

# **The Swiss Glaciers**

**1999/2000 and 2000/2001**

Glaciological Report No. 121/122

Glaciological Commission (GC) of the Swiss Academy of Sciences (SAS) and Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology at the Federal Institute of Technology (VAW/ETHZ)

Edited by

Evelyne Ruth Herren<sup>1</sup>

Andreas Bauder<sup>2</sup>

Martin Hoelzle<sup>3</sup>

Max Maisch<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bremgarten (AG)

<sup>2</sup>Glaciology Section

Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology  
Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich

<sup>3</sup>Physical Geography

Glaciology and Geomorphodynamics Group  
Department of Geography  
University of Zurich

2002

Publication of the Glaciological Commission (GC) of the Swiss Academy of Sciences (SAS)

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

Gloriastrasse 37/39, ETH centre, CH-8092 Zurich, Switzerland

© Glaciological Commission SAS 2002

ISSN 1424-2222

Printed by

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

*Cover Page: The photo of the Triftgletscher on august 13<sup>th</sup> 2002 shows the lake which formed at the calving front, and the enormous wastage of the tongue which is splitting into pieces.  
(Photo: Andreas Wipf)*

## Preface

The last two years of results from a data series spanning well over 100 years of continuous observation of glaciers are published in this issue no. 121/122 of the Glaciological Report of the Swiss Academy of Sciences. The IPCC Report, which recently appeared in print, confirms the distinct trend toward global warming of the atmosphere [IPCC 2001; Haeberli et al. 2002].

The effects of warming are clearly evident even on the regional level, where the glaciers in the Swiss Alps continue to retreat unabatedly. The extreme retreat of certain mountain glaciers in the past few years merits particular attention. Several of these glaciers are losing their entire tongue at present, for example, the Trift (Photos 5.7 - 5.9), Trient, Palü or even the Paradies glacier. This means that there are often major leaps in the length change data from one year to the next. This general, long-term trend cannot be offset by short-term deviations from the normal variability of the climate which occur in certain years. It is not surprising, therefore, that glaciers are considered one of the best indicators of changes in the climatic system. Hence, the exact observation of glaciers and their behaviour constitutes an important basis for identifying and verifying climatic changes. Data collected annually at Swiss glaciers, in some cases for well over one hundred years, serve this aim. The measurement series thus acquired are among the longest and most comprehensive worldwide, and are of unique importance to the detailed documentation and description of the development of the sensitive "high alpine regions" ecosystem.

The Glaciological Commission strives to ensure, by means of regular inspections and constant improvements to the measurement network, that it fulfills the international standard of glacier observations worldwide. These evaluations are intended to safeguard in the longer term the most important data sets and to maintain the quality of the measurement series at the highest possible level.

The present volume is based on two short annual reports which appeared in "The Alps", a magazine published by the Swiss Alpine Club [Bauder et al. 2001; Bauder and Hoelzle 2002].

## 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
E.A. Forel et L. Du Pasquier	1 - 17	1880 - 1896
E.A. Forel, M. Lugeon et E. Muret	18 - 27	1897 - 1906
E.A. Forel, E. Muret, P.L. Mercanton et E. Argand	28	1907
E.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

Authors 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

# Contents

<b>Preface</b> .....	<b>III</b>
<b>Published Reports</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 Weather and Climate</b> .....	<b>1</b>
1.1 Weather and Climate in 1999/2000 .....	1
1.2 Weather and Climate in 2000/2001 .....	2
1.3 Climate in 1999/2000 and in 2000/2001, Summary Deviation from the mean value 1901-1960 .....	6
<b>2 Length Variations</b> .....	<b>7</b>
2.1 Introduction .....	7
2.2 Length Variations in 1999/2000 .....	7
2.3 Length Variations in 2000/2001 .....	8
2.4 Length Variations in 1999/2000 and in 2000/2001, Summary .....	9
2.5 Length Variations - Statistics for 1880-1997 .....	16
2.6 Glacier observation network .....	20
<b>3 Mass Balance</b> .....	<b>21</b>
3.1 Introduction, cumulative specific net balances .....	21
3.2 Mass Balance in 1999/2000 .....	22
3.3 Mass Balance in 2000/2001 .....	23
3.4 Summary Tables .....	24
3.5 Griesgletscher (Aegina) .....	26
3.6 Silvrettagletscher .....	28
3.7 Ghiacciaio del Basòdino (Ticino) .....	30
3.8 Point measurements on Claridenfirn .....	33
<b>4 Velocity of Some Specific Glaciers</b> .....	<b>35</b>
4.1 Introduction.....	35
4.2 Glacier de Giétro .....	35
4.3 Glacier de Corbassière.....	37

<b>5</b>	<b>Selected Glaciological Research Project</b> .....	<b>39</b>
5.1	On Calving Glaciers.....	39
	<b>References</b> .....	<b>49</b>
	<b>Acknowledgement</b> .....	<b>52</b>
	<b>Appendix</b> .....	<b>53</b>
I.	Remarks on individual glaciers (in German, French or Italian) .....	53
II.	Investigators of the individual glaciers .....	72

# 1 Weather and Climate

## 1.1 Weather and Climate in 1999/2000

Both the weather and the climate data are taken from reports by the “MeteoSwiss” [MS, 1999-2000a,b].

### **Weather and Climate Conditions in the 1999/2000 Hydrological Year**

The final year in the century drawing to a close was also one of the warmest worldwide, and characterized again by the same extreme climatic conditions as the previous one, with regard to heat, cold, rainfall and drought. The global mean for the near-surface air temperature was 0.3°C above the climatological average mean value for the period of 1960 to 1990 [WMO, 2000].

The period under review was again marked by above-average warm temperatures in Switzerland, and – due to a number of extreme events – relatively high precipitation in the east and on the south side of the Alps. A warm October was followed by the sudden onset of winter in November with abundant snow in the lowlands and low temperatures in the second half of the month. As early as December there was a widespread thaw. The months from February to June were definitely too warm; May and June stand out in particular, with temperatures over 3°C above average. July was the first month to be uncharacteristically cold everywhere in Switzerland, while the temperatures in August were once again above average.

The first six months of the year 2000 were very memorable, for the severe damage cause by storm Lothar just after Christmas 1999, and the extremely mild temperatures that followed. In spite of a long period of adverse weather, the summer was warm and dry. In contrast to the sun-poor year of 1998/99, the year under review, 1999/2000, was sunny (Figure 1.1b).

### **Key Climatic Features from the “Monthly Weather Reports of MeteoSwiss” [MS, 1999-2000a]**

#### **1999**

October	Mild temperatures with foehn in the north, banked clouds in the south
November	Strong onset of winter after mid-month, very little sun in the midlands
December	Storms and precipitation in the north, very little sun in the mountains
Year overall	Wet, yet warm; avalanches, flooding, hail, storm activity

#### **2000**

January	Sunnier than usual and low precipitation; no precipitation in the south
February	Clearly too mild: dry in the south, wet on the north side of the Alps
March	Sunny in the west and south, wet and dull in the east. Rain at last in southern Ticino
April	Wet and dull in the south, mild and frequent foehn wind in the north
May	Extremely warm first half of May, unusual warm spell in spring
June	Very warm, too little rain and unusually sunny outside of the Alps

## THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

July	Cool, rainy and little sun
August	After an inclement beginning, warm midsummer temperatures with plenty of sunshine
September	Somewhat too warm, sunny in the west and north-west; isolated heavy rainfalls
Year overall	Unusually warm; extreme autumn rain events in the south and in Valais

### **Temperature**

The sustained trend to higher average yearly temperatures continued during the period under review. The months of October, December, February, April, May and June were clearly too warm, though less distinctively so at higher elevations. Only the months of November and July were colder than the long-term average. The radiation-intensive summer months are of crucial importance for snowmelt (May and June) and the disappearance of the snow cover ("melting-out") (July to September). During this period the values were between 1.0° and 2.5°C above average (Figure 1.1b).

### **Precipitation**

The year 1998/99, with its above-average abundant and strong rains, was followed by a period in 1999/2000 within the normal range. Nevertheless, eastern regions and the south side of the Alps were much wetter than the rest of Switzerland. While in all regions of Switzerland only the month of July was wetter than average, October and November 1999, as well as January, May, June and August 2000, were too dry. The deviations were for the most part between - 10 and + 30 %, with maximum amounts up to 40 %. Upper Valais, northern Ticino, and the southern valleys of the Grisons recorded the wettest autumn of the century (Figure 1.1a).

### **Sunshine duration**

In the wake of the sun-poor year under review of 1998/99, the duration of sunshine in 1999/2000 was once again above average. The excess of sunshine was less distinctive in the Alps than in the surrounding northern regions. The months of January, June, August and September in particular had above-average sunshine duration, while December 1999 was the only month that really had little sunshine in the entire Swiss Alps (Figure 1.1b).

## **1.2 Weather and Climate in 2000/2001**

Both the weather and the climate data are taken from reports by the "MeteoSwiss" [MS, 2000-2001a,b].

### **Weather and Climate Conditions in the 2000/2001 Hydrological Year**

Throughout the world, the past yearly period was one of the warmest since 1860, when instrumental measurements were introduced. For the 23rd consecutive time, the global mean of temperatures near the earth's surface surpassed the long-term mean value for 1960 to 1990, this time by a full 0.4°C. Nine out of the ten warmest years were recorded since 1990. And once again, the number



of climatic extreme events such as tornadoes, floods, and droughts was above average [WMO, 2001].

In Switzerland, too, the 2000/01 year under review was above-average warm, as well as abundant in precipitation. A wet, rather cool October and November was followed by an unusually mild December which, except for Ticino and Grisons, was extremely dry. The mild temperatures continued until April, when winter returned, to be followed then by a spring marked by heavy precipitation and little sunshine. The summer was changeable and above-average warm until the extremely early onset of winter at the beginning of September. The middle of October witnessed disastrous storm activity in Valais, while in many places the warmest May since measurements began in 1860, and the coolest September since 1972, especially in mountain regions, were recorded.

#### **Key Climatic Features from the “Monthly Weather Reports of MeteoSwiss” [MS, 2000-2001a]**

##### **2000**

October	Storm disasters in Valais, highest water levels in Lago Maggiore since 1868
November	Unsettled in the north, mild with foehn winds, extremely wet in the south
December	On the north side of the Alps and in Valais: extremely mild and very little precipitation
Year overall	Unusually warm, extreme autumn rain in the south and in Valais

##### **1999**

January	Mild with foehn winds. Lack of snow on the north-alpine slopes, little sun in the south
February	Very mild in the first half of the month; not much fog in the lowlands
March	Rainy and mild; record amounts of precipitation north of the Alps
April	Changeable in the south, cold and wet in the north; return of delayed winter
May	Sunny, dry and extremely warm
June	First wet and cool, then sunny and warm in the last third of the month
July	Cool and rainy at mid-month, midsummer conditions in the last third of the month
August	Very warm, abundant sunshine on the north side of the Alps, generally too dry
September	Very cool; unusually dull on the north side of the Alps
Year overall	Warm and quite sunny in the lowlands, wet on the north side of the Alps

##### **Temperature**

Once again in 2000/01, most months had above-average high temperatures. December, January, February, March, May and August were clearly too warm, yet somewhat less distinctively so at higher elevations. In contrast to this are only two months, April and September, that were clearly colder than the long-term average. The trend in past years toward higher average annual temperatures continued. And during the summer months significant for radiation intensity: May and June for snowmelt and July to September for melting-out, the values were again between 1.0° and 2.5°C above average (Figure 1.2b).

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

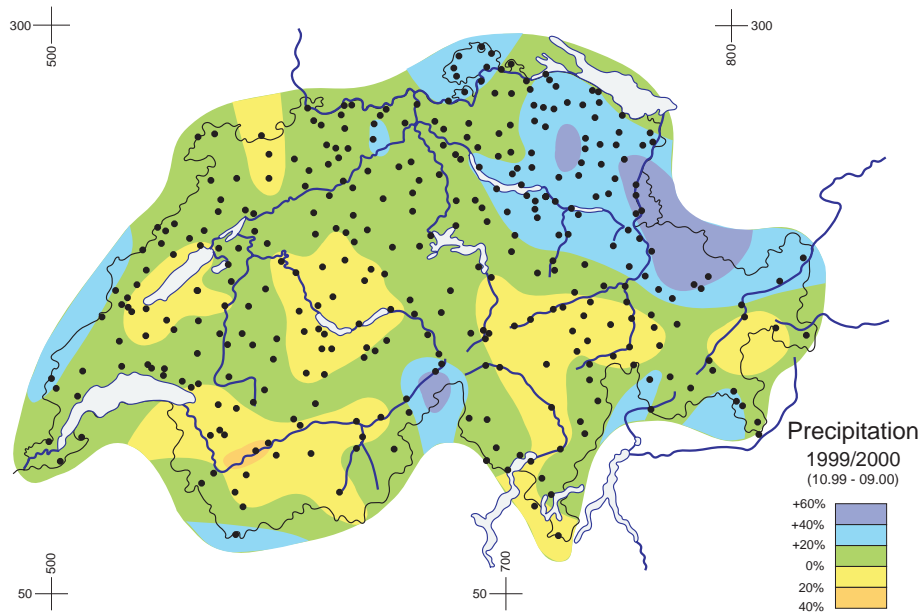


Figure 1.1a: Annual precipitation 1999/2000 – Deviation from the mean value 1901-1960. Deviation in percentage.

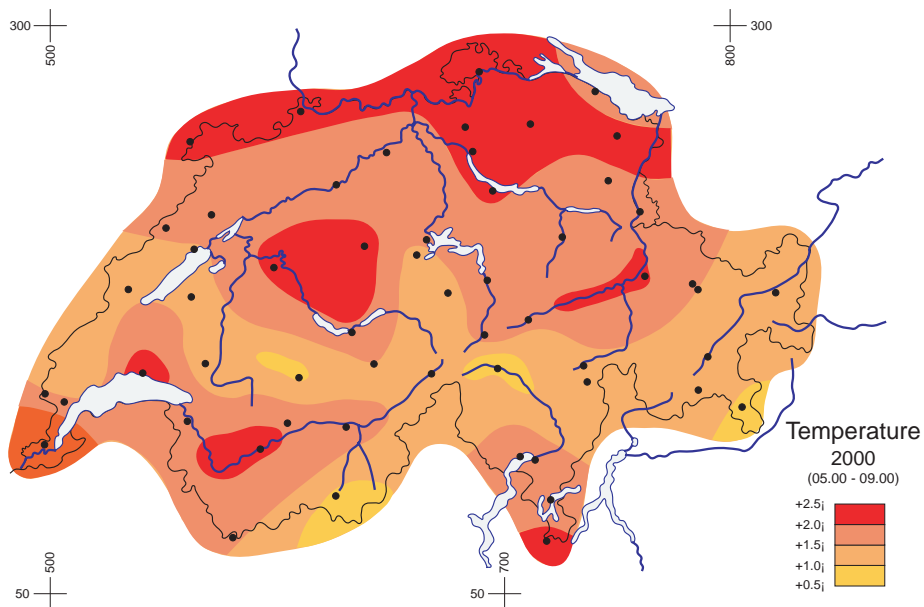


Figure 1.1b: Mean summer air temperatures 2000 – Deviation from the mean value 1901-1960. Deviation in degree Celcius.

1. WEATHER AND CLIMATE

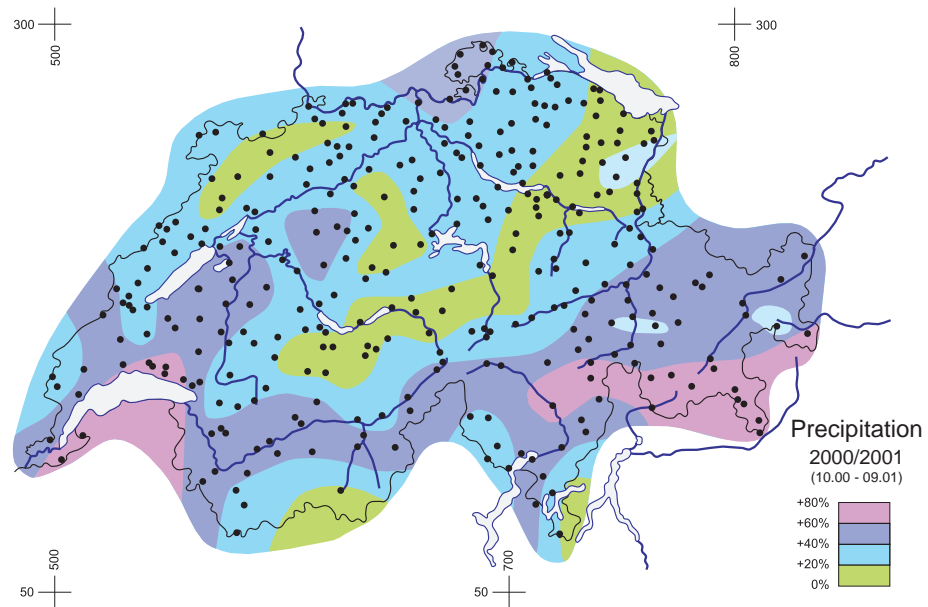


Figure 1.2a: Annual precipitation 2000/2001 – Deviation from the mean value 1901-1960. Deviation in percentage.

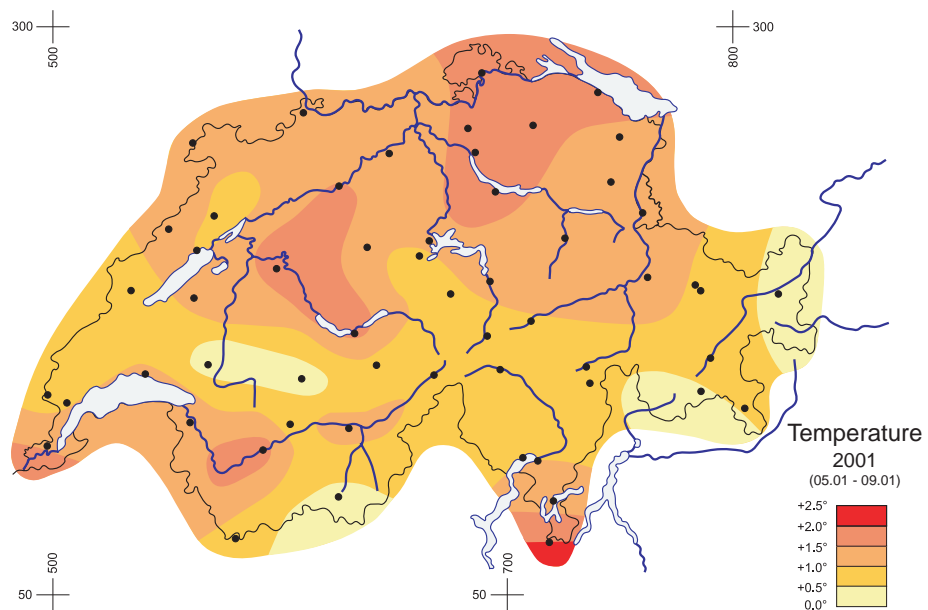


Figure 1.2b: Mean summer air temperatures 2001 – Deviation from the mean value 1901-1960. Deviation in degree Celcius.

