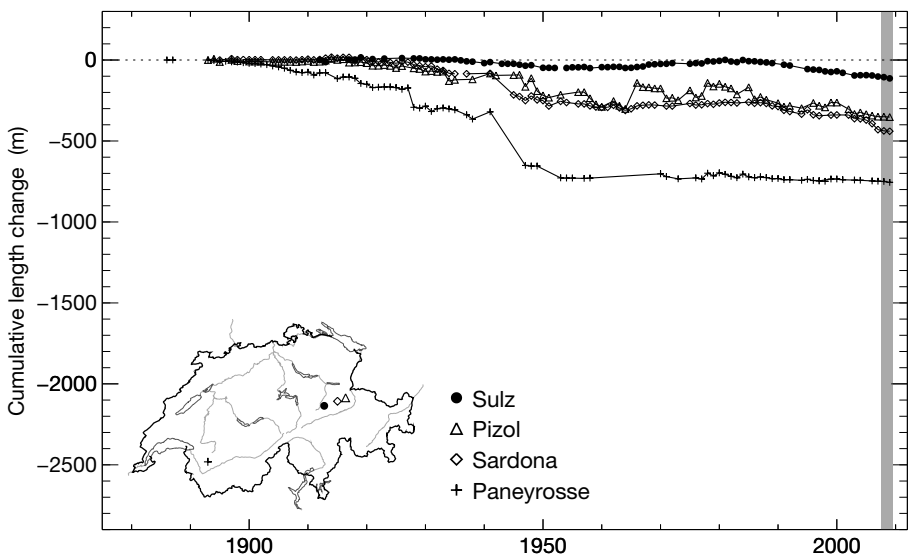


Figure 3.8: Very small cirque glaciers with a length of less than 1 km. The gray shaded area highlights the years of the current report.



Glacier du Trient in 2003 (top) and 2009 (bottom) (Photos: J. Ehinger)

4 Mass Balance

4.1 Introduction, cumulative mean specific mass balances

Detailed mass balance data were collected using the glaciological method for Griesgletscher, Silvrettagletscher, Pizolgletscher, Findelengletscher and Ghiacciaio del Basòdino in Switzerland. In addition to these investigations aiming at the determination of the glacier-wide mass balance distribution, individual point measurements of mass balance were taken at Claridenfirn, Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher), Glacier du Giétro and Glacier de Corbassière (cf. Chapter 5), as well as in the Mattmark region (Allalin, Schwarzberg, Chapter 5). In Figure 4.1 the location within Switzerland of all these glaciers is shown.

The mass balance measurements at stakes, in snow pits and extensive snow probing on Gries-



Figure 4.1: Investigated glaciers for mass balance with the focus on spatial distribution and analysis of mean specific winter and annual balance (dark blue) or point measurements (light blue).

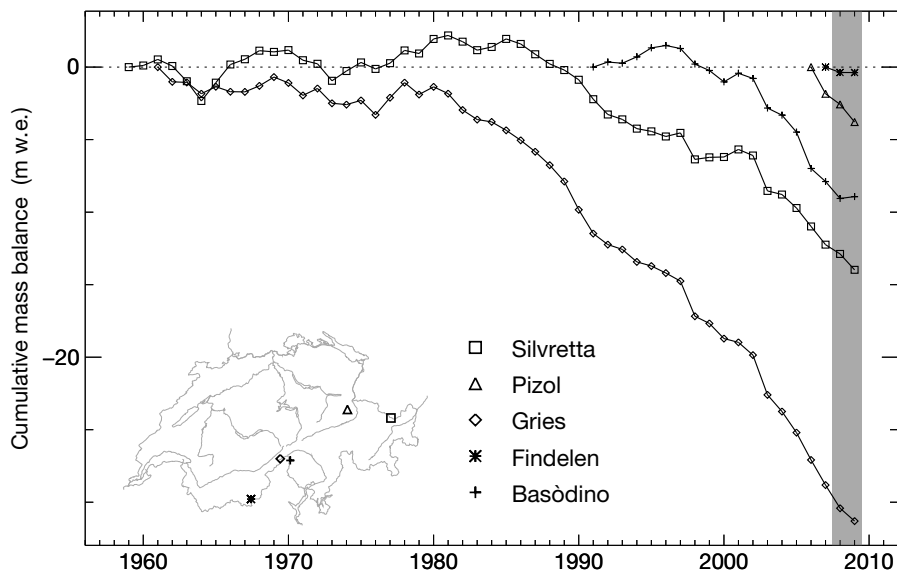


Figure 4.2: Cumulative mean specific annual balance over the whole observation period for the glaciers Silvretta, Pizol, Gries, Findelen and Basòdino. The gray shaded area highlights the years of the current report.

gletscher, Findelengletscher, Pizolgletscher and Silvrettagletscher were used to calculate the mean specific winter and annual balance following the methods described in Huss et al. (2009). Extrapolation from individual measurements to the entire glacier surface was performed using a mass balance model including the most important processes governing glacier mass balance distribution. The procedure is divided into two steps:

- (1) The model is tuned such that both the measurements of winter accumulation and summer ablation are matched optimally over the periods defined by the exact dates of the in-situ measurements which are reported for the years of the current report. This allows extrapolation of mass balance based on a physical representation of the spatial variability, as well as the calculation of mass balance over fixed time periods (e.g. the hydrological year).
- (2) A periodical final reanalysis and homogenisation with independently derived ice volume changes is reported separately in five to ten year intervals after evaluation.

For Ghiacciaio del Basòdino traditional hand-contouring has been applied (e.g. Østrem and Brugman, 1991). The cumulative mean specific winter and annual balances of the glaciers with extensive observation series are presented in Table 4.1. The long-term trends are very well recognizable for the Griesgletscher and Silvrettagletscher with long time-series (Figure 4.2). Notably, the accelerated mass loss since the mid-1980s is remarkable, as is the balanced conditions recorded in the 1960s and 70s. The point measurements of the mass balance are of particular significance with

Table 4.1: Summary table with area, mean specific winter and annual balance, ELA and AAR for the exact measuring periods 2007/08 and 2008/09.

Glacier	No.	period	area (km ²)	B _w (mm w.e.)	B _a (mm w.e.)	ELA (m a.s.l.)	AAR (%)
Basòdino	104	2007/08	2.280 ^a	1145	-1168	3100	2
		2008/09	2.280 ^a	2487	130	2750	70
Findelen	16	2007/08	13.079 ^b	656	-542	3275	58
		2008/09	13.079 ^b	1579	-37	3215	66
Gries	3	2007/08	4.973 ^c	1139	-1601	3125	5
		2008/09	4.973 ^c	2465	-883	3134	3
Pizol	81	2007/08	0.081 ^d	1447	-731	2800	9
		2008/09	0.081 ^d	1591	-1220	2775	1
Rhone	1	2007/08	15.933 ^c	1458	-1098	3097	33
		2008/09	15.933 ^c	1560	-453	2938	51
Silvretta	90	2007/08	2.785 ^c	1674	-639	2855	31
		2008/09	2.785 ^c	1547	-1097	2995	6

^a measured in 2002; ^b measured in 2009; ^c measured in 2007; ^d measured in 2006

regard to answering questions related to climate change (Ohmura et al., 2007; Huss and Bauder, 2009). The four existing long-term time series (Claridenfirn, Grosser Aletschgletscher, Silvretta-gletscher) start in the 1910s and cover almost the entire 20th century. Ghiacciaio del Basòdino, Griesgletscher, Findelengletscher, Pizolgletscher and Silvrettagletscher are currently part of the international observation network, which includes approximately 50 other glaciers (Dyurgerov and Meier, 2005; WGMS, 2007).

4.2 Mass Balance in 2007/08

During the 2007/08 measurement period, all five investigated glaciers experienced mass losses, ranging between -1.6 m water equivalent at Griesgletscher and -0.6 m at Silvrettagletscher. The values from the review period correspond approx. to the mean value of the 10 previous years (1998-2007).

Basòdino, Gries and Rhone glaciers lost somewhat more than the 10-year mean, while Pizol and Silvretta glacier melted less. The point measurements at Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher) and Claridenfirn confirm these results. These differences can be explained for the most part by topographic influences and spatial variations in precipitation. Differing melt conditions can be neglected in the assessment of these results.

4.3 Mass Balance in 2008/09

The mass budget glaciers Basòdino, Gries and Findelen, located in the southern Alpine region, had above-average snow depth at the end of April 2009. Accumulation over the winter amounted to

approx. 2.5 m water equivalent at Basòdino and Gries, and 1.6 m w.e. at Findelen glaciers. As early as the month of April, drastically high temperatures (Fig. 2.1) were the cause of intensive snowmelt. Due to the extremely warm summer, which was the fifth-hottest since temperature measurements began, the great masses of snow in most regions had melted away by August. The melting season lasted until the end of October, which is considered to be extremely late. As a result of this situation, Findelen and Gries in the southern Alpine region lost a relatively small amount of mass at -0.04 and -0.9 m w.e. respectively in that year, while Ghiacciaio del Basòdino with $+0.13$ m w.e. even gained slightly in mass.

On the north side of the Alps, the situation evolved somewhat differently. Although the amount of snowfall over the winter was in accordance with the average, many glaciers nevertheless melted out with some delay, and by the end of the melting season, distinct mass losses, similar to those of previous years, were recorded. At the end of September, mass losses at these two investigated glaciers on the north side of the Alps amounted to 1.2 m w.e. at Pizol and 1.1 m w.e. at Silvretta.



Ghiacciaio del Basòdino in 2009 (Photo: C. Valeggia)

4.4 Ghiacciaio del Basòdino

Introduction

Ghiacciaio del Basòdino is a small north-east facing temperate mountain glacier in the southern Swiss Alps. The small individual branch descending to the north with a separate tongue is not considered part of the glacier and not included in the mass balance determination. The main branch covers an area of 2.2 km² and extends from 2530 to 3192 m a.s.l. Detailed mass balance investigations are being carried out since 1990. Determination of volumetric changes in decadal resolution reach further back to 1929 (Bauder et al., 2007). Topographic maps or photogrammetrical surveys exist for 1929, 1949, 1971, 1985, 1991, 2002 and 2008.

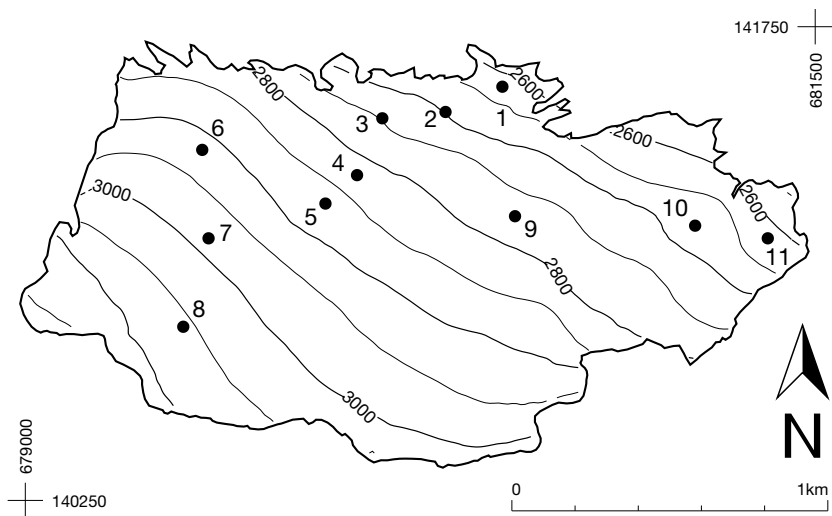


Figure 4.3: Surface topography and observational network of the Ghiacciaio del Basòdino.

Investigations in 2007/08

The measurement period extended from 7th October 2007 to 11th September 2008 with a field visit in spring on 7th May 2008. Periodic field visits provided additional measurements with observations of the gradual seasonal evolution. Measurements taken in October 2007, indicated that the glacier was covered with encrusted new snow from September, with a thickness of 5 cm in the lower zone and 25 cm in the upper. By the beginning of August 2008 (the 5th), the snow cover had drastically disappeared from the glacier and almost all of the stakes had to be redrilled. At the end of the month of August, practically all of the winter snow had melted away.

Investigations in 2008/09

The measurement period went from 11th September 2008 to 10th September 2009 with a field visit in spring on 20th May 2009. Periodically, additional field visits supplemented the measurements with observations of the gradual seasonal evolution. The winter experienced abundant snowfall, so much so that during the spring visit, the second highest accumulation value was recorded since measurements began in 1990. By the end of July 2009 the thick layer of winter snow appeared to be holding well, with a strong prospect of a very positive mass balance year. However, extremely warm temperatures in August melted the firn to such an extent that, in the end, it was almost an average year for mass balance.

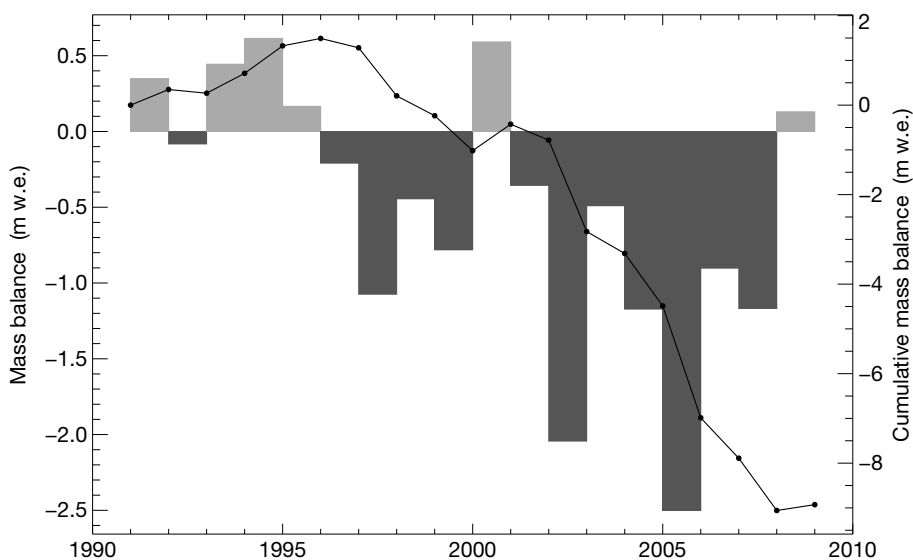


Figure 4.4: Ghiacciaio del Basòdino - Mean specific annual balance (bars) and cumulative annual balance for the period 1991-2009.

Table 4.2: Ghiacciaio del Basòdino - Specific winter and annual balance versus altitude in the two periods 2007/08 and 2008/09 evaluated for the exact measurement period defined by the dates of field survey.

Altitude (m a.s.l.)	2007/08			2008/09		
	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)
2600 - 2700	0.240	1147	-1800	0.240	2585	-32
2700 - 2800	0.450	1110	-1500	0.450	2530	0
2800 - 2900	0.550	1110	-1200	0.550	2340	6
2900 - 3000	0.560	1073	-1000	0.560	2475	30
3000 - 3100	0.480	1302	-700	0.480	2580	36
2600 - 3100	2.280	1145	-1168	2.280	2487	130

Table 4.3: Ghiacciaio del Basòdino - Individual stake measurements of winter and annual balance.

stake	start	period spring	end	coordinates	mass balance	
				(m / m / m a.s.l.)	b_w (mm w.e.)	b_a (mm w.e.)
2	01.09.2007	07.05.2008	11.09.2008	680210 / 141446 / 2721	1240	-1870
2	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	680210 / 141446 / 2721	2139	-340
3	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	679922 / 141405 / 2803	1920	91
4	01.09.2007		11.09.2008	680061 / 141294 / 2819		-1920
4	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	680061 / 141294 / 2819	2176	-280
5	01.09.2007		11.09.2008	679900 / 141200 / 2870		-630
5	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	679900 / 141200 / 2870	2050	-350
6	01.09.2007	07.05.2008	11.09.2008	679556 / 141321 / 2930	680	-1440
8	01.09.2007	07.05.2008	11.09.2008	679500 / 140800 / 3050	1258	-560
8	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	679500 / 140800 / 3050	2517	980
9	01.09.2007	07.05.2008	11.09.2008	680557 / 141167 / 2758	1110	-1520
9	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	680557 / 141167 / 2758	2365	-1200
10	01.09.2007	07.05.2008	11.09.2008	681000 / 141150 / 2689	1110	-960
11	01.09.2007	07.05.2008	11.09.2008	681336 / 141054 / 2610	1351	-1445
11	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	681336 / 141054 / 2610	3473	120
12	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	679781 / 140828 / 2990	2358	980
14	01.09.2007	07.05.2008	11.09.2008	679983 / 141017 / 2904	1184	-840
14	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	679983 / 141017 / 2904	1980	-70
15	01.09.2007	07.05.2008	11.09.2008	679391 / 140978 / 3040	777	-840
15	11.09.2008	20.05.2009	10.09.2009	679391 / 140978 / 3040	2296	-140
16	01.09.2007		11.09.2008	679656 / 141500 / 2850		-1760

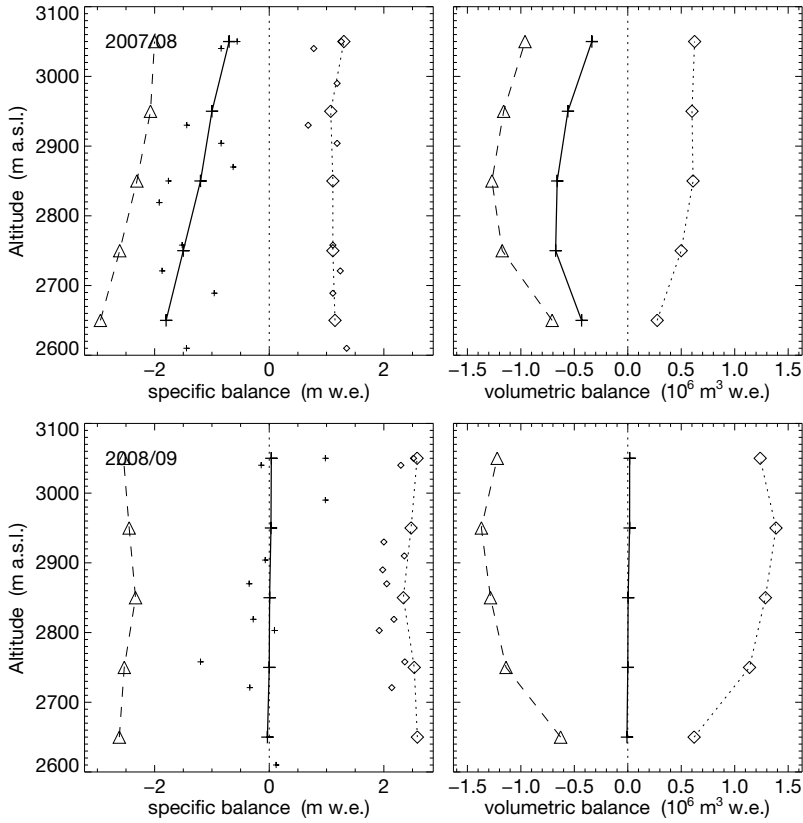


Figure 4.5: Specific (left) and volumetric (right) winter (dotted, \diamond), summer (dashed, \triangle) and annual (continuous line, $+$) balance versus altitude for 2007/08 (top) and 2008/09 (bottom). Small symbols mark the individual measurements.

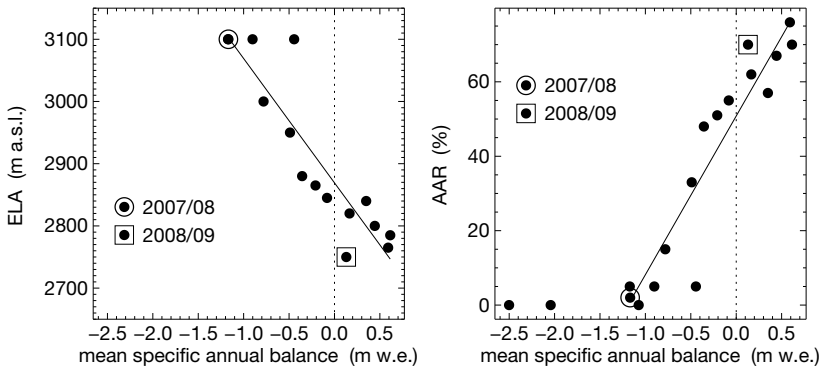


Figure 4.6: Equilibrium line altitude (ELA) and accumulation area ratio (AAR) versus mean specific balance including all previous observations.

4.5 Findelengletscher

Introduction

Findelengletscher is a valley glacier located in the southern Valais in the Zermatt area and primarily consists of Findelengletscher (13.1 km²) and its former tributary Adlergletscher (2.0 km²). The two glaciers cover an elevation range from 2560 m a.s.l. to 4110 m a.s.l. Findelengletscher is westfacing and is characterized by flat high-elevation accumulation basins and a comparably narrow glacier tongue. The Findelengletscher region is relatively dry, and the equilibrium lines altitude is among the highest in the Alps. Mass balance measurements on Findelengletscher were initiated in fall 2004 and the observational network was extended to Adlergletscher one year later (Machguth, 2009). While the previous report listed the stake readings for the mass balance years 2004/05 and 2006/07, we now publish glacier-wide mass balances for Findelengletscher (starting in 2007/08) as well as summer and winter balances (starting in 2008/09). For Adlergletscher we provide stake measurements but no mass balance values computed for the entire glacier.

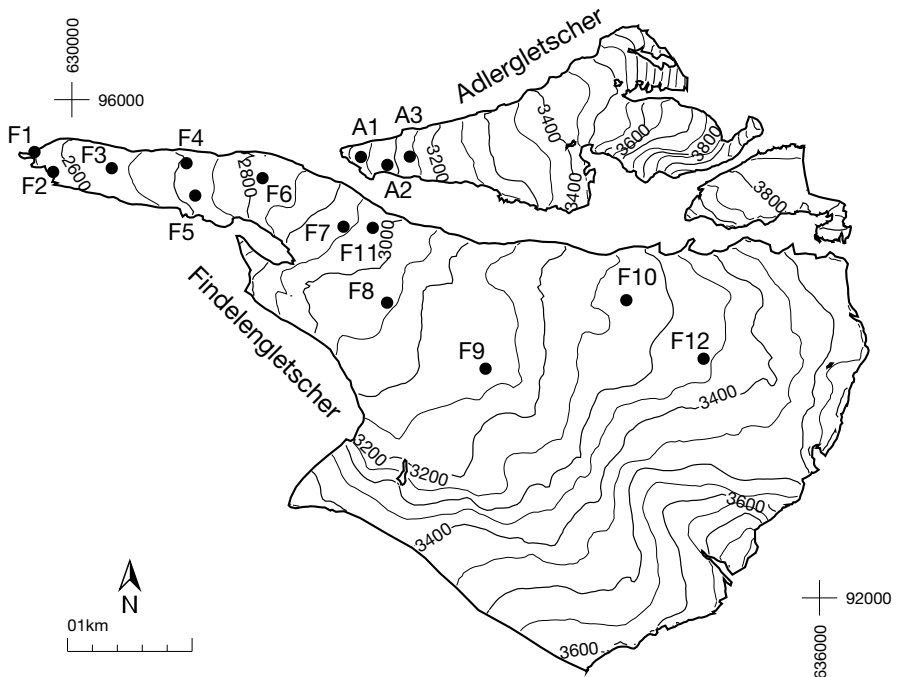


Figure 4.7: Surface topography and observational network on Findelengletscher and the former tributary Adlergletscher.

Investigations in 2007/08

The stake network on Findelen- and Adlergletscher was maintained on October 12th, 2008 and annual balance values (6.10.2007 - 12.10. 2008) were determined for twelve locations on Findelengletscher and three locations near the terminus on Adlergletscher. Two additional field visits were performed: One in late autumn to obtain an impression of the impact of the warm fall on late season melt (0.2 m w.e. of melt on the glacier tongue between 6.10. 2007 and 19.11.2007) and another during the ablation season (26.7.2008) to carry out additional stake-readings. No measurements of winter balance were performed.

Table 4.4: Findelengletscher - Specific winter and annual balance versus altitude in the two periods 2007/08 and 2008/09 evaluated for the exact measurement period defined by the dates of field survey.

Altitude (m a.s.l.)	2007/08			2008/09		
	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)
2500 - 2600	0.04062	122	-6853	0.08620	577	-7015
2600 - 2700	0.32812	152	-5956	0.31875	687	-5883
2700 - 2800	0.25875	199	-5230	0.25250	773	-4936
2800 - 2900	0.35750	327	-3594	0.34750	1026	-3108
2900 - 3000	0.57687	438	-2865	0.58250	1078	-2200
3000 - 3100	0.93500	528	-2192	0.97187	1224	-1549
3100 - 3200	1.74500	615	-1440	1.73187	1429	-519
3200 - 3300	1.82937	678	-175	1.81312	1597	245
3300 - 3400	1.93500	747	842	1.94312	1752	989
3400 - 3500	2.41125	810	569	2.36875	1884	1031
3500 - 3600	1.58562	831	607	1.62437	1932	1217
3600 - 3700	0.48250	603	405	0.48812	1722	1182
3700 - 3800	0.31187	469	317	0.31312	1510	1097
3800 - 3900	0.24062	519	491	0.24000	1366	1021
3900 - 4000	0.00312	494	564	0.00312	1375	1170
2500 - 4000	13.0794	656	-542	13.0794	1579	-37

Investigations in 2008/09

Field surveys were carried out on October 12th, 2008, and in October 2009 from the 4-6th. Annual balance could be determined at 10 locations on Findelengletscher, and at two stakes on Adlergletscher. During the autumn campaign the observational network was extended by three stakes on Findelen and one stake on Adlergletscher. The naming convention of the stakes was adapted. The equilibrium line altitude was lower than in previous years (approx. 3200 m a.s.l.) and the mass budget was almost balanced. Two additional visits to the glacier were performed during the summer (July 20-22, and September 8). Measurements of winter balance were performed on April

14 and 15 2009: Snow density was determined in two snowpits on Findelen and snow probings were conducted (222 points) on Findelen- and the lower part of Adlergletscher. A new high-resolution digital elevation model and an up-to-date glacier outline for Findelen- and Adlergletscher were obtained from an air-borne LiDAR survey in October 2009 (Joerg et al., 2012).

Table 4.5: Findelengletscher and Adlergletscher - Individual stake measurements of winter and annual balance.

stake	start	period spring	end	coordinates (m / m / m a.s.l.)	mass balance	
					b _w (mm w.e.)	b _a
F1	08.10.2007		12.10.2008	629887 / 95550 / 2590		-7000
F1	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	629887 / 95565 / 2579	740	-7440
F2	08.10.2007		12.10.2008	629916 / 95420 / 2588		-6790
F2	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	629955 / 95426 / 2577	540	-7060
F3	08.10.2007		12.10.2008	630329 / 95450 / 2650		-5990
F3	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	630361 / 95468 / 2631	590	-6030
F4	08.10.2007		12.10.2008	630897 / 95490 / 2710		-5400
F4	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	630910 / 95498 / 2694	730	-4940
F5	08.10.2007		12.10.2008	630990 / 95230 / 2720		-5900
F5	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	630985 / 95257 / 2707	790	-5770
F6	08.10.2007		12.10.2008	631530 / 95370 / 2810		-4170
F7	08.10.2007		12.10.2008	632095 / 95062 / 2935		-2870
F7	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	632086 / 95080 / 2912	880	-2070
F8	08.10.2007		12.10.2008	632530 / 94370 / 3040		-2110
F9	08.10.2007		12.10.2008	633320 / 93867 / 3130		-1360
F9	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	633320 / 93840 / 3126	1410	-470
F10	08.10.2007		12.10.2008	634335 / 94422 / 3280		-370
F10	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	634251 / 94438 / 3255	1660	220
F11	08.10.2007		12.10.2008	632415 / 94971 / 2968		-2960
F11	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	632364 / 95031 / 2958	800	-2860
F12	08.10.2007		12.10.2008	635070 / 93920 / 3349		1000
F12	12.10.2008	15.04.2009	06.10.2009	635085 / 93915 / 3344	1690	950
Ag1	08.10.2007		12.10.2008	632320 / 95540 / 3031		-2500
Ag2	08.10.2007		12.10.2008	632532 / 95476 / 3082		-2100
Ag3	08.10.2007		12.10.2008	632712 / 95543 / 3131		-2300
Ag2	12.10.2008	14.04.2009	06.10.2009	632532 / 95476 / 3082	940	-2350
Ag3	12.10.2008	14.04.2009	06.10.2009	632712 / 95543 / 3131	940	-2380

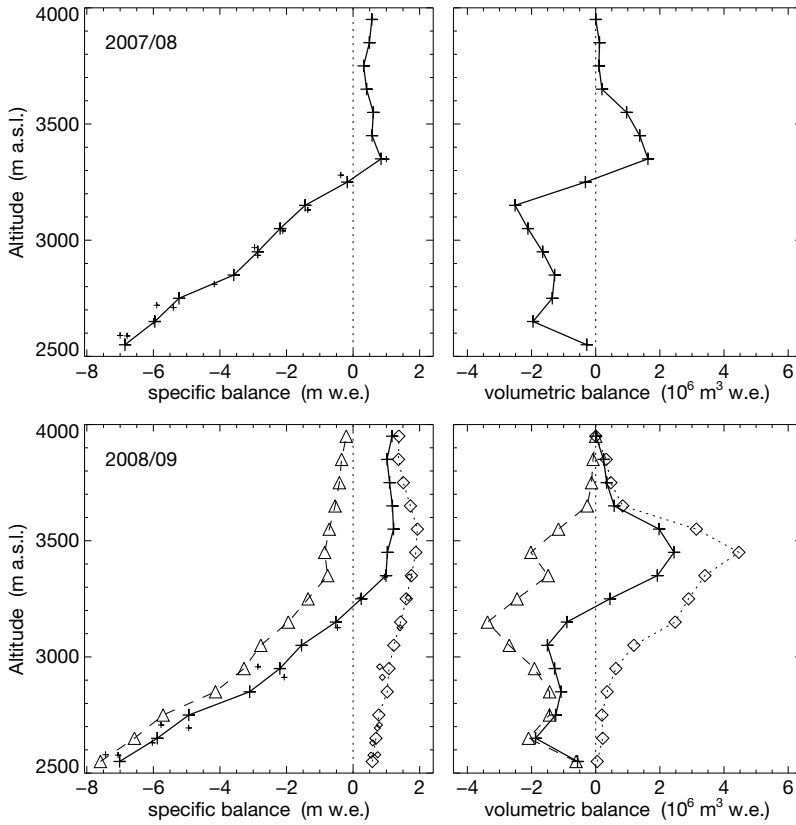


Figure 4.8: Specific (left) and volumetric (right) winter (dotted, \diamond), summer (dashed, \triangle) and annual (continuous line, $+$) balance versus altitude for 2007/08 (top) and 2008/09 (bottom). Small symbols mark the individual measurements.