### **Precipitation**

The 1999/2000 period, which had normal levels of precipitation, was followed by 2000/01 with above-average amounts. Autumn 2000 was very wet, especially in the south, while in the remaining period abundant precipitation was recorded on the north side of the Alps. Everywhere in Switzerland the months of October, November, January and March were too wet, while only May and August were too dry in all areas. Deviations extend over a relatively broad span of + 10 to + 70 %, with maximum amounts clearly over + 100 %. A number of prolonged advection situations from the south-westerly direction led to large amounts of snow on the south side of the Alps, in particular in the mountains of western Ticino and in Engadine (Figure 1.2a).

### **Sunshine duration**

After the period of abundant sunshine in 1999/2000, sunshine duration for the 2000/01 period under review was well below average. Aside from the mountain regions of northern Grisons, standard values were obtained at higher elevations. May, June and August were above-average sunny, whereas October, November, December 2000 and March, April and September 2001 were sun-poor in the entire Swiss Alps. In spite of the lack of sunshine, however, above-average temperatures were recorded (Figure 1.2b).

## **1.3 Climate in 1999/2000 and in 2000/2001, Summary Deviation from the mean value 1901-1960**



The regional differences in the important climatic elements for the mass balance of the glaciers are illustrated in the Figures 1.1 and 1.2 (preceding pages) on the basis of the annual precipitation and the summer air temperatures [MS, 1999-2001b].

*Photo 1.1:*

*View of Allalingsletscher after the break-off of a large section of the tongue (approximately 1 million m<sup>3</sup>) on July 31<sup>st</sup> 2000. The remaining tongue is visible at the top. In the foreground at the bottom of the slope is the huge pile of accumulated ice blocs.*

*(Photo: Archives VAW)*

## 2 Length Variations

### 2.1 Introduction

Of the 121 glaciers registered in the observation network, 108 are currently being actively observed (Figures 2.1a+b, 2.3a+b and Table 2.1). The other glaciers (compare Table 2.1, footnote g) 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 (compare Table 2.1, footnote h) were observed only at irregular intervals, and produced individual measurement values that were very imprecise, which certainly does not justify preserving these figures in the charts and analyses.

### 2.2 Length Variations in 1999/2000

In the case of 88 of the 95 glaciers visited, changes in glacier position could be determined during the period under review. While just 5 of the termini advanced, and 4 remained stationary ( $\pm 1$  m), 79 glaciers, the vast majority, retreated (Figures 2.3a). The greatest advance was recorded by the Turtmannletscher with + 4.8 m, and the greatest retreat by the Allalingsletscher at - 218 m.

There is a special reason for the massive retreat of the Allalingsletscher. In July 2000, almost the entire tongue, with over 1 million m<sup>3</sup> of ice, fell down over the protruding steep rock face into the valley. A similar event (but with approx. three times the volume) and claiming 88 lives at the time, occurred in 1965 during the construction of the Mattmark dam. Thanks to the comprehensive observation programme that has been in place since, it was possible to ascertain as early as the mid-1990s that the Allalingsletscher had again reached a similar starting point, which meant that another such ice slide event was to be expected. The protective measures and blockades set up proved to be adequate and a re-occurrence of this disastrous event was prevented [Funk-Salami, 2001].

In addition to Allalingsletscher, the Glacier de Trient showed extraordinary retreat, at - 180 m. A continuous period of advance by the Trient from the early sixties to the late eighties was followed in the nineties by a massive recession, with a very high final measurement (Table 2.1). The rest of the large length variations determined in the period under review lie in the range of approx. - 50 m. The mostly negative measurement values from the smaller glaciers, which naturally react quickly to climatic changes, indicate that the one-time, abundant amounts of snow in the winter of 1998/99 can hardly be said to have had a positive effect. The results are very inconsistent. There is no reason to assume that a trend can be identified, as a possible signal cannot be recognized due to coarse resolution of the measurements.

There is, at present, a rapid decay of the glacier tongue at Triftletscher (Photos 5.7 - 5.9) in the Susten-/Grimsel region (Gadmer valley). The tongue flows through a narrow passage from the accu-

mulation zone over a steep drop and extends far down (to about 1660 m a.s.l.). This is one of the lowest-reaching tongues in the Swiss Alps, which, until a few years ago, ended at a rock barrier. This flatly-spread tongue region has melted back strongly in recent years, lost a great amount of mass, no longer extended as far as the rock band, and a natural lake formed at its edge. For this reason, it must be expected that the tongue will continue to retreat rapidly. Due to the difficult access to the terminus area and the negligible variations along the edge of the retaining rock barrier, there are, unfortunately, only scant measurements available of the length variations.

### **2.3 Length Variations in 2000/2001**

Once again in 2000/01, the year under review, the majority of Swiss glaciers were in retreat. In spite of the early onset of winter, and the long period of adverse weather in September, 99 of the 108 glaciers under active observation were able to be visited and the length variation of 91 of them determined (Table 2.1 and Figure 2.3). The overwhelming majority of 76 were in retreat, while 6 remained stationary ( $\pm 1$  m), and just 7 tongues were advancing. The maximum amounts recorded indicate an advance of + 103 m at the Surettagletscher and a retreat of about - 250 m at the Triftgletscher.

The extraordinarily high maximum value of the small Surettagletscher in Rheinwald does not indicate a true advance of the glacier tongue. For several years, residues of multi-year-old snow have been left at the tongue, which had taken on distinct firm characteristics, and thus are now considered part of the glacier. During this period, the glacier never again lost its snow cover. This behaviour is in contrast to an actual advance of the glacier, during which a mass surplus is built up in the accumulation zone as a result of long-term cool weather conditions with abundant precipitation. The altered mass conditions trigger a dynamic reaction of the glacier extending, with a time delay, to the tongue of the glacier.

At the Triftgletscher in the Susten-/Grimsel region (Gadmer valley) the changes continue to be very interesting (Photos 5.7 - 5.9). Last summer the lake that formed in recent years got bigger, and a channel divided the tongue in two. The lake further accelerates the melting back of the tongue, which is clearly revealed by the maximum recession value measured.

Considerable retreat activity was recorded not only at the Triftgletscher, but also at the Fee- and Roseggletscher, and in the two latter cases, a development from the previous periods was continued in a somewhat intensified form. The remaining major length variations determined in the period under review lie in the range of - 50 m. The individual positive values cannot be directly explained by the reaction to the climatological conditions such as the large amounts of snow in the southern regions. They are more a reflection of the greater fluctuations in the measurement values, in particular in the case of small glaciers with shorter reaction times.

## 2.4 Length variations in 1999/2000 and in 2000/2001, Summary

Table 2.1: Length variations in 1999/2000 and in 2000/2001

No. <sup>a</sup>	Glacier	Ct. <sup>b</sup>	Length variation <sup>c</sup> [m]		Altitude <sup>d</sup> [m a.s.l.]	Date of measurement [Day, Month]		
			1999/2000	2000/2001		2001	1999	2000
<b>Catchment area of the Rhone (II)</b>								
1 <sup>e,f</sup>	Rhone	VS	- 5.9	- 6.1	2193.4	9.09.	23.08.	23.08.
2 <sup>e</sup>	Mutt	VS	-111.8 <sup>6a</sup>	- 4.8	2622.9 <sup>00</sup>	n	20.09.	13.09.
3 <sup>e</sup>	Gries	VS	- 22.7	- 13.0	2389.2	9.09.	25.08.	23.08.
4 <sup>e,f</sup>	Fiescher	VS	- 8.4	- 11.6	1681	20.09.	20.09.	17.09.
5 <sup>e,f</sup>	Grosser Aletsch	VS	- 18.5	- 47.8	1557.1	27.10.	23.08.	23.08.
106 <sup>g</sup>	Mittelaletsch	VS	n	n	2294 <sup>92</sup>	n	n	n
6	Oberaletsch	VS	n	- 14.4 <sup>2a</sup>		21.09.	n	18.09.
7 <sup>e,f</sup>	Kaltwasser	VS	- 9.8	+ 13.1	2660 <sup>92</sup>	12.10.	18.09.	5.10.
8 <sup>g</sup>	Tälliboden	VS	n	n		n	n	n
9 <sup>g</sup>	Ofental	VS	n	n		n	n	n
10 <sup>e</sup>	Schwarzberg	VS	- 11	- 20	2658	2.09.	5.09.	24.08.
11 <sup>e,f</sup>	Allalin	VS	-218	- 95	2590	2.09.	5.09.	24.08.
12 <sup>e</sup>	Kessjen	VS	- 13	+ 1.5	2868	2.09.	5.09.	24.08.
13 <sup>e,f</sup>	Fee (Nord)	VS	- 36.8	-209.4	2100	29.09.	28.09.	30.10.
14 <sup>f</sup>	Gorner	VS	n	- 29.3 <sup>2a</sup>	2150	20.10.	n	26.09.
15 <sup>g</sup>	Zmutt	VS	n	n		n	n	n
16 <sup>e</sup>	Findelen	VS	- 58.5	n	2492.0	2.09.	8.09.	n
107 <sup>h</sup>	Bis	VS	n	n		n	n	n
17	Ried	VS	- 31.5	- 32.4	2067	22.09.	21.09.	17.09.
18 <sup>e,f</sup>	Lang	VS	- 31	- 5.3	2060	29.10.	3.11.	15.11.
19 <sup>f</sup>	Turtmann	VS	+ 4.8	- 1.4	2262 <sup>93</sup>	24.09.	18.09.	5.10.
20 <sup>e</sup>	Brunegg (Turtmann Ost)	VS	- 11.5	- 8.5	2468 <sup>99</sup>	24.09.	18.09.	5.10.
21	Bella Tola	VS	- 2.3	- 4.5		23.09.	17.09.	6.10.
22 <sup>e,f</sup>	Zinal	VS	- 18	- 5	2040	3.10.	22.10.	6.10.
23	Moming	VS	- 29	- 90	2580	3.10.	22.10.	6.10.
24 <sup>e</sup>	Moiry	VS	- 5	- 6	2390	3.10.	25.09.	3.10.
25 <sup>f</sup>	Ferpècle	VS	- 15	- 5	2095 <sup>83</sup>	17.10.	8.10.	23.09.
26	Mont Miné	VS	- 20	- 25	1963 <sup>83</sup>	17.10.	8.10.	23.09.
27 <sup>f</sup>	Arolla (Mont Collon)	VS	- 14	- 20	2135 <sup>83</sup>	10.10.	8.10.	23.09.
28 <sup>f</sup>	Tsidjiore Nouve	VS	- 17	- 12	2205 <sup>83</sup>	10.10.	8.10.	23.09.

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

No. <sup>a</sup>	Glacier	Ct. <sup>b</sup>	Length variation <sup>c</sup>		Altitude <sup>d</sup> [m a.s.l.]	Date of measurement [Day, Month]		
			1999/2000	2000/2001		2001	1999	2000
29 <sup>e</sup>	Cheillon	VS	- 6.5	- 1.7	2650	10.09.	27.09.	3.10.
30 <sup>e</sup>	En Darrey	VS	st	st	2440	10.09.	27.09.	27.09.
31 <sup>e</sup>	Grand Désert	VS	- 13.4	- 29.2	2760 <sup>92</sup>	12.09.	10.09.	6.10.
32 <sup>e</sup>	Mont Fort (Tortin)	VS	- 3.2	- 10.2	2780 <sup>92</sup>	5.09.	10.09.	14.10.
33 <sup>f</sup>	Tsanfleuron	VS	- 5	- 30		22.10.	29.08.	14.09.
34 <sup>e</sup>	Otemma	VS	- 34.3	- 24.2	2460 <sup>93</sup>	9.10.	17.09.	6.10.
35 <sup>e</sup>	Mont Durand	VS	+ 1.4	- 2.2	2340 <sup>93</sup>	12.09.	18.09.	8.10.
36 <sup>e</sup>	Breney	VS	- 15.9	- 55.7	2575 <sup>93</sup>	10.10.	9.09.	5.10.
37 <sup>e</sup>	Giétro	VS	- 2.9	- 7.0	2524.8	2.09.	5.09.	5.10.
38 <sup>e</sup>	Corbassière	VS	- 9.5	- 13.6	2189.7	2.09.	5.09.	17.10.
39 <sup>f</sup>	Valsorey	VS	n	- 4 <sup>2a</sup>	2395 <sup>93</sup>	12.10.	n	16.10.
40	Tseudet	VS	n	- 9 <sup>2a</sup>	2448.5	12.10.	n	16.10.
41	Boveyre	VS	n	- 18 <sup>2a</sup>	2616.5	8.10.	n	5.11.
42 <sup>f</sup>	Saleina	VS	n	- 32 <sup>2a</sup>	1764	1.09.	n	8.10.
108 <sup>h</sup>	Orny	VS	n	n		n	n	n
43 <sup>ef</sup>	Trient	VS	-180	- 30	1900 ca.	31.10.	2.09.	15.09.
44 <sup>e</sup>	Paneyrosse	VD	st	- 4.6		25.09.	5.09.	17.10.
45 <sup>f</sup>	Grand Plan Névé	VD	- 2.6	- 5.3		24.09.	5.09.	17.10.
46 <sup>h</sup>	Martinets	VD	n	n		n	n	n
47 <sup>e</sup>	Sex Rouge	VD	- x	- 1.5		n	24.08.	27.08.
48 <sup>e</sup>	Prapio	VD	- x	- x		23.09.	20.08.	27.08.
49 <sup>h</sup>	Pierredar	VD	n	n		n	n	n
<b>Catchment area of the Aare (Ia):</b>								
50	Oberaar	BE	n	n	2300 <sup>95</sup>	n	n	n
51 <sup>ef</sup>	Unteraar	BE	- x	n	1930 <sup>95</sup>	8.09.	11.08.	n
52 <sup>e</sup>	Gauli	BE	- 11	- x	2115	15.10.	13.09.	9.10.
53 <sup>ef</sup>	Stein	BE	- 16	- 14	1936	15.09.	23.09.	27.09.
54 <sup>e</sup>	Steinlimmi	BE	- 15	- 18	2096	15.09.	23.09.	27.09.
55 <sup>e</sup>	Trift (Gadmen)	BE	- 50 ca.	-250 ca.	1710 ca.	16.09.	6.10.	26.08.
56 <sup>h</sup>	Rosenloui	BE	n	n		n	n	n
57 <sup>ef</sup>	Oberer Grindelwald	BE	- 50 ca.	- x		17.10.	29.10.	27.10.
58 <sup>f</sup>	Unterer Grindelwald	BE	- x	- x		17.10.	22.10.	27.10.
59 <sup>e</sup>	Eiger	BE	- 29.4	- 4.1	2194	23.09.	14.09.	21.09.



## 2. LENGTH VARIATIONS

No. <sup>a</sup>	Glacier	Ct. <sup>b</sup>	Length variation <sup>c</sup>		Altitude <sup>d</sup> [m a.s.l.]	Date of measurement [Day, Month]		
			1999/2000	2000/2001		2001	1999	2000
60 <sup>e</sup>	Tschingel	BE	- 2.8	- 5.2	2266	24.09.	15.09.	28.09.
61 <sup>f</sup>	Gamchi	BE	- 7.6	- 5.4	1950	25.09.	24.09.	14.10.
109 <sup>e</sup>	Alpetli	BE	- 10.3	- 3.8	2250 <sup>93</sup>	17.09.	14.09.	27.09.
110 <sup>h</sup>	Lötschberg	BE	n	n		n	n	n
62 <sup>e</sup>	Schwarz	VS	- x	- x	2245	17.09.	19.09.	28.09.
63 <sup>e</sup>	Lämmern	VS	- 11.7	- 1.5	2530	18.09.	23.09.	25.08.
64 <sup>e,f</sup>	Blümlisalp	BE	- 32	- 9.5	2250 <sup>97</sup>	14.09.	19.09.	2.10.
111 <sup>e</sup>	Ammerten	BE	- 1.5	st	2350 ca.	11.09.	5.10.	30.09.
65 <sup>e</sup>	Rätzli	BE	st	- x	2450	14.09.	26.09.	16.10.
112 <sup>e,g</sup>	Dungel	BE	n	n		14.10.	n	n
113 <sup>e,g</sup>	Gelten	BE	n	n		24.09.	n	n
<b>Catchment area of the Reuss (Ib):</b>								
66 <sup>e</sup>	Tiefen	UR	- 16.6	- 7.5	2520 <sup>97</sup>	9.09.	24.09.	6.10.
67 <sup>e</sup>	Sankt Anna	UR	- 11.1	n	2580 <sup>91</sup>	14.09.	14.09.	n
68 <sup>e,f</sup>	Kehlen	UR	- 33.2	- 25.8	2140	8.10.	5.10.	5.10.
69 <sup>e</sup>	Rotfirn (Nord)	UR	- 12.4	- 18.2	2030 <sup>97</sup>	8.10.	5.10.	5.10.
70 <sup>e</sup>	Damma	UR	- 20.8	- 6.7	2080 <sup>99</sup>	28.10.	19.10.	15.10.
71 <sup>e,f</sup>	Wallenbur	UR	- 4.6	- 3.4	2250	15.09.	30.10.	16.10.
72 <sup>f</sup>	Brunni	UR	n	n		n	n	n
73 <sup>e,f</sup>	Hüfi	UR	- 8.9 <sup>2a</sup>	- 25.6	1640 <sup>92</sup>	n	23.10.	12.10.
74 <sup>e</sup>	Griess	UR	- 4.2	st	2223 <sup>99</sup>	18.09.	18.10.	12.10.
75 <sup>e</sup>	Firnalpeli (Ost)	OW	- 2.5	n	2180 <sup>97</sup>	19.09.	24.08.	n
76 <sup>e</sup>	Griessen	OW	- 8 <sup>3a</sup>	- 6.3	2510 <sup>97</sup>	n	14.09.	18.10.
<b>Catchment area of the Linth / Limmat (Ic):</b>								
77 <sup>e</sup>	Biferten	GL	- 9.8	- 9.0	1949.3	11.09.	26.08.	6.10.
78 <sup>e</sup>	Limmern	GL	n	- 9.5 <sup>4a</sup>	2215	n	n	20.10.
114 <sup>e</sup>	Plattalva	GL	n	- 11.6 <sup>4a</sup>	2530	n	n	19.10.
79 <sup>e</sup>	Sulz	GL	+ 4.4	- 9.3	1798	12.10.	25.09.	6.10.
80 <sup>e</sup>	Glärnisch	GL	- 8.6	- 2.5	2297.5	9.10.	29.09.	25.08.
81 <sup>e,f</sup>	Pizol	SG	st	n	2600 <sup>94</sup>	1.10.	20.09.	n