4.6 Griesgletscher (Aegina)

Introduction

Griesgletscher is a temperate valley glacier located in the central Swiss Alps. The glacier covers an area of 4.97 km² flowing in north-east direction from 3374 m a.s.l. down to 2415 m a.s.l. Mass balance measurements started in 1961 in connection with the construction of a reservoir for hydro-power production. Determination of volumetric changes in decadal resolution reach further back to 1884 (Bauder et al., 2007). Topographic maps or photogrammetrical surveys exist for 1884, 1923, 1961, 1967, 1979, 1986, 1991, 1998, 2003 and 2007. Huss et al. (2009) reanalyzed and homogenized the seasonal stake data and ice volume changes for the period 1961-2007. Results of the mean specific winter and annual balance with associated area, ELA and AAR values for comparable fixed time periods have been reported in Section 4.9 of volume 125/126.

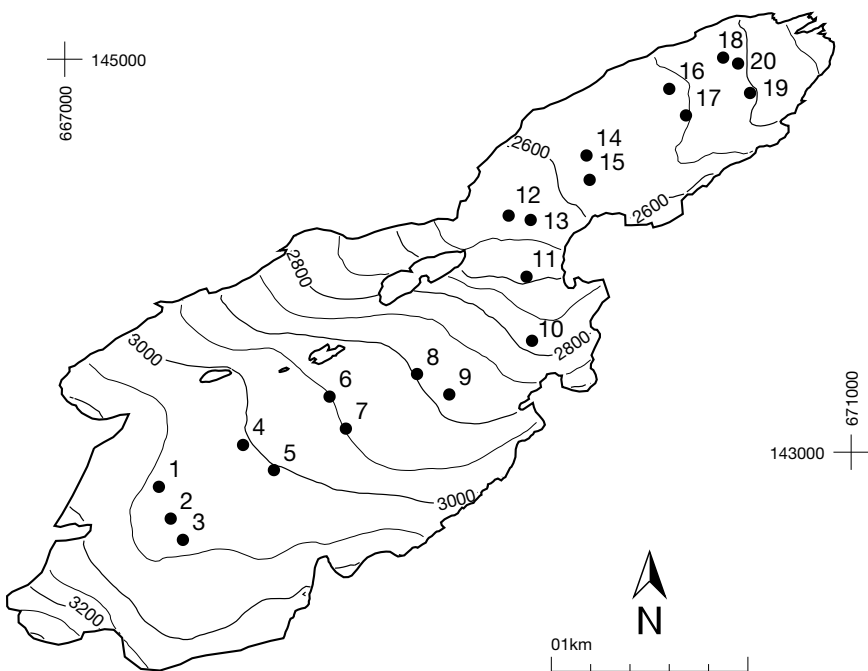


Figure 4.9: Surface topography and observational network of the Griesgletscher.

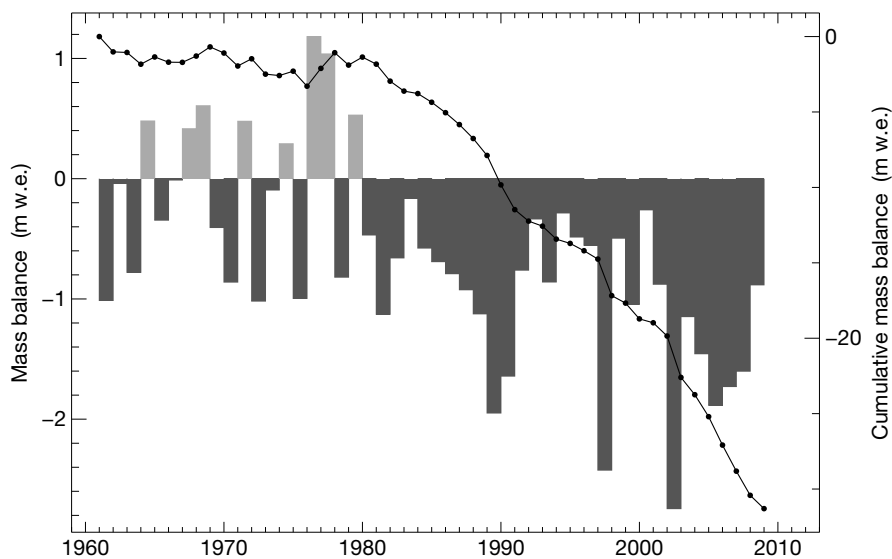


Figure 4.10: Griesgletscher - Mean specific annual balance (bars) and cumulative annual balance for the period 1961-2009.

Investigations in 2007/08

The measurement period was from 22nd September 2007 to 10th September 2008 with a field visit in spring on 1st May 2008. The melt extent at the end of the summer almost covered the entire surface area. Only some marginal firn patches were left.

Investigations in 2008/09

The measurement period extended from 10th September 2008 to 6th September 2009 with a field visit in spring on 6th May 2009. The melt-out at the end of the summer nearly extended over the entire surface area. Only some marginal firn patches were left.

Table 4.6: Griesgletscher - Specific winter and annual balance versus altitude in the two periods 2007/08 and 2008/09 evaluated for the exact measurement period defined by the dates of field survey.

Altitude (m a.s.l.)	2007/08			2008/09		
	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)
2400 - 2500	0.167	876	-3105	0.167	2227	-2687
2500 - 2600	0.767	931	-2840	0.767	2115	-2313
2600 - 2700	0.316	990	-2444	0.316	2296	-1761
2700 - 2800	0.351	1053	-1889	0.351	2421	-1065
2800 - 2900	0.612	1120	-1570	0.612	2455	-706
2900 - 3000	0.957	1191	-1329	0.957	2526	-527
3000 - 3100	1.484	1267	-918	1.484	2629	-201
3100 - 3200	0.242	1346	-734	0.242	2699	-22
3200 - 3300	0.076	1429	-724	0.076	2764	-7
3300 - 3400	0.001	1517	-701	0.001	2780	10
2400 - 3400	4.973	1139	-1601	4.973	2465	-883



Griesgletscher in 2008 with only marginal firn patches left (Photo: G. Kappenberger)

Table 4.7: Griesgletscher - Individual stake measurements of winter and annual balance.

stake	period			coordinates (m / m / m a.s.l.)	mass balance (mm w.e.)	
	start	spring	end		b _w	b _a
1	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	667479 / 142824 / 3040	1080	-1386
1	10.09.2008	06.05.2009	05.09.2009	667479 / 142824 / 3040	2825	-297
2	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	667538 / 142662 / 3035	1300	-765
2	10.09.2008	06.05.2009	06.09.2009	667538 / 142662 / 3035	2850	54
3	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	667601 / 142554 / 3038	1292	-711
3	10.09.2008	06.05.2009	06.09.2009	667601 / 142554 / 3038	2900	162
4	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	667907 / 143037 / 2998	1324	-1125
4	10.09.2008	06.05.2009	06.09.2009	667907 / 143037 / 2998	2675	-360
5	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	668064 / 142909 / 3000	1116	-1296
5	10.09.2008	06.05.2009	06.09.2009	668064 / 142909 / 3000	2675	-423
6	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	668347 / 143283 / 2945	948	-2088
6	10.09.2008	06.05.2009	06.09.2009	668347 / 143283 / 2945	2500	-864
7	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	668430 / 143120 / 2945	1264	-1620
7	10.09.2008	06.05.2009	06.09.2009	668430 / 143120 / 2945	2650	-432
8	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	668792 / 143398 / 2893	932	-2196
8	10.09.2008	06.05.2009	06.09.2009	668792 / 143398 / 2893	2250	-873
9	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	668956 / 143294 / 2882	1280	-1386
9	10.09.2008	06.05.2009	06.09.2009	668956 / 143294 / 2882	2175	-270
10	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	669377 / 143567 / 2777	1248	-1557
10	10.09.2008	06.05.2009	05.09.2009	669377 / 143567 / 2777	2425	-288
11	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	669349 / 143893 / 2686	976	-2961
11	10.09.2008	06.05.2009	05.09.2009	669349 / 143893 / 2686	2300	-1746
12	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	669258 / 144204 / 2624	852	-3150
12	10.09.2008	06.05.2009	05.09.2009	669258 / 144204 / 2624	2525	-1935
13	22.09.2007	08.05.2008	10.09.2008	669370 / 144182 / 2619	1036	-2952
13	10.09.2008	06.05.2009	05.09.2009	669370 / 144182 / 2619	2350	-1674
14	22.09.2007	08.05.2008	09.09.2008	669654 / 144510 / 2578	900	-3267
14	09.09.2008	06.05.2009	05.09.2009	669654 / 144510 / 2578	2100	-2304
15	22.09.2007	08.05.2008	09.09.2008	669670 / 144386 / 2574	892	-3492
15	09.09.2008	06.05.2009	05.09.2009	669670 / 144386 / 2574	1950	-2214
16	22.09.2007	08.05.2008	09.09.2008	670075 / 144849 / 2549	920	-3501
16	09.09.2008	06.05.2009	05.09.2009	670075 / 144849 / 2549	1925	-2241
17	09.09.2008	06.05.2009		670160 / 144714 / 2544	2050	
18	22.09.2007	08.05.2008	09.09.2008	670349 / 145008 / 2513	1120	-3753
18	09.09.2008	06.05.2009	04.09.2009	670349 / 145008 / 2513	2350	-2718
19	22.09.2007	08.05.2008	09.09.2008	670486 / 144828 / 2495	1056	-3915
19	09.09.2008	06.05.2009	04.09.2009	670486 / 144828 / 2495	2200	-2817

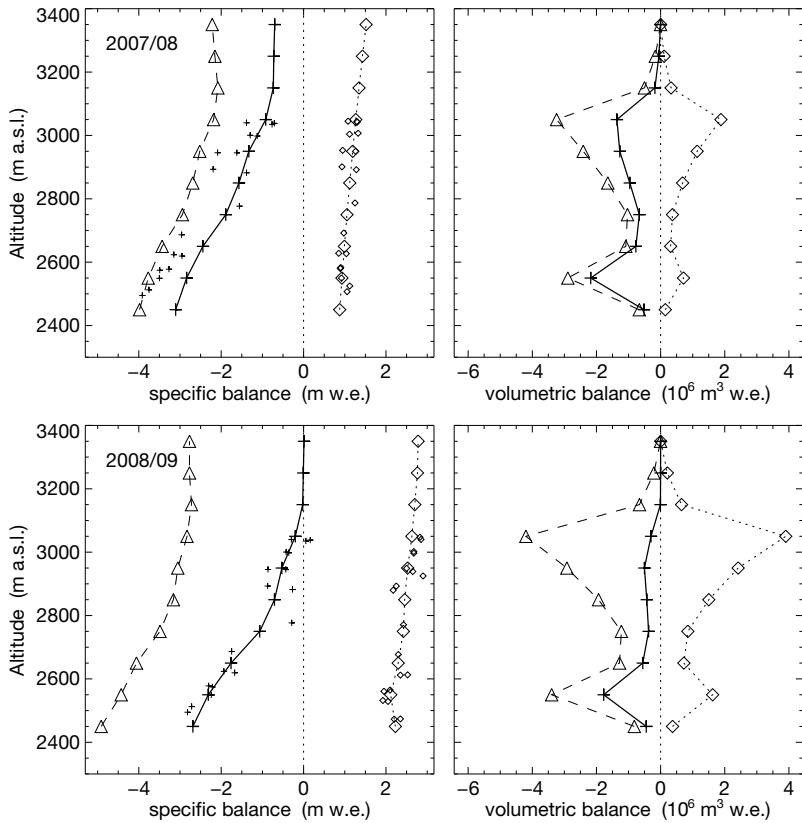


Figure 4.11: Specific (left) and volumetric (right) winter (dotted, \diamond), summer (dashed, \triangle) and annual (continuous line, $+$) balance versus altitude for 2007/08 (top) and 2008/09 (bottom). Small symbols mark the individual measurements.

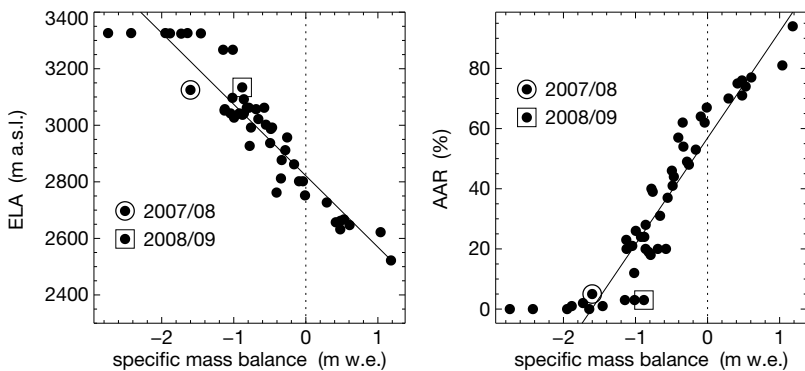


Figure 4.12: Equilibrium line altitude (ELA) and accumulation area ratio (AAR) versus mean specific balance including all previous observations.

4.7 Pizolgletscher

Introduction

Pizolgletscher is a steep cirque glacier in the north-eastern Swiss Alps. With a surface area of only 0.08 km² Pizolgletscher is the dwarf in the Swiss glacier monitoring network. However, nearly 80% of the total number of glaciers in Switzerland are similarly small in size. Pizolgletscher is north-exposed and located at relatively low elevation (2630-2780 m a.s.l.) which indicates that it is highly dependable on large amounts of snow accumulation during the winter. Seasonal mass balance measurements were started in 2006 (Huss, 2010). The observation network was extended from initially two to six stakes. Photogrammetrical surveys exist for 1968, 1973, 1979, 1985, 1990, 1997, 2006 providing area and ice volume changes over the last four decades (Huss, 2010).

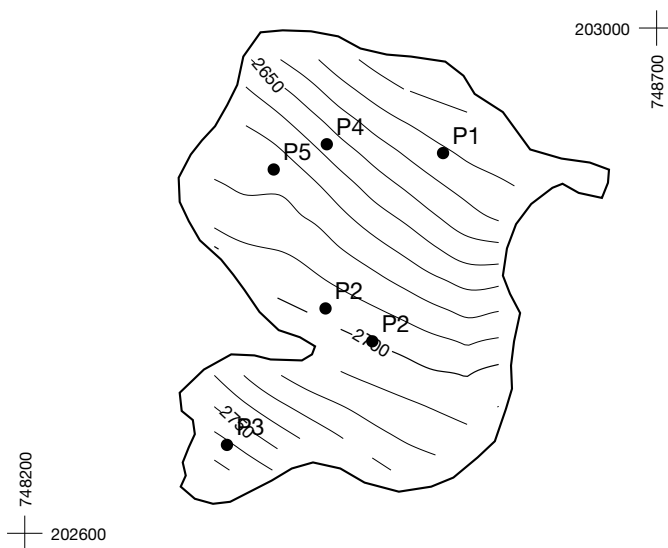


Figure 4.13: Surface topography and observational network of the Pizolgletscher.

Investigations in 2007/08

The winter balance was determined on April 2nd, 2008. Snow probing at 46 locations were performed and snow density was determined in a snow pit. On average the glacier was covered by 4 meters of snow. During the late summer field survey on 25th September 2008 a negative mass balance for the measurement period since 3rd September 2007 could be determined at four

stakes. Although no winter snow remained on the glacier, ice melt was below the average of the preceding years, this could be attributed to fresh snowfall during the month of september.

Table 4.8: Pizolgletscher - Specific winter and annual balance versus altitude in the two periods 2007/08 and 2008/09 evaluated for the exact measurement period defined by the dates of field survey.

Altitude (m a.s.l.)	2007/08			2008/09		
	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)
2600 - 2650	0.01985	1358	-1265	0.01985	1330	-1798
2650 - 2700	0.03433	1451	-790	0.03433	1590	-1261
2700 - 2750	0.02145	1527	-258	0.02145	1757	-813
2750 - 2800	0.00505	1424	-242	0.00505	1912	-403
2600 - 2800	0.08067	1447	-731	0.08067	1591	-1220

Investigations in 2008/09

The winter 2008/2009 was characterized by above average snow accumulation on Pizolgletscher. During the winter field survey on 7th April 2009 probings of the snow depth at 91 locations as well as the sampling of several drill cores were taken to determine the snow density. Despite the thick winter snow cover there was melt observed across the entire glacier. On 13th September 2009 ablation readings were obtained for 6 measurement points and all stakes were re-installed. A progressive darkening of the glacier surface can be observed, firn remnants in the more gently-sloping center of the glacier are disappearing, and the separation of the upper part of the glacier from the main ice body has started due to an emerging rock riegel.

Table 4.9: Pizolgletscher - Individual stake measurements of winter and annual balance.

stake	start	period		coordinates (m / m / m a.s.l.)	mass balance	
		spring	end		b_w (mm w.e.)	b_a (mm w.e.)
P1	03.09.2007	02.04.2008	25.09.2008	748532 / 202911 / 2629	1150	-2088
P1			13.09.2009	748531 / 202901 / 2632		-1935
P2	03.09.2007	02.04.2008	25.09.2008	748438 / 202778 / 2699	1550	-144
P2			13.09.2009	748438 / 202778 / 2699		0
P3	03.09.2007	02.04.2008	25.09.2008	748336 / 202647 / 2777	1460	-664
P3			13.09.2009	748360 / 202670 / 2766		-528
P4	25.09.2008		13.09.2009	748439 / 202908 / 2659		-2196
P5	25.09.2008		13.09.2009	748397 / 202888 / 2676		-1134

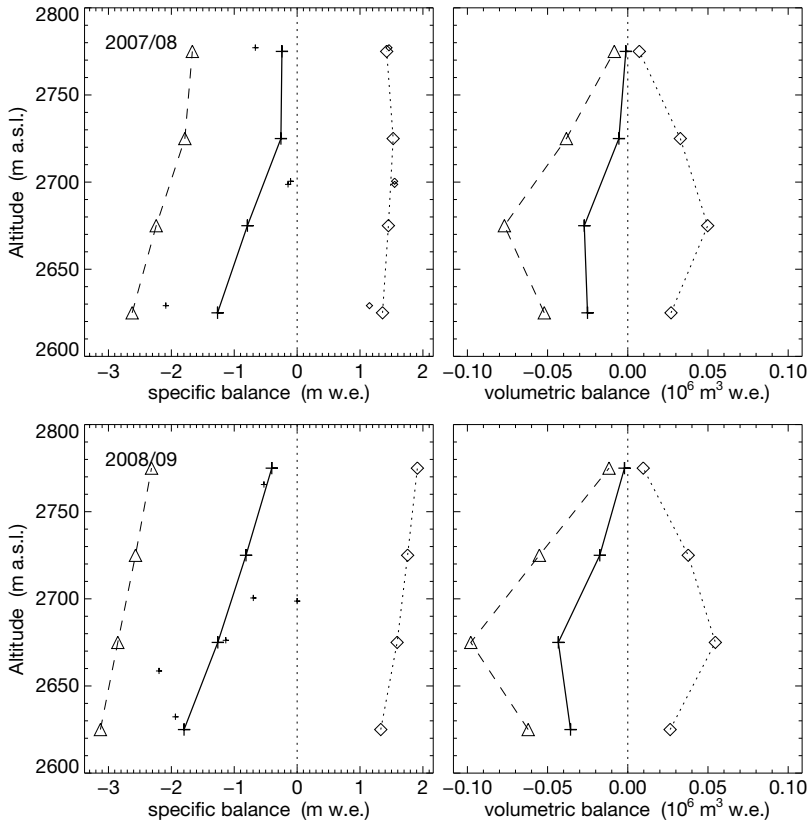


Figure 4.14: Specific (left) and volumetric (right) winter (dotted, \diamond), summer (dashed, \triangle) and annual (continuous line, +) balance versus altitude for 2007/08 (top) and 2008/09 (bottom). Small symbols mark the individual measurements.

4.8 Rhonegletscher

Introduction

The Rhonegletscher is a temperate valley glacier located in the central Swiss Alps, and is the primary source of water for the Rhone river. The glacier is easily accessible and therefore has been observed since the 19th century. The total surface area of the glacier is 15.93 km² flowing in a south direction from 3600 m a.s.l. down to 2200 m a.s.l. The first mass balance measurements were carried out in 1874 and are considered to be one of the first ever recorded worldwide. After two periods of measurements between 1884-1910, and 1980-'82, the measurement series was resumed in 2006. Determination of volumetric changes in decadal resolution reach further back

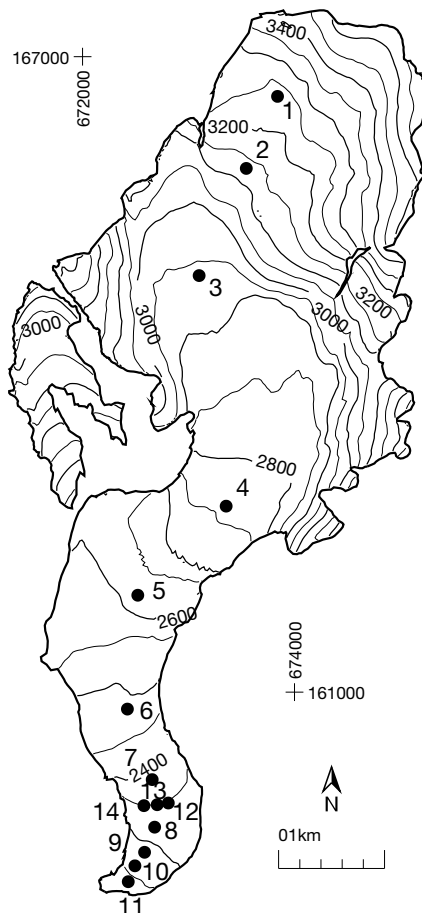


Figure 4.15: Surface topography and observational network of the Rhonegletscher.

to 1874 (Bauder et al., 2007). Topographic maps or photogrammetrical surveys exist for 1874, 1929, 1959, 1980, 1991, 2000, and 2007. Provided are stake measurements and the resulting mass balance data extrapolated to the entire glacier for the two periods of this report. However, there is no figure summarizing the entire data set because the collection processes only started in 2006.

Investigations in 2007/08

The measurement period extended from 6th September 2007 to the 11th September 2008 with a field visit in spring on 3rd of May 2008. There was a total of 785 individual soundings collected. In the accumulation area some of the horizontal ice layers were not recognizable. The snow density was determined with a firn drill in the vicinity of stake number 4, as well as at the tongue of the glacier.

Investigations in 2008/09

The measuring period began on 11th of September 2008 and ended on the 10th of September 2009 with a field visit in the spring on 22nd of April 2009. During a spring field visit on the 22nd of April 2009 the snow probing from roughly 600 individual points were collected to measure the winter accumulation. The snow density was determined by five individual firn drill profiles.

Table 4.10: Rhonegletscher - Specific winter and annual balance versus altitude in the two periods 2007/08 and 2008/09 evaluated for the exact measurement period defined by the dates of field survey.

Altitude (m a.s.l.)	2007/08			2008/09		
	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)
2200 - 2300	0.249	968	-5893	0.249	1042	-5168
2300 - 2400	0.568	880	-5430	0.568	987	-4673
2400 - 2500	0.587	960	-4633	0.587	948	-4076
2500 - 2600	1.098	963	-4002	1.098	986	-3394
2600 - 2700	1.032	922	-3525	1.032	1120	-2601
2700 - 2800	1.083	1195	-2297	1.083	1402	-1332
2800 - 2900	2.221	1425	-1170	2.221	1597	-394
2900 - 3000	2.172	1404	-730	2.172	1607	-12
3000 - 3100	1.896	1541	-200	1.896	1676	426
3100 - 3200	1.534	1651	230	1.534	1795	876
3200 - 3300	1.464	1832	776	1.464	1916	1346
3300 - 3400	0.948	2092	1428	0.948	1999	1745
3400 - 3500	0.783	2166	1841	0.783	1996	2012
3500 - 3600	0.303	2002	1860	0.303	1660	1703
2200 - 3600	15.936	1458	-1098	15.936	1560	-453

Table 4.11: Rhonegletscher - Individual stake measurements of winter and annual balance.

stake	start	period spring	end	coordinates (m / m / m a.s.l.)	mass balance	
					b _w (mm w.e.)	b _a
01	08.09.2007		10.09.2008	673871 / 166634 / 3240		1705
01	11.09.2008		10.09.2009	673815 / 166614 / 3236		1513
02	08.09.2007		10.09.2008	673552 / 165950 / 3130		44
02	11.09.2008		10.09.2009	673541 / 165941 / 3125		792
03	08.09.2007		11.09.2008	673099 / 164930 / 2941		1449
03	11.09.2008		10.09.2009	673101 / 164935 / 2938		480
04	08.09.2007		11.09.2008	673358 / 162757 / 2758		-2286
04	11.09.2008		10.09.2009	673352 / 162755 / 2755		-1260
05	06.09.2007	03.05.2008	11.09.2008	672521 / 161919 / 2618	-160	-4014
05	11.09.2008		10.09.2009	672521 / 161912 / 2615		-3141
06	06.09.2007	03.05.2008	11.09.2008	672426 / 160839 / 2487	-30	-4662
06	11.09.2008	21.04.2009	09.09.2009	672420 / 160840 / 2484	-30	-4797
07	06.09.2007	03.05.2008	11.09.2008	672657 / 160173 / 2386	-250	-4905
07	11.09.2008	21.04.2009	09.09.2009	672657 / 160175 / 2383	-370	-5103
08	06.09.2007	02.05.2008	11.09.2008	672680 / 159724 / 2329	490	-4941
08	11.09.2008		08.09.2009	672680 / 159727 / 2327		-5121
09	06.09.2007	02.05.2008	10.09.2008	672585 / 159491 / 2283	-170	-6075
09	11.09.2008		08.09.2009	672582 / 159487 / 2278		-5463
10	06.09.2007	02.05.2008	10.09.2008	672494 / 159360 / 2266	-630	-6669
11	05.09.2007		11.09.2008	672430 / 159203 / 2233		-5778
11	11.09.2008		08.09.2009	672431 / 159220 / 2232		-3834
12	11.09.2008	20.04.2009	09.09.2009	672809 / 159953 / 2345	-160	-4806
13	11.09.2008	20.04.2009	09.09.2009	672704 / 159937 / 2346	-630	-4806
14	11.09.2008	20.04.2009	09.09.2009	672579 / 159928 / 2346	-490	-5634

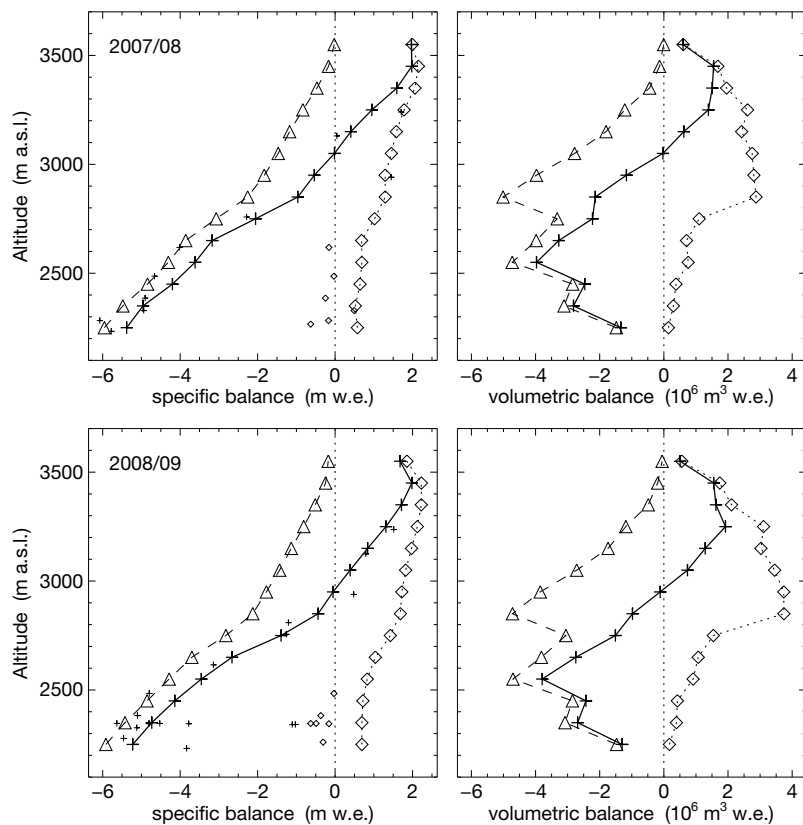


Figure 4.16: Specific (left) and volumetric (right) winter (dotted, \diamond), summer (dashed, \triangle) and annual (continuous line, $+$) balance versus altitude for 2007/08 (top) and 2008/09 (bottom). Small symbols mark the individual measurements.