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

No. <sup>a</sup>	Glacier	Ct. <sup>b</sup>	Length variation <sup>c</sup>		Altitude <sup>d</sup> [m a.s.l.]	Date of measurement [Day, Month]		
			1999/2000	2000/2001		2001	1999	2000
<b>Catchment area of the Rhine / Lake Constance (Id):</b>								
82	Lavaz	GR	n	n	2260	19.10.	n	n
83 <sup>ef</sup>	Punteglias	GR	n	- 15.6 <sup>2a</sup>	2350	11.09.	n	27.10.
84 <sup>ef</sup>	Lenta	GR	- 17.3	- 25	2320	29.10.	27.09.	8.10.
85 <sup>e</sup>	Vorab	GR	- 4.8 <sup>2a</sup>	n	2615 <sup>99</sup>	13.09.	11.09.	n
86 <sup>ef</sup>	Paradies	GR	- 3.1	+ 4.4	2680.2	8.09.	8.09.	11.09.
87 <sup>e</sup>	Suretta	GR	- 12	+103.2	2165	10.09.	14.09.	28.09.
115 <sup>e</sup>	Scaletta	GR	- 5	+ 4.6	2580 <sup>99</sup>	15.09.	26.08.	7.09.
88 <sup>ef</sup>	Porchabella	GR	- 6.6	st	2641.2	17.09.	6.09.	10.10.
89 <sup>e</sup>	Verstankla	GR	- 15	- 5.3	2380 <sup>99</sup>	30.08.	29.08.	27.08.
90 <sup>e</sup>	Silvretta	GR	- 2.0	sn	2465	1.11.	9.09.	n
91 <sup>ef</sup>	Sardona	SG	+ 1.1	n	2500 ca.	29.09.	14.09.	n
<b>Catchment area of the Inn (V):</b>								
92 <sup>ef</sup>	Roseg	GR	- 54.1	-118	2159 <sup>93</sup>	6.10.	5.10.	17.10.
93 <sup>e</sup>	Tschierva	GR	- 53.1	- 46.7	2221	6.10.	5.10.	17.10.
94 <sup>ef</sup>	Morteratsch	GR	- 29.6	- 26.4	2020 <sup>99</sup>	7.10.	4.10.	17.10.
95 <sup>e</sup>	Calderas	GR	- 8.1	- 1.7	2743	16.09.	30.08.	27.08.
96 <sup>e</sup>	Tiatscha	GR	- 18.9	+ 13.2	2510	16.10.	28.10.	16.10.
97 <sup>e</sup>	Sesvenna	GR	- 1.7	- 8.0	2760 <sup>93</sup>	28.10.	14.10.	16.10.
98 <sup>e</sup>	Lischana	GR	sn	- 1.7 <sup>2a</sup>	2750 <sup>93</sup>	25.09.	14.10.	6.10.
<b>Catchment area of the Adda (IV):</b>								
99 <sup>e</sup>	Cambrena	GR	- x	- 8 <sup>2a</sup>	2518	3.09.	22.09.	13.09.
100 <sup>e</sup>	Palü	GR	- 57	+ 9.5	2325	3.09.	12.09.	18.09.
101 <sup>e</sup>	Paradisino (Campo)	GR	- x	- 7.5 <sup>5a</sup>	2825	n	22.09.	22.09.
102 <sup>f</sup>	Forno	GR	- 22.4	- 21.0	2280 <sup>99</sup>	22.09.	25.08.	7.09.
116 <sup>h</sup>	Albigna	GR	n	n	2163 <sup>91</sup>	n	n	n
<b>Catchment area of the Ticino (III):</b>								
120 <sup>e</sup>	Corno	TI	- 3.3	- 8.3	2550	24.09.	24.08.	13.09.
117 <sup>e</sup>	Valleggia	TI	- 7.7	- 3.0	2425 <sup>97</sup>	2.09.	5.09.	3.09.
118 <sup>e</sup>	Val Torta	TI	- 19.1	st	2500	31.08.	4.09.	3.09.
103 <sup>e</sup>	Bresciana	TI	- 23.4	- 14.0	2810	23.09.	1.09.	25.10.
119 <sup>e</sup>	Cavagnoli	TI	- 11.2	- 10.5	2530	6.10.	27.09.	28.08.
104 <sup>e</sup>	Basòdino	TI	- 19.6	- 3.0	2540	5.10.	26.09.	11.10.
121 <sup>e</sup>	Croslina	TI	- 3.6	st	2680	14.10.	29.08.	12.10.
105 <sup>ef</sup>	Rossboden	VS	+ 3.3	- 1.8	1920 <sup>95</sup>	15.10.	13.10.	3.10.

## Legend and Remarks

### Abbreviations

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

### Remarks

- a Identification number of the glacier in the observation network (see Figure 2.3a and b).
- 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<sup>4a</sup> = Decrease of 23 meters within 4 years.
- d If the altitude of the glacier tongue is not measured in 2001, the year of the last measurement is indicated: 2522<sup>99</sup> = 2522 m above sea level, measured in the year 1999.
- e Compare Appendix I: Remarks on individual glaciers.
- f Glacier with nearly complete data series since the beginning of the measurements at the end of the 19<sup>th</sup> century and one of the 38 glaciers selected in Figure 2.1a,b.
- g Glaciers which have melted back drastically, often debris-covered, making it impossible to carry out a proper survey at yearly intervals.
- h Glaciers which are observed only at irregular intervals and/or yield imprecise measurement values, which does not justify preserving these figures in the charts and analyses.

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001



a) 1971

*Photos 2.1:  
Ghiacciaio del Basòdino (Ticino).  
(Photos: Archives VAW / Sezione forestale cantonale TI)*



b) 1997

## 2. LENGTH VARIATIONS



a) 1971

*Photos 2.2:  
Cambrenagletscher (Grisons).  
(Photos: Archives VAW / A. Godenzi)*



b) 2001

## 2.5 Length variations – Statistics for 1880-2001

The long-term development of glaciers in Switzerland is illustrated by taking a selected sample from the Swiss glacier network (Figure 2.1a,b), and the cumulative glacier length variations which have been classified according to length (Figures 2.2a-d).

The dynamic response to climatic forcing of glaciers with variable geometry involves striking differences in the recorded curves (Figures 2.1b and 2.2a-d) [Hoelzle et al., 2000 and 2002]. 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 still-popular straight averaging of annual length-change data presented here as annual percentages of advancing and retreating glaciers obscures essential aspects of the observed signal and should be interpreted carefully.

In order to avoid having a glacier sample whose scope changes annually, not all glaciers were included in Figure 2.1a,b. Thirty-eight glaciers were selected as a sample with nearly complete series since the beginning of the measurements at the end of the 19th century. In Table 2.1, these 38 glaciers are indicated by a footnote. The glaciers are assigned to three classes: advancing, stationary and retreating. 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

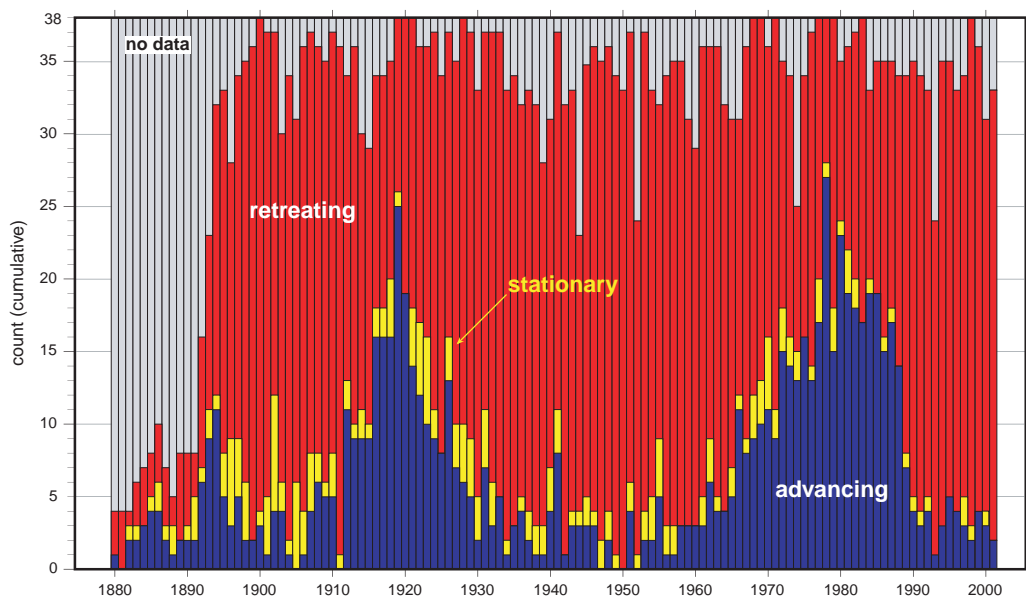


Figure 2.1a: Yearly classification of glacier length behaviour (advancing, stationary and retreating) of 38 selected glaciers (cf. Table 2.1).

## 2. LENGTH VARIATIONS

as those in the 1920s and the 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 tongue-reaction signal. Figure 2.1b shows the annual and individual length change of all 38 selected glaciers. 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, with its highly variable behaviour.

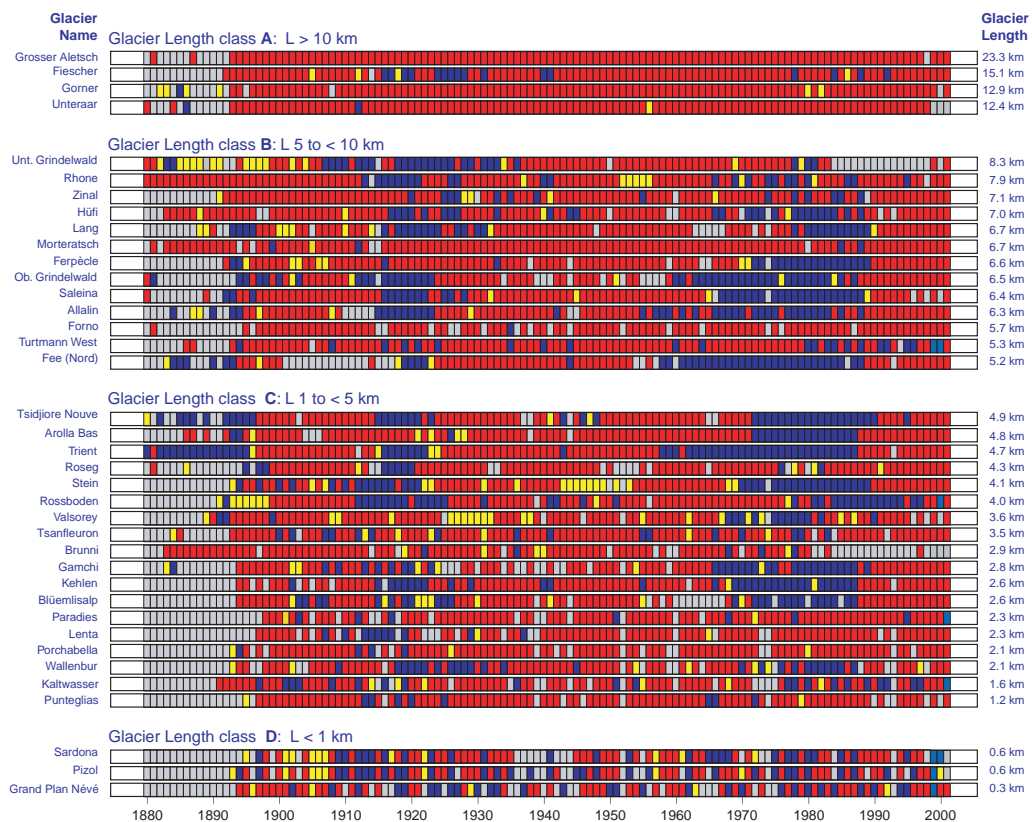
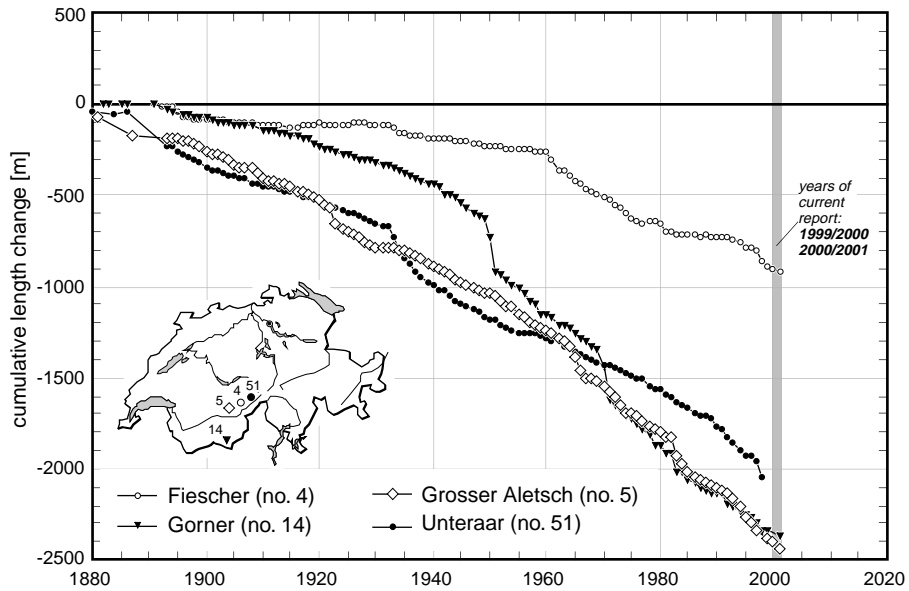


Figure 2.1b: Individual yearly patterns of the same 38 selected glaciers (displayed in the descending order of glacier length and grouped into four glacier length classes A-D; cf. Figures 2.2a-d).

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001



Figures 2.2a-d: Summary of yearly length variations (in m) for glaciers in various length categories:  
Figure 2.2a: Large valley glaciers with a length of more than 10 km.

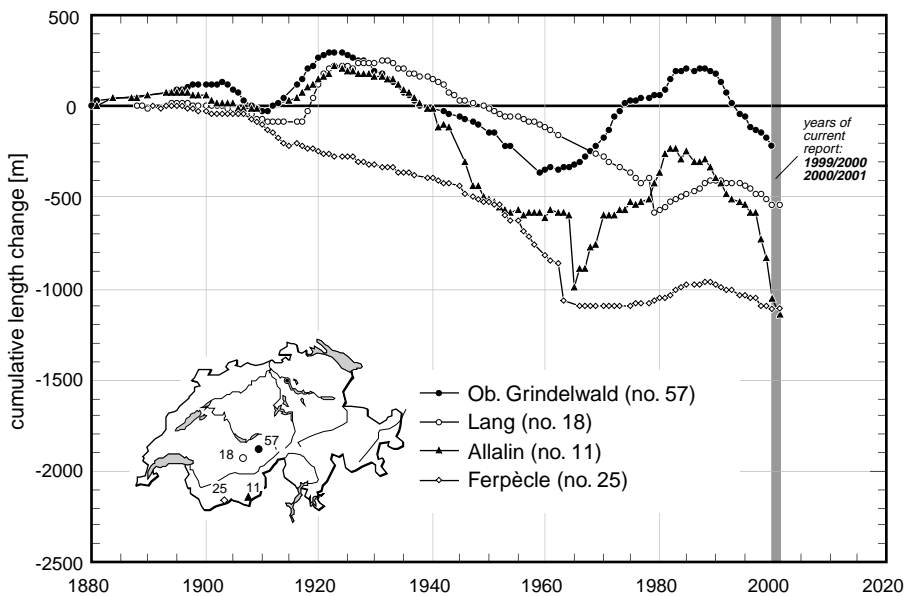


Figure 2.2b: Smaller mountain glaciers with a length of 5 – < 10 km.



2. LENGTH VARIATIONS

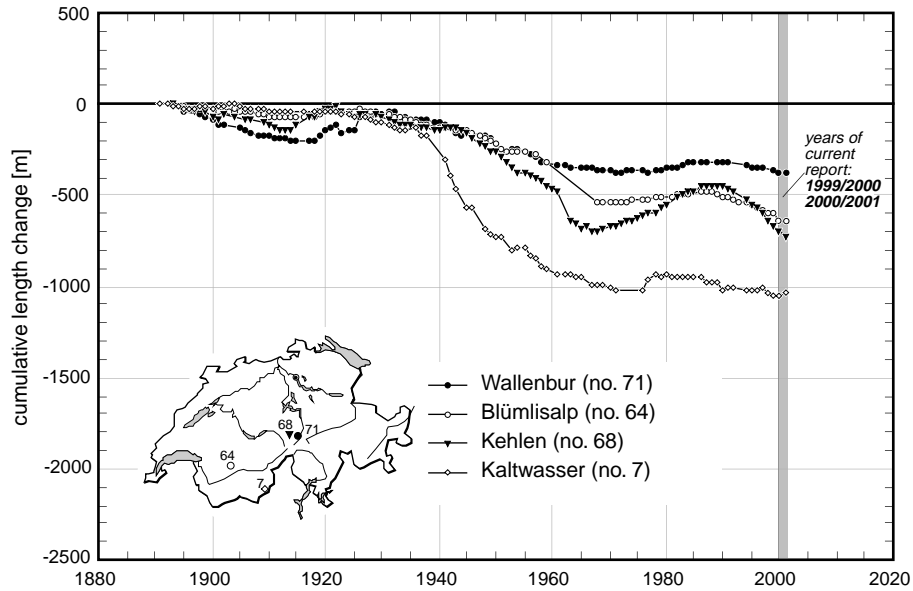


Figure 2.2c: Small mountain glaciers with a length of 1 – < 5 km.

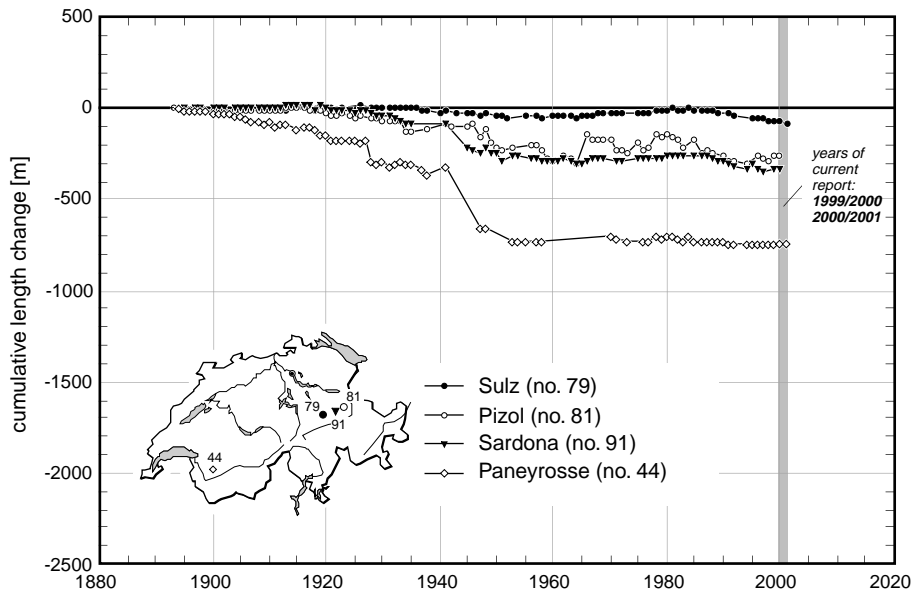


Figure 2.2d: Very small cirque glaciers with a length of less than 1 km.