4.9 Silvrettagletscher

Introduction

Silvrettagletscher is a small temperate mountain glacier located in the north-eastern part of Switzerland in the Silvretta massif at the border to Austria. The present surface area is 2.8 km², stretching from 3079 m a.s.l. down to 2467 m a.s.l.

First mass balance measurements date back to 1910s (Firnberichte, 1914–1978). Seasonal observations of 2 stakes were conducted until 1959, when the stake network was extended to about 40 stakes. Huss and Bauder (2009) compiled and homogenized all existing measurements of stake 5 to a continuous time series 1914-2007 of seasonal resolution (see Section 4.10 in volume 127/128). Determination of volumetric changes in decadal resolution reach further back to 1892 (Bauder et al., 2007). Topographic maps and photogrammetrical surveys exist for 1892, 1938, 1959, 1973, 1986, 1994, 2003 and 2007. Huss et al. (2009) reanalyzed and homogenized the seasonal stake data and ice volume changes for the period 1959-2007. Results of the mean specific winter and annual balance with associated area, ELA and AAR values for comparable fixed time periods have been reported in Section 4.9 of volume 125/126.

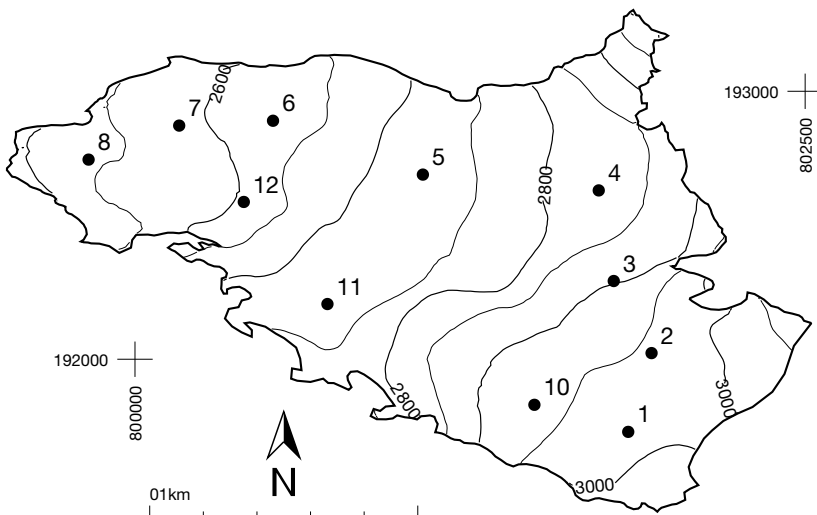


Figure 4.17: Surface topography and observational network of the Silvrettagletscher.

Investigations in 2007/08

The measurement period went from 6th September 2007 to 20th September 2008. The winter mass balance was determined on field visit in spring on 25th May 2008. Snow samples were collected at 93 locations and supplemented by two density profiles from snow pits. By the end of August extensive areas of the glacier surface were melted out. At the time of the field visit there was 10-50 cm of new snow which had fallen during the previous two weeks. Measurements from 14 stakes and a density profile were available for determining the annual mass balance.

Investigations in 2008/09

The measuring period was 20th September 2008, to 26th September 2009. During a spring field visit on May 20th 2009, snow samples from about 600 individual points were collected. Density profiles at two locations were acquired using a firn drill. At the time of the autumn visit at the end of September the glacier was almost completely free of snow. Only a few patches of winter snow survived the summer in hollows and on steep shaded slopes. Measurements were available from 20 stakes for determining the annual mass balance.

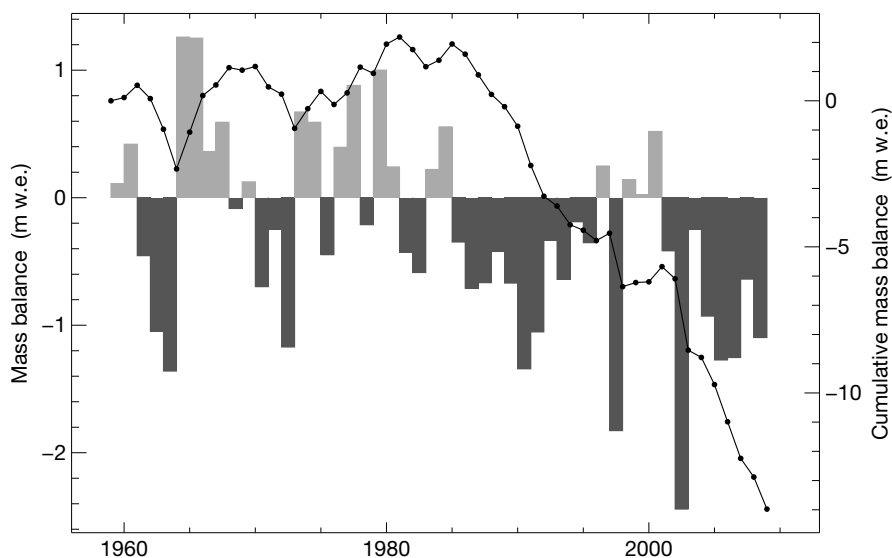


Figure 4.18: Silvrettagletscher - Mean specific annual balance (bars) and cumulative annual balance (line) for the period 1959-2009.

Table 4.12: Silvrettagletscher - Specific winter and annual balance versus altitude in the two periods 2007/08 and 2008/09 evaluated for the exact measurement period defined by the dates of field survey.

Altitude (m a.s.l.)	2007/08			2008/09		
	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)	area (km ²)	\bar{b}_w (mm w.e.)	\bar{b}_a (mm w.e.)
2400 - 2500	0.023	1563	-2422	0.018	1259	-3518
2500 - 2600	0.362	1551	-2045	0.360	1345	-2640
2600 - 2700	0.406	1617	-1252	0.410	1431	-1867
2700 - 2800	0.698	1613	-903	0.690	1517	-1198
2800 - 2900	0.583	1776	-73	0.588	1603	-633
2900 - 3000	0.580	1741	216	0.584	1689	-173
3000 - 3100	0.136	1779	511	0.135	1775	183
2400 - 3100	2.789	1674	-639	2.785	1547	-1097

Table 4.13: Silvrettagletscher - Individual stake measurements of winter and annual balance.

stake	period			coordinates (m / m / m a.s.l.)	mass balance	
	start	spring	end		b_w (mm w.e.)	b_a (mm w.e.)
01	16.09.2007	25.05.2008	21.09.2008	801840 / 191730 / 2983	1669	130
01	21.09.2008	20.05.2009	27.09.2009	801838 / 191730 / 2982	1925	-241
02	16.09.2007	25.05.2008	21.09.2008	801927 / 192023 / 2958	1928	350
02	21.09.2008	21.05.2009	26.09.2009	801922 / 192026 / 2957	1770	33
03	16.09.2007		21.09.2008	801783 / 192292 / 2893		670
03	21.09.2008	21.05.2009	26.09.2009	801786 / 192292 / 2894	2139	391
04	16.09.2007	25.05.2008	21.09.2008	801729 / 192630 / 2821	1847	-290
04	21.09.2008	20.05.2009	26.09.2009	801741 / 192631 / 2824	1464	-982
05	16.09.2007	25.05.2008	20.09.2008	801074 / 192689 / 2721	1666	-940
05	20.09.2008	21.05.2009	27.09.2009	801067 / 192692 / 2720	1525	-1215
06	16.09.2007	25.05.2008	20.09.2008	800516 / 192896 / 2624	1480	-1810
06	20.09.2008	20.05.2009	25.09.2009	800520 / 192895 / 2624	1267	-2151
07	16.09.2007	25.05.2008	20.09.2008	800165 / 192878 / 2576	1527	-2050
07	20.09.2008		25.09.2009	800169 / 192881 / 2576		-2502
08	16.09.2007	25.05.2008	20.09.2008	799825 / 192744 / 2533	1541	-1970
08	20.09.2008	20.05.2009	25.09.2009	799836 / 192740 / 2533	1450	-2061
09	20.09.2008		25.09.2009	799652 / 192729 / 2497		-3294
10	16.09.2007	25.05.2008	21.09.2008	801497 / 191824 / 2933	1708	10
10	21.09.2008	20.05.2009	27.09.2009	801528 / 191806 / 2940	1600	-137
11	16.09.2007	25.05.2008	20.09.2008	800721 / 192204 / 2726	1622	-890
11	20.09.2008	21.05.2009	25.09.2009	800715 / 192210 / 2726	1375	-1323
12	16.09.2007	25.05.2008	20.09.2008	800405 / 192583 / 2601	1522	-1800
12	20.09.2008		27.09.2009	800406 / 192587 / 2599		-2304

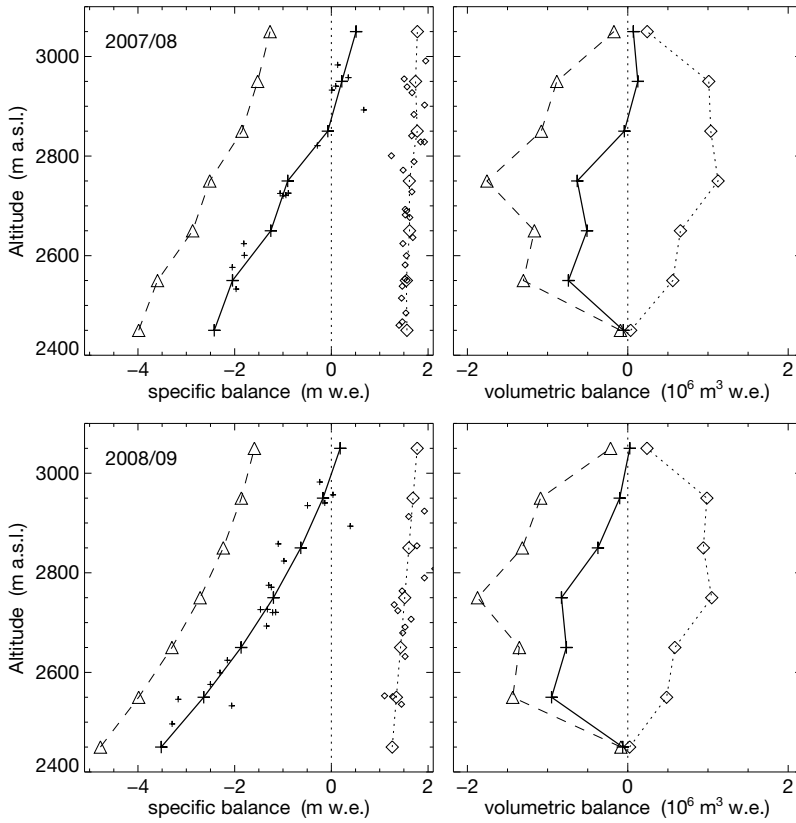


Figure 4.19: Specific (left) and volumetric (right) winter (dotted, \diamond), summer (dashed, \triangle) and annual (continuous line, $+$) balance versus altitude for 2007/08 (top) and 2008/09 (bottom). Small symbols mark the individual measurements.

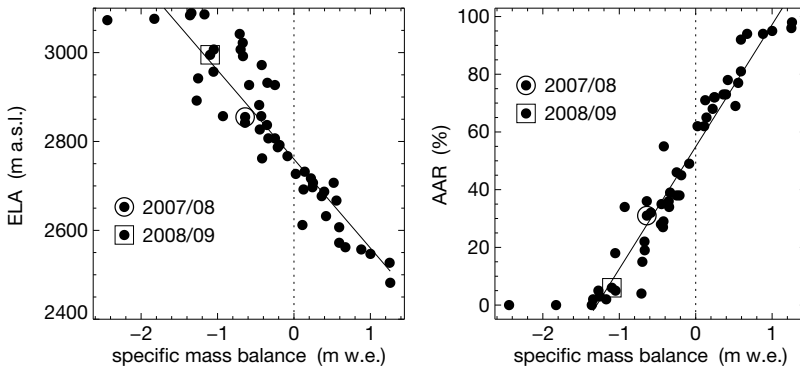


Figure 4.20: Equilibrium line altitude (ELA) and accumulation area ratio (AAR) versus mean specific balance including all previous observations.

4.10 Claridenfirn

Introduction

Measurements of the snow and firn accumulation and melt, as well as of precipitation values in the accumulation area of the Claridenfirn, have been undertaken by various researchers since 1914. The traditional glaciological method was applied by digging a snowpit down to the layer of ochre applied the previous autumn and measuring the water equivalents. Specific annual balances were determined every autumn since 1957 and also regularly in spring at two plateau locations at altitudes of 2700 and 2900 m a.s.l. The reports dealing with the years 1914 to 1978 are published in Kasser et al. (1986). The method of measurement and the results from the period 1914-1984 are published in Müller and Kappenberger (1991). A further update of the measurements until 2007 allowed Huss and Bauder (2009) to separate accumulation and melt and to interpret the entire time series in terms of climatic influences (see Section 4.10 in volume 127/128).

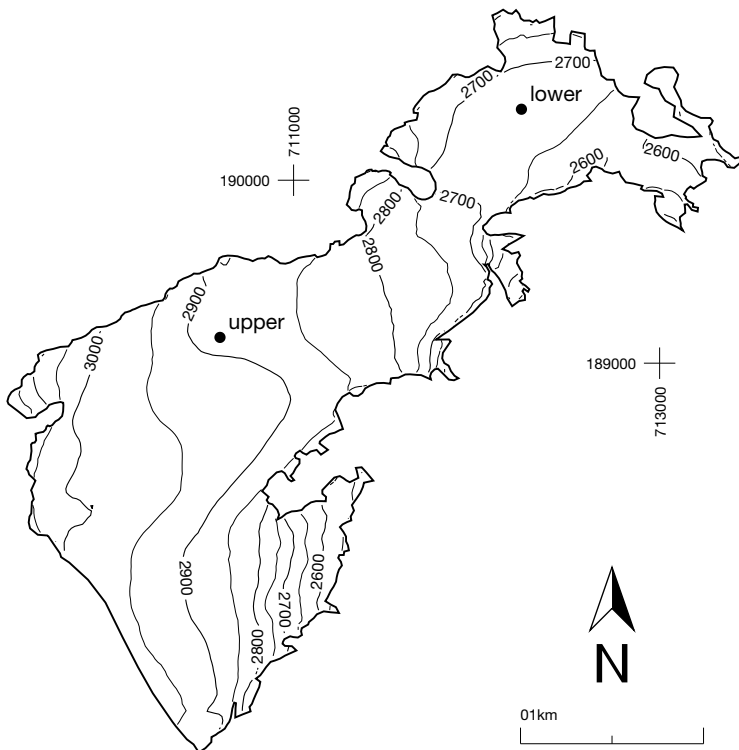


Figure 4.21: Surface topography and observational network of the Claridenfirn.

Investigations in 2007/08

The spring measurements were taken on May 11th. Detailed observations in a snow pit at the upper stake are complemented by 10-20 snow depth probings in the vicinity of the stake. Melt at the surface with percolation of melt water into the accumulated layer had not yet started. The entire snow pit showed still negative temperatures with -2.2°C at 1 m depth and -4.2°C at 5.5 m depth at the previous summer surface. The minimum temperature of -4.8°C was observed at 4 m depth. The fall measurements were carried out on September 20th. The glacier was covered with 30-35 cm of fresh snow. Snow that accumulated during winter at the lower site had completely melted. In addition to the snow pits and depth probing, there are two precipitation storage gauges that were monitored and readings taken during spring and fall visits at Claridenhütte and Geissbützstock.

Investigations in 2008/09

The investigations included snow depth measurements at both stakes, snow pit measurements in spring and fall at the upper site, stake readings and determination of the position with a small theodolite in fall. The spring field survey was carried out on May 23rd, and the late summer survey on September 13th. Extensive snow depth measurements in spring with 40 individual soundings in the vicinity of the stakes were done at the two sites and on a longitudinal transect between the two sites and further upglacier. Percolation of meltwater in spring was already down to 2 m depth. Negative temperatures were found below 2 meters depth. The lower site was completely melted out in September, while at the upper site the accumulated snow from the winter season was covered by about 0.2 m of snow accumulated during September.

Table 4.14: Claridenfirn - Individual stake measurements of winter and annual balance.

stake	start	period spring	end	coordinates (m / m / m a.s.l.)	mass balance	
					b _w (mm w.e.)	b _a
upper	24.09.2007	11.05.2008	20.09.2008	710598 / 189141 / 2900	2168	572
upper	20.09.2008	23.05.2009	13.09.2009	710598 / 189141 / 2900	2108	472
lower	24.09.2007	10.05.2008	20.09.2008	712245 / 190388 / 2700	2044	-794
lower	20.09.2008	23.05.2009	13.09.2009	712245 / 190388 / 2700	1658	-1082

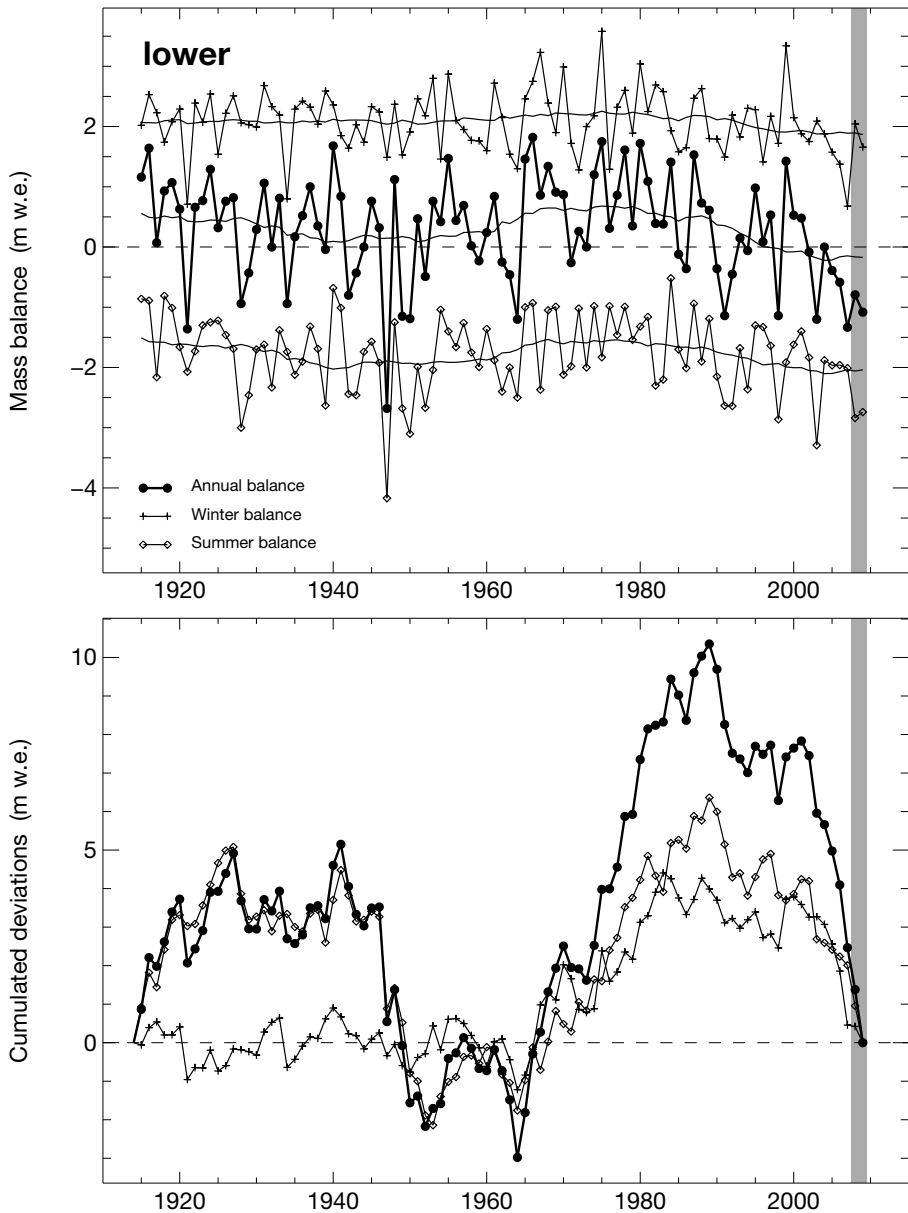


Figure 4.22: Mass balance (top) and cumulated deviation changes (bottom) of the lower stake on Clardenfirn over the whole observation period. The gray shaded area highlights the years of the current report.

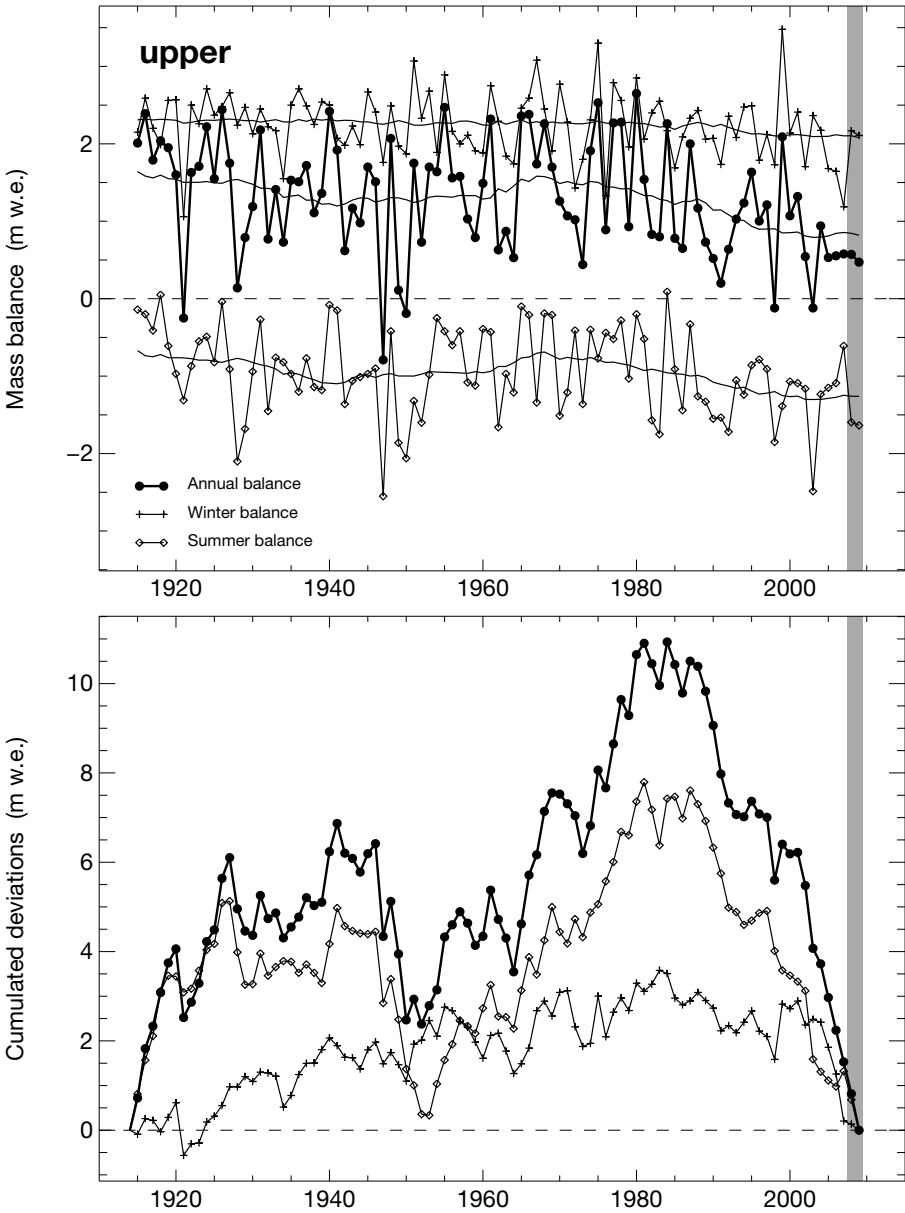


Figure 4.23: Mass balance (top) and cumulated deviation changes (bottom) of the upper stake on Claridenfirn over the whole observation period. The gray shaded area highlights the years of the current report.

4.11 Grosser Aletsch (Jungfraufirn)

Introduction

Grosser Aletschgletscher is the largest ice mass in the Alps and borders to the main northern Alpine crest. The three main tributaries merge at the Konkordiaplatz and form the common tongue which extends southwards for about 15 km. Starting in 1918, the first stake was installed at 3350 m a.s.l. on Jungfraufirn and snow accumulation and annual mass balance was measured almost continuously at P3 (Figure 4.24). Huss and Bauder (2009) compiled and homogenized all existing measurements to a continuous time series of seasonal resolution (see Section 4.10 in volume 127/128).

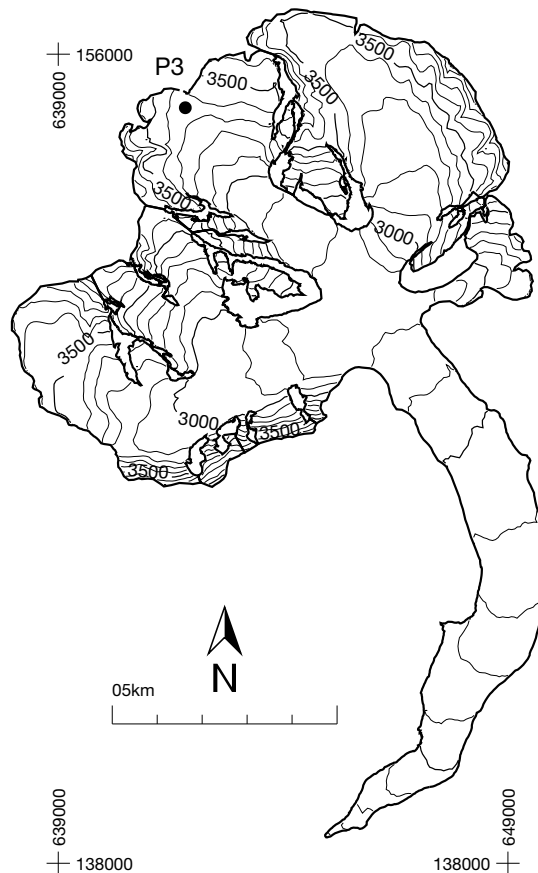


Figure 4.24: Surface topography and observational network of the Grosser Aletschgletscher.

Investigations in 2007/08

The investigations consist of snow depth measurements and density profiling with a firn drill in spring and fall. This program is supplemented by stake readings approx. twice a month. The measurements were taken in spring on June 1st and in fall on October 10th. The layer of winter accumulation included several distinct horizons clearly detected by snow depth sampling as well as in the the firn drillings. Buried beneath 20 cm of fresh snow, a very distinct layer of Sahara dust was present, deposited during an intense foehn storm at the end of May. The Sahara dust layer was no longer visible in the firn drillings performed in October. In addition, the position of the stake was surveyed using a high-precision differential GPS.

Investigations in 2008/09

The same set of measurements were done as in the previous period. The spring field survey was carried out on May 5th and the fall survey on October 6th. Snow depth measurement and firn coring in May showed a homogeneous layer of winter accumulation with no distinct ice lenses. Corresponding measurements from stake readings, firn drilling, and snow depth measurements all correlated similar results. A distinct surface crust and several ice lenses were present in October.

Table 4.15: Aletsch - Individual stake measurements of winter and annual balance.

stake	start	period		coordinates (m / m / m a.s.l.)	mass balance	
		spring	end		b _w (mm w.e.)	b _a
P3	07.10.2007	01.06.2008	10.10.2008	641825 / 154810 / 3343	1958	2924
P3	10.10.2008	05.05.2009	06.10.2009	641825 / 154810 / 3342	2151	1144

5 Velocity

5.1 Introduction

On some specific glaciers (Figure 5.1) long-term investigations are carried out with measurements of the ice flow velocity. The VAW/ETHZ has been contracted by two hydro-electric power companies Kraftwerke Mattmark, and Force Motrice de Mauvoisin SA to survey the glaciers in the operated catchments. The main objective of this research assignment is to observe the flow conditions of the glaciers, particularly with regard to their potential threat to the buildings and operation of the power station in the valley. The observations are mainly focused on the two glaciers Giétro and Corbassière in the Mauvoisin area (Val de Bagnes) and the two glaciers Allalin and Schwarzberg in the Mattmark area (Saastal).

From 1924 until 1998 the ablation areas of the Aaregletscher (Figure 5.6) were geodetically measured and reported each year by the Flotron AG geodetic surveying firm on behalf of the Oberhasli



Figure 5.1: Investigated glaciers for velocity measurements.

hydro-electric power company (KWO). Starting in 1998, investigations were carried out only once in a 5-year period. Detailed information with annual movement values for 2008/09 and ice volume change for 2005-09 in the ablation area for the two glaciers Oberaar and Unteraar, is contained in the reports on the measurement of the Aaregletscher (Flotron, 1924–2010). The results are provided in the present report (Tables 5.4 and 5.3).



Mattmark area in 2008 where ice flow is measured at 10 locations on Schwarzberggletscher (left), Allalingsgletscher (center) and Hohlaubgletscher (right) (Photo: U. Bläsi)

5.2 Glacier du Giétro

Introduction

One of the longest measurement series in existence, for Glacier du Giétro (Figure 5.2) in Val de Bagnes (Valais), is being continued by VAW/ETHZ under contract of the Force Motrice de Mauvoisin SA. The aim of these annual observations is the early recognition of glacier break-off, which can endanger the dammed lake located below it. The measurements, which have been carried out for more than 30 years, include periods of glacier growth and recession (VAW, 1997, 1998; Bauder et al., 2002; Raymond et al., 2003).

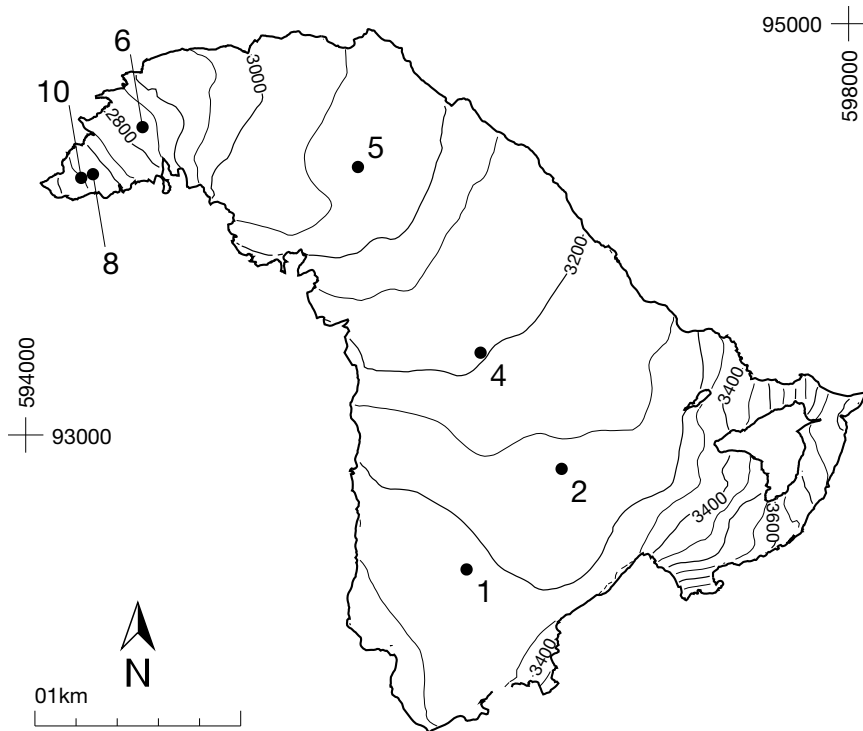


Figure 5.2: Surface topography and observational network of the Glacier du Giétro.

Figure 5.3 shows the velocity measurements at 7 stakes along the central flow line of the glacier, taken since 1966. There are 3 distinct periods: in the first (1966-1976), the velocities in the accumulation area (stakes 1, 2 and 4) are approximately 5-20 m per year, in the central region of the glacier (stake 5) about 35 m per year and in the steep tongue area (stakes 6, 8 and 10) they are in the range of 50-90 m annually. The second period (1977 to 1982) is marked by a distinct acceleration phase, in which the speeds (for example at stake 6) increase from 90-120 m per year.

From the middle of the 1980s onward, the velocities decrease sharply again and in the last years have reached the lowest values measured since 1966.

Investigations in 2007/08 and in 2008/09

Seven stakes exist for measurements of velocity and local mass balance. The field survey in late summer 2008 was carried out on September 8th. At the end of August the melt extended over the entire firn plateau. Only some fresh snow from snowfall in early September covered the surface. On September 7th 2009, the field measurements were taken in the second period. The melt extent was greater than ever previously observed. There was a greater negative mass balance than in the previous 5 years, only surpassed during the hot summer of 2003.

Table 5.1: Glacier du Giéтро - Individual measurements of annual flow velocity and thickness change

stake	period		coordinates (m / m / m a.s.l.)	thickness change (m)	velocity (m a ⁻¹)
	start	end			
P1	03.09.2007	08.09.2008	596143 / 92346 / 3310	-0.79	3.73
P1	08.09.2008	07.09.2009	596143 / 92346 / 3310	-1.66	1.08
P2	03.09.2007	08.09.2008	596605 / 92835 / 3255	-1.22	9.33
P2	08.09.2008	07.09.2009	596605 / 92835 / 3255	-0.62	9.19
P4	03.09.2007	08.09.2008	596211 / 93400 / 3195	-1.76	14.36
P4	08.09.2008	07.09.2009	596211 / 93400 / 3195	-1.38	14.80
P5	03.09.2007	08.09.2008	595615 / 94303 / 3060	-0.92	23.06
P5	08.09.2008	07.09.2009	595615 / 94303 / 3060	-0.74	24.42
P6	03.09.2007	08.09.2008	594568 / 94497 / 2830	-2.93	36.50
P6	08.09.2008	07.09.2009	594568 / 94497 / 2830		35.11
P8	03.09.2007	08.09.2008	594327 / 94268 / 2670		4.68
P8	08.09.2008	07.09.2009	594327 / 94268 / 2670		2.89
P10	03.09.2007	08.09.2008	594270 / 94250 / 2660		2.55
P10	08.09.2008	07.09.2009	594270 / 94250 / 2660		1.27

Velocity in 2007/08 and in 2008/09

Due to the ongoing glacier retreat with complete ice melt at the glacier snout, the lowest sites can no longer be set at the same initial position. The fact that the initial positions of these stakes have been compromised and no longer exist does hamper the direct comparison with previous measurements.

Where as the ice flow velocity stays constant in both periods on the firn plateau (P1 - P4), the two stakes closest to the terminus (P8, P10) continued their pronounced decrease. The decreasing speed results from the significant reduction of the ice thickness over the past couple years. Stakes P6 and P8 show a slight increase in velocity during the two periods. Reasons for increased velocity may be due to larger melt water input and associated higher sliding (P6) and partly due to relocation of the stake to a position where the ice is thicker.

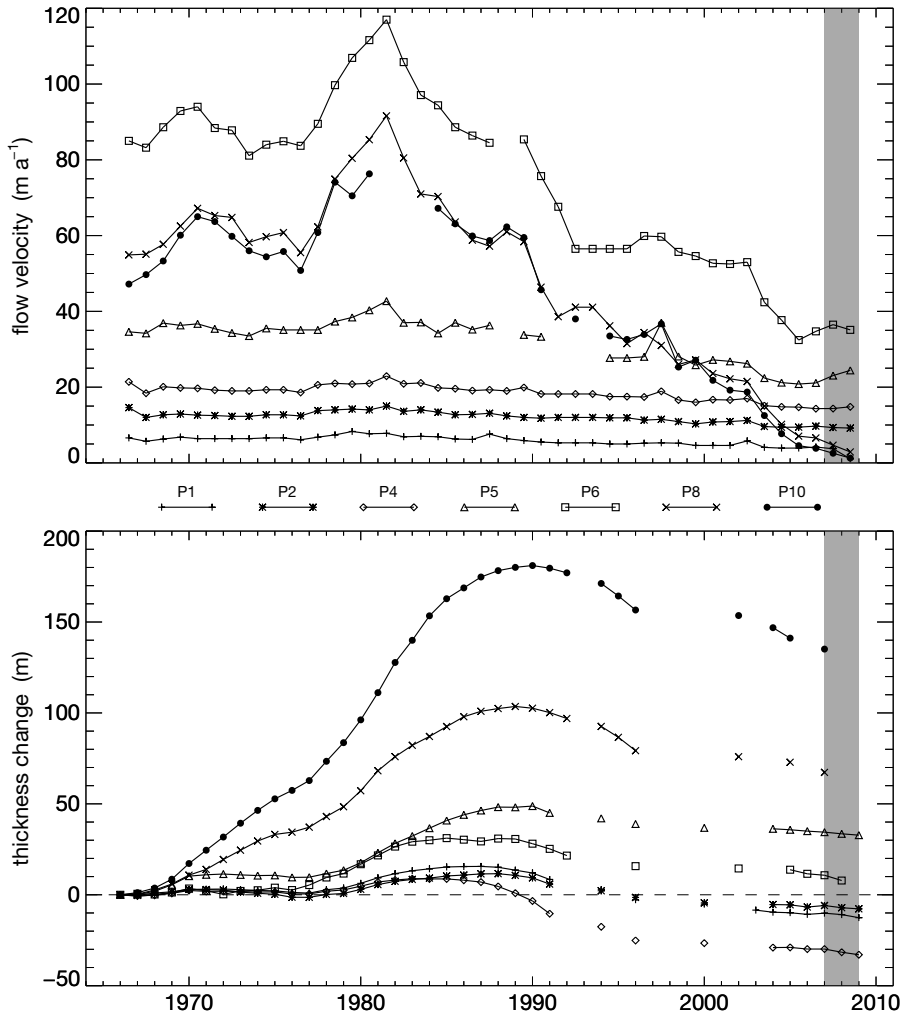


Figure 5.3: Annual flow velocities (top) and thickness change (bottom) of the Glacier du G  tro at all 7 stakes. Note the gaps that hamper the interpretation of the total thickness change. The gray shaded area highlights the years of the current report.

5.3 Glacier de Corbassière

Introduction

Glacier de Corbassière (Figure 5.4) has been under observation since 1955 by taking length change measurements. This glacier was threatening the water intake of the Mauvoisin power company at the front of the tongue. In the ablation area of the glacier, two profiles made by stakes are observed annually to determine the velocities (Table 5.2). Figure 5.5 shows the annual velocities for the two profiles since 1967.

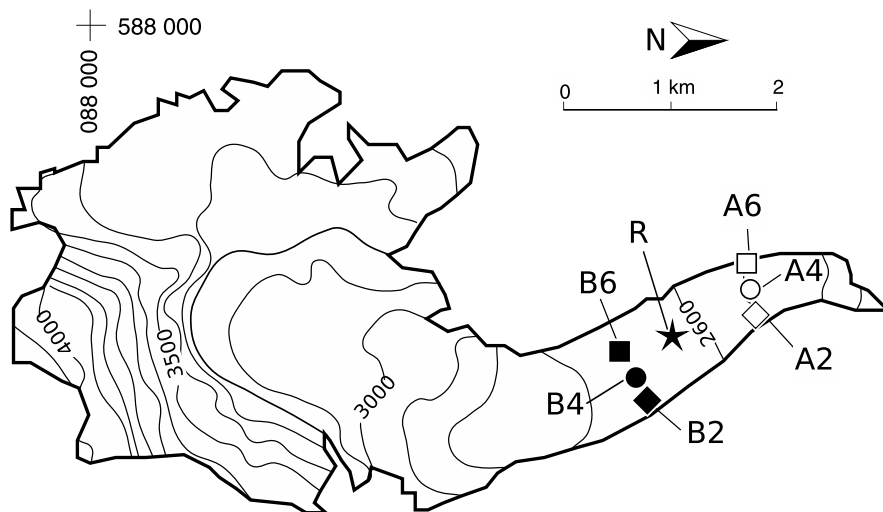


Figure 5.4: Surface topography and observational network of the Glacier du Corbassière.

Investigations in 2007/08 and in 2008/09

The field surveys were carried out on September 8th, 2008, and on September 7th, 2009, respectively. As in previous years seven stakes were maintained on the glacier tongue. The continuous reduction in ice thickness and glacier width in the lower profile increasingly impedes the surveying and resetting of the stakes to their initial position.

Velocity in 2007/08 and in 2008/09

The ice velocity decreased in the two periods at all stakes. The general trend toward steadily decreasing ice flow velocity accompanied by a lowering of the surface height is sustained. Concomitant registered at the stakes reveals a greater negative mass balance in both periods since the hot summer of 2003.

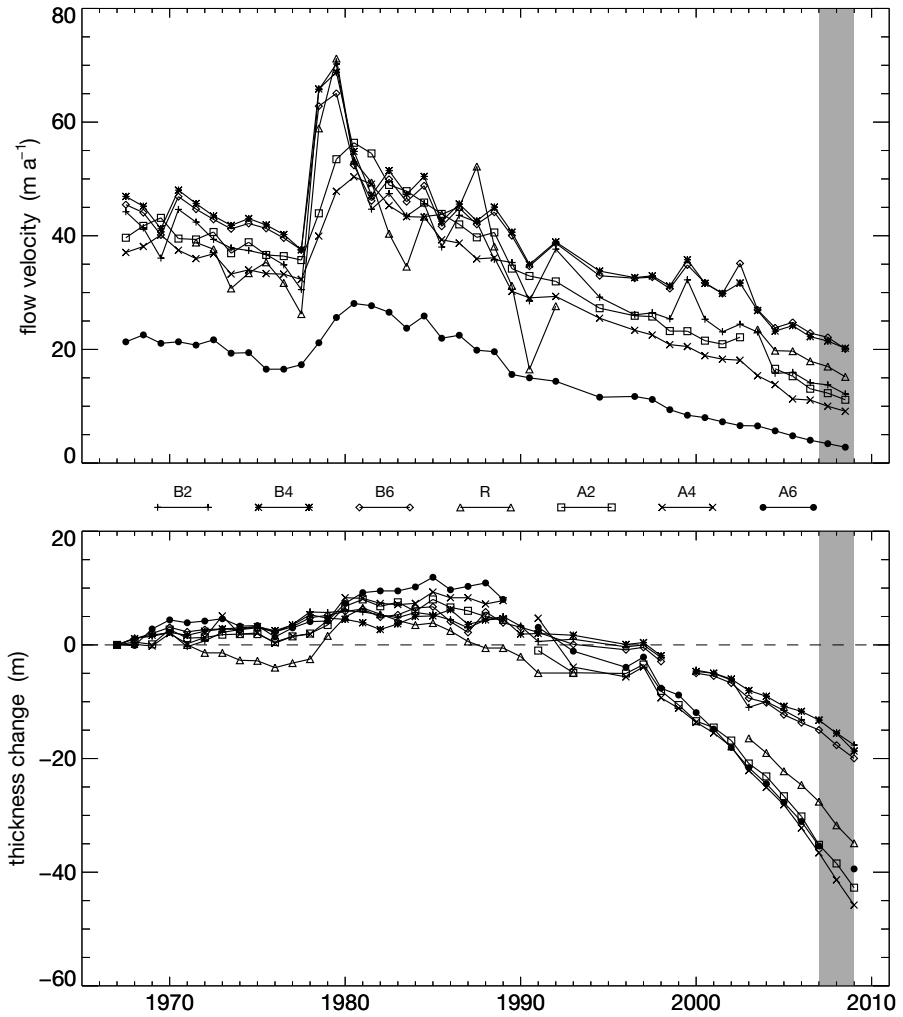


Figure 5.5: Annual flow velocities (top) and thickness change (bottom) of the Glacier de Corbassière at two profiles with 3 stakes each and the additional stake in between. The gray shaded area highlights the years of the current report.

Table 5.2: Glacier de Corbassière - Individual measurements of annual flow velocity and thickness change

stake	period		coordinates (m / m / m a.s.l.)	thickness change (m)	velocity (m a ⁻¹)
	start	end			
B2	03.09.2007	08.09.2008	589577 / 93202 / 2650	-2.31	13.75
B2	08.09.2008	07.09.2009	589577 / 93202 / 2650	-2.12	12.15
B4	03.09.2007	08.09.2008	589392 / 93101 / 2650	-2.34	21.47
B4	08.09.2008	07.09.2009	589392 / 93101 / 2650	-3.11	20.20
B6	03.09.2007	08.09.2008	589230 / 93012 / 2655	-2.67	22.13
B6	08.09.2008	07.09.2009	589230 / 93012 / 2655	-2.33	20.08
R	03.09.2007	08.09.2008	589150 / 93650 / 2620	-4.16	16.99
R	08.09.2008	07.09.2009	589150 / 93650 / 2620	-3.16	15.17
A2	03.09.2007	08.09.2008	588650 / 94315 / 2475	-3.28	12.30
A2	08.09.2008	07.09.2009	588650 / 94315 / 2475	-4.26	11.14
A4	03.09.2007	08.09.2008	588450 / 94257 / 2460	-4.75	10.00
A4	08.09.2008	07.09.2009	588450 / 94257 / 2460	-4.44	9.11
A6	03.09.2007	08.09.2008	588273 / 94207 / 2470		3.41
A6	08.09.2008	07.09.2009	588273 / 94207 / 2470	-4.03	2.79

5.4 Aaregletscher

Introduction

Ice flow velocity and thickness change has been systematically observed along transverse profiles since the 1920s on the Unteraargletscher, and later on an extended network on Oberaargletscher (Figure 5.6).

Starting in 1996, aerial photographs of the Aare glaciers were processed using digital photogrammetric analysis tools. Generation of an orthophoto mosaic and a digital elevation model (DEM) of the glacier surface are standard products, opening up new possibilities for the evaluation of glacier movements. Digital elevation models have been further refined since 1997, allowing even more detailed representations of local ablation and accumulation to be made.

The use of digital photogrammetry has made it possible to improve the spatial resolution of the DEM drastically. The grid size of the measured points is 7 m enhanced by additional break-lines (terrain edges). Using the method of simultaneous mono-plotting (Kääb, 1996), horizontal displacement is determined with an estimated accuracy of 0.3 m along the 17 profiles (Figure 5.7).

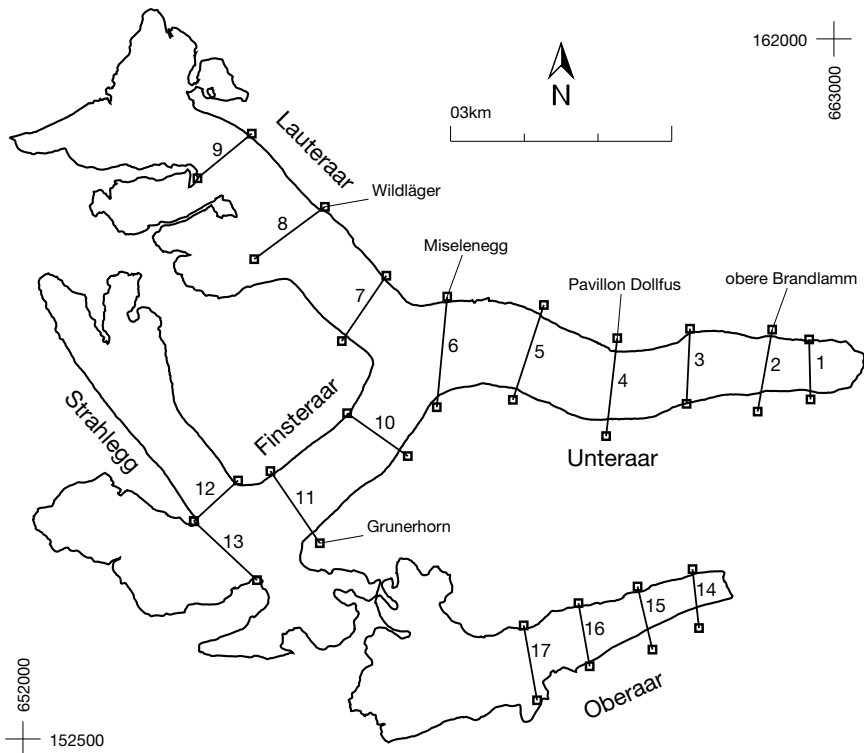


Figure 5.6: Outline and observational network of the Aaregletscher.

Investigations on ice flow velocities

Aerial photographs have been acquired on August 8th, 2008, and August 19th, 2009. The observation period for the determination of the movement is 356 days. In accordance of a continued decrease in thickness, the flow velocities have also steadily decreased (Figure 5.7, Table 5.4).

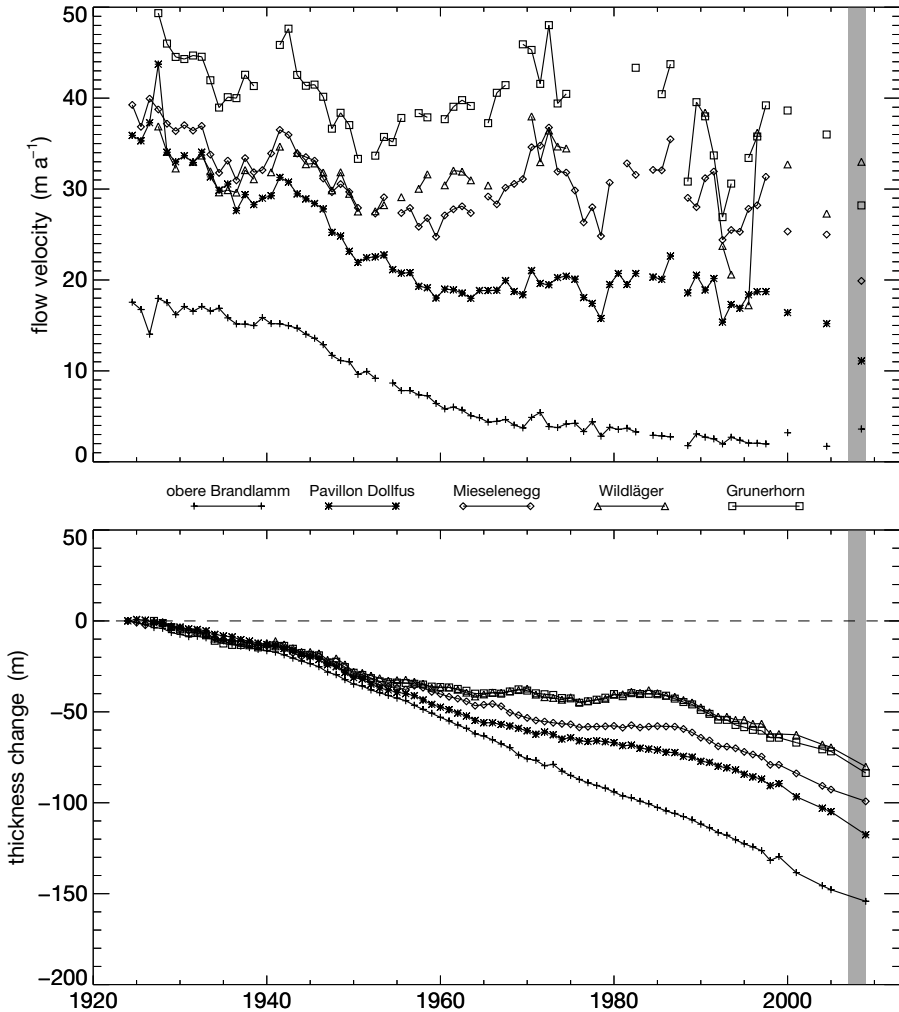


Figure 5.7: Annual ice flow velocities (top) and thickness change (bottom) of the Aaregletscher at five selected transverse profiles since 1924. The gray shaded area highlights the years of the current report.

Investigations of thickness change

The observation period of 1475 days spans the interval since the previous report in fall 2005. The reduction in glacier size in the terminus areas goes along with a mean thickness decrease in all the analysed profiles (Figure 5.7, Table 5.4) and an ice volume loss (Table 5.3) in all sections. These changes can be observed clearly with the aid of ortho-photos, contour line maps and cross-sectional profiles. The mean lowering of the Unteraargletscher and the Oberaargletscher amounts to 9.2 m and 9.7 m respectively, relating to the investigated surface area of 13.71 km², and 1.53 km². The results indicate that the total volume of ice lost was 126.4 million m³ for the Unteraargletscher, and 14.9 million m³ for the Oberaargletscher (Table 5.3), respectively. The loss observed over the entire four-year interval is about 215% of the record annual change in 1997/98.

Table 5.3: Aaregletscher - Change of area and volume in the period 2005 - 2009

section	area change (m ²)	volume change (m ³)	section	area change (m ²)	volume change (m ³)
Unteraar			Oberaar		
Z - 2	66'627	-959'959	Z - 15	22'894	-3'284'707
2 - 3		-9'385'084	15 - 16		-6'059'957
3 - 4		-9'446'498	16 - 17		-5'531'491
4 - 5		-14'172'651			
5 - 6		-15'037'566			
6 - 7/10		-21'839'238			
Lauteraar			Unteraar		-70'840'997
7 - 8		-15'205'491	Lauteraar		-27'388'872
8 - 9		-12'183'381	Finsteraar		-28'193'329
Finsteraar			Oberaar		-14'876'154
10 - 11		-13'932'867	total		-141'299'352
11 - 12/13		-14'260'462			

Table 5.4: Aaregletscher - Individual measurements of annual flow velocity and thickness change

profile	period		coordinates	thickness change	velocity
	start	end	(m / m / m a.s.l.)	(m)	(m a ⁻¹)
2	05.08.2005	19.08.2009	662085 / 157605 / 1979	-3.5	3.6
	28.08.2008	19.08.2009			
3	05.08.2005	19.08.2009	661020 / 157500 / 2080	-8.7	10.4
	28.08.2008	19.08.2009			
4	05.08.2005	19.08.2009	659990 / 157335 / 2172	-8.3	11.1
	28.08.2008	19.08.2009			
5	05.08.2005	19.08.2009	658845 / 157710 / 2241	-10.7	18
	28.08.2008	19.08.2009			
6	28.08.2008	19.08.2009	657690 / 157815 / 2318	-9.7	19.9
	28.08.2008	19.08.2009			
7	05.08.2005	19.08.2009	656655 / 158385 / 2389	-9.7	21.0
	28.08.2008	19.08.2009			
8	05.08.2005	19.08.2009	655670 / 159405 / 2479	-8.4	33.0
	28.08.2008	19.08.2009			
9	05.08.2005	19.08.2009	654770 / 160440 / 2612	-8.9	35.1
	28.08.2008	19.08.2009			
10	22.08.2001	01.09.2004	656780 / 156650 / 2411	-8.1	21.0
	01.09.2004	05.08.2005			
11	05.08.2005	19.08.2009	655635 / 155730 / 2533	-9.2	28.20
	28.08.2008	19.08.2009			
12	05.08.2005	19.08.2009	654620 / 155735 / 2594	-7.4	14.9
	28.08.2008	19.08.2009			
13	05.08.2005	19.08.2009	654740 / 155060 / 2623	-9.1	
	28.08.2008	19.08.2009			
15	05.08.2008	19.09.2009	660420 / 154215 / 2443	-9.2	4.6
	28.08.2008	19.08.2009			
16	05.08.2005	19.08.2009	659610 / 153930 / 2520	-9.7	5.6
	28.08.2008	19.08.2009			
17	05.08.2005	19.08.2009	658850 / 153710 / 2644	-8.4	13.6
	28.08.2008	19.08.2009			

5.5 Mattmark

Introduction

The first ice flow velocity and mass balance measurements in the Mattmark area date back to 1955 (VAW, 1999; Antoni, 2005). Investigations were carried out with a network of up to 22 stakes on the glaciers Allalin, Hohlaub, Kessjen, Schwarzberg and Tälliboden. Currently, measurements are continued on 10 selected stakes as part of the investigations by VAW/ETHZ for the Mattmark hydro-power company (Figure 5.8).