## 2.6 Glacier observation network

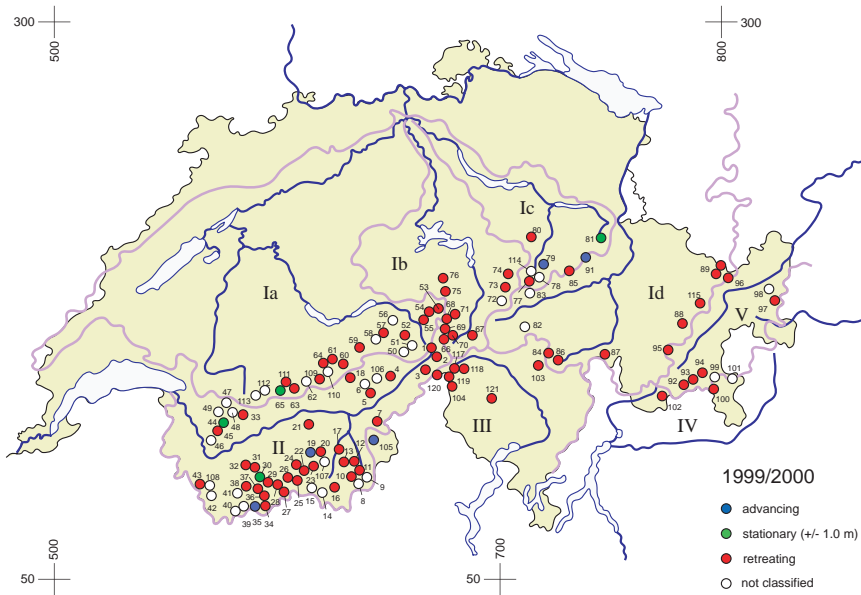


Figure 2.3a: Observed glaciers in 2000.

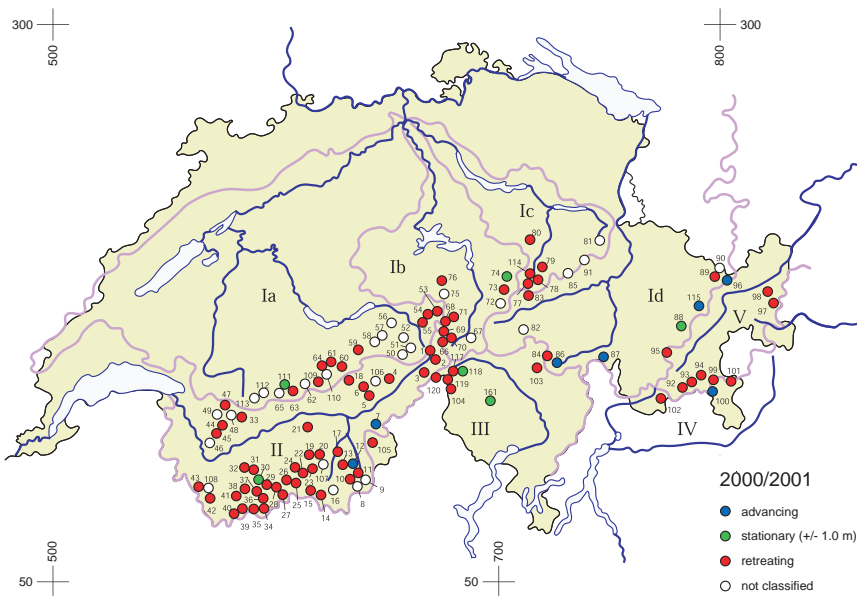


Figure 2.3b: Observed glaciers in 2001.

## 3 Mass Balance

### 3.1 Introduction, cumulative mean specific net balances

Detailed, extensive mass balance data was collected using the glaciological method for the Griesgletscher (Photos 5.5 and 5.6), Silvrettagletscher and Ghiacciaio del Basòdino (Photos 2.1a,b) in Switzerland (Figure 3.1). The annual cumulative mean specific net balances of these observation series are presented in Figure 3.2. The long-term trends are very well recognizable. The strong mass loss in the 1940s and '90s in particular is remarkable. In addition, the increase in the '60s and '70s of the 20<sup>th</sup> is notable. In addition, individual point measurements were taken of the mass variation at Claridenfirn (Chapter 3.8), Glacier de Giétro and Glacier de Corbassière (cf. also Chapter 4). The mass budget provides very detailed information and in particular immediately reveals the climatic influences.

Nevertheless, the mass budget of the entire Aletschgletscher will in future no longer be determined on the basis of the hydrological method. The method used involves so many large uncertainties and errors that it is considered to be only of limited value. Conversely, the point measurements of the

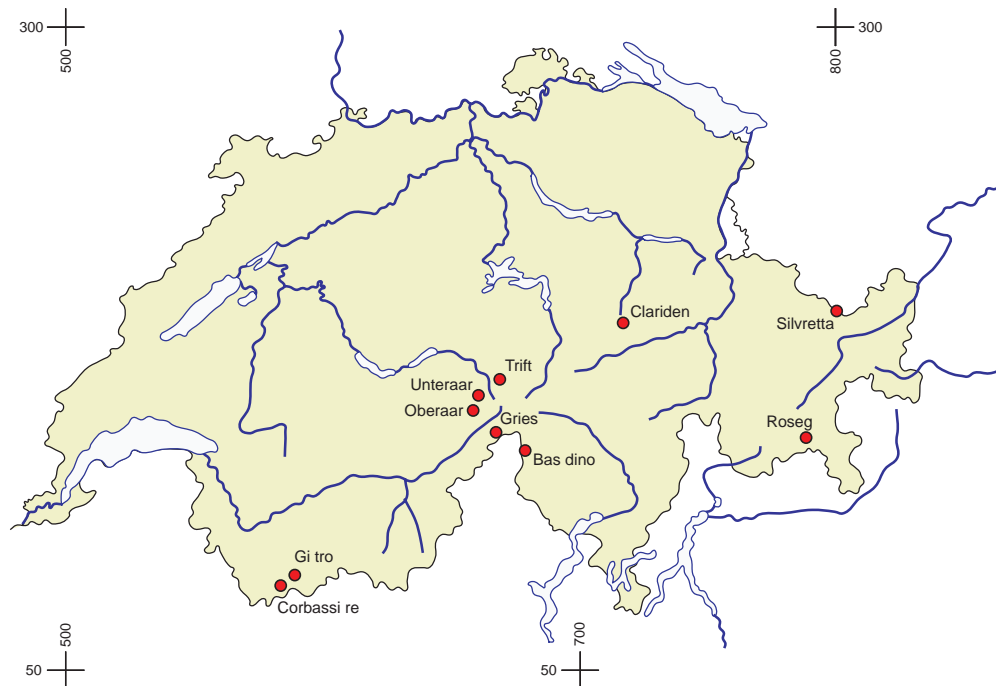


Figure 3.1: Investigated glaciers for mass balance, including point measurements (Chapter 3), velocities (Chapter 4) and selected glaciological research projects (Chapter 5).

## THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

mass changes are of much greater significance with regard to the answers they provide to questions relating to climate.

The Griesgletscher and Silvrettagletscher also belong to the international observation network, together with approximately 50 glaciers whose mass balance is observed in worldwide cooperation with the Global Terrestrial Observing System (GTOS) lead by the World Glacier Monitoring Service [Dyurgerov 2002; IAHS (ICSI) - UNEP - UNESCO, 1991; 1993a+b; 1994; 1996; 1998; 1999 and 2001]. Results of first analyses of Ghiacciaio del Basòdino including an evaluation of thickness changes using 8 different topographic maps dating back to 1851 are published in Kappenberger et al. [1995], Aellen et al. [1996], and Kappenberger and Aellen [1998].

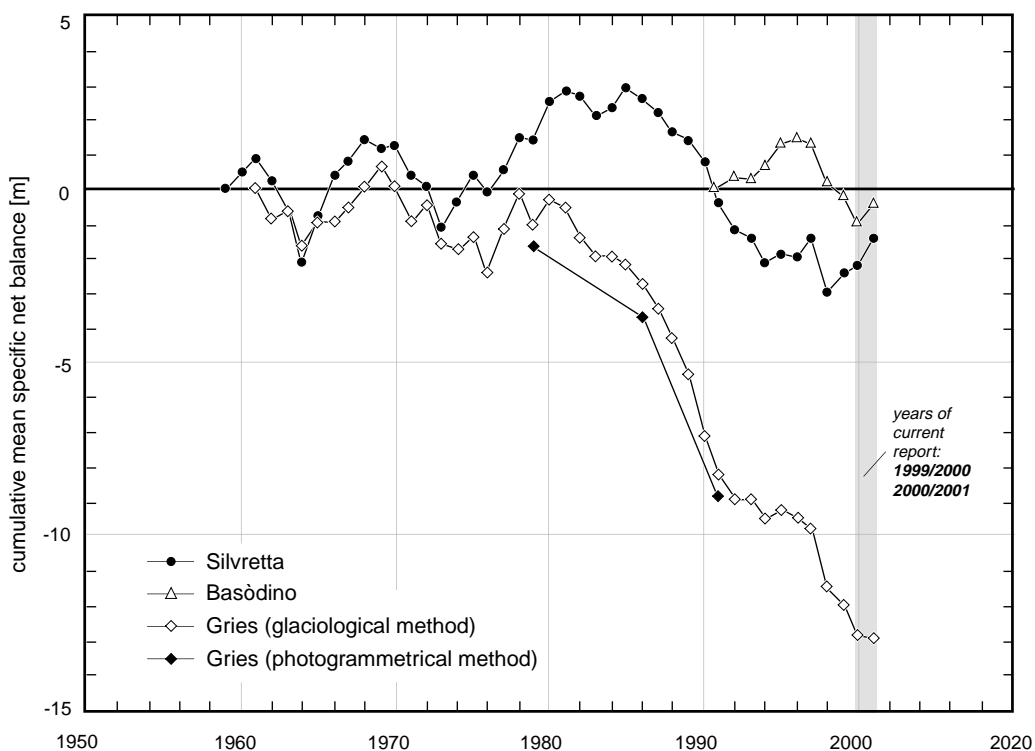


Figure 3.2: Cumulative mean specific net balance over the whole observation period for the glaciers Silvretta, Basòdino and Gries.

### 3.2 Mass Balance in 1999/2000

The Griesgletscher in the Nufenen region and the Ghiacciaio del Basòdino in Ticino experienced a major loss in mass, whereas the Silvrettagletscher mass balance in the Prättigau valley was even

slightly positive. The values of the mean, specific mass balance were - 847 mm at Gries, - 780 mm at Basòdino and finally, + 218 mm at Silvretta (Figure 3.2 and Table 3.1 and 3.2a-c). Compared with the previous measurements, all the values are lower than in the last period with abundant snow in winter and higher than in the second-most recent period with drastic melting in summer. However, the finished year under observation had spatial characteristics similar to the one before it. While both the Ghiacciaio del Basòdino and Griesgletscher, which are exposed to weather influences from the south, continue to suffer distinctive mass losses, the Silvrettagletscher north of the main Alpine ridge showed a positive result for the second time, a trend also reflected by the point measurements of the mass variation (unpublished data). A slight drop can be detected between the average values in the north and the rather lower values in the south (Valais).

### 3.3 Mass Balance in 2000/2001

The Ghiacciaio del Basòdino in Ticino clearly gained mass, while the Griesgletscher in the immediate vicinity has an almost completely even mass balance. The analytic data for the Silvrettagletscher in the Prättigau valley located on the northern side of the Alps also showed a positive mass balance. The values of the mean, specific mass balance of water equivalent are: + 620 mm at Basòdino, - 55 mm at Gries and + 858 mm at Silvretta. In comparison with the previous measurement periods, all of the values are higher, not only in terms of the most recent, but also the second-most recent periods with abundant snow in winter (Figure 3.2 and Table 3.1 and 3.2a-c).

Both the Ghiacciaio del Basòdino and the Griesgletscher are subject to weather influences mainly from the south. The results clearly reveal the effects of the large amounts of snowfall during the last winter on the south side of the Alps. At Basòdino, the smaller of the two glaciers, the snow accumulation over the winter season had a definite positive effect. In addition to the size and at the same time the higher elevation band, it is very likely that the dust and the fine-grained debris found on the tongue of the glacier, which serve to intensify melting, are responsible for this difference. In the previous periods, both glaciers suffered enormous mass losses.

The situation is rather different at the Silvrettagletscher, where the positive tendency which began in previous years was continued. During the 2000/01 period under review, it profited less from the snow depositions during the winter than from the longer periods of adverse weather in the summer and the relatively early onset of the winter season in the autumn. This is possibly one of the reasons that the 2000/01 result was more positive than the one from 1998/99 with the extreme amounts of snowfall in this region. It will be interesting to see in what way this 3-year trend of positive mass balances will affect the dynamic reaction of the glacier. For the time being the tongue is retreating, yet it is slowly building up a decisive mass surplus in the accumulation zone.

The additional point measurements (unpublished data) complete the spatial overview. The results of the mass variation are much more positive compared with the previous period, and are spread out equally over the entire Swiss Alpine region, with no discernible gradient along or across the main ridge of the Alps.

### 3.4 Summary Tables

Table 3.1: Summary Table (area, mean specific net balance, ELA, ELA<sub>0</sub>, AAR, AAR<sub>0</sub>).

Glacier	area [km <sup>2</sup> ]	b <sub>00</sub> [mm]	b <sub>01</sub> [mm]	ELA <sub>00</sub> [m a.s.l.]	ELA <sub>01</sub> [m a.s.l.]	ELA <sub>0</sub> [m a.s.l.]	AAR <sub>00</sub> [%]	AAR <sub>01</sub> [%]	AAR <sub>0</sub> [%]
Gries	6.194 <sup>a</sup>	- 847	- 55	3009	2897	2834	38	57	56
Silvretta	3.009 <sup>b</sup>	+218	+ 858	2751	2661	2758	59	78	56
Basòdino	2.37/2.28 <sup>c</sup>	- 782	+ 620	3000	2765	2883	15	76	47

a Measured in 1991.

b Measured in 1994.

c Measured in 1991, respectively in 2001.

Table 3.2a: Griesgletscher – Specific net balance 1999/2000 and 2000/2001 versus altitude and stake values.

Griesgletscher

Measuring period: 10.9.1999-12.9.2000; 12.9.2000-1.10.2001

cf. Figure 3.3a

Altitude [m a.s.l.]	Area 1991 [km <sup>2</sup> ]	Specific net balance		Stakes	Year	
		1999/2000 [mm]	2000/2001 [mm]		1999/2000 [mm]	2000/2001 [mm]
2400 - 2500	0.153	- 3956	- 3030	1	- 1170	- 1200
2500 - 2600	0.805	- 3248	- 2352	2	- 1040	
2600 - 2700	0.619	- 2540	- 1675	3	+ 210	+ 1350
2700 - 2800	0.457	- 1832	- 997	4		
2800 - 2900	0.658	- 1124	- 320	5		
2900 - 3000	0.994	- 416	+ 358	6	- 2790	- 1540
3000 - 3100	1.600	+ 292	+1035	7		- 2230
3100 - 3200	0.692	+1000	+1713	8	- 3360	- 2500
3200 - 3300	0.206	+1708	+2391	9		
3300 - 3400	0.010	+2416	+3068	10		
2400 - 3400	6.194	- 847	- 55			

Table 3.2b: *Silvrettagletscher – Specific net balance 1999/2000 and 2000/2001 versus altitude and stake values.*

## Silvrettagletscher

Measuring period: 10.9.1999-12.9.2000; 12.9.2000-12.10.2001

cf. Figure 3.4a

Altitude [m a.s.l.]	Area 1994 [km <sup>2</sup> ]	Specific net balance		Stakes	Year	
		1999/2000 [mm]	2000/2001 [mm]		1999/2000 [mm]	2000/2001 [mm]
2400 - 2500	0.021	- 1865	- 1436	1		+1700
2500 - 2600	0.370	- 1246	- 754	2	+1100	+2300
2600 - 2700	0.451	- 626	- 72	3		+1890
2700 - 2800	0.770	- 7	+ 610	4	+ 460	+1340
2800 - 2900	0.623	+ 613	+1291	5	+ 150	+ 810
2900 - 3000	0.596	+1232	+1973	6	- 420	- 840
3000 - 3150	0.178	+1852	+2655	7	-1100	- 620
2400 - 3150	3.009	+ 218	+ 858	8	-1600	- 480

Table 3.2c: *Ghiacciaio del Basòdino – Specific net balance 1999/2000 and 2000/2001 versus altitude and stake values.*

## Ghiacciaio del Basòdino

Measuring period: 6.10.1999-25.10.2000; 25.10.2000-8.9.2001

cf. Figure 3.5a

Altitude [m a.s.l.]	Area 1991/2001 [km <sup>2</sup> ]	Specific net balance		Stakes	Year	
		1999/2000 [mm]	2000/2001 [mm]		1999/2000 [mm]	2000/2001 [mm]
2600 - 2700	0.31/0.24	- 2600	- 1100	1	- 1900	- 1600
2700 - 2800	0.47/0.45	- 1800	- 16	2	- 2400	- 300
2800 - 2900	0.55	- 700	+ 580	3	+ 100	- 150
2900 - 3000	0.56	- 100	+1120	4	- 900	- 150
3000 - 3100	0.48	+ 500	+1540	5	- 100	+1000
2600 - 3100	2.37/2.28	- 782	+ 620	8	+ 500	+1540
				9		+ 250
				10		- 200
				11		- 500

### 3.5 Griesgletscher (Aegina)

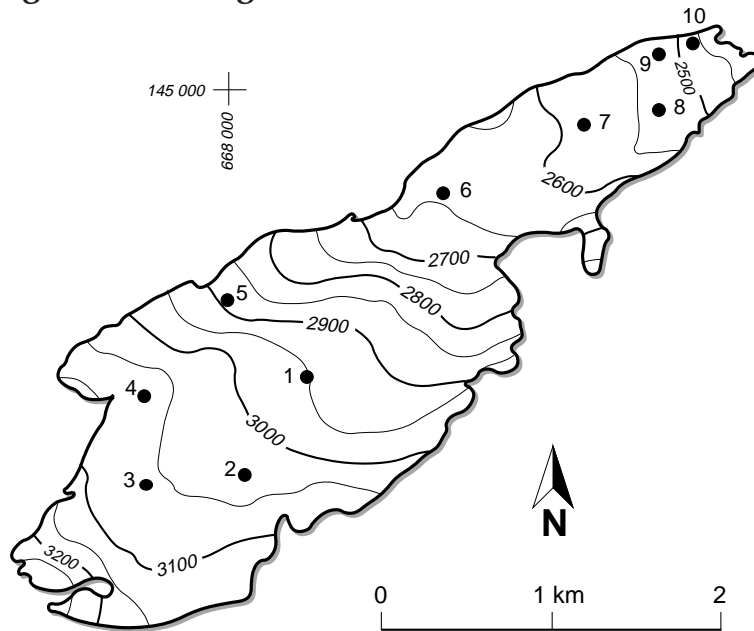


Figure 3.3a: Topography and observational network of the Griesgletscher.