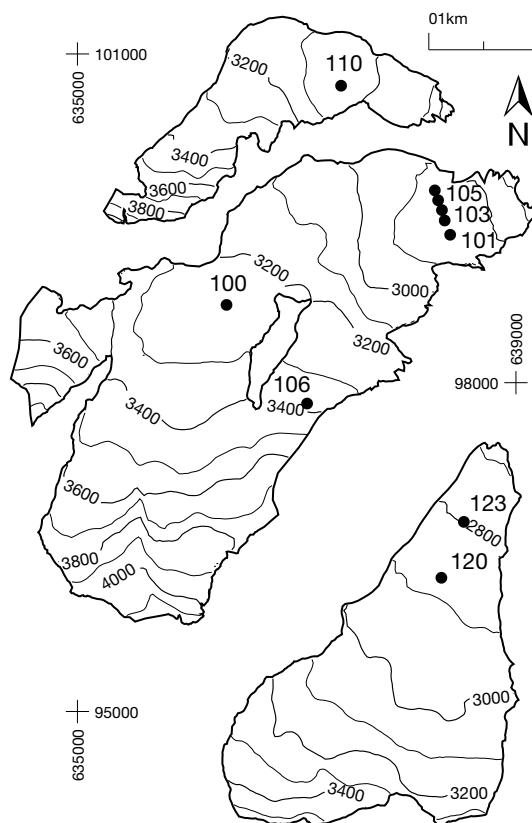


Figure 5.8: Surface topography and observational network of the Mattmark glaciers.

Investigations in 2007/08

The measurements at the stakes on Schwarzberggletscher, Hohlaub as well as the on Allalinalgletscher began on September 21st, 2007 and ended on September 16th, 2008. The individual

results of the horizontal flow velocity and thickness change for each glacier are given in the Tables 5.5, 5.7 and 5.7.

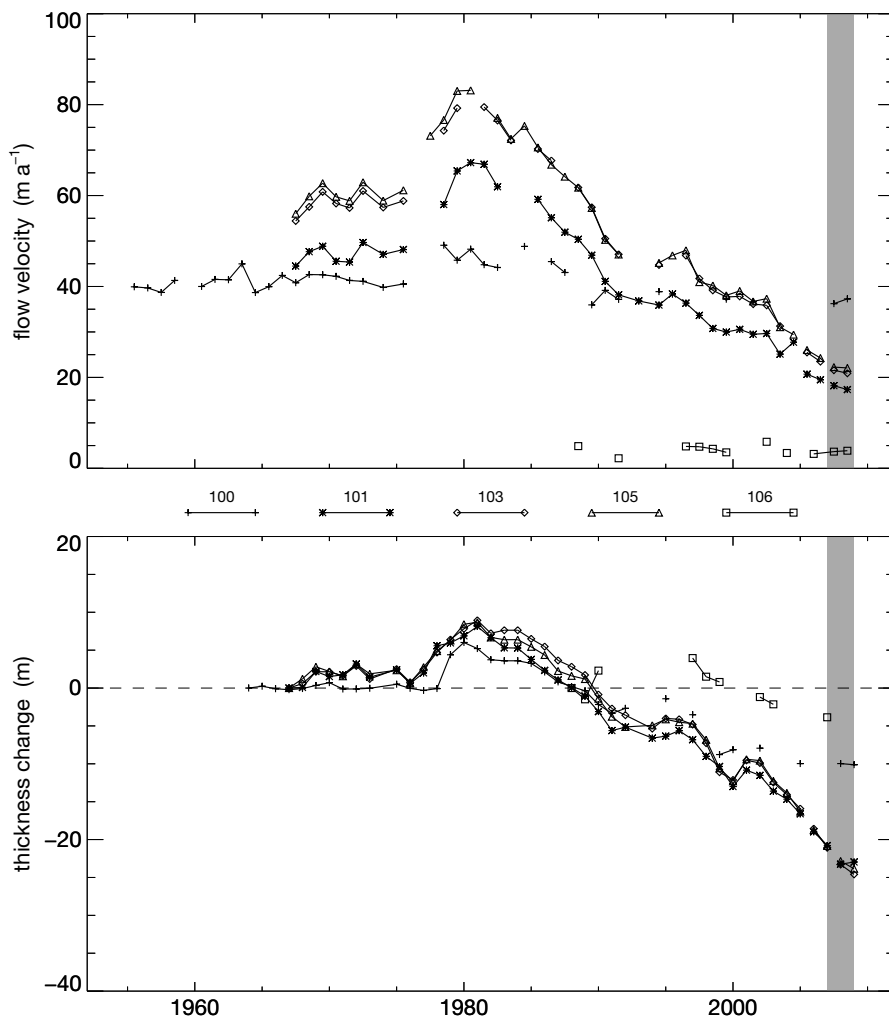


Figure 5.9: Annual flow velocities (top) and thickness change (below) of the Allalingsgletscher at 5 stakes. The gray shaded area highlights the years of the current report.

Investigations in 2008/09

The field survey was carried out on September 22nd, 2009. The results of the horizontal flow velocity and thickness change for each individual glacier are presented in the following Tables 5.5, 5.6 and 5.7.

Table 5.5: Allalin - Individual measurements of annual flow velocity and thickness change

stake	period		coordinates (m / m / m a.s.l.)	thickness change (m)	velocity (m a ⁻¹)
	start	end			
100	21.09.2007	16.09.2008	636360 / 98710 / 3230	0.00	36.22
100	16.09.2008	22.09.2009	636360 / 98710 / 3230	-0.15	37.27
101	21.09.2007	16.09.2008	638400 / 99360 / 2850	-2.45	18.17
101	16.09.2008	22.09.2009	638400 / 99360 / 2850	0.29	17.32
102	21.09.2007	16.09.2008	638350 / 99480 / 2850	-2.57	20.93
102	16.09.2008	22.09.2009	638350 / 99480 / 2850	-0.70	19.97
103	21.09.2007	16.09.2008	638325 / 99575 / 2855	-2.21	21.59
103	16.09.2008	22.09.2009	638325 / 99575 / 2855	-1.30	20.91
104	21.09.2007	16.09.2008	638290 / 99665 / 2865	-2.07	22.26
104	16.09.2008	22.09.2009	638290 / 99665 / 2865	-1.19	21.52
105	21.09.2007	16.09.2008	638260 / 99755 / 2885	-1.99	22.26
105	16.09.2008	22.09.2009	638260 / 99755 / 2885	-1.02	22.09
106	21.09.2007	16.09.2008	637095 / 97810 / 3375		3.67
106	16.09.2008	22.09.2009	637095 / 97810 / 3375		3.87

Table 5.6: Hohlaub - Individual measurements of annual flow velocity and thickness change

stake	period		coordinates (m / m / m a.s.l.)	thickness change (m)	velocity (m a ⁻¹)
	start	end			
110	21.09.2007	16.09.2008	637405 / 100710 / 3050	-1.09	8.84
110	16.09.2008	22.09.2009	637405 / 100710 / 3050	-2.03	10.86

Table 5.7: Schwarzberg - Individual measurements of annual flow velocity and thickness change

stake	period		coordinates (m / m / m a.s.l.)	thickness change (m)	velocity (m a ⁻¹)
	start	end			
120	21.09.2007	16.09.2008	638320 / 96220 / 2880	-1.22	9.11
120	16.09.2008	22.09.2009	638320 / 96220 / 2880	-1.60	8.77
123	21.09.2007	16.09.2008	638525 / 96730 / 2805	-1.41	7.82
123	16.09.2008	22.09.2009	638525 / 96730 / 2805	-2.47	7.12



Gornergletscher in fall 2008 with the glacier tongue in the foreground and the firn saddle of Colle Gnifetti where englacial temperatures are measured visible in the background (Photo: U. Bläsi)

6 Englacial Temperature

6.1 Introduction

At the end of the 19th century and into the beginning of the 20th century, Vallot (1893, 1913) observed in the Mont Blanc area that cold firn on high altitude mountain tops is widespread. In the 1950's observations of cold firn and ice have been reported from the Monte Rosa area (Fisher, 1953, 1954, 1955, 1963) and the Jungfrau area (Haefeli and Brentani, 1955). Lliboutry et al. (1976) and Haeberli (1976) were the first who systematically investigated the distribution of cold ice and firn in the Alps.



Figure 6.1: Investigated site for englacial temperatures.

In the last 20 years, research activities have started to increase in the cold high-mountain accumulation areas in the Alps, many studies have been undertaken in connection with hazards and core drillings (Alean et al., 1983; Blatter and Haeberli, 1984; Haeberli and Alean, 1985; Haeberli and Funk, 1991; Laternser, 1992; Lüthi and Funk, 1997; Lüthi, 2000; Lüthi and Funk, 2001; Oeschger

et al., 1977; Suter, 2002; Suter et al., 2001, 2004; Suter and Hoelzle, 2002; Vincent et al., 1997, 2007).

Besides glacier mass balance, firn and ice temperatures of ice bodies can be considered as a key parameter in detecting global warming trends. These temperatures have a sort of a memory function as they register short- and mid-term evolution of the energy balance at the surface. By looking at firn and ice temperature measurements it is possible to assess climate changes in areas where no direct measurement of common climatic parameters are available. Cold firn and ice in glaciers, ice caps and ice sheets occur when the firn and ice show permanently negative temperatures over the minimum time span of a year. If this is not the case, glaciers are temperate, thus their temperature is at the pressure melting point. Most of the existing cold ice bodies are not cold throughout. These ice bodies are called polythermal (Blatter and Hutter (1991) and Cuffey and Paterson (2010)).

Measurements of englacial temperatures have been added to the Swiss glacier monitoring program (see chapter 1.1 of the volume number 125/126). The Colle Gnifetti site was selected to perform regular measurements updating the existing measurements made in the years 1983, 1991, 1999, 2000, 2007 and 2008. In this report, results of measurements in the year 2008 on Colle Gnifetti are presented. Last reported results see volume number 125/126.

6.2 Colle Gnifetti (Monte Rosa)

Introduction

Colle Gnifetti is a small and very wind exposed firn saddle at 4450 m asl. in the area of Monte Rosa, Valais Alps, Switzerland. The saddle is being situated between Zumsteinspitze and Signalkuppe with the famous Margerita hut and belongs to the accumulation area of Grenzgletscher a tributary of Gornergletscher. Strong wind erosion causes extraordinary low annual accumulation of snow. Alean et al. (1983) and Lüthi (2000) showed accumulation rates of 0.1 m a^{-1} at the north-west slope of Signalkuppe to 1.2 m a^{-1} at the sunny south slope of Zumsteinspitze. Therefore, Colle Gnifetti represents a unique Alpine key site to find long term ice core records. According to a recent decision of the Swiss Cryospheric Commission, englacial temperature measurements on the Colle Gnifetti saddle in the Monte Rosa area are part of the Swiss glacier observation network.

Investigations

In summer 2005, the University of Heidelberg (D. Wagenbach / O. Eisen) has drilled the borehole B05-1 to 62 m depth (measurements B05-1 and B05-1). Temperature measurements in this borehole have been performed in November 2007 to a depth of 62 m and in August 2008 to a depth of 58 m. In the year 2007, a permanent thermistor cable in the borehole B07-1 was installed by the University of Zurich (M. Hoelzle, M.Zemp), whereas the first measurement was carried out in November 2007 (B07-1) and a second measurement in August 2008 (B07-1). Within a major

field campaign in the year 2008, the University of Zurich (G. Darms, M. Hoelzle) have drilled with the Heucke steam drill equipment seven additional boreholes on Colle Gnifetti, Grenzgletscher and Seserjoch (B08-1, B08-2, B08-3, B08-5, B08-6, B08-7 and B08-8). The measured temperatures at a depth of around 20 m (corresponding roughly the zero annual amplitude ZAA) are in a range of -2.5°C to -13.14°C . At the Seserjoch (B08-6, B08-7, and B08-8) and Grenzgletscher (B08-5) sites generally warmer temperatures are observed. In contrast, the warmest observed temperature on Colle Gnifetti (B08-1, B08-2 and B08-3) was -10.38°C in a depth of 20 m (Table 6.1 and 6.2).

As a summary of the already existing measurements, it can be stated that a range of englacial temperature measurements has been acquired in the Monte Rosa area at the border of Switzerland and Italy since 1982. All these englacial temperatures revealed no evidence of warming at the firn saddle of Colle Gnifetti at 4452 m a.s.l. between 1982 and 1991. The 1991-2000 period then showed an increase of 0.05°C per year at a depth of 20 m. From 2000 to 2008 a further increase of 0.16°C per year was observed, indicating that the amount of infiltrating and refreezing melt water at Colle Gnifetti has probably increased since 2000. The measured temperatures give clear evidence of firn warming. This is confirmed by five existing boreholes with measured temperature down to bedrock, which were drilled in 1982, 1995, 2003 and 2005. All the observed temperature profiles show a slight bending to warmer temperatures in their uppermost part indicating a warming of the firn, which can be related to the observed atmospheric warming in the 20th century. However, the drilling sites on Colle Gnifetti are still located in the recrystallisation-infiltration zone. Detailed analysis can be found in Hoelzle et al. (2011)

Table 6.1: Borehole number, measurement date, total depth of the borehole, coordinates of the borehole location, used type of thermistors were YSI 44031 and publication describing the measurements in detail (Hoelzle et al., 2011)

number	date	depth	coordinates (m / m / m a.s.l.)	drill types
B05-1	04.11.2007	62	634002 / 86554 / 4452	mechanical
B05-1	24.08.2008	62	634002 / 86554 / 4452	mechanical
B07-1	04.11.2007	35	633872 / 86418 / 4470	steam
B07-1	04.11.2007	35	633872 / 86418 / 4470	steam
B08-1	24.08.2008	26	633795 / 86574 / 4450	steam
B08-2	24.08.2008	28	633811 / 86586 / 4452	steam
B08-3	24.08.2008	24	633918 / 86374 / 4483	steam
B08-5	25.08.2008	25	633500 / 85900 / 4250	steam
B08-6	26.08.2008	24	633750 / 85765 / 4293	steam
B08-7	26.08.2008	20	633836 / 85802 / 4306	steam
B08-8	26.08.2008	31	633686 / 86620 / 4335	steam

Table 6.2: Colle Gnifetti - Englacial temperature measurements in the years 2007 and 2008 in boreholes. The measurements are published by Hoelzle et al. (2011)

Borehole: B05-1			Borehole: B07-1		
depth (m)	04.11.2007 temperature (°C)	24.08.2008 temperature (°C)	depth (m)	04.11.2007 temperature (°C)	24.08.2008 temperature (°C)
1.2		-10.96	5.2	-11.97	-12.80
1.6		-11.11	5.4	-11.80	-12.88
2.0		-11.58	5.8	-11.44	-13.04
2.3	-11.70		6.2	-11.30	-13.12
2.5		-11.91	6.6	-11.33	-13.27
3.5		-12.54	7.0	-11.38	-13.31
5.0		-14.14	7.5	-11.61	-13.43
7.0		-15.19	8.0	-11.87	-13.47
9.0		-14.53	8.5	-12.08	-13.53
10.0		-13.09	9.0	-12.18	-13.54
11.0		-12.13	10.0	-12.48	-13.53
12.0		-12.69	12.0	-12.87	-13.48
12.3	-12.98		14.0	-12.92	-13.32
15.0		-12.84	15.0	-12.97	-13.26
20.0		-12.87	16.0	-13.06	-13.26
22.3	-12.99		18.0	-13.06	-13.17
31.0		-12.81	20.0	-13.11	-13.14
32.3	-12.85		25.0	-13.17	-13.20
41.0		-12.24	30.0	-13.14	-13.17
42.3	-12.61		35.0	-13.07	-13.09
46.0		-12.26			
47.3	-12.59				
51.0		-12.27			
52.3	-12.50				
57.3	-12.41				
58.0		-12.28			
59.8	-12.33				
62.3	-12.18				

Date	24.08.2008			25.08.2008
depth (m)	B08-1 temperature (°C)	B08-2 temperature (°C)	B08-3 temperature (°C)	B08-5 temperature (°C)
1.0		-7.01	-8.00	
1.5		-7.22		
2.0		-8.07		
4.0				-2.69
3.0	-7.54	-9.86	-9.49	
5.0	-10.14	-11.56	-11.35	-3.98
6.0	-10.62		-11.84	-4.70
7.0	-9.80	-11.91	-12.34	
8.0		-12.35		
9.0		-12.65		
10.0				-4.08
11.0	-10.58		-12.61	
13.0		-12.46		
15.0				-2.42
16.0	-10.72		-12.44	
18.0		-12.21		
25.0				-2.62
26.0	-9.87		-12.27	
28.0		-12.08		

Date	26.08.2008		
depth (m)	B08-6 temperature (°C)	B08-7 temperature (°C)	B08-8 temperature (°C)
1.0	-4.41		-6.72
1.5			-6.98
2.0		-2.60	-7.75
2.5			-8.34
3.0	-7.08		-8.96
4.0	-7.61	-3.67	-10.00
5.0	-8.30		
6.0			-11.38
8.0			-11.47
9.0	-8.89	-7.12	-12.03
10.0			-12.03
14.0	-7.81	-6.68	-11.86
19.0		-6.40	-11.49
24.0	-6.64		
29.0			-11.76



Riedgletscher with its heavily debris-covered flat glacier tongue in the foreground barely connected in a step zone in 2008 (Photo: G. Kappenberger)

7 Glacier Inventory

The following two sections illustrate how glacier outlines from two inventories can be used to derive cumulative length changes. The derived values for several glaciers are compared with the field measurements over the same time period. The results demonstrate that such a direct comparison is challenging for a number of reasons, but still offer the opportunity to identify systematic errors in both of the datasets.

7.1 Observed changes in glacier length from 1973 to 1998/99

Figures 7.1 to 7.3 show a comparison of glacier extents from the Swiss glacier inventory from 1973 (blue and white lines) with the satellite derived outlines from 1998/99 (black and red lines). Numbered glaciers are in the Swiss length change network and are highlighted by black/blue outlines. The figures illustrate that in general the larger glaciers in a region are measured, and that the unmeasured smaller glaciers do also show strong changes in length or area, several have even disappeared since 1973. With a focus on length changes at the glacier front, the measured glaciers show a large variability of changes within a small region, from virtually no change to strong retreat during this period.

The Aletsch region depicted in Figure 7.1 (top) indicates rather small retreat values for Langgletscher and Oberaletschgletscher and larger ones for Mittelaletschgletscher and Grosser Aletschgletscher. In the case of Langgletscher, a readvance of the glacier tongue after 1980 is the reason for the small total change. In the Bernina region (Figure 7.1 bottom) Vadret da Roseg shows a considerable retreat that was also forced by formation of a pro-glacial lake, Vadret da Tschierva retreated only slightly as a result of an intermittent advance from 1967 to 1985 and Vadret da Morteratsch started to retreat considerably after 1990.

Near Grimselpass (Figure 7.2 top) the retreat of Oberaargletscher and Gauligletscher is clearly visible, but the retreat of Unteraargletscher is much larger although the debris cover on the glacier adds some uncertainty for the exact position of the terminus. The retreat in the region around Mont Blanc de Cheillon (Figure 7.2 bottom) has also a high variability. Strong retreat is observed for Glacier d'Otemma, a medium one for Glacier de Cheillon and Glacier du Breney, and little change is visible for the other four glaciers. While for Glacier de l'En Darrey the overall changes are small and debris cover adds uncertainty to the terminus position, the other three glaciers had advance phases after 1973 and retreated until 1998 approximately to their 1973 extent.



Figure 7.1: The Aletsch area (top) with Grosser Aletschgletscher (5), Oberaletschgletscher (6) Mittelaletschgletscher (106), and Lang (18) and part of the Bernina massiv (bottom) with Vadret da Roseg (92), Vadret da Tschierva (93), and Vadret da Morteratsch (94).

The four glaciers close to Nufenenpass (Figure 7.3 top) also behave differently. While Ghiacciaio del Basòdino shows virtually no change due to an advance phase after 1973, Ghiacciaio di Valleggia retreated slightly after 1985, and Ghiacciaio del Cavagnoli retreated strongly and is currently

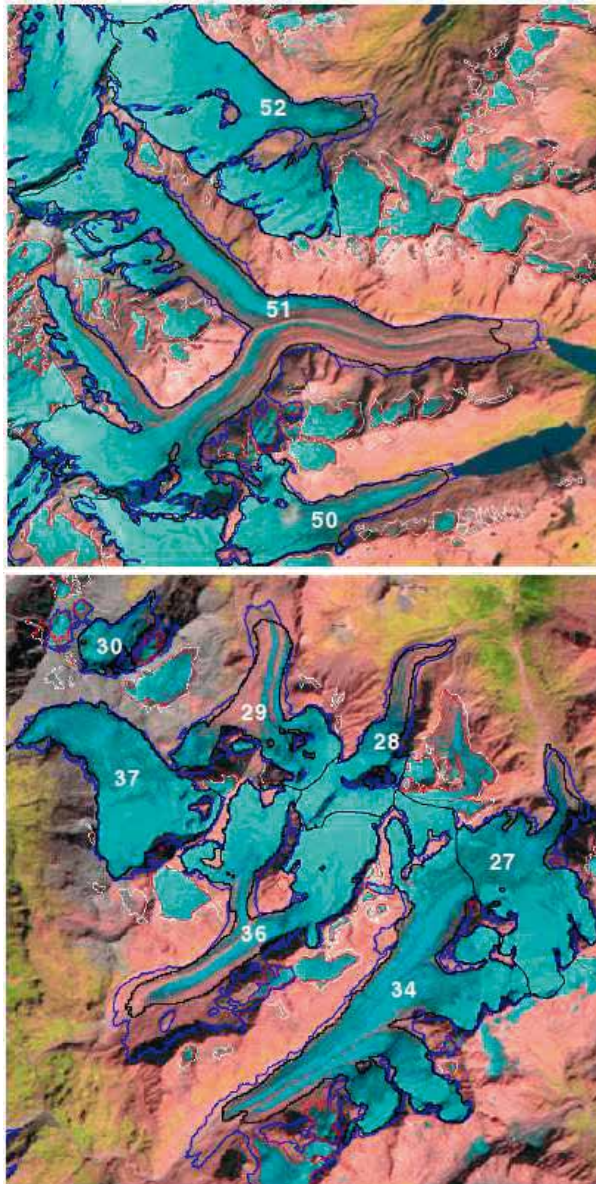


Figure 7.2: The Grimsel area (top) with Oberaargletscher (50), Unteraargletscher (51), and Gauligletscher (52) and the Mont Blanc de Cheillon region (bottom) with Bas Glacier d'Arolla (27), Glacier de Tsidjoure Nouve (28), Glacier de Cheillon (29), Glacier de l'En Darrey (30), Glacier d'Otemma (34), Glacier du Breney (36), and Glacier du Giétro (37).

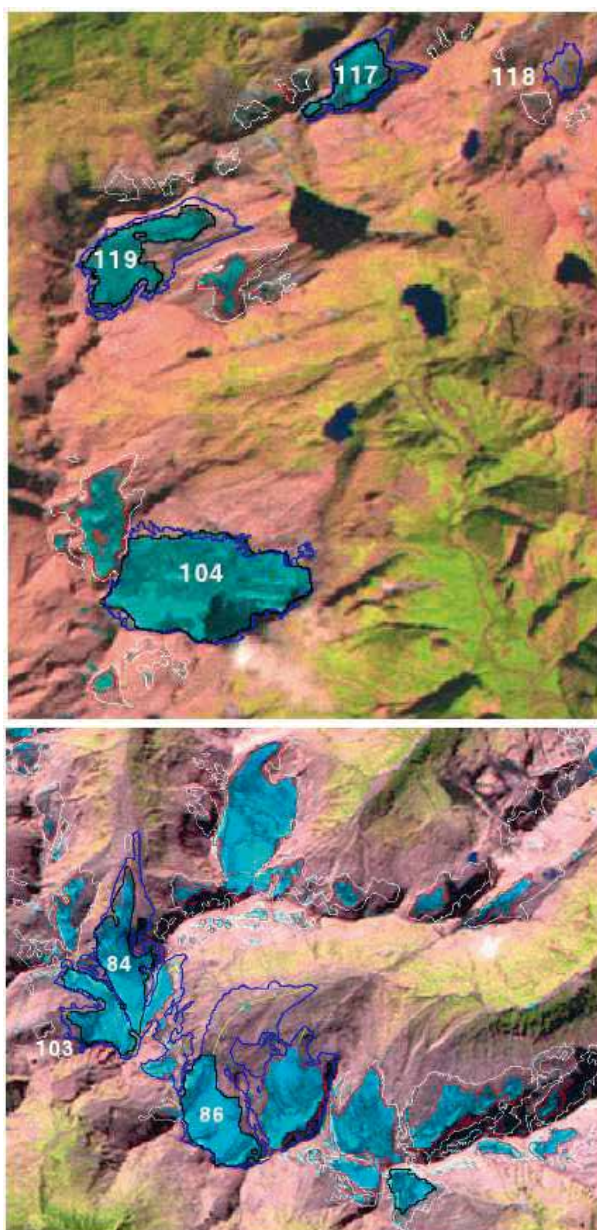


Figure 7.3: The north-western Ticino (top) with Ghiacciaio del Basòdino (104), Ghiacciaio di Valleggia (117), Ghiacciaio di Val Torta (118), and Ghiacciaio del Cavagnoli (119) and the Rheinwald area (bottom) with Lentagletscher (84), Paradisgletscher (86), and Vadrecc di Bresciana (103).

disintegrating. The Ghiacciaio di Val Torta is largely covered by debris and not correctly mapped in the satellite image. In the Rheinwald region (Figure 7.3 bottom) the Vadrecc di Bresciana and Lentagletscher retreated slightly, but Lentagletscher shows a considerable loss of area. The central part of Paradiesgletscher lost its tongue below a steep slope and its western part also shrunk considerably, while its eastern part shows only a small retreat.

When comparing only two points in time, the changes in-between are not resolved and remain speculative. For example, a 'no change' over the 25 year time period could also be related to a glacier advance after 1973 and a retreat to the former position afterwards. Whereas the annual measurements in the field resolve this variability for a selection of glaciers, the satellite derived values are cumulative but provide data for the entire sample. To assess whether the satellite-derived changes are reliable, a direct comparison with the field data has to be made.

7.2 Comparison of length changes from 1973 to 1998/99

The above analysis shows that it is important to define where the measurements are performed before they can be compared. In general, the reported length changes based on direct measurements are a mean of several measurement points that use different lines of sight from fixed points in the glacier forefield to the glacier terminus. When these measurements are compared to values derived from two points only (like here), they are per se different. Moreover, there is some uncertainty in obtaining the terminus position from satellite imagery correctly when a glacier is debris covered as the terminus might be hardly visible. In this case, a direct comparison is not advisable.

However, there is a considerable potential to largely extend the sample of measured glaciers to unmeasured ones by using multi-temporal satellite imagery. This requires, at least to some extent, that the satellite-derived values have a similar quality than the field measurements (of course, the latter can also have errors). There is thus a need to determine the quality of satellite-derived length changes by comparison with field measurements. As a starting point for such a quality assessment, we list for a selection of 18 glaciers (see also Figures 7.1 to 7.3) the field-based measurements and the satellite-derived values in Table 7.1. The latter are obtained by manually selecting two points on the two outlines from 1973 and 1998/99 and by measuring their horizontal distance.

For 11 of the 18 glaciers the differences are within acceptable limits (± 2 image pixels). A better agreement cannot be expected due to internal uncertainties (interpretation of mixed pixels, geolocation accuracy, etc.). For six glaciers the differences are between 5 and 11 pixels. This is clearly beyond the internal uncertainty and requires a more detailed analysis of the reasons for the deviations. Possible reasons are:

- a wrong interpretation of the in most cases debris-covered termini in the satellite image
- a terminus in cast shadow might have been wrongly interpreted as well
- a wrong transfer of the extents on the 1973 aerial images to the topographic maps
- errors in digitizing the extents from 1973 from the topographic maps

- different parts of the terminus have been measured in the field and averaged
- errors in the field measurements.

For Paradiesgletscher, most of the 700 m difference between the direct and remote length change determination might also be explained by the different measurement technique. Whereas the field measurements follow the slope of the surface, the satellite-derived values are horizontally projected. For steep slopes and over long distances (like in this case) the differences due to this effect can be considerable. Moreover, in the case of a curved retreat, the approximation with straight line segments will always give shorter values. However, despite these possible explanations a re-inspection of the field data will be done as a part of the GLAMOS strategy to frequently evaluate all measurements.

Table 7.1: Comparison of cumulative length changes for 18 selected glaciers between 1973 and 1998/99. The difference is expressed in the number of Landsat image pixels of 25 m.