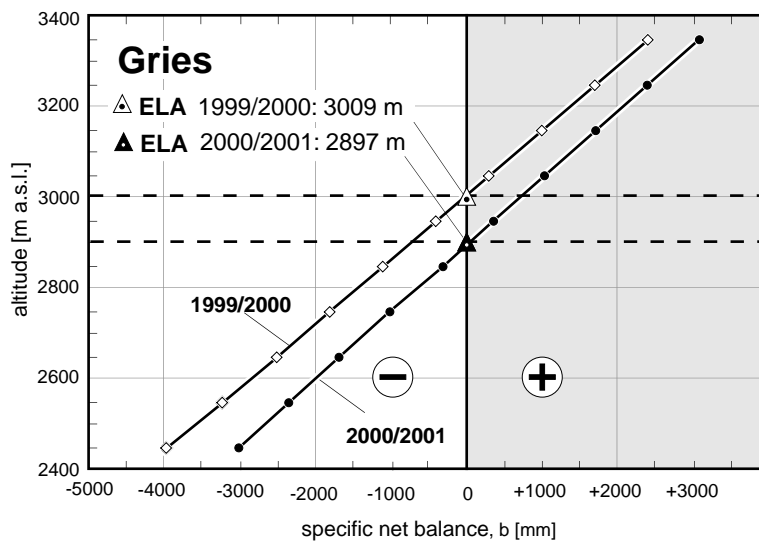


Figure 3.3b: Specific net balances 1999/2000 and 2000/2001 versus altitude.



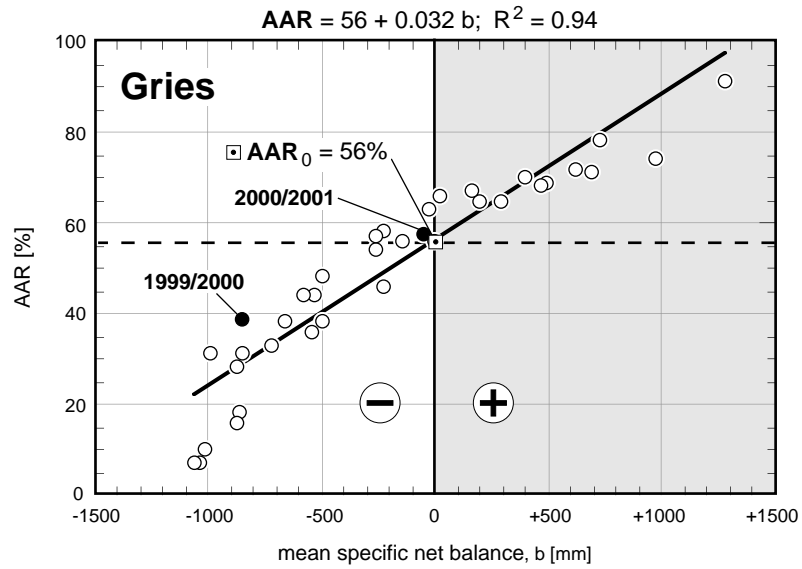


Figure 3.3c: Accumulation area ratio (AAR) versus mean specific net balance for the whole observation period.

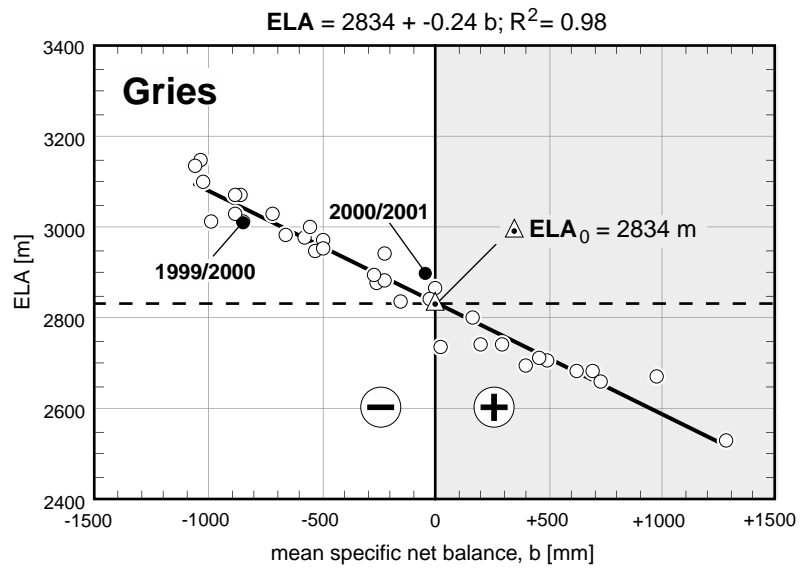


Figure 3.3d: Equilibrium line altitude (ELA) versus mean specific net balance for the whole observation period.

### 3.6 Silvrettagletscher

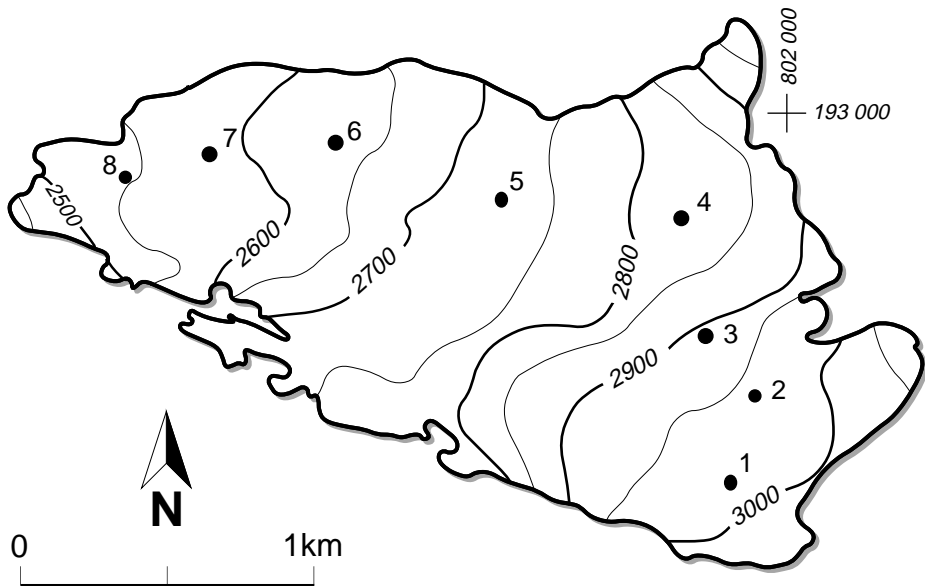


Figure 3.4a: Topography and observational network of the Silvrettagletscher.

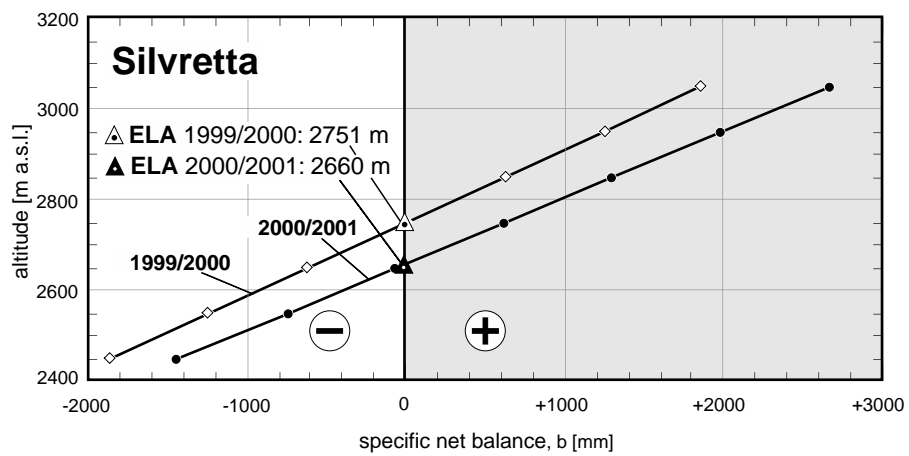


Figure 3.4b: Specific net balances 1999/2000 and 2000/2001 versus altitude.

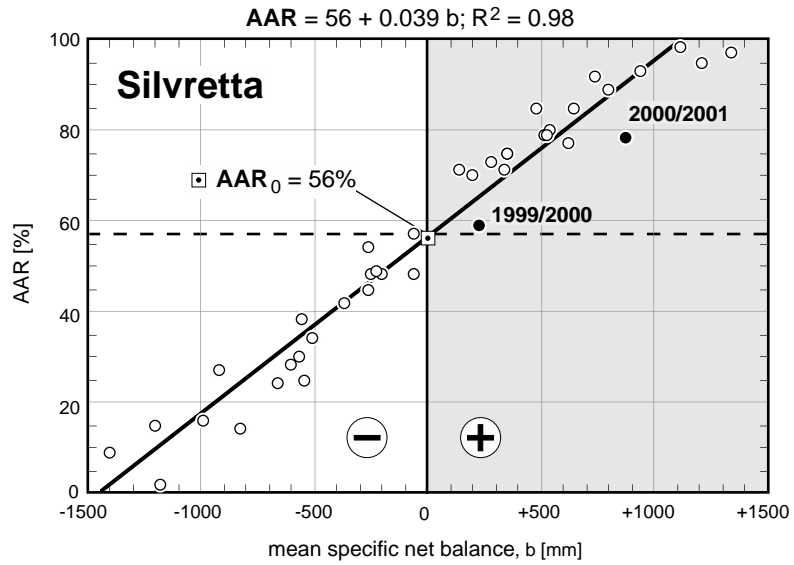


Figure 3.4c: Accumulation area ratio (AAR) versus mean specific net balance for the whole observation period.

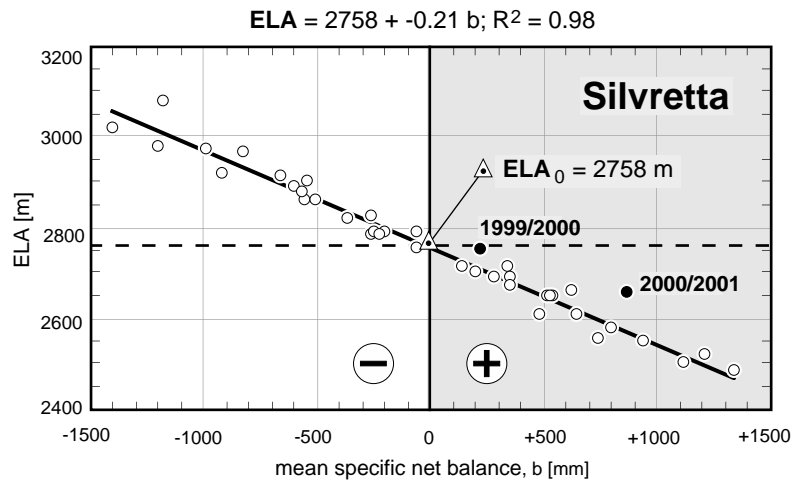


Figure 3.4d: Equilibrium line altitude (ELA) versus mean specific net balance for the whole observation period.

### 3.7 Ghiacciaio del Basòdino (Ticino)

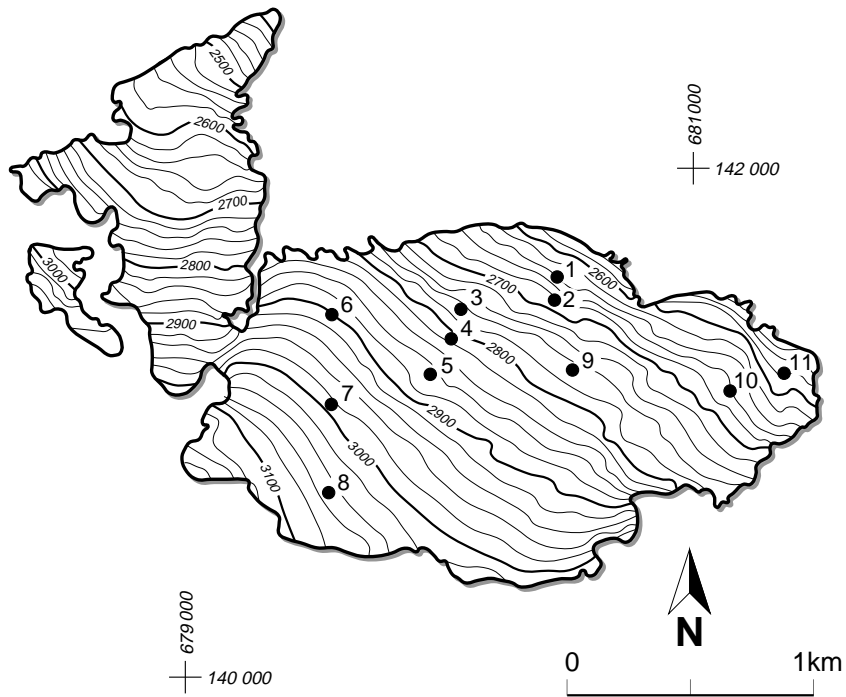


Figure 3.5a: Topography and observational network of the Ghiacciaio del Basòdino.

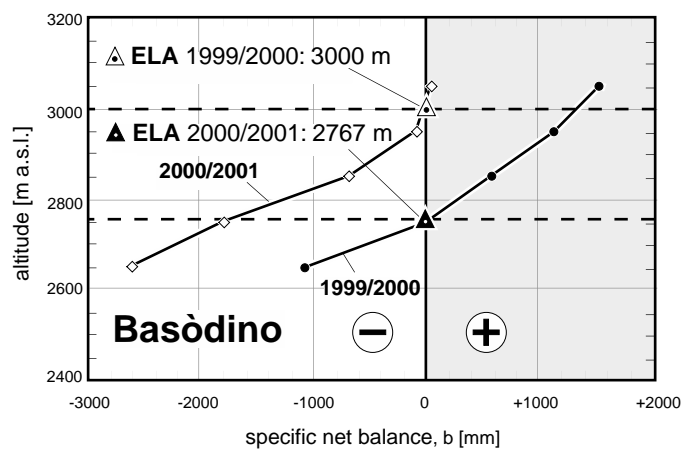


Figure 3.5b: Specific net balances 1999/2000 and 2000/2001 versus altitude.

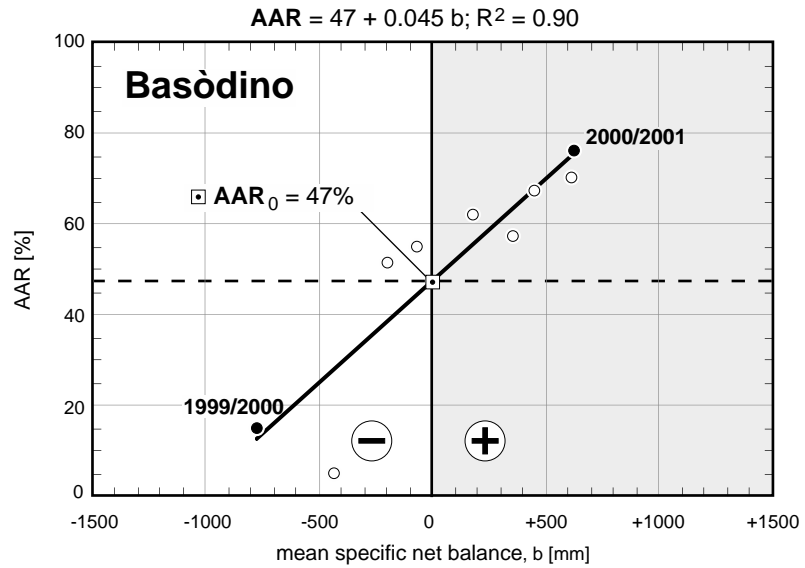


Figure 3.5c: Accumulation area ratio (AAR) versus mean specific net balance for the whole observation period.

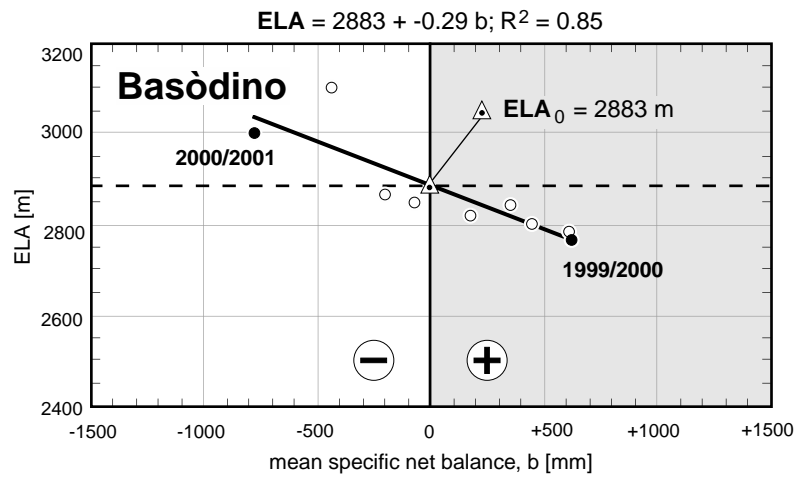


Figure 3.5d: Equilibrium line altitude (ELA) versus mean specific net balance for the whole observation period.

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

Table 3.3: Ghiacciaio del Basòdino – Summary Table (mean specific net balance, ELA, AAR) for the whole observation period.

	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/2000	00/01
b [mm]	+ 350	- 80	+ 440	+ 610	+ 170	- 210	-1070	- 440	- 780	+ 620
ELA [m a.s.l.]	2840	2845	2800	2785	2820	2865	>3200	3100	3000	2765
AAR [%]	57	55	67	70	62	51	0	5	15	76

Table 3.4: Ghiacciaio del Basòdino – Specific net balance versus altitude for the whole observation period.

Altitude [m a.s.l.]	Area <sup>a</sup> [km <sup>2</sup> ]	Specific net balance								
		1991/2001 [mm]	92/93 [mm]	93/94 [mm]	94/95 [mm]	95/96 [mm]	96/97 [mm]	97/98 [mm]	98/99 [mm]	99/2000 [mm]
2600 - 2700	0.31/0.24	- 2300	- 1350	- 1200	-1500	- 2000	- 2200	- 1800	- 2600	- 1100
2700 - 2800	0.47/0.45	- 1450	- 400	- 600	- 550	- 1100	- 1400	- 720	- 1800	- 20
2800 - 2900	0.55	+ 150	+ 400	+1000	+ 200	- 100	- 1050	- 180	- 700	+ 580
2900 - 3000	0.56	+ 900	+1250	+1500	+ 900	+ 600	- 650	- 100	- 100	+1120
3000 - 3100	0.48	+1280	+1540	+1500	+1050	+ 750	- 550	0	+ 500	+1540
2600 - 3100	2.37/2.28	- 80	+ 440	+ 610	+ 170	- 210	- 1070	- 440	- 780	+ 620

a Until the year 2000, the mean specific net balances were calculated based on a total glacier area of 2.37 km<sup>2</sup>, and from the year 2001 onward based on an area of 2.28 km<sup>2</sup>.