Glacier	No.	Length change 1973-89/99		Difference (Pixel)	Comment
		Field (m)	Satellite (m)		
Grosser Aletsch	5	-760	-726	-1	
Oberaletsch	6	-160	-173	0	
Mittelaletsch	106	-315	-327	0	
Oberaar	50	-185	-210	+1	
Unteraar	51	-900	-614	+11	strongly debris covered
Gauli	52	-300	-229	+2	steep slope with shadow
Arolla (Bas)	27	50	-84	-5	debris covered
Tsidjiore Nouve	28	75	106	+1	
Cheillon	29	-276	-396	-5	debris covered, different points used?
En Darrey	30	-100	-167	-2	
Otemma	34	-1050	-763	+11	debris covered, wrong 1973 extent?
Breney	36	-150	-380	-9	wrong 1973 extent?
Giétro	37	-60	-34	0	
Basòdino	104	-30	-5	0	
Valleggia	117	-234	-47	+7	wrong 1973 extent?
Cavagnoli	119	-240	-203	-1	
Bresciana	103	-132	-193	-2	
Paradies	86	-1922	-1322	+25	Curved line, horizontally projected

References

- Alean, J., Haeberli, W., and Schädler, B. (1983). Snow accumulation, firn temperature and solar radiation in the area of the Colle Gnifetti core drilling site (Monte Rosa, Swiss Alps): distribution patterns and interrelationships. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 19(2):131–147.
- Antoni, C. (2005). Langjährige Messreihen in den Schweizer Alpen. Praktikumsarbeit ausgeführt an der VAW, ETH Zürich, unter Anleitung von A. Bauder (unveröffentlicht).
- Bauder, A., Funk, M., and Bösch, H. (2002). Glaziologische Untersuchungen am Glacier de Giétro im Zusammenhang mit der Sicherheit der Stauanlage Mauvoisin. In *Moderne Methoden und Konzepte im Wasserbau*, volume 175, (Band 2), pages 419–431. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich. Internationales Symposium 7.-9. Oktober 2002 in Zürich.
- Bauder, A., Funk, M., and Huss, M. (2007). Ice volume changes of selected glaciers in the Swiss Alps since the end of the 19th century. *Annals of Glaciology*, 46:145–149.
- Bauder, A., Marty, C., and Nötzli, M. (2008). Schnee, Gletscher und Permafrost 2005/06 und 2006/07. *Die Alpen*, 84(9/2008):47–56.
- Begert, M., Schlegel, T., and Kirchhofer, W. (2005). Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *International Journal of Climatology*, 25(1):65–80.
- Blatter, H. and Haeberli, W. (1984). Modelling temperature distribution in Alpine glaciers. *Annals of Glaciology*, 5:18–22.
- Blatter, H. and Hutter, K. (1991). Polythermal conditions in Arctic glaciers. *Journal of Glaciology*, 37(126):261–269.
- Cuffey, K. M. and Paterson, W. S. B. (2010). *The Physics of Glaciers*. Elsevier B.V., New York, fourth edition. pp. 480.
- Dyrgerov, M. B. and Meier, M. F. (2005). Glaciers and the changing earth system: a 2004 snapshot. Occasional Paper 58, Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado. pp. 117.

- Firnberichte (1914–1978). *Der Firnzuwachs 1913/14–1976/77 in einigen schweizerischen Firngebietten*, number 1-64 in Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Jahresberichte herausgegeben von der Gletscher-Kommission der Physikalischen Gesellschaft Zürich, später Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt und ab 1973 durch A. Lemans.
- Fisher, J. E. (1953). The cold ice tunnel on the Silbersattel, Monte Rosa. *Journal of Glaciology*, 2(13):195–196.
- Fisher, J. E. (1954). The cold ice tunnel on the Silbersattel, Monte Rosa (progress 1953). *Journal of Glaciology*, 2(15):341.
- Fisher, J. E. (1955). Internal temperatures of a cold glacier and conclusions therefrom. *Journal of Glaciology*, 2(18):583–591.
- Fisher, J. E. (1963). Two tunnels in cold ice at 4000 m on the Breithorn. *Journal of Glaciology*, 4(35):513–520.
- Flotron (1924–2010). Vermessung der Aaregletscher. Jährliche Berichte im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG (unveröffentlicht).
- Haerberli, W. (1976). Eistemperaturen in den Alpen. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 11(2):203–220.
- Haerberli, W. and Alean, J. (1985). Temperature and accumulation of high altitude firn in the Alps. *Annals of Glaciology*, 6:161–163.
- Haerberli, W. and Funk, M. (1991). Borehole temperatures at the Colle Gnifetti core drilling site (Monte Rosa, Swiss Alps). *Journal of Glaciology*, 37(125):37–46.
- Haefeli, R. and Brentani, F. (1955). Observations in a cold ice cap. *Journal of Glaciology*, 2(18):571–581.
- Hoelzle, M., Darms, G., Lüthi, M. P., and Suter, S. (2011). Evidence of accelerated englacial warming in the Monte Rosa area, Switzerland/Italy. *The Cryosphere*, 5(1):231–243.
- Hoelzle, M., Haerberli, W., Dischl, M., and Peschke, W. (2003). Secular glacier mass balances derived from cumulative glacier length changes. *Global and Planetary Change*, 36(4):295–306.
- Huss, M. (2010). Mass balance of pizolgletscher. *Geographica Helvetica*, 65(2):80–91.
- Huss, M. and Bauder, A. (2009). 20th-century climate change inferred from four long-term point observations of seasonal mass balance. *Annals of Glaciology*, 50(50):207–214.
- Huss, M., Bauder, A., and Funk, M. (2009). Homogenization of long-term mass-balance time series. *Annals of Glaciology*, 50(50):198–206.

- Joerg, P. C., Morsdorf, F., and Zemp, M. (2012). Uncertainty assessment of multi-temporal airborne laser scanning data: A case study on an Alpine glacier. *Remote Sensing of Environment*, 127:118–129.
- Kääb, A. (1996). Photogrammetrische Analyse zur Früherkennung gletscher- und permafrostbedingter Naturgefahren im Hochgebirge. Mitteilungen 145, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Gloriastrasse 37-39, CH-8092 Zürich. pp. 182.
- Kasser, P., Aellen, M., and Siegenthaler, H. (1986). Clariden. In *Die Gletscher der Schweizer Alpen, 1977/78 und 1978/79*, volume 99/100 of *Glaziologisches Jahrbuch der Gletscherkommission SNG*, pages 142–148. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich.
- Latenser, M. (1992). Firntemperaturmessungen in den Schweizer Alpen. Diploma thesis (unpublished), ETH Zürich. pp. 99.
- Liboutry, L., Briat, M., Creseveur, M., and Pourchet, M. (1976). 15 m deep temperatures in the glaciers of Mont Blanc (French Alps). *Journal of Glaciology*, 16(74):197–203.
- Lüthi, M. (2000). Rheology of cold firn and dynamics of a polythermal ice stream: Studies on Colle Gnifetti and Jakobshavns Isbræ. Mitteilung 165, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich. pp. 212.
- Lüthi, M. and Funk, M. (1997). Wie stabil ist der Hängegletscher am Eiger? *Spektrum der Wissenschaft*, 5:21–24.
- Lüthi, M. P. and Funk, M. (2001). Modelling heat flow in a cold, high altitude glacier: interpretation of measurements from Colle Gnifetti, Swiss Alps. *Journal of Glaciology*, 47(157):314–324.
- Müller, H. and Kappenberger, G. (1991). Claridenfirn-Messungen 1914-1984. Technical Report 40, Zürcher Geographische Schriften, Geographisches Institut der ETH Zürich. pp. 79.
- Oeschger, H., Schotterer, U., Stauffer, B., Haeberli, W., and Röthlisberger, H. (1977). First results from Alpine core drilling projects. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 13(1-2):193–208.
- Ohmura, A., Bauder, A., Müller, H., and Kappenberger, G. (2007). Long-term change of mass balance and the role of radiation. *Annals of Glaciology*, 46:367–374.
- Østrem, G. and Brugman, M. (1991). Glacier mass-balance measurements – a manual for field and office work. Technical report, National Hydrology Research Institute. NHRI Science Report No. 4.
- Raymond, M., Wegmann, M., and Funk, M. (2003). Inventar gefährlicher Gletscher in der Schweiz. Mitteilungen 182, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Gloriastrasse 37-39, CH-8092 Zürich. pp. 368.

- Suter, S. (2002). Cold firn and ice in the Monte Rosa and Mont Blanc areas: spatial occurrence, surface energy balance and climatic evidence. *Mitteilung 172, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich*. pp. 188.
- Suter, S. and Hoelzle, M. (2002). Cold firn in the Mont Blanc and Monte Rosa areas, European Alps: spatial distribution and statistical models. *Annals of Glaciology*, 35(1):9–18.
- Suter, S., Hoelzle, M., and Ohmura, A. (2004). Energy balance at a cold alpine firn saddle, Seserjoch, Monte Rosa. *International Journal of Climatology*, 24(11):1423–1442.
- Suter, S., Latenser, M., Haeblerli, W., Frauenfelder, R., and Hoelzle, M. (2001). Cold firn and ice of high-altitude glaciers in the Alps: measurements and distribution modelling. *Journal of Glaciology*, 47(156):85–96.
- Vallot, J. (1893). Recherches scientifiques dans le tunnel du Mont-Blanc. *Annales de l'observatoire météorologiques, physique et glaciaire du Mont-Blanc*, 1:131–143.
- Vallot, J. (1913). Valeur et variation de la température profonde du glacier, au Mont Blanc. *Compte Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 156(20):1575–1578.
- VAW (1997). Gletscherveränderungen im Val de Bagnes 1966 – 1996. Untersuchungen im Zusammenhang mit den Anlagen der Kraftwerke Mauvoisin AG. Zusammenfassend dargestellte Hauptergebnisse der jährlichen Messungen. Bericht Nr. 7903.55.04 (M. Aellen, unveröffentlicht). Im Auftrag der Kraftwerke Mauvoisin AG.
- VAW (1998). Mauvoisin – Giétrogletscher – Corbassièregletscher. Glaziologische Studien im Zusammenhang mit den Stauanlagen Mauvoisin. Bericht Nr. 55.05.7903 (M. Funk, unveröffentlicht). Im Auftrag der Elektrizitätsgesellschaft Lauffenburg AG.
- VAW (1999). Mattmark – Zusammenfassender Bericht über die hydrologischen und glaziologischen Messungen im Mattmarkgebiet. Bericht Nr. 7902.52.45 (H. Bösch und M. Funk, unveröffentlicht), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich. Im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG.
- Vincent, C., Le Meur, E., Six, D., Possenti, P., Lefebvre, E., and Funk, M. (2007). Climate warming revealed by englacial temperatures at Col du Dôme (4250 m, Mont Blanc area). *Geophysical Research Letters*, 34(16):L16502.
- Vincent, C., Vallon, M., Pinglot, J., Funk, M., and Reynaud, L. (1997). Snow accumulation and ice flow at Dôme du Goûter (4300 m), Mont Blanc, French Alps. *Journal of Glaciology*, 43(145):513–521.
- WGMS (2007). Glacier Mass Balance Bulletin No. 9, (2004–2005). Technical report, ICSU(FAGS)–IUGG(IACS)–UNEP–UNESCO–WMO.

Acknowledgements

The Cryospheric Commission again received solid support in this 129th/130th measuring period from its reliable team of observers. Sincere thanks for their cooperation are extended to: the forestry services from the cantons of Berne, Glarus, Grisons, Obwalden, St. Gallen, Uri, Ticino, Vaud and Wallis, the staff of the hydro-power stations Aegina, Mattmark, Mauvoisin and Oberhasli, all the individual helpers, the Aerial Photography Flying and Coordination Service (CCAP) of the Swiss Federal Office of Topography swisstopo and Photogrammetrie Perrinjaquet AG (Gümligen). The Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology (VAW) of the ETH Zürich, colleagues from the national weather service MeteoSwiss, the Geographical Institutes of the University of Fribourg and Zürich provided valuable contributions to the publication of this glaciological report. A special vote of thanks goes to Susan Braun-Clarke for translating and proof-reading the report.

A Remote Sensing

A.1 Aerial photographs

Aerial photographs were taken at periodic intervals in order to provide a baseline documentation for various applications (mapping, glacier change, natural hazards, etc). In addition to the periodical surveys conducted by the Swiss Federal Office of Topography (swisstopo), high resolution aerial photographs have been acquired which are designed in particular for glaciological applications. In addition to the aerial photographs listed in the following tables (A.1 and A.2), other aerial photos for updating the National Maps are available from swisstopo. In the year 2008, pictures were taken for the sheets 1:50'000 nos. 254, 255, 266, 267, 275 and 277 and in 2009 for nos. 236, 245, 246, 255, 256 and 257. The scale is approximately 1:30'000.



Figure A.1: Aerial photographs from the years 2008 and 2009.

Table A.1: Aerial photographs taken in 2008.

Glaciers	Ct.	Date	Line No.	Scale	Type
Allalin ^P , Chessjen ^P	VS	29.08.08	2008067003	8500	b-w
Allalin ^P , Hohlaub ^P , Kessjen ^c , Fee ^P , Hohbalm ^P , Ried ^P , Bider ^c	VS	29.08.08	2008066024	12700	b-w
Basodino ^c	TI	29.08.08	2008066043	13800	b-w
Birch ^c , Nest ^c	VS	09.09.08	2008066504	10900	b-w
Bis ^P , Brunegg ^P , Schali ^P , Hohlicht ^P	VS	29.08.08	2008066031	9800	b-w
Cambrena ^c , Palü ^P , Pers ^P , Morteratsch ^P , Tschierva ^P , Roseg ^c , Tremoggia ^P , Fex ^P	GR	09.09.08	2008066245	20500	b-w
Clariden ^c , Hüfi ^P	GL	29.08.08	2008066107	14300	b-w
Corbassiere ^c , Boveire ^P , Mont Durand ^P , Tseudet ^P , Valsorey ^P	VS	29.08.08	2008068042	23900	b-w
Corbassiere ^P	VS	18.08.08	2008068041	10700	b-w
Fee ^P , Hohlaub ^c , Chessjen ^c , Allalin ^c , Schwarzberg ^P , Findel ^P	VS	29.08.08	2008067001	40500	b-w
Fee ^P , Hohlaub ^P	VS	18.08.08	2008071001	6400	b-w
Findel ^P	VS	29.08.08	2008066040	11700	b-w
Findel ^P , Schwarzberg ^P , Allalin ^P	VS	29.08.08	2008067004	33300	b-w
Gauli ^P	VS	18.08.08	2008066071	8400	b-w
Gauli ^P , Ob. Grindelwald ^P , Lauteraar ^P , Strahlegg ^c , Finsteraar ^P	BE	09.09.08	2008066165	13100	b-w
Gietro ^P	VS	18.08.08	2008068001	9000	col
Gietro ^P	VS	29.08.08	2008068002	14500	b-w
Gorner ^P	VS	29.08.08	2008066079	11800	b-w
Gries ^c , Corno ^P	VS	29.08.08	2008066013	13000	b-w
Grosser Aletsch (Mönch-Süd) ^P	VS	28.08.08	2008070023	9400	b-w
Grosser Aletsch ^P	VS	09.09.08	2008066016	14800	b-w
Gruben ^P	VS	29.08.08	2008066026	6100	b-w
Guggi ^P , Eiger ^P	VS	28.08.08	2008070020	13200	b-w
Gutz ^c , Ob. Grindelwald ^P	BE	09.09.08	2008066505	14400	b-w
Hohlicht ^P , Bis ^P , Brunegg ^P , Turtmann ^P	VS	29.08.08	2008066030	13100	b-w
Minstiger ^c	VS	09.09.08	2008066087	12400	b-w
Mutten ^c , Witenwassereren ^c , Geren ^c , Chüeboden ^c , Pizzo Rotondo ^c	VS, UR	29.08.08	2008066138	18100	b-w
Oberaar ^P	VS	28.08.08	2008065004	15700	b-w
Rhone ^P	VS	29.08.08	2008066012	9700	b-w
Roseg ^P , Tschierva ^P , Morteratsch ^P , Pers ^P , Cambrena ^P	GR	09.09.08	2008066244	22600	b-w
Rossboden ^c , Gruben ^P	VS	29.08.08	2008066035	13900	b-w
Schwarzberg ^P	VS	29.08.08	2008067005	8000	b-w
Seewjinen ^P , Tälliboden ^c	VS	29.08.08	2008067006	8900	b-w
Silvretta ^c , Verstancla ^c , Tiatscha ^P	GR	09.09.08	2008066001	14700	b-w
Trift ^P	VS	18.08.08	2008066004	8800	b-w
Trift ^P , Stein ^c , Wallenbur ^P , Chelen ^c , Diechter ^c , Alpli ^c , Flachenstein ^P , Rhone ^P	VS	09.09.08	2008066003	17200	b-w
Trift ^P , Steinlimi ^c , Stein ^P	VS	09.09.08	2008066002	19600	b-w

Turtmann ^P , Brunegg ^P	VS	29.08.08	2008069006	12600	b-w
Unt. Grindelwald ^P , Fiescher ^P	BE	18.08.08	2008066007	15400	b-w
Unteraar (Finsteraar) ^P	VS	28.08.08	2008065001	14000	b-w
Unteraar (Lauteraar) ^P	VS	28.08.08	2008065002	13700	b-w
Unteraar ^P	VS	28.08.08	2008065003	10000	b-w
Weingarten ^P	VS	29.08.08	2008066643	11100	b-w

Table A.2: Aerial photographs taken in 2009.

Glaciers	Ct.	Date	Line No.	Scale	Type
Allalin ^P , Hohlaub ^P , Kessjen ^c , Fee ^P	VS	07.09.09	2009067003	26100	b-w
Alpli ^c , Diechter ^c , Trift ^P , Chelen ^c , Stei ^c , Steilimi ^P , Wallenbur ^c , Flachenstein ^P , Rütifirn ^P	BE	08.09.09	2009066003	17200	b-w
Arolla ^P	VS	07.09.09	2009066163	13000	b-w
Arolla ^P , Mont Collon ^P , Otemma ^P	VS	07.09.09	2009066162	12300	b-w
Baltschieder ^c , Lang ^c , Jegi ^P , Anung ^c , Grosser Aletsch ^P , Guggi ^P , Eiger ^c , Unt. Grindelwald ^P	VS	08.09.09	2009066170	22100	b-w
Birch ^c , Nest ^c	VS	07.09.09	2009066504	11000	b-w
Corbassiere ^P	VS	07.09.09	2009068041	10700	b-w
Corbassiere ^P	VS	07.09.09	2009068004	21800	b-w
Corbassiere ^P , Tsessette ^c , Mont Durand ^P	VS	07.09.09	2009068005	19500	b-w
Diablons ^c , Turtmann ^P , Brunegg ^P	VS	07.09.09	2009069006	12600	b-w
Diechter ^P , Trift ^P , Taleggl ^c , Gigli ^c , Chelen ^P , Steilimi ^P , Stei ^P	BE	08.09.09	2009066002	19600	b-w
Eiger ^c , Guggi ^c , Giesen ^c , Rottal ^c , Grosser Aletsch (Jungfraufirn) ^P	VS, BE	08.09.09	2009066021	16700	b-w
Findelen ^P , Schwarzberg ^P	VS	07.09.09	2009066040	11600	b-w
Gauli ^P	BE	07.09.09	2009066071	8400	b-w
Gietro ^P	VS	07.09.09	2009068001	9000	col
Gorner ^P	VS	07.09.09	2009066079	11900	b-w
Gredetsch ^c , Oberaletsch ^P , Mittelaletsch ^P , Grosser Aletsch ^P , Fiescher ^P , Unt. Grindel- wald ^P , Ob. Grindelwald ^P , Lauteraar ^P , Gauli ^P	VS	08.09.09	2009066172	19300	b-w
Gries ^c , Corno ^P	VS	08.09.09	2009066013	13000	b-w
Grosser Aletsch (Mönch-Süd) ^P	VS	08.09.09	2009070023	9400	b-w
Grosser Aletsch ^P	VS	07.09.09	2009066016	14800	b-w
Grosser Aletsch ^P , Fiescher ^P , Oberaar ^P , Fin- steraar ^P	VS	08.09.09	2009066175	21700	b-w
Grosser Aletsch ^P , Oberaletsch ^P , Mittele- laletsch ^P , Fiescher ^P , Finsteraar ^P	VS	08.09.09	2009066174	20200	b-w
Grosser Aletsch ^P , Oberaletsch ^P , Mittele- laletsch ^P , Fiescher ^P , Finsteraar ^P , Lauter- aar ^P , Unt. Grindelwald ^P	VS	08.09.09	2009066173	19100	b-w
Gruben ^P	VS	07.09.09	2009066026	6000	b-w
Guggi ^P , Eiger ^P	BE	08.09.09	2009070020	13200	b-w
Gutz ^c , Ob. Grindelwald ^P	BE	07.09.09	2009066505	14400	b-w
Hohlicht ^P , Bis ^P , Brunegg ^P , Turtmann ^P	VS	07.09.09	2009066030	14000	b-w
Lauteraar ^P , Finsteraar ^P , Unteraar ^P , Ober- aar ^P , Galmi ^P , Minstiger ^P , Bächi ^P , Ob. Grindelwald ^P	VS	08.09.09	2009066176	16800	b-w
Mont Durand ^c , Otemma ^P , Brenay ^c , Gi- etro ^c , Mont Collon ^P , Tsijiore Nouve ^P , Pierce ^P	VS	07.09.09	2009068007	20400	b-w

Glaciers	Ct.	Date	Line No.	Scale	Type
Mont Durand ^c , Tsessette ^c , Brenay ^p , Gietro ^c , Cheillon ^p , Tsijjore Nouve ^c , Piece ^p	VS	07.09.09	2009068006	19900	b-w
Oberaar ^p	VS	19.08.09	2009065004	15700	b-w
Otemma ^p , Mont Collon ^p , Arolla ^p	VS	07.09.09	2009068008	19800	b-w
Rhone ^p	VS	07.09.09	2009066012	9800	b-w
Schwarzberg ^p	VS	07.09.09	2009067005	8000	b-w
Seewjinen ^c , Monte Moro ^c , Tälliboden ^c , Schwarzberg ^p	VS	07.09.09	2009067006	8900	b-w
Silvretta ^c , Verstancla ^c , Tiatscha ^p	GR	09.09.09	2009066001	14800	b-w
Studer ^p , Finsteraar ^p , Strahlegg ^c , Lauteraar ^p , Ob. Grindelwald ^p , Gauli ^p	BE	08.09.09	2009066165	13100	b-w
Trift ^p	BE	07.09.09	2009066004	8900	b-w
Unt. Grindelwald ^p	BE	07.09.09	2009066007	15400	b-w
Unteraar (Finsteraar) ^p	VS	19.08.09	2009065001	14000	b-w
Unteraar (Lauteraar) ^p	VS	19.08.09	2009065002	13700	b-w
Unteraar ^p	VS	19.08.09	2009065003	10000	b-w
Weingarten ^p	VS	07.09.09	2009066643	11100	b-w
Üssere Baltschieder ^p , Oberaletsch ^p , Lang ^p , Grosse Aletsch ^p , Unt. Grindelwald ^p , Ob. Grindelwald ^p	VS	08.09.09	2009066171	20500	b-w
c	Glacier shown completely		Type of film:	b-w	black-and-white
p	Glacier shown partially			col	colour

B Remarks on Individual Glaciers

1 Rhone

2008: Luftbildaufnahmen am 29.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

2 Mutt

2008: Die Höhen wurden zum zweiten Mal mit dem Höhenmesser am Taschenmesser gemessen. (U. Wittdorf)

3 Gries

2008: Luftbildaufnahmen am 29.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

2009: Luftbildaufnahmen am 8.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

4 Fiescher

2008: Der Gletscher geht weiter stark zurück. Bei Punkt 5 und 15 ist kein Eis mehr sichtbar gewesen. (P. Aschilier)

2009: Bei Punkt 14 habe ich letztes Jahr in ein kleines "Tal" gemessen. Durch das starke Schmelzen ist dort der Gletscher stark verändert. Der jetztige Punkt stimmt wieder für 2010. (P. Aschilier)

5 Grosser Aletsch

2008: Luftbildaufnahmen am 9.9.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

6 Oberaletsch

2008: Begehung am 11.9.2008. Der Gletscher ist dermassen geschmolzen und der Rest mit Schutt und Steinen übersät. Aus diesem Grund konnte keine Messung durchgeführt werden. (C. Theler)

2009: Begehung am 23.8.2009. Der Gletscher ist dermassen geschmolzen und der Rest mit Schutt und Steinen übersät. Aus diesem Grund konnte keine Messung durchgeführt werden. (C. Theler)

7 Kaltwassergletscher

2008: Die Veränderung ist sehr klein. Auf der ganzen Gletscherzunge ist ein kleiner Zuwachs zu beobachten. (M. Schmidhalter)

2009: Der Rückgang des Gletschers ist doch verhältnismässig gross, wenn man an den langen schneereichen Winter zurückdenkt. (M. Schmidhalter)

10 Schwarzberg

2008: Luftbildaufnahmen am 29.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – H. Bösch)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

11 Allalin

2008: Luftbildaufnahmen am 29.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – H. Bösch)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

12 Chessjen

2008: Luftbildaufnahmen am 29.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – H. Bösch)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

13 Fee

2008: Messung am 29.9.08: Die Messpunkte aus dem Jahr 2007 konnten nicht alle übernommen werden. Der Gletscher hat sich hinter einem Felsen zurückgezogen. Der untere Gletscherrand ist daher vom Messpunkt der elektronischen Distanzmessung aus nicht mehr überall sichtbar. Dafür konnten viel weiter rechts und beim mittleren Gletschertor je ein Messpunkt aufgenommen werden. Der Gletscher ist am linken Rand leicht vorgestossen und hat sich rechts zurückgezogen. Beim Gletschersee hat sich keine wesentlich sichtbare Veränderung ergeben. Die Beurteilung ist auch nicht einfach, weil der Wasserspiegel nicht immer gleich hoch ist. (U. Andenmatten)

2009: Messung am 5.10.09: Dabei konnte die Gletscherzunge wieder auf der gesamten Breite eingemessen werden. Daher wurden die Messpunkte neu eingeteilt. Der Gletscher ist am rechten Rand stärker zurückgegangen als am linken Rand. Rückgang des Gletschertores um 10.54 Meter. Hinter einem Felsen entlang der Gletscherzunge bilden sich neue Wassertaschen. Seit dem grossen Gletscherabbruch vom 20.9.09 brechen immer wieder kleinere Bereiche nach. (U. Andenmatten)

16 Findelen

2008: Luftbildaufnahmen am 29.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

17 Ried

2008: Der Messpunkt FP72 ist im Gelände frisch markiert worden. Alle Messungen erfolgten von diesem Punkt und sind mit Fotos dokumentiert. (P. Rovina)

18 Lang

2008: Zwei Gletschertore. Nur aus einem Tor fliesst Wasser. (H. Henzen)

22 Zinal

2008: Je n'ai pas pu mesurer le glacier en septembre à cause d'une entorse à la cheville. Ensuite, à la fin d'octobre, l'accès au glacier est devenu impossible après les chutes de neige. (M. Barmaz)

2009: Le recul de 16.9 m est une moyenne sur deux ans. En 2009, j'ai reporté le point A repéré à 22 m de la limite de la glace et le point B à 15 m de la glace. (M. Barmaz)

23 Moming

2009: A cause de la neige, le point de ref. 2008 n'a pas été trouvé. Ses coordonnées seront mesurées en 2010. Le glacier n'a toutefois pratiquement pas reculé (P. Stoebener)

24 Moiry

2009: Pas de mesure, la route du barrage a été fermée plus tôt que d'habitude, suite à un mouvement de terrain. (F. Pralong)

29 Cheillon

2009: Nouvelle méthode de mesure et déplacement des anciens points. (O. Bourdin)

30 En Darrey

2009: Nouvelle méthode de mesure et déplacement des anciens points. (O. Bourdin)

34 Otemma

2008: Les points 1 et 2 ne sont plus mesurables. Dangereux! Nouveau Pt 16/08 sur l'axe 15/95. Lors de mes mesures du 17.9.2000 j'avais marqué un bloc sur la partie gauche de la langue glaciaire, dans l'axe 360°N à la base de l'éperon sous le Pt 2744 de la Petit Aouille, bloc que j'ai essayé en vain de retrouver par la suite! Cette année en montant sur le portail gauche, mon bloc était là prêt à basculer dans le torrent! Le voyage est pour l'instant terminé pour lui. Devant le front, les grosses crues ont dégagé quelques gros blocs se trouvant sur notre axe de visée où j'ai établi le pt 16/08. Le portail et la partie droite du front glaciaire sont complètement effondrés et tout se disloque autour, y compris le glacier soutenant la moraine

droite. La partie centrale du glacier est dans le même état. Le portail gauche est affaissé et 3 grandes crevasses transversales superposées se sont formées au-dessus. (J.-J. Chabloz)

2009: Un cataclysme torrentiel doit s'être produit ici! Une masse de débris rocheux s'est éboulée de la moraine latérale gauche laissant apparaître très haut de la glace morte. D'autre part le gros bloc sur lequel j'avais marqué le nouveau pt 16/08 a disparu. Sur tout l'avant terrain il n'y a rien pour le remplacer, donc je repars au pt 15/95 à 642 mètres de là! Rive gauche, le torrent venant du Glacier de l'Aouille arrive directement au portail sous une arche de glace prête à s'effondrer et une grande dépression montre bien la forte fonte de la langue. Rive droite, celle-ci se disloque également et le grand cône de glace recouvert de sable a pratiquement disparu. (J.-J. Chabloz)

35 Mont Durand

2008: Ancien Pt 8/99 trop exposé sur le glacier. J'ai établi un nouveau Pt 9/08 plus un Pt de réserve sur le même axe. La mesure + 28 mètres ne vaut pas grand chose! Car la voûte du portail s'est cassée et s'est affaissée vers le centre du front dans l'axe de visée pt 8/99. D'autre part, le franchissement du torrent devient très difficile et des rochers tombent sans arrêt sur la langue du glacier au point de mesure. J'ai donc établi un nouvel axe plus rive gauche, ainsi qu'un point de réserve sur cet axe. Le front du glacier se creuse toujours plus, de ce fait il n'y a plus de rimayes latérales. Plus haut sur le glacier, on voit bien le socle rocheux se dégager. Grosse fonte à ce niveau également, donc masse glaciaire en régression. (J.-J. Chabloz)

2009: Il n'y a qu'à regarder les photographies! Tout s'effondre, la langue fon autant dessous que dessus, le retrait est très marqué jusqu'au grand seuil à 2700-2800 mètres. Au front, la voûte du portail complètement fissurée va s'affaisser dans le torrent. (J.-J. Chabloz)

36 Brenay

2008: J'ai établi un nouveau Pt 20/08 sur l'axe du Pt 19/86. La chute d'un gros rocher depuis la moraine gauche m'a permis de gagner 462 mètres sur le même axe, c'est le bonheur! Donc nouveau pt 20/08. Malgré le recul peu marqué -22.6 mètres, c'est aussi la débacle. La langue est complètement plate, les portails gauche et droite inexistantes. Plus en amont, le glacier se creuse entre les deux bords couverts de débris rocheux et plus haut, au niveau des Séracs du Brenay, la rive droite s'éloigne maintenant de la paroi rocheuse de la Serpentine, (l'oeil) est toujours plus gros. (J.-J. Chabloz)

2009: Ici aussi les grandes crues ont dû être impressionnantes au vu des débris rocheux sur l'avant terrain et au déplacement complet du lit des torrents. Le glacier est toujours plus bas à côté de la moraine de droite et le socle rocheux bien visible au niveau des séracs du Brenay dont la glace au-dessus de l'(oeil) est crevassée dans tous les sens et dont l'épaisseur a diminué très fortement. (J.-J. Chabloz)

37 Gietro

2008: Luftbilddaufnahmen am 18.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch Photogrammetrie Perrinjaquet im Auftrag der Force Motrices de Mauvoisin SA. Bestimmung der Längenänderung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch Photogrammetrie Perrinjaquet im Auftrag der Force Motrices de Mauvoisin SA. Bestimmung der Längenänderung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

38 Corbassiere

2008: Luftbildaufnahmen am 18.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Force Motrices de Mauvoisin SA. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Force Motrices de Mauvoisin SA. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

39 Valsorey

2009: En rive gauche, il y a maintenant un espace de 4.0 - 5.0 m entre le glacier et le rocher sur une centaine de mètres (décollement). La perte de la langue du glacier est de 60

40 Tseudet

2008: Le glacier progresse en raison du fluage du front de la langue. (J. Médico)

41 Boveyre

2009: La langue glaciaire va fondre très rapidement ces prochaines années car elle mesure 6.0 m de large sur une épaisseur de 2 à 3 m. (J. Médico)

42 Saleinaz

2009: Le front du glacier a fortement changé. La partie rive gauche, sous les éboulis, fond moins vite que la partie droite. (J. Médico)

43 Trient

2008: Forte perte d'épaisseur. Beaucoup de glace morte. Débit important du torrent. (J. Ehinger)

2009: De 2008 à 2009, le glacier du Trient a reculé de 151 mètres, dans l'extrémité la plus en aval de la langue. Le front se trouve à environ 2080 mètres d'altitude. (J. Ehinger)

44 Paneyrosse

2008: Diminution spectaculaire de l'épaisseur, mais difficile à estimer. (J.-Ph. Marlétaz)

2009: Comme 2008 diminution spectaculaire de l'épaisseur du glacier. (J.-Ph. Marlétaz)

45 Grand Plan Névé

2008: Création le 10.9.2008 de 5 nouveaux points côté ouest 81 à 85. Pour 2009 les points 5 et B120 sont à supprimer car plus représentatifs. Grottes glaciaire au-dessus points 81-84. (J.-Ph. Marlétaz)

2009: Abandon des pts 5 et B120. Nouvelles mesure pts 81 à 85. (J.-Ph. Marlétaz)

47 Sex Rouge

2008: Point 1 à 4: Je propose de renoncer purement et simplement aux mesures de ces points, le glacier n'est plus apparent ou très difficilement discernable. Point 5: Comme annoncé l'année dernière, j'ai établi un nouveau point, l'ancien étant aujourd'hui recouvert par une coulée de matériau provenant des contreforts de la Becca d'Audon. Point 51: J'ai jugé utile d'implanter un point intermédiaire entre P5 et P6. (J. Binggeli)

2009: Point 1 à 3: Conformément à ce que j'annonçais l'année dernière, ces points n'ont pas été mesurés, le glacier n'étant plus apparent ou très difficilement discernable (recouvert par des éboulis de pente). Point 4: en revanche et contrairement à l'année dernière, de la glace est à nouveau apparente dans ce secteur. Le point a donc été mesuré. Le recul serait de 15.40 mètres le 13.9.07 (dernière mesure) et le 10.9.09. (J. Binggeli)

48 Prapio

2008: Malgré la saison bien avancée, le bas du glacier était encore recouvert, partiellement de névés et de matériel de déjection provenant des falaises le surplombant. La mesure n'est donc pas aussi précise que souhaité. (J. Binggeli)

2009: De la neige morte, détachée du corpus, est présente à l'avant du front glaciaire. (J. Binggeli)

52 Gauli

2008: Innerhalb von 3 Jahren hat sich der Gletscher um 253 m zurückgezogen. Dementsprechend dehnt sich der See aus und die Eisberge darin sind gegenüber den früheren Jahren spärlicher geworden. (R. Straub)

2009: Eisberge verdecken die Sicht zur Gletscherzunge. Auch ist die Distanz für die Lasermessung zu weit. Der Rückzug beträgt mindestens 100 m, verursacht durch das Kalben des Gletschers in den See. Dieser ist bereits ca. 1/4 km² gross. (R. Straub)

53 Stein

2008: Auffallend ist das geröllfreie Toteis der rechten Seitenmoräne. (R. Straub)

54 Steinlimi

2008: Das Toteis auf der orographisch rechten Seite ist bis auf kleinste Reste geschmolzen. Etwas Toteis befindet sich noch auf der orographisch linken Seite. Reste des Gletscherarmes von der Steinlimi, der sich weit zurückgezogen hat, haben zur Folge, dass die Gletscherzunge orographisch links wesentlich stärker zurückgeschmolzen ist als rechts, wo der Gletscherarm vom Tierberg noch bis hinunter reicht. (R. Straub)

55 Trift (Gadmen)

2008: Luftbildaufnahmen am 18.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

59 Eiger

2008: Das Messverfahren wurde auf Laser-Entfernungsmessung umgestellt. Als Referenzpunkt im Gelände neben der Hauptmoräne diente der am 29.8.2008 angelegte Punkt (640945.2/158196.9/2269.3). (R. Zumstein)

60 Tschingel

2008: Teilweise neblig und relativ kalt, daher geringe Wasserführung. Auf der orographisch linken Gletscherseite Vorstoss, auf der rechten Rückzug im üblichen Rahmen. Der Gletscher wird schmaler, der seitliche Abstand wird grösser. Keine neuen Punkte angelegt, nur neu gefärbt. Höhenmessung ab Punkt E Schwammberger. (R. Zumstein)

2009: Die Aufwärmung der Fels- und Schuttpartien führt zu einem massiven Abschmelzen der orographisch linken Gletscherseite. Dies gibt Anlass zu Anpassungen im Messsystem. Im zentralen Bereich ist erstmals das Eis unüberdeckt sichtbar. Partiiell Gegengefälle. Die Messung verlief einigermaßen normal. (R. Zumstein)

61 Gamchi

2008: Punkte E, a und c wurden neu gesetzt. Punkt A wurde aufgegeben. (R. Descloux)

62 Schwarz

2008: Nachmessung h mit Azimut 162^g - wie zuletzt 2004. Neuanlage der Messung ab Punkt i mit Azimut 162^g

2009: Die Überdeckung mit Schutt macht eine zuverlässige Messung im Bereich der seitlichen Zungen sehr schwierig - wie die Zahlen im Vorjahresvergleich zeigen. Am verlässlichsten ist sicher der Messpunkt i1 beim Gletschertor. (C. Coleman Bratschen)

64 Blümlisalp

2008: Bei den Punkten B und C ist der Gletscher mit Schutt überdeckt. (U. Fuhrer)

66 Tiefen

2008: Der Gletscher ist im Torbereich eingebrochen. Der Tiefenbach fliesst nur noch nördlich der Felsrippe mit Pkt. 06. Der Messpunkt 95 wurde von einem Hochwasserereignis unterspült und verschoben. Im Steilaufschwung südlich des Kartenpunktes 2765 wird die Fließbreite immer geringer. Der heutige Zungenbereich wird von oben kaum mehr genährt. Der Pkt. 09 ist nicht auf die anderen Punkte eingemessen. (J. Marx)

2009: Im südlichen Zungenbereich ist der Gletscher praktisch unverändert. Sogar die im Vorjahr vom Gletscher abgebrochene Eisscholle ist noch weitgehend vorhanden. Im nördlichen Bereich ist der Rückgang ausgeprägter. (J. Marx)

67 St. Anna

2008: Der an sich schon kleine Firn schrumpft von allen Seiten. Partien, welche in den 80er-Jahren als Folge der Skipistenpräparation nie ausaperten, sind heute durchgehend eisfrei. Dank einer Schuttdecke fällt der Rückgang im westlichen Zungenbereich etwas bescheidener aus. (J. Marx)

2009: Dank grösserer Schneemengen, als Folge andauernder Südstaulagen, ist der Gletscher weniger stark ausgeapert als in den vergangenen Jahren. Der Längen- und Massenverlust hält jedoch weiterhin an. (J. Marx)

68 Chelen

2008: Ab dem Messpunkt 2004 A zielt die Messlinie am Zungenbereich vorbei und trifft bei 207 m fast tangential auf das Eis. Diese Distanz wurde für die Berechnung der mittleren Veränderung nicht berücksichtigt. (J. Marx)

2009: Der Rückgang ist erneut sehr ausgeprägt. Der stark von Schutt bedeckte Zungenbereich "hungert" zunehmend aus. (J. Marx)

69 Rotfirn

2009: Der Massenverlust ist weiterhin augenscheinlich. Der schuttbedeckte Zungenbereich wird von oben kaum mehr genährt und fällt in sich zusammen. (J. Marx)

70 Damma

2008: Der Zugang zum vor 2 Jahren eingerichteten Messpunkt war witterungs- und steinschlagbedingt nicht möglich. Anlässlich der Messungen im Chelenalptal wurden vom Standort "Berg" zwei Panoramaaufnahmen gemacht. (J. Marx)

2009: Anlässlich der Messungen im Chelenalptal wurden vom Standort "Berg" Aufnahmen gemacht. Der Zungenbereich ist für Messungen nicht begehbar. (J. Marx)

71 Wallenbur

2008: Es gibt zwei Gletschertore. Im Bereich des westlichen Gletschertores (ca. 20 m breit und beinahe 10 m hoch) ist ein rund 100 m langer gut begehbarer Tunnel entstanden. Die Entwässerung erfolgt jedoch zum grossen Teil über das östliche, kleinere Tor (ca. 8 m breit). Der Massenverlust (Höhenverlust) zum Vorjahr ist augenfällig, obwohl der gemessene Rückgang bescheiden ist. Der östliche Gletscherbach führt deutlich mehr Wasser, als jener beim westlichen Tor. Der Gletscherbach tritt erst ca. 20 m vor dem Tor in den Tunnel (von Ost). (J. Marx)

2009: Die Voralpreuss tritt nach wie vor an zwei Stellen aus dem Gletscher. Die Eisdicke über den Toren schwindet rasch. Das östliche Tor ist ca. 8 m breit. Dieser Gletscherbach führt mehr Wasser als jener beim westlichen Tor, welches ca. 30 m breit ist (ausser). Es verengt sich schnell auf etwa 18 m und ist ca. 8-10 m hoch. Der Bach tritt von Ost wenige Meter vor dem Tor in ein Tunnel. Die äusseren Gletscherzungenanteile sind stark mit Steinen überdeckt. Einbrüche in diesen Bereichen führen zu einem überdurchschnittlichen Rückgang. (J. Marx)

72 Brunnifirn

2009: Erstmals seit 2003 wurde der Gletscher besucht und eingemessen. Die 2003 neu angelegten Messpunkte wurden alle gefunden. Der Gletscher hat sich nun soweit zurückgezogen, dass neue Messpunkte näher beim Gletscher und mit direkter Sicht gesetzt werden konnten (Punkte 9, 10, 11). Die Längenänderung in 6 Jahren ist nicht sehr gross, hingegen ist der Verlust in der Höhe sehr markant und auf den Photos gut sichtbar. Die Berge zwischen Brunnipass und Fuorcla da Strem Sut "wachsen" von Jahr zu Jahr. (J. Marx)

73 Hüfi

2008: Die Gletscherzunge ist nach wie vor nicht zugänglich, aber noch knapp sichtbar. Mittels elektr. Distanzmessung wurde ein Rückgang von 12.0 m ermittelt. (J. Marx)

2009: Der Gletscher ist ab Punkt 2002 immer noch sichtbar. Eine genaue Messung ist jedoch nicht mehr möglich. Der elektronisch gemessene Wert ist als Schätzung zu betrachten. (J. Marx)

74 Griess

2009: Beim Punkt 2007/3 konnte der Eisrand nicht gefunden werden. Der Zungenbereich wird von keiner Seite mehr genährt. Er ist jedoch unter einer Schuttschicht gut konserviert. (J. Marx)

75 Firnalpeli

2008: Gletscher am 24.8.2008 nicht schneebedeckt. Die GPS-Aufnahmen funktionierten auch dieses Jahr nicht. (U. Walser)

2009: Vermessung am 24.8.2009. Der Gletscher war beinahe blank. Insbesondere beim VP3 zeigt sich aufgrund der warmen Witterung eine markante Veränderung: Ausbildung eines Gletscherbaches inkl. Gletscherhöhle. (U. Walser)

77 Biferten

2008: Die Messung erfolgt am 26.10.2008. Das Gletschertor ist um 0.8 m zurückgeschmolzen und liegt auf 1969 m.ü.M. Beim tiefsten Punkt, der nun auf 1967 m.ü.M. liegt, beträgt der Schwund beträchtliche 2.8 m. Dies, weil sich der Gletscherbach dort in einer Gebirgsmulde hinunterschlingelt und das Eis darüber abschmilzt. Der Massenberechnungspunkt hat sich bereits nahe an den Gletscherrand bewegt und ist heute auf der Höhe von 2019.5 m.ü.M. angelangt. Dies sind ebenfalls wieder 3.2 m, die am Gletscher in der Masse verloren gehen. Schliesslich ist noch das letzte augenfällige Merkmal am Gletscher erwähnt. Nämlich der Abstand zur Fassung 2. Dieser erhöht sich um 0.6 m auf einen Abstand von 167.0 m. Über die gemessene Breite von 478.6 m und der Schwundfläche von 4151.6 m² ergibt sich wiederum die beachtliche Verkleinerung des Gletschers von 8.7 m als Mittel. Einmal mehr muss ich ein starkes Schwinden des Gletschers ausweisen. (H. Klauser)

78 Limmern

2008: Punkte 1 und 2 sind stark schuttbedeckt. (U. Steinegger)

2009: Punkt 1 ist stark schuttbedeckt. Gletscher weitgehend ausgeapert. Firn- und Eisflächen verschwinden in grossem Tempo. Ein neuer Nunatak ragt mitten aus dem Eis oberhalb der Forschungshütte. (U. Steinegger)

79 Sulz

2008: Mittlerer Rückgang von -3.80 m. (J. Walcher)

2009: Mittlerer Rückgang von -7.60 m. (J. Walcher)

80 Glärnisch

2008: Die Messung erfolgte am 27.9.2008. Die Gletscherzunge kann ganz eindeutig und klar ausgemacht werden. Das Wetter war angenehm und der Himmel wolkenlos. Die Station 13 ist mein Standort von dem aus ich den ganzen Gletscher kartieren kann. Einzig der Gletscherbachpunkt ist nicht direkt einsehbar ab Station 13. Die Höhe des Gletscherbaches ist nur um 20 cm gestiegen auf eine Höhe von 2345.6 m.ü.M. Dies kann dem nun recht abgeflachten Vorgelände zugeordnet werden. Dafür ist beim tiefsten Punkt des Gletschers einiges gegangen, dieser hat sich um 5.8 m auf 2339.5 m.ü.M. zurückgezogen. Die Schwundfläche über die ganze gemessene Breite von 455 m beträgt dieses Jahr 1119.3 m². Dies ergibt schliesslich die 2.5 m Schmelze als Mittel. Weitere Beobachtung: die beiden Couloirs zum Bächistock weisen keine durchgehenden Gletscherzungen zu ihrem Gipfel mehr aus. (H. Klauer)

2009: Die Station 13 ist wiederum mein Standort von dem aus ich den ganzen Gletscher kartieren kann. Mit 50 Messungen kann ich mittels meines Juniors wieder die ganze Zunge des Gletschers auf das Genaueste erfassen. Das Resultat war von Beginn weg deutlich bemerkbar. Der Gletscher schwindet im Mittel um 12.57 m auf eine Zungenbreite von 483.3 m. Der Austritt des Gletscherbaches hat sich um 2.4 m nach oben, auf eine Höhe von 2348.0 m.ü.M geschoben. Mit diesem Effekt zieht natürlich auch der tiefste Punkt unausweichlich mit und verschiebt sich um beinahe 5m auf eine Kote von 2344.59 m.ü.M. Während der Messung konnte ein Eisabbruch beobachtet werden. (H. Klauer)

81 Pizol

2008: Die Gletscherkontrolle erfolgte am 26. September. Die Witterungsbedingungen waren gut. Trotz leichter Schneelage bestanden keine Probleme, die Messpunkte zu finden und auch die Ansprache des Gletscherrandes wurde vom Schnee nicht beeinträchtigt. Die Gletscheroberfläche bot sich relativ gleichmässig dar, "ausgeglichen" durch die Schneebedeckung. Die Längenmessungen erfolgten ab der C-Linie, in den Punkten C2 bis C5, alle im Beobachtungszazimut 244 Neugrad. Im Punkt C1 ergab sich wiederum kein vernünftiger Schnitt (der Gletscherrand befindet sich hinter einem Felsvorsprung) und im Punkt C6 scheint der Gletscher definitiv verschwunden zu sein. Im Mittel war die Länge in etwa stabil. (Th. Brandes)

2009: Die Gletscherkontrolle erfolgte am 24. September. Die Witterungsbedingungen waren gut. Die Längenmessungen erfolgten ab der C-Linie, in den Punkten C2 bis C5, alle im Beobachtungszazimut 244 Neugrad. Gegenüber der Messung von 2008 ergaben sich keine Veränderungen bezüglich der Schnittpunkte. Im Punkt C1 ergab sich wiederum kein vernünftiger Schnitt (der Gletscherrand befindet sich hinter einem Felsvorsprung) und im Punkt C6 scheint der Gletscher definitiv verschwunden zu sein. (Th. Brandes)

82 Lavaz

2008: Gletschermessung am 20.8.2008 bei frischer, aber schöner Witterung. Aufgrund des schlechten Untergrundes gerade in Gletscherseenähe musste bereits bei der letzten Messung 2006 festgestellt werden, dass auch in Zukunft mit Verschiebungen von Basispunkten zu rechnen ist. Zur langfristigen Sicherung der Messqualität wurde von den Basispunkten ausgehend ein Fixpunkt auf der gegenüberliegenden, nord-östlichen Seite des Gletschers auf sicherem Grund installiert. Von diesem Fixpunkt aus wurde der gesamte Gletscherrand neu eingemessen. Der Gletscher wird in der Falllinie durch eine Moräne getrennt. Unter dieser Moräne befinden sich nicht sichtbare Gletschermassen. In Linie zu dieser Moräne lag bei der Messung 2006 der Grenzpunkt 2/06. Damals wurde festgestellt, dass die Linienführung zu

einem einzelnen Gletscherfenster wenig aussagekräftig sei. Der sichtbare Gletscherrand sei vom Südosten Richtung Nordwesten zur Moräne und von dieser wieder weiter zu führen. Dies wurde bei der diesjährigen Messung berücksichtigt. Es muss mit Sturzereignissen in den Talflanken gerechnet werden. (R. Lutz)

2009: Keine Messung wegen langanhaltender Schneedecke (August) und frühem Wintereinbruch. (R. Lutz)

83 Punteglias

2008: Das Wetter bei der Messung am 20.10.2008 war schön und wolkenlos bei 15°C. Im Messbereich war kein Schnee vorhanden, der Gletschersee zeigte nur vereinzelt eine ganz dünne Eisschicht. Aus dem Gletscher tritt an verschiedenen Stellen Wasser aus. Der Schmelzprozess hat sich während der Messung deutlich verstärkt. Wo der von Schutt beladene Gletscherkörper zu Tage tritt, herrschte reger Steinschlag durch abrutschende Steine und Feinmaterial. Aus dem westlichsten Gletschertor floss kein Wasser ab. Aus dem mittleren Gletscherkörper trat mässig viel und klares Wasser aus, während sich zwischen der mittleren und der östlichsten Zunge ein regelrechter Bach seinen Weg in den See suchte. In den See treten entsprechend von zwei Seiten Wasserläufe ein. Die Ferrera führt durchschnittlich viel Wasser (etwas mehr als in 2007). Sie entspringt nach wie vor dem Gletschersee. Der See wird durch den Materialeintrag von N und NW zunehmend kleiner. Der See ist damit bereits zu über 40% verlandet und wird wohl in den nächsten 10 Jahren ganz verlandet. Der Gletscher an sich besteht aus 3 Gletscherkörpern, die alle in Richtung SO fliessen. Der Mächtigste befindet sich ganz im Osten und ist von braunem Schutt bedeckt. Westlich angrenzend befindet sich der Zweitmächtigste, der von grauem Schutt bedeckt ist. Ganz im Westen befindet sich noch ein kleinerer, breiter und flacher Gletscherkörper, der ebenfalls von grauem Schutt bedeckt ist. Beobachtung Ost, zwischen braunem und grauen Gletscherkörper: Der im 2006 erstmals beobachtete "Schmelzkrater" von rund 25 m Durchmesser ist kaum mehr erkennbar (offener Eisaufschluss verschwunden, nur noch ein von Schutt bedeckter Eiskörper). Hier entsteht derzeit ein immer deutlicheres Tal, das von der Gletscherzunge her zunehmend eisfrei sein wird. Allerdings ist es aufgrund des vielen Schuttes schwierig zu bestimmen, wo sich derzeit zwischen den beiden Zungen noch Eis befindet. Hier wachsende Pflanzen lassen ebenfalls keinen klaren Rückschluss zu. Beobachtung mittlere Gletscherzunge: Hier hat sich das Bild seit 2007 stark verändert. Bis 2006 war diese Zunge komplett von Schutt bedeckt. Eis war keines sichtbar. Im 2007 wurde eine Eiswand zwischen dem mittleren und dem westlichsten Gletscherkörper beschrieben. Im 2008 hat sich auf einer Länge von gut 100 m eine Eiswand von rund 10 m Höhe "aufgebaut". Sie ist interessanterweise nicht die Spitze der mittleren Zunge, sondern verläuft seitlich. Beobachtung Gletschertor West (westliches Ende): Rund 10 m breit, 2 m hoch und 15 m tief. Es ist gut begehbar und lässt einen Blick auf die klare, von Luftblasen durchzogene Eismasse zu. Kein Wasseraustritt. Beobachtung nördlich Gletschertor West: ähnliches Bild wie 2007. Eisfreie Vertiefung zwischen den zwei Gletscherkörpern. Die eindruckliche Eiswand von 2007 hat sich abgeflacht. Es scheint noch mehr Eis vorhanden zu sein, als im 2007 angenommen. Der Gletscher hat sich seit 2007 um 10.25 m zurückgezogen. Der Gletscherschwund fand vorwiegend am mittleren Gletscherkörper statt (rund 30 m). Gerade dieser Bereich ging seit 2003 kaum zurück (jeweils nur einige Meter pro Jahr). Nun scheint hier "das Eis gebrochen" zu sein. Ansonsten ist der Rückgang gering und im Rahmen der letzten Jahre. (Chr. Buchli)

2009: Keine Messung möglich. Zum Zeitpunkt der Aufnahmetage spielte das Wetter nicht mit. Später lag dort bereits Schnee und die Gletscherränder waren schwierig zu finden. (Chr. Buchli)

84 Lünta

2008: Auf der linken Talseite wurde im Verlauf der vergangenen 10-20 Jahre die Seitenmoräne freigelegt. Dieser Vorgang ist noch nicht abgeschlossen. Die freigelegte Moräne erodiert sehr stark, was in den letzten Jahren zu grossen Geschiebeverfrachtungen geführt hat. Die Probleme aus 2007 (Verlust von Weideland, Verlegung des Wanderweges in den Hang, Überschwemmung / Zerstörung der Zufahrt zur Alp Lampertschalp) bestehen nach wie vor. (B. Riedi)

2009: Die Erosion an der Seitenmoräne scheint sich zu verlangsamen. Die Problematik von 2007 besteht jedoch weiterhin. (B. Riedi)

85 Vorab

2008: Das Wetter war schön und windstill am 1.10.08. Der Gletscher war leicht schneebedeckt und es konnten Gletscherspalten erkannt werden. (J. Brunold)

2009: Es wird ein grosser Wasserabfluss beobachtet. (J. Brunold)

86 Paradies

2008: Der Gletscherrand wurde anhand von GPS Aufnahmen festgestellt. Die Veränderung zwischen 2007 und 2008 wurde graphisch durch 18 Messungen im Abstand von 10 m ermittelt und beträgt +2,1 m. Diese leichte Zunahme ist vor allem durch den Wiederezusammenschluss im östlichen Bereich von Eisblöcken mit der Gletscherzunge zu begründen. Die Mächtigkeit des Gletschers ist hingegen stark zurückgegangen. Das Moränenmaterial im Talboden unterhalb der Felsen wurde durch Starkniederschläge stark erodiert. (C. Fisler)

2009: Der Gletscherrand wurde anhand von GPS Aufnahmen festgestellt. Die Veränderung zwischen 2008 und 2009 wurde graphisch durch 12 Messungen im Abstand von 10 m ermittelt und beträgt +1,9 m. Diese leichte Zunahme ist vor allem durch den Wiederezusammenschluss im östlichen sowie westlichen Bereich von Eisblöcken mit der Gletscherzunge zu begründen. Ebenso ist sie auf die grossen Schneemengen vom letzten Winter zurückzuführen. Da die Gletscherzunge immer flacher wird, ist es kaum möglich, genau zu bestimmen, wo sich Eis und letztjähriger Schnee trennen. Die Mächtigkeit des Gletschers ist weiter leicht zurückgegangen. Wasser tritt überall ein bisschen aus. Das bis letzten Jahr bezeichnete Haupttor ist nicht mehr ersichtlich. Das Nebentor von 2008 führt am meisten gesammeltes Wasser. Dieses wird nun als Haupttor bezeichnet. (C. Fisler)

87 Suretta

2008: Der Referenzpunkt GL10 (748285/153445) konnte mit dem GPS ermittelt werden. Für die Ermittlung des Gletscherrandes wurden von Punkt GL10 aus, anhand eines elektronischen Distanzmessers 12 Punkte gemessen. Der Rückzug zwischen 2007 und 2008 wurde graphisch durch 26 Messungen im Abstand von 10 m ermittelt und beträgt -2.1 m. Anhand eines Fotovergleiches mit Punkt G10 ist dieser bescheidene Rückgang durchaus plausibel. (C. Fisler)

2009: Für die Ermittlung des Gletscherrandes wurde von Punkt GL10 aus, anhand eines elektronischen Distanzmessers 12 Punkte gemessen. Der Rückzug wurde graphisch durch 29 Messungen im Abstand von 10 m ermittelt und beträgt +0,4 m. Anhand eines Fotovergleiches von Punkt G10 kann man sagen, dass dieses Resultat durchaus plausibel ist. Die Messungen aus einer Distanz von mehr als 200 m sind wegen dem Zielen der Punkte an der Gletscherzunge zum Teil ungenau. Nächstes Jahr soll versucht werden, mit Hilfe des GPS direkt Punkte am Gletscherrand aufzunehmen. Die seitlichen Moränen sind sehr erosionsanfällig. Die Gletscherzunge ist sehr steil und grössere Eisblöcke könnten sich lösen. (C. Fisler)