### 3.8 Point measurements on Claridenfirn

#### Introduction

Measurements of the snow and firn accumulation, as well as of precipitation values in the accumulation area of the Claridenfirn, have been undertaken by various researchers since 1914. By digging a snowpit down to the layer of ochre applied the previous autumn and measuring the water equivalents, mass 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].

#### Investigations in 1999/2000

The spring measurements were done on May 14<sup>th</sup>. Both stakes were not visible. The guardian of the Claridenhütte placed a temporary stake for the lower one. The fall measurements were done on September 17<sup>th</sup>. There was no new snow (Table 3.5).

#### Investigations in 2000/2001

The spring measurements were done on May 13<sup>th</sup> and the fall ones late in the year on Octobre 17<sup>th</sup>. Fortunately, the snow from early Septembre was almost melted away (Table 3.6).

Table 3.5: *Snow and firn accumulation, change in thickness and movement of the Claridenfirn in 1999/2000.*

Measuring period		Measuring site		Snow or firn increase			Change in	Horiz.
from	to	stake	altitude	[cm]	[cm w.e.]	[g/cm <sup>3</sup> ]	thickness	movement
			[m a.s.l.]				[m]	[m]
Winter								
3.9.1999 -	14.5.2000	lower	2700	448	212	0.473		
3.9.1999 -	14.5.2000	upper	2900	437	214	0.490		
Year								
3.9.1999 -	17.9.2000	lower	2700	97	54	0.555	-0.6	+3
3.9.1999 -	17.9.2000	upper	2900	200	107	0.535	-1.1	+12

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

Table 3.6: Snow and firn accumulation, change in thickness and movement of the Claridenfirn in 2000/2001.

Measuring period		Measuring site		Snow or firn increase			Change in	Horiz.
from	to	stake	altitude	[cm]	[cm w.e.]	[g/cm <sup>3</sup> ]	thickness	movement
		[m a.s.l.]					[m]	[m]
Winter								
17.9.2000 - 13.5.2001		lower	2700	426				
17.9.2000 - 13.5.2001		upper	2900	545	243	0.446		
Year								
17.9.2000 - 17.10.2001		lower	2700	105	48	0.458	+0.2	+3
17.9.2000 - 17.10.2001		upper	2900	256	132	0.515	-0.2	+12

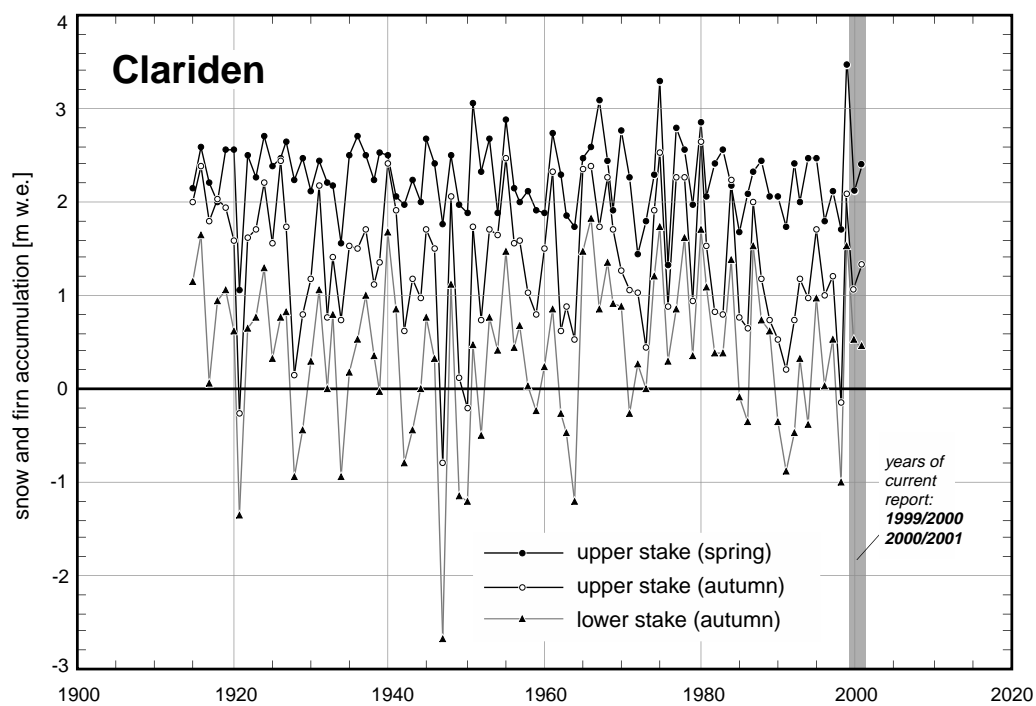


Figure 3.6: Snow and firn accumulation changes on the upper and lower stake on Claridenfirn over the whole observation period.



## 4 Velocity of Some Specific Glaciers

### 4.1 Introduction

Since 1966, the VAW/ETHZ has been under contract by the Force Motrice de Mauvoisin SA to survey the glaciers in the Val de Bagnes area in the lower part of the Valais. 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 operation of the power station in the valley. The observations are mainly focused on the two glaciers, Giétro and Corbassière.

### 4.2 Glacier de Giétro

One of the longest measurement series in existence, for Glacier de Giétro (Figure 4.1a) in Val de Bagnes (Valais), is being continued 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; VAW, 1998; Bauder et al., 2002].

Figure 4.1b 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 5-7 m per year, in the middle region of the glacier (stake 6) about 80-95 m per year and in the tongue area (stakes 8 and 10) they are in the range of 55-70 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 80 m to 120 m per year. From the middle of the 1980s onward, the velocities decrease sharply again and in the last year have reached the lowest values measured since 1966.

#### **Velocity in 1999/2000 and in 2000/2001**

The movement measurements taken at the Glacier de Giétro reflect the general trend toward melting back of the Alpine glaciers. Taken repeatedly at the same location, these measurements indicate lower horizontal velocity values everywhere. As the flow velocity is mainly dependent on surface slope and ice thickness, there is a relation between this and changes in glacier geometry.

During the past two observation periods the values remained at a fairly constant level (Table 4.1 and Figure 4.1b). Small seasonal variations only were observed. Additional high resolution daily measurements during the summer season did not indicate that there were any short-term accelerations of the glacier flow.

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

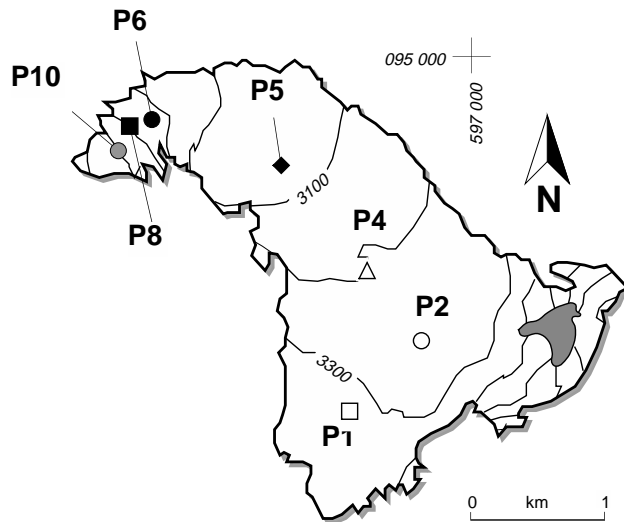


Figure 4.1a: Topography and observational network of the Glacier de Giétro.

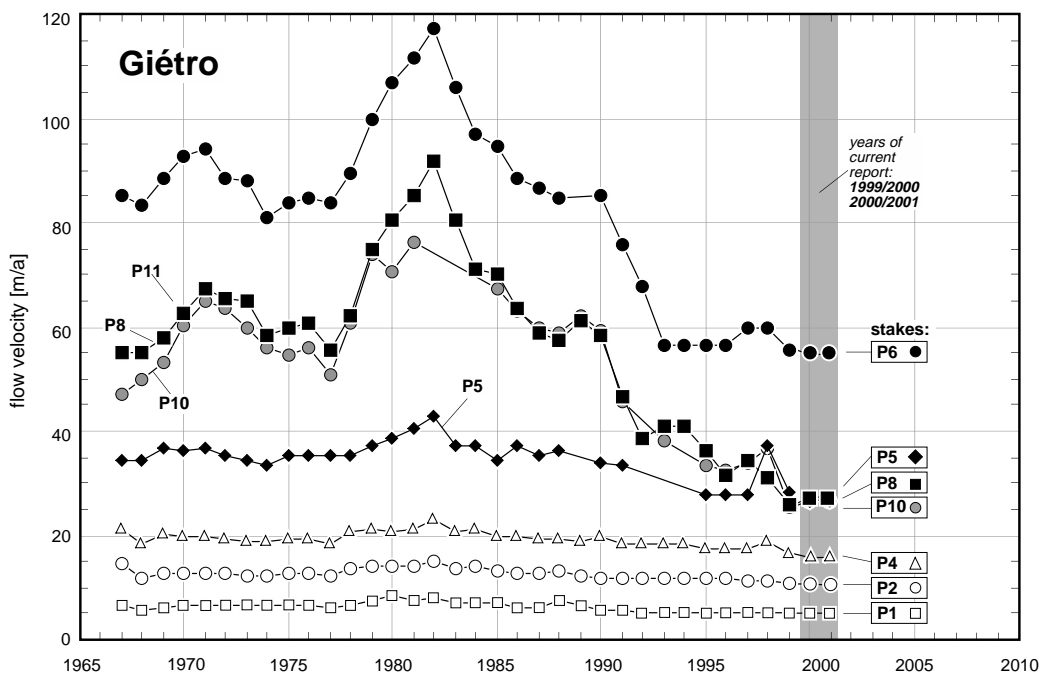


Figure 4.1b: Annual flow velocities of the Glacier de Giétro at all 7 stakes.

Table 4.3: Annual flow velocities of the Glacier de Giétro at all 7 stakes.  
Measuring period: 2.9.1999 - 28.8.2000; 28.8.2000 - 29.8.2001

year	velocities at stake						
	P1 [m/a]	P2 [m/a]	P4 [m/a]	P5 [m/a]	P6 [m/a]	P8 [m/a]	P10 [m/a]
2000	4.6	10.3	16.0	25.8	54.6	27.2	27.1
2001	4.6	10.8	16.7	27.2	52.7	23.6	21.8

### 4.3 Glacier de Corbassière

Glacier de Corbassière (Figure 4.2a) has been under observation since 1955 by taking length change measurements. This glacier is endangering the water catchment 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 4.2). Figure 4.2b shows the annual velocities for the two profiles since 1967.

#### Velocity in 1999/2000 and in 2000/2001

The general trend toward steadily decreasing horizontal velocity values was accompanied by a significant lowering of the surface elevation. In the first 1999/2000 observation period all measurements on the upper profile (B: Panossière) showed distinctly higher values.

Table 4.2: Annual flow velocities of the Glacier de Corbassière at all 6 stakes.  
Measuring period: 2.9.1999 - 29.8.2000; 29.8.2000 - 12.9.2001

year	velocities at stake					
	A1 [m/a]	A2 [m/a]	A3 [m/a]	B1 [m/a]	B2 [m/a]	B3 [m/a]
2000	23.2	20.5	8.4	32.2	35.8	34.8
2001	21.5	18.9	8.0	25.3	31.6	31.7

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

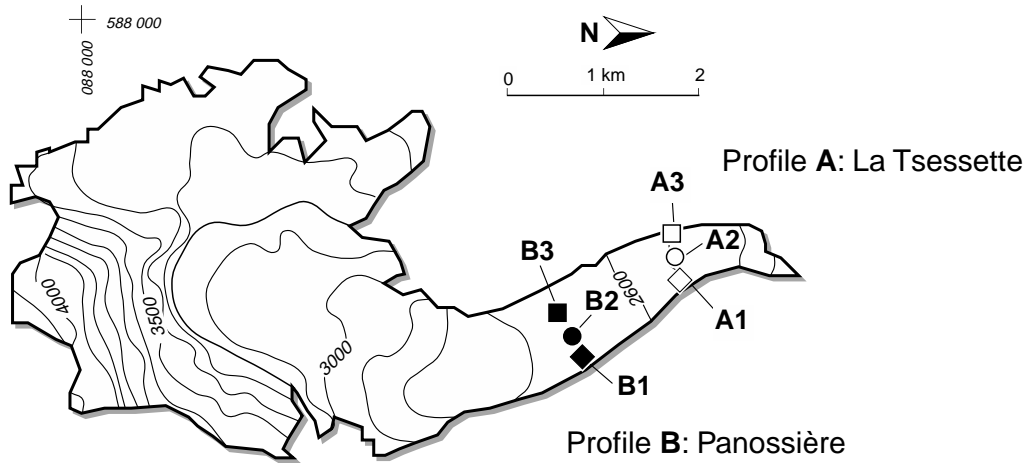


Figure 4.2a: Topography and observational network of the Glacier de Corbassière.

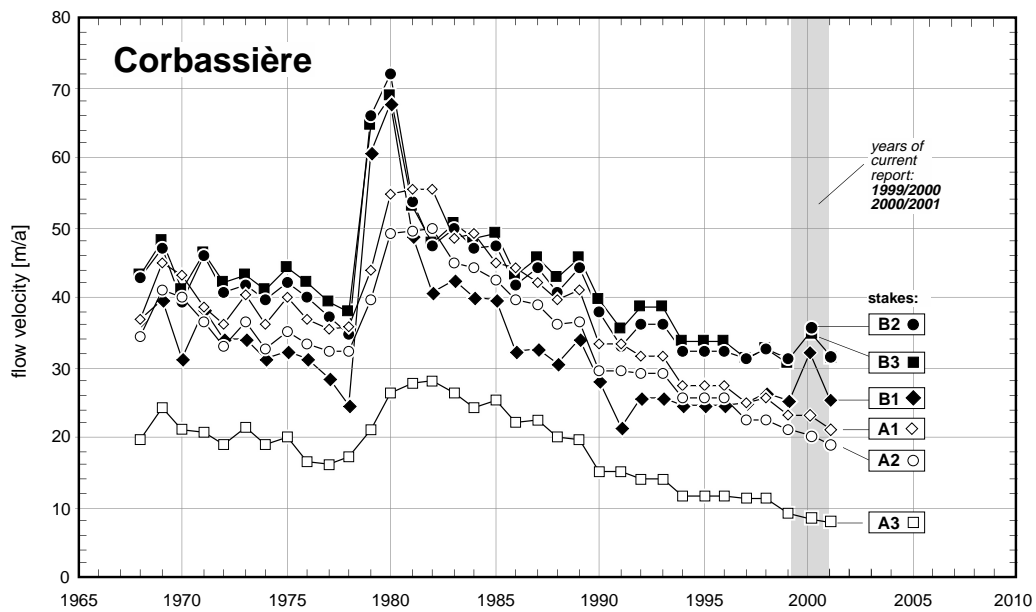


Figure 4.2b: Annual flow velocities of the Glacier de Corbassière at two profiles with 3 stakes each.

## 5 Selected Glaciological Research Project

### 5.1 On Calving Glaciers (prepared by A. Vieli and A. Bauder)

#### Introduction

Calving glaciers are glaciers which end in a lake or the sea and from whose terminus icebergs break away. The temporal variation of such glaciers is dependent not only on climate or mass balance, but is also affected by the process of iceberg calving at the glacier terminus. Calving is a very efficient ablation mechanism which causes a much faster mass loss than is possible by surface melting alone. The percentage of ablation by calving for all glaciers and ice caps on earth is 70 % [Van der Veen, 1997], the major part of which is made up of shelf ice and floating glacier tongues in the Antarctic and Greenland. Our investigation here is limited to calving glaciers, which are in full contact with the sea floor, that is, the glacier tongue does not float. In addition to the larger calving glaciers in Alaska and Patagonia, there are also several smaller ones in the Alps, for example, the Rosegletscher in Engadine or, more recently, the Triftgletscher in Berner Oberland.

#### Rapid Retreat of the Columbia Glacier

For various calving glaciers in Alaska and Patagonia, it was observed that a sharp rise in the calving rate, i.e., the difference between length change and flow velocity at the calving front, was followed by a sudden onset of rapid retreat [Meier and Post, 1987; Warren, 1993; Naruse and Skvarca, 2000]. In the early eighties, after a longer stable phase, the Columbia Glacier in Alaska started to retreat rapidly (Figure 5.1, Photos 5.1 and 5.2) with a mean rate of retreat of 700 m/y. Due to the much-increased iceberg production of the glacier at the start of the eighties and the grave danger this posed to the oil tankers en route to the ports of the Alaska Pipeline, close investigations were undertaken of the behaviour of the Columbia Glacier, and calving glaciers in general, as well as of the process of calving. Nowadays the behaviour of these glaciers is of particular interest in context to climatic change.

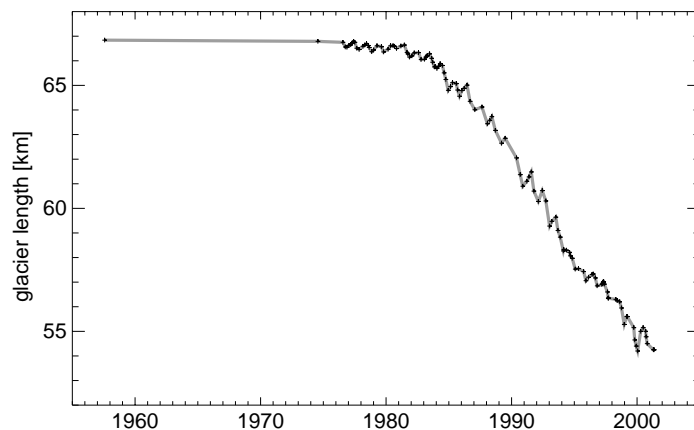


Figure 5.1:  
Length variation of the Columbia glacier (Alaska) since 1957.  
(Data: R. Krimmel, U.S. Geological Survey)

### **Calving and Basal Sliding**

On the basis of observations from various calving glaciers, it was found that the calving rate increases almost linearly in relation to water depth [Brown et al., 1982]. When the glacier terminus recedes in deeper water, an accelerated retreat is to be expected. The dependency of calving rate on water depth is a purely empirical observation and does not describe the physical process of iceberg calving.