88 Porchabella

2008: Die Messungen wurden stellenweise durch eine dünne, aber geschlossene Neuschneecke beeinträchtigt. Die Genauigkeit dürfte aber genügend sein. Die Höhe der Schneelinie war praktisch den gesamten Sommer über auf ca. 3200 m.ü.M., d.h. der ganze Gletscher war wieder mehrere Monate ausgeapert. Entsprechend musste wieder eine massive Massenabnahme im Bereich der Spaltenfelder auf ca. 3100 m.ü.M. und am Fuss der Keschnadel registriert werden. (Chr. Barandun)

2009: Die mittlere Längenänderung 2008-2009 beträgt: -16,5 m. Die Höhe der Schneelinie lag trotz schneereichem Winter 2008/09 praktisch den Sommer auf ca. 2100 m.ü.N. (Chr. Barandun)

89 Verstankla

2008: Am Tag der Gletschermessung war das Wetter dank Föhn bis gegen 14 Uhr mit ca. 15°C recht schön und mild. Der Winter 2007/08 wies in höher gelegenen Gebieten über lange Strecken überdurchschnittliche Schneemächtigkeiten auf. Der Sommer war dann eher warm und recht nass. Der Gletscher war in den Randgebieten ausgeapert. Die Gletscherzunge ist mit viel Blockschutt und Feinmaterial beladen. Die markierten Basispunkte sind mit Ausnahme von PN nach wie vor gut auffindbar. Die Gletscherrandlinie wurde gleich wie in den letzten Jahren mit dem GPS-Gerät aufgenommen (Knickpunkte / Gletschertore). Um die Werte der neuen Messungen in die alte Messreihe zu integrieren, wurden die Distanzen von den einzelnen Fixpunkten bis zum Gletscherrand mit dem vorgegebenen Azimut (118°) unter Berücksichtigung des Höhenunterschiedes umgerechnet. Seit der letzten Messung hat sich der Gletscher um -9.6 m zurückgezogen. Der Rückzug ist deutlich geringer als im Vorjahr. (M. Maikoff)

2009: Der Winter 2008/09 wies zum Teil grosse Schneemächtigkeiten, mit unterdurchschnittlichen Temperaturen auf. Hingegen verzeichneten wir im Frühjahr überdurchschnittlich hohe Temperaturen. Am Tag der Gletschermessung war das Wetter sehr schön und mit 16°C recht mild. Der Gletscher zeigt viel blankes Eis. Die Gletscherzunge ist mit viel Blockschutt und Feinmaterial beladen. Die markierten Basispunkte sind mit Ausnahme von PN nach wie vor gut auffindbar. Die Gletscherrandlinie wurde wie in den letzten Jahren mit dem GPS-Gerät aufgenommen (Knickpunkte / Gletschertore). Insgesamt sind 15 Randpunkte eingemessen worden. Um die Werte der neuen Messungen in die alte Messreihe zu integrieren, wurden die Distanzen von den einzelnen Fixpunkten bis zum Gletscherrand mit dem vorgegebenen Azimut (118°) unter Berücksichtigung des Höhenunterschiedes umgerechnet. Der Rückzug ist etwa gleich gross wie im Vorjahr. (M. Maikoff)

90 Silvretta

2008: Luftbildaufnahmen am 9.9.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

2009: Luftbildaufnahmen am 9.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ. (VAW/ETHZ – A. Bauder)

91 Sardona

2008: Die Kontrolle fand am 25. September statt. Es lag leichter Schnee sowohl auf dem Gletscher, wie auch im Vorfeld. Der Gletscherrand war in den Linien 1-5 gut erkennbar. Nach wie vor existiert das letztes Jahr erwähnte Bodeneisfeld weiter südlich der Linie 1. Der durchschnittliche Rückgang hat sich gegenüber 2007 wesentlich reduziert, liegt aber immer noch bei 7.6 m. Wir haben darauf verzichtet, den Schnittpunkt der Linie 6 wieder zu bestimmen. Dieser Eisteil ist kaum mehr Bestandteil des Gletschers und da der Schnitt zudem hangparallel ausfällt würde ein Einbezug die Längenveränderung eher zu gering erscheinen lassen. Wie letztes Jahr angetönt, haben wir eine neue Messlinie festgelegt und eingemessen. Die Punkte 1-4 haben wir nach vorne verlegt. Im Bereich der Linie 5 konnte kein geeigneter Punkt für eine Messung gefunden werden, so dass auf dem bestehenden Punkt 5 verblieben wird. Mit den neuen Punkten werden die Distanzen kürzer und die Sicht vom Punkt auf den Gletscherrand ist auf allen Linien möglich. (T. Brandes)

2009: Die Kontrolle erfolgte am 28. August. Nach Sonne am Anfang zog Bewölkung auf. Es lag kein Schnee. Die Messung erfolgte an den gleichen Punkten wie 2008. Das Finden von guten Fixpunkten für die Messlinie gestaltet sich schwierig. Die Punkte 1B und 3B dürften auf anstehendem, festen Fels liegen. 2B und 4B sind grössere Steine, welche als stabil erachtet werden. In der Regel ist ein Gletscherrand in allen Linien deutlich erkennbar. Durch den Rückzug des Gletschers bleiben aber verschiedene Eisflächen im Vorfeld zurück, welches meist von Schutt überdeckt ist. Zudem wirkt der Gletscherrand gelappt, sodass Abweichungen in der Richtung rasch unterschiedliche Masse ergeben. Beim Punkt 2B dürfte die Messung 2008 zu weit gegangen sein: der Gletscherrand wurde über einer Schuttkante bestimmt, welche auch aus Eis und Moränenmaterial gebildet wird. Eis konnte aber schon deutlich weiter unten festgestellt werden. Für die Bestimmung des Schwundes wird auf die alte Randbestimmung zurückgegriffen. Dies, weil sich die Kante gegenüber 2008 markant zurückgebildet hat (der 2008 auf der Kante liegende Block ist abgestürzt). Auch wenn der Rückgang in Meter gegenüber den Vorjahren bescheiden ausfällt (Durchschnitt: 2.1 m), bietet das Bild vor Ort einen in Auflösung befindlichen Gletscher. (T. Brandes)

92 Roseg

2008: Erneuter Holzfund. Viel Toteis auf linker Seite. Die Kaverne linksseitig besteht noch. (G. Bott)

2009: Starker Abschmelzprozess linksseitig. Rechter Zungenrand ist beim neuen Gletschertor aus dem See geschmolzen. Die Grotte von 2008 ist abgeschmolzen. (G. Bott)

93 Tschierva

2008: Es wurden zahlreiche Felsplatten freigelegt. (G. Bott)

2009: Links- und rechtsseitig ist je ein Felskopf vom Eis freigelegt. Diverse Holzfunde inkl. altem Eispickel/Stiel. (G. Bott)

94 Morteratsch

2008: Die linksseitige Zunge ist mit Geröll überdeckt und "dicker". Die Messung erfolgte ab dem Fixpunkt 2004 konventionell und mit GPS. (G. Bott)

2009: Linksseitige Zunge stark mit Geröll überdeckt. Messung ab Fixpunkt 2004. Höhlensystem ist abgeschmolzen. (G. Bott)

95 Calderas

2008: Die alten Gletscherstände ab 1893 wurden mit Alutafeln markiert. Die Gletscherzunge wurde enger und sehr dünn. Neuer Fixpunkt für Messungen ab 2009 mit neuer Messrichtung = (243^g) (G. Bott)

2009: Messpunkt neu ab 2009. Viel Toteis, ohne Kontakt zur Hauptzunge. Enormer Schmelzprozess und Bildung eines sehr grossen Baches. (G. Bott)

96 Tiatscha

2008: Die Gletscherbäche führen wenig Wasser. Es herrschten gute Messbedingungen. (G. Bott)

2009: Die Gletscherzunge ist dünner geworden und es fliesst sehr viel Schmelzwasser. Links ist ein grosses Gletschertor entstanden. Beim Messpunkt C ist eine Eisanase vorgestossen. Bei Messpunkt E liegen Eisbrocken des Eisfalls. (G. Bott)

97 Sesvenna

2008: Konventionelle Messmethode & Zungenlinie mit GPS. (G.C. Feuerstein)

2009: Konventionelle Messmethode & Zungenlinie mit GPS. (G.C. Feuerstein)

98 Lischana

2008: Konventionelle Messmethode & Zungenlinie mit GPS. (G.C. Feuerstein)

2009: Keine Messung möglich (früher Wintereinbruch). (G.C. Feuerstein)

99 Cambrena

2008: Laghetto di fronte ai punti 1-3 (nessun pericolo). (G. Berchier)

2009: Aufgrund Verletzung und früher Schneefälle keine Einmessung möglich. (D. Steiner)

100 Palü

2008: Misurazione con Distomat (G. Berchier)

2009: Aufgrund Verletzung und früher Schneefälle keine Einmessung möglich. (D. Steiner)

101 Paradisino (Camp)

2008: Il lato N del ghiacciaio, esposto al sole, si ritira sempre più, mentre la parte S, ai piedi del Corn da Camp, rimane invariato, perché protetto dalla ghiaia e dell'ombra. (G. Berchier)

2009: Aufgrund Verletzung und früher Schneefälle keine Einmessung möglich. (D. Steiner)

103 Bresciana

2008: Il fronte di questo ghiacciaio si trova attualmente a una quota di 2939 mslm. La parte terminale del ghiacciaio ha un andamento orizzontale ed è molto ripida. La lingua continua ad appiattirsi ed il confronto fatto su alcuni punti tra il profilo del 2003 e del 2008 mostra una diminuzione con una variazione di spessore tra i 9.00 e 11.30 metri. Il ghiacciaio è arretrato in media 7.0 m rispetto al 2007. (C. Valeggia)

2009: Il fronte di questo ghiacciaio si trova ora a una quota di 2938 mslm. La parte terminale del ghiacciaio ha un andamento orizzontale ed è molto ripida. Il confronto con il 2008 mostra una diminuzione di spessore tra i 0.50 ed i 1.15 metri ed un arretramento medio di 2.7 m. (C. Valeggia)

104 Basodino

2008: Il fronte del ghiacciaio continua ad appiattirsi e a diminuire di spessore. Il confronto tra il profilo del 2007 e quello del 2008 mostra, nella zona misurata, una perdita di spessore di 2 metri. L'arretramento medio rispetto al 2007 è stato di 12.40 m. (C. Valeggia)

2009: Il confronto tra il profilo del 2008 e quello del 2009 mostra, nella zona misurata, una perdita di spessore di 0.70 metri. L'arretramento medio rispetto al 2008 è stato di 2.70 m. (C. Valeggia)

105 Rossboden

2008: Bereits bei der Gletscherkontrolle im Jahr 2007 wurde darauf hingewiesen, dass eine Trennung zwischen dem oberen und dem unteren Teil stattfindet. Durch die Schutt und Geröllauflage ist aber eine genaue Abklärung sehr schwer. Auf Grund der heutigen Situation haben wir uns entschlossen, im mittleren Bereich einen Messpunkt einzurichten. Von diesem markanten Stein aus kann man in den nächsten Jahren die Kontrollen sehr gut durchführen. Die stärkste Veränderung ist im unteren Teil des Gletschers, wo der See liegt, festzustellen. Der See ist bedeutend kleiner als im Vorjahr, die Eiswand, die zum See führt, ist viel weniger hoch. Die Eisdicke im unteren Teil hat stark abgenommen. Der Hauptgletscher ist viel stärker mit Geröll zugedeckt. (G. Zurbriggen)

2009: Keine Messungen aber Dokumentation mit Fotos. Im Sommer kam es zu einem grösseren Abbruch. Die Messstelle aus dem Jahr 2008 wurde verschüttet. Zum jetzigen Zeitpunkt ist er nicht mehr sichtbar. Auf eine Messung wird daher verzichtet. Zwischen dem eigentlichen Hauptgletscher oben und dem unteren Teil gibt es keine Verbindung mehr. Auf einer Felskuppe wird ein neuer Messpunkt eingerichtet. Der untere Teil wird beobachtet, allerdings werden keine Messungen vorgenommen. Trotz der Verschüttungen durch den Abbruch kann man im Bereich der Seen wieder einen Rückgang feststellen. Die Eiswand, die zum See führt, ist wieder weniger hoch. (G. Zurbriggen)

109 Alpetli (Kanderfirn)

2009: Kleines Gletschertor (U. Fuhrer)

111 Ammerten

2008: Die Messung konnte zu einem relativ späten Zeitpunkt im Oktober ohne Probleme durchgeführt werden. Durch das perfekte Herbstwetter und den sogar noch zu selben Nacht gefallenen Schnee, hoben sich die Konturen des Gletschers auf eine speziell schöne Art hervor. Allerdings erscheinen mir die unterhalb der letzten Steilstufe befindlichen Geröllansammlungen und Hügel mehr und mehr fragwürdig. Ich gehe davon aus, dass wir in ein paar Jahren hochzu- steigen haben, um zu überprüfen, inwiefern die unterste Gletscherzunge noch mit dem oberen Gletscher zusammenhängend ist. Auf der linken Seite der Felsinsel scheint grundsätzlich kein Nachschub mehr zum unteren Teil dazukommen. Den Messpunkt 4 werde ich definitiv nicht mehr messen, dafür haben wir jetzt Punkt 5, der viel genauer ist. (W. Hodel)

2009: Die Messung am P5 hat dieses Jahr eine längere Messdistanz als zum Vorjahr. Die Messung erfolgte aber in der exakt gleichen Linie - lediglich die Distanz wurde verlängert, da ich einen besseren witterungsgeschützten Geländepunkt gefunden hab. Die Bedingungen für die Feldbegehung waren wie letztes Jahr nahezu optimal. Kurz vor Einwinterung - erster Schnee, aber messpunkte schneefrei. Zum Vorjahr hat sich sehr wenig verändert, was sich deutlich in den Messwerten spiegelt. Nebst dem trockenen Herbst war der Sommer nicht extrem heiss. Das Eis konnte sich unter der Gerölldecke gut halten. Der Nachschub zur Gletscherzunge scheint indes aber auch nicht mehr sehr stark zu sein, da sich auch kein leichtes eindeutiges Wachstum abgezeichnet hat. (W. Hodel)

112 Dungal

2008: Der Gletscher war zur Zeit der Vermessung vollständig mit Neuschnee bedeckt. Die Gletscherzunge hob sich so deutlich vom nur wenig Schnee aufweisenden Gletschervorfeld ab, sodass eine reguläre Vermessung möglich war. (A. Wipf)

2009: Am Gletscher herrschten ideale Bedinungen für die Vermessung. Die Gletscherzunge konnte auf der ganzen Länge vermessen werden. Der Gletscher ist wieder leicht zurückgeschmolzen. (A. Wipf)

113 Gelten

2008: Obwohl um die Gletscherzunge noch etwas Neuschnee lag, konnte diese zuverlässig gemessen werden. Der Schwund hat sich wie in den vorangegangenen Jahren insbesondere auf der NW-Seite der Gletscherzunge abgespielt (asymmetrische Gletscherzunge). Der orographisch rechte Teil der Gletscherzunge ist durch seine Schuttbedeckung etwas vor dem Abschmelzen geschützt. Bei diesem Bereich dürfte es sich um Toteis handeln, da hier die Zunge seit dem Jahr 2005 die Verbindung zum oberen Teil verloren hat. (A. Wipf)

2009: Die Verhältnisse waren für eine Vermessung ideal: leicht schneebedeckte Zunge und schneefreies Umfeld. Der Gletscher ist weiter abgeschmolzen, insbesondere auf der südost-exponierten Seite schreitet der Schwund rasant voran. Auf den Vergleichsfotos ist auch festzustellen, dass die Eisdicke im Bereich des Plateaus (ca. 2680 m) abgenommen hat. (A. Wipf)

114 Plattalva

2009: Punkt 5: Rand spitzwinklig zu Messrichtung. Gletscher vollständig ausgeapert. (U. Stei- negger)

115 Scaletta

2008: Bei Punkt D Lawinenschnee, vermutlich von Anfang April 2008 (B. Teufen)

2009: Massiver Gletscherschwund seit 2005. Gletscher hat sich mehr oder weniger in 4 Teile geteilt. Diese sind alle sehr klein und ein eigentliches Abfließen nach unten findet kaum mehr statt, da sie von oben zu wenig genährt werden. Beim unteren Gletscherteil, der heute von uns gemessen wurde, handelt es sich um Toteis. Ein Messpunkt wurde von einem Felssturz vollständig zertrümmert. Das Gebiet ist bei warmen Wetter sehr aktiv. (B. Teufen)

117 Valleggia

2008: Ha una lingua che termina in un avvallamento delimitato da uno sperone roccioso e dal versante disgregato della quota 2626 mslm. Il suo fronte non è più così ripido come gli anni precedenti, lo spessore di ghiaccio scioltosi dal 2008 varia tra i 2.55 ed i 3.90 metri. L'arretramento medio rispetto al 2007 è di 9.14 m. (C. Valeggia)

2009: Il suo fronte continua ad appiattirsi e la diminuzione di spessore dal 2008 al 2009 è notevole (1.50 e 2.20m). L'arretramento medio rispetto al 2008 è stato di 0.80 m. (C. Valeggia)

118 Val Torta

2008: Il ghiacciaio si è appiattito notevolmente senza avere una coltre di ghiaccio molto consistente ed è in gran parte ricoperto da detriti di roccia. Il ghiacciaio è in fase di estinzione (ghiaccio morto) non ha più alimentazione e, probabilmente, scomparirà nei prossimi anni! La spessore di ghiaccio scioltosi nel 2008 è di 1.50 metri. L'arretramento medio rispetto al 2007 è stato di 12.00 m. (C. Valeggia)

2009: Il ghiacciaio è in fase di estinzione (ghiaccio morto) e non ha più una zona di alimentazione. La parte terminale del ghiacciaio è ricoperta da neve con uno spessore che varia tra 0.30 a 4.50 m. Dal 2008 non ci sono state variazioni di lunghezza. (C. Valeggia)

119 Cavagnoli

2008: La parte terminale del ghiacciaio continua a ritirarsi, ad appiattirsi e a perdere spessore (da 4.30 a 8.60 m dal 2007 al 2008). Il ritiro è favorita dal fatto che il ghiacciaio termina in un laghetto formatosi una decina di anni fa nel terreno pianeggiante. Ad alcune decine di metri dal fronte, parallelo al medesimo, nel 2007 il grosso crepaccio si è distaccato e la massa di ghiaccio è ceduta. Il ghiacciaio non dispone più di una zona di accumulo e la tendenza in atto da parecchi anni, di dividersi in campi isolati di ghiaccio morto, continua. Lo spessore di ghiaccio scioltosi dal 2008 è di 3.00 metri. L'arretramento medio rispetto al 2007 è stato di 20.64 m . (C. Valeggia)

2009: La parte terminale del ghiacciaio continua a ritirarsi, ad appiattirsi e a perdere spessore. Il ritiro è favorite dal fatto che il ghiacciaio termina in una zona pianeggiante con un laghetto formatosi una decina di anni fa e rilevato anche nell'ultima edizione della CN1:25000. Il ghiacciaio non dispone più di una zona di accumulo e la tendenza in atto da parecchi anni, di dividersi in campi isolati di ghiaccio morto, continua. Lo spessore di ghiaccio scioltosi nel 2009 varia da 1.00 a 1.40 metri. L'arretramento medio rispetto al 2008 è stato di 4.50 m. (C. Valeggia)

120 Corno

2008: Il ghiacciaio si ritira sempre di più sopra una fascia di rocce ripide e si è praticamente diviso in due parti : Una con zona di accumulazione ed ablazione che dal 2007 al 2008 ha perso 2.00 metri di spessore, l'altra con ghiaccio morto. L'arretramento medio rispetto al 2007 è stato di 4.00 m. (C. Valeggia)

2009: La parte di ghiacciaio rimasta attiva con zona di accumulo ed una di ablazione non ha perso di spessore nel periodo 2008-2009 ma è arretrata. L'arretramento medio rispetto al 2008 è stato di 1.30 m. (C. Valeggia)

173 Seewjinen

2008: Luftbildaufnahmen am 29.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – H. Bösch)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – H. Bösch)

174 Hohlaub

2008: Luftbildaufnahmen am 29.8.2008, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – H. Bösch)

2009: Luftbildaufnahmen am 7.9.2009, photogrammetrische Auswertung durch VAW/ETHZ im Auftrag der Kraftwerke Mattmark AG. (VAW/ETHZ – H. Bösch)

352 Croslina

2008: La lingua del ghiacciaio è ormai molto in alto sopra il laghetto formatosi all'inizio degli anni novanta, che ha assunto la sua forma definitiva. La lingua continua ad appiattirsi ed il confronto fatto su alcuni punti tra il profilo del 2007 e del 2008 mostra una diminuzione di spessore di 2.00 metri. L'arretramento medio rispetto al 2007 è stato di 2.40 m. (C. Valeggia)

2009: Il rilievo del profilo non ha mostrato variazioni di spessore mentre la lunghezza si è ridotta in media di 0.50 m. (C. Valeggia)

353 Vadrecc di Camadra

2008: Questo ghiacciaio si trova nel comune di Ghirone ad una quota di 2921 mslm, tra la Cima di Camadra ed il Piz Medel. Il ghiacciaio è stato misurato la prima volta il 29.8.2005. Nel 2008 il ghiacciaio non è stato misurato. (C. Valeggia)

2009: Nel 2009 il ghiacciaio non è stato misurato. (C. Valeggia)

C Investigators

C.1 Length Variation (2009)

Glacier	No.	Investigator
Albigna	116	currently not observed
Allalin	11	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Alpetli (Kanderfirn)	109	KAWA/BE, Ueli Fuhrer
Ammerten	111	Walter Hodel
Arolla (Mont Collon)	27	DWL/VS, Frédéric Pralong
Basòdino	104	SF/TI, Claudio Valeggia
Bella Tola	21	currently not observed
Biferten	77	Hanspeter Klausner
Blüemlisalp	64	KAWA/BE, Ueli Fuhrer
Boveyre	41	DWL/VS, James Medico
Breney	36	Jean-Jacques Chabloz
Bresciana	103	SF/TI, Claudio Valeggia
Brunegg (Turtmann)	20	currently not observed
Brunni	72	AFJ/UR, Jann Marx
Calderas	95	AfW/GR, Giachem Bott
Cambrena	99	AfW/GR, Gilbert Berchier
Cavagnoli	119	SF/TI, Claudio Valeggia
Cheillon	29	DWL/VS, Olivier Bourdin
Corbassière	38	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Corno	120	SF/TI, Claudio Valeggia
Croslina	352	SF/TI, Claudio Valeggia
Damma	70	AFJ/UR, Jann Marx
Dungel	112	Andreas Wipf
Eiger	59	KAWA/BE, Rudolf Zumstein
En Darrey	30	DWL/VS, Olivier Bourdin
Fee (Nord)	13	DWL/VS, Urs Andenmatten
Ferpècle	25	DWL/VS, Frédéric Pralong
Fiescher	4	DWL/VS, Peter Aschilier
Findelen	16	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Firnalpeli (Ost)	75	AWR/OW, Urs Walser
Forno	102	AfW/GR, Heiko Lohre
Gamchi	61	KAWA/BE, Roland Descloux
Gauli	52	Rudolf Straub
Gelten	113	Andreas Wipf

Glacier	No.	Investigator
Giétro	37	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Glärnisch	80	Hanspeter Klauser
Gorner	14	Stefan Walther
Grand Désert	31	DWL/VS, François Vouillamoz
Grand Plan Névé	45	FFN/VD, J.-Ph. Marlétaz
Gries	3	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Griess	74	AFJ/UR, Beat Annen
Griessen	76	AWR/OW, Urs Walser
Grosser Aletsch	5	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Hohlaub	174	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Hüfi	73	AFJ/UR, T. Arnold
Kaltwasser	7	DWL/VS, Martin Schmidhalter
Kehlen	68	AFJ/UR, Martin Planzer
Kessjen	12	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Lang	18	DWL/VS, Hans Henzen
Lavaz	82	AfW/GR, Renaldo Lutz
Lenta	84	AfW/GR, Bernard Riedi
Limmern	78	Urs Steinegger
Lischana	98	AfW/GR, G. C. Feuerstein
Lämmern	63	KAWA/BE, Christian von Grünigen
Mittelaletsch	106	currently not observed
Moiry	24	Marcel Barmaz
Moming	23	DWL/VS, Pascal Stoeberer
Mont Durand	35	Jean-Jacques Chabloz
Mont Fort (Tortin)	32	DWL/VS, François Vouillamoz
Mont Miné	26	DWL/VS, Frédéric Pralong
Morteratsch	94	AfW/GR, Giachem Bott
Mutt	2	Ueli Wittorf
Oberaar	50	Flotron AG
Oberaletsch	6	DWL/VS, Christian Theler
Oberer Grindelwald	57	Hans Boss
Otemma	34	Jean-Jacques Chabloz
Palü	100	AfW/GR, Gilbert Berchier
Paneyrosse	44	FFN/VD, J.-Ph. Marlétaz
Paradies	86	AfW/GR, Cristina Fislser
Paradisino (Campo)	101	AfW/GR, Gilbert Berchier
Pizol	81	KFA/SG, Thomas Brandes
Plattalva	114	Urs Steinegger
Porchabella	88	AfW/GR, Christian Barandun
Prapio	48	FFN/VD, Jacques Binggeli
Punteglias	83	AfW/GR, Maurus Frei
Rhone	1	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Ried	17	DWL/VS, Peter Rovina
Roseg	92	AfW/GR, Giachem Bott
Rossboden	105	DWL/VS, Gregor Zurbriggen
Rotfirn (Nord)	69	AFJ/UR, Martin Planzer

Glacier	No.	Investigator
Rätzli	65	currently not observed
Saleina	42	DWL/VS, James Medico
Sankt Anna	67	AFJ/UR, Jann Marx
Sardona	91	KFA/SG, Thomas Brandes
Scaletta	115	Bernardo Teufen
Schwarz	62	KAWA/BE, Evelyn Coleman Brantschen
Schwarzberg	10	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Seewjinen	173	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Sesvenna	97	AfW/GR, G. C. Feuerstein
Sex Rouge	47	FFN/VD, Jacques Binggeli
Silvretta	90	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Stein	53	Rudolf Straub
Steinlimmi	54	Rudolf Straub
Sulz	79	AW/GL, Jürg Walcher
Surette	87	AfW/GR, Cristina Fisler
Tiatscha	96	AfW/GR, Giachem Bott
Tiefen	66	AFJ/UR, Jann Marx
Trient	43	Jacques Ehinger
Trift (Gadmen)	55	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Tsanfleuron	33	DWL/VS, J.-D. Brodard
Tschierva	93	AfW/GR, Giachem Bott
Tschingel	60	KAWA/BE, Rudolf Zumstein
Tseudet	40	DWL/VS, James Medico
Tsidjiore Nouve	28	DWL/VS, Frédéric Pralong
Turtmann	19	currently not observed
Unteraar	51	Flotron AG
Unterer Grindelwald	58	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Val Torta	118	SF/TI, Claudio Valeggia
Valleggia	117	SF/TI, Claudio Valeggia
Valsorey	39	DWL/VS, James Medico
Verstankla	89	AfW/GR, Michel Maikoff
Vorab	85	AfW/GR, Jürg Brunold
Wallenbur	71	AFJ/UR, Pius Kläger
Zinal	22	Marcel Barmaz
Zmutt	15	currently not observed

AFJ/UR	Amt für Forst und Jagd, Uri
AfW/GR	Amt für Wald, Graubünden
AW/GL	Abteilung Wald, Glarus
AWR/OW	Amt für Wald und Raumentwicklung, Obwalden
DWL/VS	Dienststelle für Wald und Landschaft/Service des forêts et du paysage, Wallis/Valais
FFN/VD	Service des forêts, de la faune et de la nature, Vaud
KAWA/BE	Amt für Wald, Bern
KFA/SG	Waldregion 3 Sargans, St. Gallen
SF/TI	Sezione forestale, Ticino
VAW/ETHZ	Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich

C.2 Mass Balance and Velocity

Glacier	No.	Investigator
Allalin	11	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Basòdino	104	Giovanni Kappenberger
Clariden	141	Giovanni Kappenberger
Corbassière	38	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Findelen	16	GIUZ, Horst Machguth
Giétro	37	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Gries	3	VAW/ETHZ, Martin Funk
Hohlaub	174	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Oberaar	50	Flotron AG
Pizol	81	VAW/ETHZ / UFR, Matthias Huss
Schwarzberg	10	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Silvretta	90	VAW/ETHZ, Andreas Bauder
Unteraar	51	Flotron AG

C.3 Englacial Temperature

Site (Glacier)	No.	Investigator
Colle Gnifetti (Gorner)	14	UFR, Martin Hoelzle

VAW/ETHZ Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie,
ETH Zürich

GIUZ Geographisches Institut, Universität Zürich

UFR Département de Géosciences, Université de Fribourg