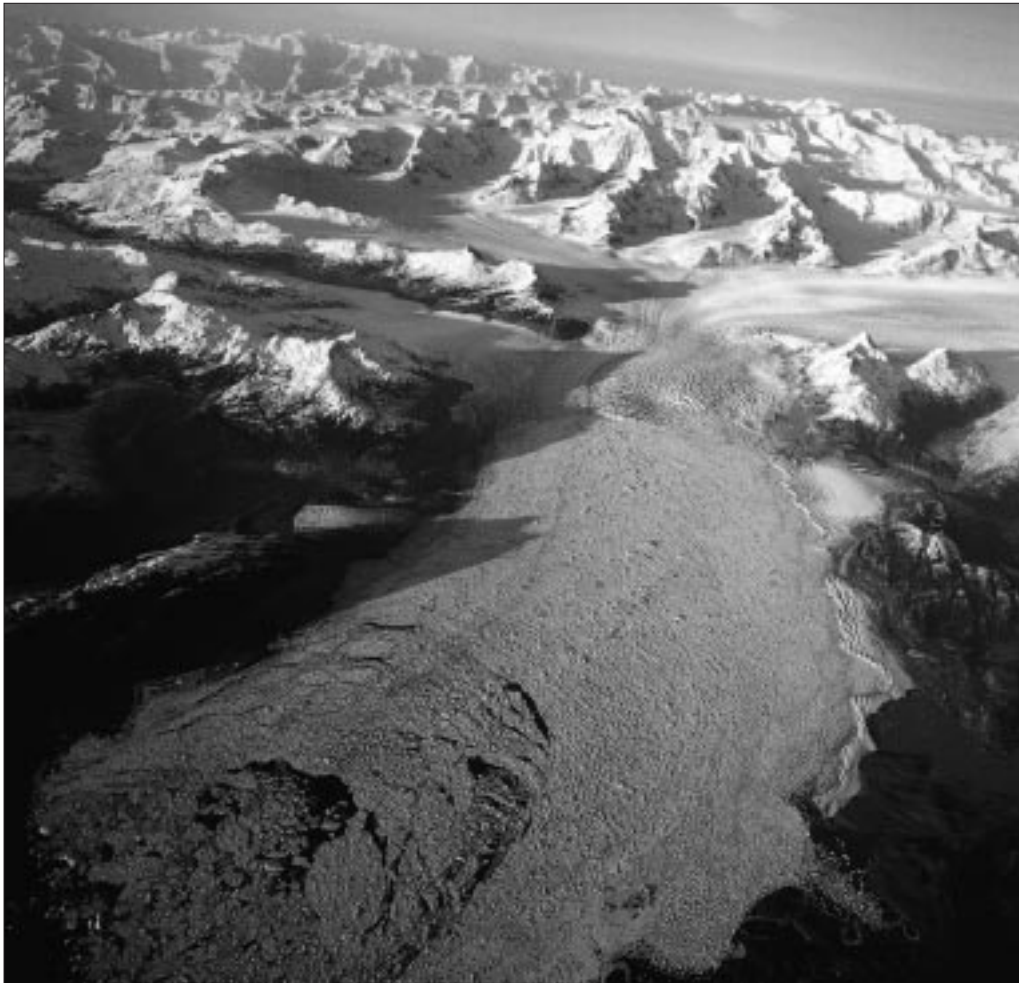
An alternative concept of the calving process was proposed based on the Columbia Glacier observations [Van der Veen, 1996]. That part of a thinning-out glacier tongue which reaches floating equilibrium breaks off as a result of the buoyancy force which is exerted on the ice floating in water. This means that before the glacier tongue floats up, it calves off. This is what is called "buoyancy-induced calving". According to this approach, the calving rate is above all a result of the change in glacier thickness in the tongue region and thus a result of the dynamics of the entire glacier.



*Photo 5.1:*  
*View of the Columbia Glacier (Alaska) in 1961. The glacier tongue is about 4 km wide, and the water depth at the front is approx. 100 m.*  
*(Photo: USGS, Tacoma, WA / University Alaska Fairbanks / R. Krimmel)*

## 5. SELECTED GLACIOLOGICAL RESEARCH PROJECT

In the case of smaller and slow-flowing calving glaciers as are found in some places in the Alps, as well as in northern Europe, the melting processes at the contact surface of the calving front with the water play an important role for the calving process. Taking the example of Hansbreen (Spitzbergen, Photo 5.4), a notch or indentation is formed along the water line by melt and wave erosion (Photo 5.3) and leads to the breaking off of the ice above it. In such a case the melt rate at the water line determines the rate of calving [Vieli et al., 2001].



*Photo 5.2:  
View of Columbia Glacier in 1994 during the phase of drastic retreat which began in the early eighties. The innumerable icebergs floating in the fjord indicate a high rate of calving. The glacier has retreated approx. 10 km since 1961, and the fjord is up to 350 m deep at the calving front.  
(Photo: USGS, Tacoma, WA / University Alaska Fairbanks / R. Krimmel)*

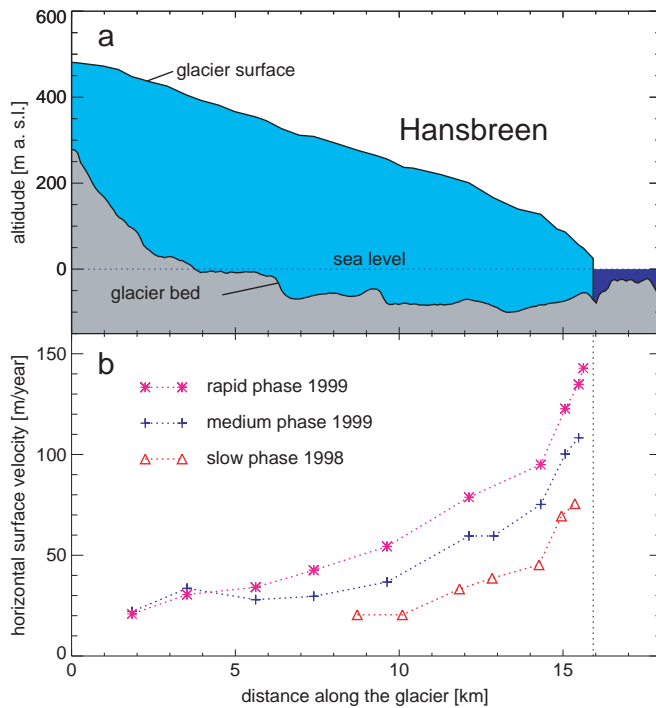


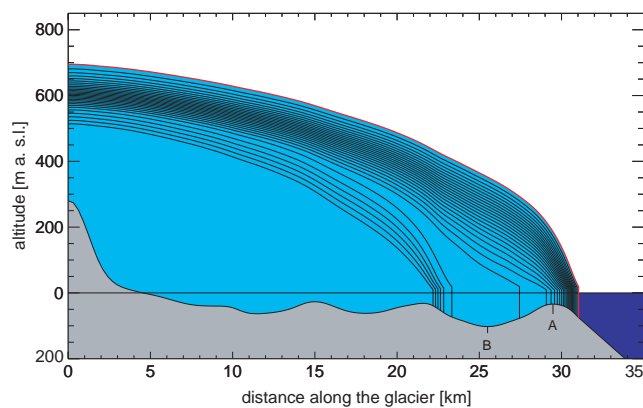
Figure 5.2: Increase in flow velocity toward the calving front at the Hansbreen (Spitzbergen): (a) Surface and bed geometry along the longitudinal profile. (b) Surface velocity along the same longitudinal profile, measured over various periods of time.

The high flow velocities that are typically observed in the tongue region of calving glaciers can be explained by increased sliding at the glacier bed and are related to the high basal water pressure which occurs in the tongue region of these glaciers. Basal sliding is also responsible for the increase in velocity towards the calving front (Figure 5.2). Therefore, the sliding process at the glacier bed plays an important role with regard to the dynamics of calving glaciers.

sliding process at the glacier bed plays an important role with regard to the dynamics of calving glaciers.

In order to understand the behaviour of calving glaciers, it is not enough to individually investigate the processes involved, such as iceberg calving, glacier flow or basal sliding, for these processes are not independent of each other and must be regarded as a whole.

Figure 5.3: Modelled retreat of a glacier through an overdeepening at the glacier bed. A longitudinal profile of the glacier is shown with the glacier bed and the surface in time intervals of two years. The red line indicates the initial surface geometry, and A and B mark the lowest or deepest spot in the glacier bed in the tongue region.





## 5. SELECTED GLACIOLOGICAL RESEARCH PROJECT



*Photo 5.3:*  
*Frontal view of the calving front of the Hansbreen (Spitzbergen), taken at low tide in July 1998. The notch formed by melt erosion at the water line extends along the entire front and was visible throughout the entire summer. (Photo: A. Vieli)*



*Photo 5.4:*  
*View of the glacier tongue of the Hansbreen, a relatively small calving glacier in Spitzbergen. The glacier tongue is 2 km wide, the height at the calving front between 30 and 45 m, and the maximum water depth at the front is 70 m. (Photo: A. Vieli)*

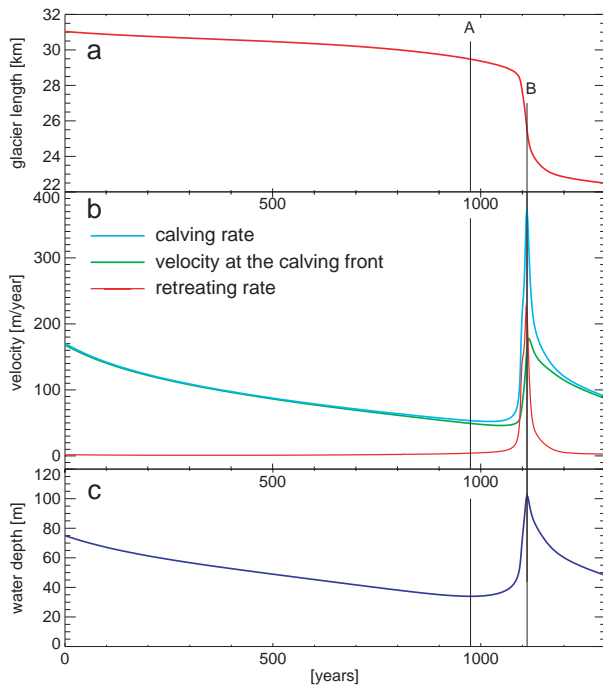


Figure 5.4: Modelled retreat of a glacier through a basal overdeepening: change in the glacier length (a), the calving rate, the velocity at the glacier front and the retreat rate (b) and the water depth at the calving front (c) as a function of time.

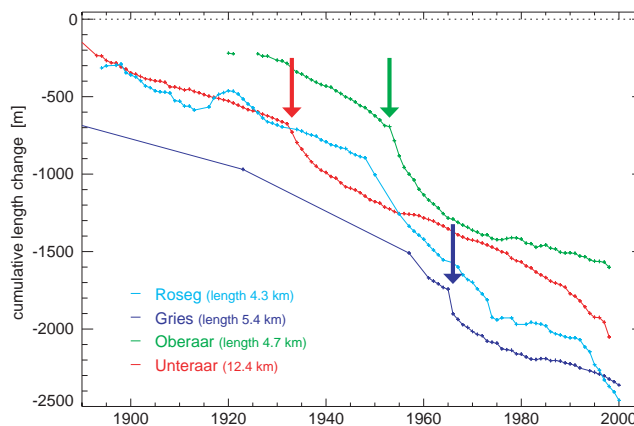
**Numerical Model Experiments**

In a numerical glacier model it is possible to couple the most important processes. To better understand the behaviour of calving glaciers, and especially rapid retreats, such a model has been developed [Vieli et al., 2001]. It calculates the temporal evolution of the glacier geometry and the flow velocities and strain rates along the flow line. The “buoyancy-induced calving” approach was used to calculate the calving rate. As an example, calculations are shown here of a glacier retreat through a basal

overdeepening (Figure 5.3). The selected glacier- and bed geometry with the basal overdeepening in the tongue region is typical for calving glaciers.

The glacier is taken out of its climatic equilibrium by artificially introducing a slightly more negative mass balance. This means that the accumulation (mass input) becomes smaller and the ablation (melting) increases. For this reason the glacier becomes thinner and the calving front recedes slowly (Figure 5.4). When the glacier recedes in more shallow water, calving rate and velocity decrease, and when the glacier front has receded

Figure 5.5: Cumulative yearly length changes (in m) for the Unteraar, Oberaar, Gries and Roseg glaciers with the tongue ending in a lake at times. The arrows mark the beginning of the flooding of glacier ice.



5. SELECTED GLACIOLOGICAL RESEARCH PROJECT



*Photo 5.5:  
Calving front of the Griesgletscher in  
1968, two years after the damming  
of Griessee.  
(Photo: Archives VAW)*



*Photo 5.6:  
Tongue of the Griesgletscher in 1998. The glacier no longer has contact with the lake.  
(Photo: M. Funk)*

beyond the highest point of the basal hill (A), the retreat accelerates as a result of the strong increase in the calving rate. Thus the calving front comes to be lying in ever deeper water, the calving rate continues to increase, and the retreat speeds up. However, at the point where the glacier terminus surpasses the lowest point (B) and the water becomes less deep at the calving front, the calving rate decreases and the retreat slows down again. Then the retreat behaviour can again be compared with the behaviour in the beginning phase. The flow velocity at the glacier terminus behaves over time in a similar way as the calving rate: when retreating in deeper water, it increases, and when in more shallow water, it decreases. Because these variations are slightly smaller than those of the calving rate, an accelerated retreat is the result of basal overdeepening.

Since, in the model calculations, the mass balance was changed only at the beginning and thus a constant climate was assumed, the rapid retreat is not considered as a direct climatic signal, but rather as a consequence of overdeepening. However, the thinning of the glacier as a result of negative mass balance plays a decisive role as a trigger for the dramatic retreat of the glacier.

These model calculations show that length variations for calving glaciers are strongly affected by glacier bed topography. Bed overdeepenings in the tongue region are typical for calving glaciers, and thus drastic glacier retreats can occur even when there is only slight climatic warming. By contrast, since a strongly positive mass balance and a long period of time (hundreds of years) are required in order for a glacier to advance, the rapid retreat of glaciers as described here represents an irreversible process in the medium term.

#### **Calving glaciers in the Alps**

Calving glaciers in the Alps are relatively rare, and the rates of calving compared with the examples from Alaska and Patagonia are relatively low. Melting at the front plays an important role in calving. When a lake was formed at the front of the Roseggletscher during retreat, the glacier began to calve (Figure 5.5). Due to the shallowness of the water, it is very difficult to determine the influence of calving on the retreat of the glacier. At the Triftgletscher too, in the last two years during the retreat phase, a lake was formed and with it a calving front. For this reason, increased retreat is to be expected in the years to come (Photos 5.7 - 5.9).

When various glacier tongues were flooded through the damming of water during the construction of hydro-power stations, artificially calving glaciers were formed, as for example at the Unteraargletscher in 1933, at the Oberaargletscher in 1953 and at the Griesgletscher in 1966 (Photos 5.5 and 5.6). Calving clearly accelerated the retreat in the short term (Figure 5.5), and all three glaciers have receded from the lake.

5. SELECTED GLACIOLOGICAL RESEARCH PROJECT



*Photo 5.7:  
Triftgletscher 1969.  
(Photo: Archives VAW / E. Pfister)*



*Photo 5.8:  
Triftgletscher 2001: The enormous wastage of  
the tongue and its retreat away from the rock  
barrier can be seen clearly.  
(Photo: E. Streich)*



*Photo 5.9:  
Triftgletscher 2000: The  
close-up photo of the  
terminus of the Triftglet-  
scher in autumn 2000  
shows both the loss of  
contact with the rock  
barrier, and the lake  
which formed at the  
calving front. There are  
indications that the ton-  
gue is splitting into pie-  
ces.  
(Photo: A. Spieler)*



## References

- Aellen, M., Kappenberger, G. e Casartelli, G.** (1996). Il ghiacciaio del Basòdino (Alpi meridionali Svizzere). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 18.
- Bauder, A., Vieli, A. und Hoelzle, M.** (2000). Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1999/2000. Auszug aus dem 120. Bericht der GK/SANW. *Zeitschrift "Die Alpen"* 10/2001, 22-31.
- Bauder, A. und Hoelzle, M.** (2001). Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 2000/01. Auszug aus dem 121. Bericht der GK/SANW. *Zeitschrift "Die Alpen"* 10/2002, 24-29.
- Bauder, A., Funk, M. und Bösch, H.** (2002). Glaziologische Untersuchungen am Glacier de Giétro im Zusammenhang mit der Sicherheit der Stauanlage Mauvoisin. *Moderne Methoden und Konzepte im Wasserbau, Symposium 7.-9. Oktober 2002 in Zürich. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich*, 175 (2), 419-431.
- Brown C. S., Meier M. F. and Post A.** (1982). Calving speed of Alaska tidewater glaciers, with application to Columbia glacier. *Technical report, US Geological survey professional paper*, 1258-C.
- Dyrgerov, M.B.** (2002). Glacier mass balance and regime: data of measurements and analysis. *Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado, Boulder*, 55, 88 p.
- Funk-Salami, F.** (2001). Allalingsletscher im Saastal - Ein Gletscher macht Geschichte. *Zeitschrift "Die Alpen"*, 9/2001, 33-37.
- Haeberli, W., Paul, F. and Maisch, M.** (2002). Mountain glaciers in global climate-related observation networks. *World Meteorological Organization Bulletin, Geneva*, 51 (1), 1-8.
- Hoelzle, M., Dischl, M. and Frauenfelder, R.** (2000). Weltweite Gletscherbeobachtung als Indikator der globalen Klimaveränderung. *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich*, 145 (1), 5-12.
- Hoelzle, M., Haeberli, W., Dischl, M. and Peschke, W.** (2002). Secular glacier mass balances derived from cumulative glacier length changes. *Global and Planetary Change*, 36 (4), 77-89.
- IAHS(ICSU) – UNESCO – UNEP** (1991). Glacier mass balance bulletin no. 1 (1988-1989). *World Glacier Monitoring Service (Haeberli, W. and Herren, E. eds.), ETH Zurich*, 1, 70 p.
- IAHS(ICSU) – UNESCO – UNEP** (1993a). Fluctuations of Glaciers 1985-1990. *World Glacier Monitoring Service (Haeberli, W. and Hoelzle, M. eds), ETH Zurich*, 6, 322 p.
- IAHS(ICSU) – UNESCO – UNEP** (1993b). Glacier mass balance bulletin no. 2 (1990-1991). *World Glacier Monitoring Service (Haeberli, W., Herren, E. and Hoelzle, M. eds.), ETH Zurich*, 2, 74 p.

THE SWISS GLACIERS 1999/2000 AND 2000/2001

- IAHS(ICSU) – UNESCO – UNEP** (1994). Glacier mass balance bulletin no. 3 (1992-1993). *World Glacier Monitoring Service* (Haerberli, W., Hoelzle, M. and Bösch, H. eds.), ETH Zurich, 3, 80 p.
- IAHS (ICSU) – UNEP – UNESCO** (1996). Glacier mass balance bulletin no. 4 (1994-1995). *World Glacier Monitoring Service* (Haerberli, W., Hoelzle, M. and Suter, S. eds.), ETH Zurich, 4, 89 p.
- IAHS(ICSU) – UNESCO – UNEP** (1998). Fluctuations of Glaciers 1990-1995. *World Glacier Monitoring Service* (Haerberli, W., Hoelzle, M., Suter, S. and Frauenfelder, R. eds.), 7, 296 p.
- IAHS (ICSU) – UNEP – UNESCO** (1999). Glacier mass balance bulletin no. 5 (1996-1997). *World Glacier Monitoring Service* (Haerberli, W., Hoelzle, M. and Frauenfelder, R. eds.), ETH Zurich, 5, 89 p.
- IAHS (ICSU) – UNEP – UNESCO** (2001). Glacier mass balance bulletin no. 6 (1998-1999). *World Glacier Monitoring Service* (Haerberli, W., Frauenfelder, R. and Hoelzle, M. eds.), ETH Zurich, 6, 93 p.
- IPCC** (2001). Climate Change 2001. *Synthesis Report*. Cambridge University Press, Cambridge, 397 p.
- Kappenberger, G. and Aellen, M.** (1998). The Basodino Glacier (Ticino, Switzerland) and its variations. *Convegno Internazionale di Meteorologia Alpina, (CIMA-ITAM), Torino*, 9, 163-166.
- Kappenberger, G., Aellen, M. e Casartelli, G.** (1995). Il ghiacciaio del Basòdino. *Nimbus*, 8.
- Kasser, P., Aellen, M. und Siegenthaler, H.** (1986). Die Gletscher der Schweizer Alpen 1977/78 und 1978/79. 99. und 100. Bericht (Jahrbuch) der GK/SNG, 288 S.
- Meier M. F. and Post A.** (1987). Fast tidewater glaciers. *Journal of Geophysical Research*, 92 (B 9), 9051–9058.
- MS** (1999-2001a). Monatlicher Witterungsbericht der MeteoSchweiz SMA, September 1999 - Oktober 2001.
- MS** (1999-2001b). *Annalen der MeteoSchweiz SMA*, 134.-136. Jg, 1999 - 2001.
- Müller, H. und Kappenberger, G.** (1991). Claridenfirn – Messungen 1914-1984. *Zürcher Geographische Schriften*, 40, 79 S.
- Naruse R. and Skvarca P.** (2000). Dynamic Features of Thinning and Retreating Glacier Upsala, a Lacustrine Calving Glacier in Southern Patagonia. *Artic, Antarctic, and Alpine Research*, 32 (4), 485–491.
- Van der Veen C. J.** (1996). Tidewater calving. *Journal of Glaciology*, 42 (141), 375–385.



- Van der Veen C. J., editor** (1997). Calving Glaciers. *Report of a Workshop, BPRC, Byrd Polar Research Center, Ohio State University, Columbus, Ohio*, 15.
- VAW** (1997). Gletscherveränderungen im Val de Bagnes 1966-1996. 55.04.7903 Bericht für die "Force Motrice de Mauvoisin SA", unpublished.
- VAW** (1998). Mauvoisin - Giétrogletscher; Corbassièregletscher. 55.05.7903 Bericht für die "Force Motrice de Mauvoisin SA", unpublished.
- Vieli, A., Funk, M. und Blatter, H.** (1997). Griesgletscher. Berechnungen des Gletscherfliessens und Perspektiven für die Zukunft. *Wasser, Energie, Luft*, 89 (5/6), 107-114.
- Vieli, A., Funk, M. and Blatter, H.** (2001). Flow dynamics of tidewater glaciers: a numerical modelling approach. *Journal of Glaciology*, 47 (159), 595 - 606.
- Warren C. R.** (1993). Rapid recent fluctuations of the calving San Rafael Glacier, Chilean Patagonia. climatic or non-climatic? *Geografiska Annaler*, 75, 111-125.
- WMO** (2000). WMO statement on the status of the global climate in 2000. *World Meteorological Organization, WMO*, Press Release No. 657 (<http://www.wmo.ch>).
- WMO** (2001). WMO statement on the status of the global climate in 2001. *World Meteorological Organization, WMO*, Press Release No. 670 (<http://www.wmo.ch>).

## Acknowledgements

The Glaciological Commission again received solid support in this 121<sup>st</sup>/122<sup>nd</sup> measuring period from its reliable team of observers. Sincere thanks for their cooperation are extended to: the forest workers from the cantons of Berne, Glarus, Grisons, Obwalden, St. Gallen, Uri, Ticino, Vaud and Wallis, the staff of the power stations Aegina, Mattmark, Mauvoisin and Oberhasli, all the individual helpers, the Geodesy Department of the Swiss Federal Office of Topography and Leupin AG (Gümligen). Climate, snow and discharge data were obtained by the MeteoSwiss, the Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research and the Federal Office for Hydrology and Geology. The Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology (VAW) at the Federal Institute of Technology (ETH), the Geographical Institute of the University of Zurich and many colleagues there provided valuable contributions to the publication of this glaciological report.

Many thanks are extended also to A. Vieli, who has contributed substantial parts of the 121<sup>st</sup>/122<sup>nd</sup> reports, to G. Kappenberger who collected and prepared the data for the Claridenfirn, and for the Ghiacciaio del Basòdino. E. Kraetzer prepared some of the drawings; and a special vote of thanks goes to Susan Braun-Clarke for translating the report.

# Appendix

## I Remarks on individual glaciers (in German, French or Italian)

### 1 Rhone

**2000:** Vermessungsflug am 23.08.2000. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch und A. Bauder VAW/ETHZ (VAW - A. Bauder).

**2001:** Vermessungsflug am 23.08.2001. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch und A. Bauder VAW/ETHZ (VAW - A. Bauder).

### 2 Mutt

**2000:** Es wurde während 21/2 Wochen nacheinander mit zwei Schulklassen vermessen mit Messband, Winkelprisma, Nivellier und Theodolit (U. Wittorf).

**2001:** Am 13. September 2001 waren der Gletscher und sein Vorfeld bereits wieder mit Schnee bedeckt, so dass, soweit erkennbar, Steinmannli errichtet wurden. Neuer Schneefall machte eine Messung zunächst unmöglich. Erst am 5. Oktober konnten die gestellten Steinmannli mit dem Messtisch aufgenommen werden; der Schnee hatte sich gesetzt (U. Wittorf).

### 3 Gries (Photos 5.5 and 5.6)

**2000:** Vermessungsflug am 23.08.2000. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch und A. Bauder VAW/ETHZ (VAW - A. Bauder).

**2001:** Vermessungsflug am 23.08.2001. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch und A. Bauder VAW/ETHZ (VAW - A. Bauder).

### 4 Fiescher

**2000:** Der Eissporn in der Gletschermitte ist nicht mehr vorhanden. Die Gletscherzunge hat sich weiter zurückgezogen (D. Vonder Mühl).

**2001:** Das Gletschertor ist im Gegensatz zum letzten Jahr ca. 80 m südöstlich gelegen (D. Vonder Mühl).

### 5 Grosser Aletsch

**2000 und 2001:** Vermessungsflug am 23.08.2000. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch und A. Bauder VAW/ETHZ (VAW - A. Bauder).

**7 Kaltwasser**

**2001:** Der grosse Schneefall des letzten Winters sowie der eher kühle Frühling und Sommer haben vermutlich zum Wachstum des Kaltwassergletschers geführt (M. Schmidhalter).

**10 Schwarzberg und**

**11 Allalin und**

**12 Kessjen**

**2000:** Vermessungsflug am 5.9.2000. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW - H. Bösch).

**2001:** Vermessungsflug am 24.8.2001. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW - H. Bösch).

**13 Fee**

**2000:** Die Gletscherzunge ist vom eigentlichen Gletscher durch eine riesige Felsnase getrennt. Der eigentliche Gletscher ist heute ca. 100 m weiter hinten. Am abgetrennten vorderen Teil haben wir die Messung aufgenommen (U. Andenmatten).

**2001:** Die Messung mit dem Reflektor im felsigen Gelände wird immer schwieriger. Daher haben wir nur einen Punkt aufgenommen. Wir werden ab nächstem Jahr die Messmethode ändern (U. Andenmatten).

**16 Findelen**

**2000:** Vermessungsflug am 08.09.2000. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch und A. Bauder VAW/ETHZ (VAW - A. Bauder).

**18 Lang**

**2000:** Neuer Messpunkt wurde eingerichtet - grosser Stein vor dem Gletschertor (H. Henzen).

**20 Brunegg**

**2001:** Es muss im nächsten Jahr eine neue Station eingerichtet werden, damit die Messung noch möglich ist (P. Tscherrig).

**22 Zinal**

**2000:** Le point A été eneveli (M. Barmaz).

**2001:** Le point A marqué en 2000 avait disparu. Un nouveau point A a été marqué (M. Barmaz).

**24 Moiry**

**2000:** Le point B n'est plus mesurable, car un éboulement de la moraine a recouvert entièrement la glace (M. Barmaz).

**2001:** Il n'est plus possible de mesurer le point A' selon le même Azimut car le glacier change de direction. C'est la raison pour laquelle nous avons pris un point A° (M. Barmaz).

**29 Cheillon**

**2000:** Le recul du glacier est plus marqué à l'endroit où la glace est moins épaisse (sud-est du glacier). Au nord-ouest l'épaisseur de la glace est plus importante (St. Sepepy).

**2001:** Recul moins important qu'en 2000 ceci dû à l'épaisseur de la glace sauf au point 7 où la couche est faible. Nouveau p1 à 41m, nouveau p2 à 30 m (St. Sepepy).

**30 En Darrey**

**2000:** Le glacier n'a pas bougé, par contre la couche de glace a diminué à l'avant (St. Sepepy).

**2001:** On peut remarquer un recul quasi nul mais l'épaisseur de la couche de glace diminue et il faudra s'attendre à un recul important au moment où cette couche disparaîtra (St. Sepepy).

**31 Grand Désert**

**2000:** Malgré un retrait plus marqué sur la partie gauche de la langue glaciaire, sur l'ensemble on constate peu de recul cette année. La partie rocheuse au centre du glacier est également plus accentuée. Les mesures des points 1-2-3 ont été estimées à partir des points A-B, en raison du lac en formation devant le glacier (F. Vouillamoz).

**2001:** On remarque cette année que les chutes de neige de septembre ont saupoudrés le glacier lui offrant un éclat étincelant. On constate également que le lac est entièrement formé (F. Vouillamoz).

**32 Mont Fort**

**2000:** On note cette année une certaine stabilité malgré la faible épaisseur de la langue glaciaire. On constate de nombreux éboulis de part et d'autre du glacier. On remarque également un petit lac en formation devant le point A (F. Vouillamoz).

**2001:** On constate cette année que des névés sont restés sur l'avant du glacier. Les chutes de neige du mois de septembre les recouvrent en partie. On note également que le petit lac en formation en amont du point A a gardé la même proportion (F. Vouillamoz).

**34 Otemma**

**2000:** Rive droite, le gros monticule de glace recouvert de gravier se creuse très fortement et les cônes de glace devant le front ont beaucoup diminués. Rive gauche, formation de nombreuses crevasses. A noter également le gros retrait des langues des Glaciers d'Epicoune et de l'Aouille, sur la rive gauche (J.-J. Chabloz).

**35 Mont Durand**

**2000:** Légère avancée du front, cependant la masse de toute la partie frontale entièrement recouverte de débris rocheux dont certains sont impressionnants, a considérablement diminué, aussi bien rive gauche que rive droite. Le portail a reculé d'environ 10 m, le gros creux au-dessus s'ouvre de plus en plus, là également, formation de nombreuses crevasses surtout rive gauche (J.-J. Chabloz).

**36 Breney**

**2000:** Rive droite, très forte ablation qui, si elle persiste fera disparaître la langue mesurée face au pt 21/94 et quelques problèmes de mesure se poseront. Axe pt 19/86, le front est pratiquement plat sur environ 20 m avec de la glace très friable (J.-J. Chabloz).

**2001:** Glacier recouvert de débris rocheux issus de la jonction du Glacier de Brenay et du Glacier de Serpentine (J.-J. Chabloz).

**37 Giéto**

**38 Corbassière**

**2000:** Vermessungsflug am 5.9.2000. Photogrammetrische Auswertung durch Leupin AG im Auftrag Force Motrice de Mauvoisin. Analyse durch A. Bauder VAW/ ETHZ (VAW - A. Bauder).

**2001:** Vermessungsflug am 5.10.2001. Photogrammetrische Auswertung durch Leupin AG im Auftrag Force Motrice de Mauvoisin. Analyse durch A. Bauder VAW/ ETHZ (VAW - A. Bauder).

**43 Trient**

**2001:** Depuis l'été 2000, le glacier s'est retiré dans une zone dangereuse, hors de portée du télémètre Wild que nous utilisons habituellement, c'est à dire à plus de 300 m du point C. Sur la rive gauche du glacier, il n'y a pas de zone sûre. Nous avons assisté à une chute de séracs importante. Des fragments de glace ont glissé le long du rocher jusqu'au lit du torrent. Aucun point n'est à l'abri des fragments de glace. Sur la rive droite, le flanc de la vallée est escarpé. Il doit être possible de trouver un point pas trop exposé. En cas de grosse chute de séracs, cette partie de la vallée semble menacée également. Il faudrait encore explorer le chemin qui mène à la fenêtre d'Arpette. Peut-être qu'un point vers 1900 m serait un bon point d'observation, à l'abri des chutes de séracs. Le point sera choisi lors d'une prochaine sortie, en 2002. Comme

le télémètre Wild n'était plus utilisable, nous avons procédé aux mesures grâce à un théodolite, à partir du point C et du point B. En 2001, le retrait a été moins important qu'en 2000, année record depuis le début du XXème siècle. On estime ce retrait à 30 m environ. La langue présente toujours un aspect aplati qui signale une phase de recul. De nombreuses crevasses au front montrent que la langue perd de l'épaisseur et ne semble plus suffisamment alimentée pour compenser la fonte et les éboulements (J. Ehinger).

#### 44 Paneyrosse

**2000:** Peu de différence car les 2 mesures sont latérales (J.Ph. Marlétaz).

#### 47 Sex Rouge

**2000:** Nouveau repère déterminé en 2000 par J. Binggeli et confirmé par A. Bauder le 27.08.2001. Porte le numéro 4 en référence à la nouvelle barre de mesure déterminée le 27.08.2001 (J. Binggeli).

**2001:** Nouvelle barre de mesure déterminée avec A. Bauder et M. Raymond.

1 = Gl 121 (ancien)

2 = Gl 120 (ancien)

3 = repère intermédiaire (+ sur rocher) ancien?

4 = repère déterminé en 2000 (24.08.) par J. Binggeli et confirmé par A. Bauder le 27.08.2001

5 = nouveau (tête rocheuse sur arête)

6 = nouveau (dalle le long de l'arête)

Il y a donc dès 2001 6 repères pour le Sex Rouge (J. Binggeli).

#### 48 Prapio

**2001:** Nouveau repère en remplacement de Gl 122 et 123 aujourd'hui disparus (inspection et mesures du 27.08.2001 avec A. Bauder et M. Raymond) (J. Binggeli).

#### 51 Unteraar

**2000:** Vermessungsflug am 11.8.2000 (VAW - A. Bauder).

**2001:** Vermessungsflug am 22.8.2001. Auswertungen werden zu einem späteren Zeitpunkt für mehrere Jahre gleichzeitig gemacht (VAW - A. Bauder).

#### 52 Gauri

**2001:** Die Wasserfläche zwischen dem Fels mit den Messpunkten und der Gletscherzunge hat sich weiter vergrößert. Die Gletscherzunge ist teilweise unter Wasser, ebenso das Gletschertor. Da es nicht mehr möglich ist, bis zum Gletscherrand zu gelangen, ist auch die bisherige Mess-

methode mit dem Messband nicht mehr möglich. Schätzungsweise ist der Gletscher wiederum 10 - 20 m zurückgegangen (R. Straub).

**53 Stein**

**2000:** Der Gletscher ist im unteren Bereich dünn geworden und die Gletscherzunge hat sich stark abgeflacht (R. Straub).

**2001:** Die rechte Seite ist mit Schutt (Verwitterungsmaterial) überdeckt und schmilzt weniger stark ab als die schutfreie linke Seite (R. Straub).

**54 Steinlimi**

**2001:** Die rechte mit Schutt bedeckte Seite ist seitlich so stark abgeschmolzen, dass die Messung von Pkt. 5 ca. 100 m am Gletschereis vorbei geht und nicht mehr repräsentativ ist. Die Messung von Pkt. 5 wird aufgegeben und durch Pkt. 4 ersetzt (R. Straub).

**55 Trift** (Photos 5.7 - 5.9)

**2001:** Die Gletscherzunge ist nun total von Wasser umgeben (O. Lüthi).

**57 Oberer Grindelwald**

**2000 und 2001:** Weiterer Rückgang und markanter Massenverlust (H. Boss).

**59 Eiger**

**2000:** Massiver Rückgang auf der ganzen Breite, flacher Aspekt, starke Unterhöhungen. Neu angelegt wurden die Punkte C'' und D', sowie alte nachgefärbt. Der Fotostandort wurde leicht verlegt und markiert (Steinmannli) weil der Gletscher vom alten Ort her schlecht zu sehen war. Im nächsten Jahr beschliessen wir über einen Wechsel der Messrichtung. Die Höhe des Gletschertores wurde neu bestimmt. Der Punkt D (alt) hat die Höhe 2198 m ü.M. (R. Zumstein).

**2001:** Punkt E' neu angelegt. Gletscher schneebedeckt, erschien kompakt ausser bei Punkt C, wo Eisschollen und Eisbrücken anzutreffen waren. Einziger Punkt mit Wachstum. Punkt A verfälscht infolge sehr tangentialer Messrichtung das Gesamtergebnis, das einen erstaunlich geringen Rückzug aufwies (über 7x kleiner als Vorjahr) (R. Zumstein).

**60 Tschingel**

**2000:** Gletschertor am rechten Gletscherrand erscheint mächtiger, Graben noch tiefer, grosse Schuttmengen werden frei. Rückzug auf der ganzen Linie. Gletscher eher flacher als im Vorjahr. Schrunde verschwinden (R. Zumstein).



**2001:** Kompakte, bis 60 cm hohe Schneedecke erschwerte die Messungen. An 4 Punkten konnte endlich gemessen werden. Im nächsten Jahr sollten die Punkte untereinander eingemessen und einzelne Steinmannli gesetzt werden. Das Rückzugsmass soll 2002 über alle Punkte verifiziert werden (Grössenordnung stimmt). Seit 27 Jahren erstmalige Situation, weil auch die rückversetzten Punkte nicht aufgefunden werden konnten (R. Zumstein).

## 62 Schwarz

**2000:** Der Schwarzgletscher konnte wegen Schutt und Geröll auf dem Gletschereis 1999 nicht gemessen werden. Gegenüber dem Vorjahr hat sich bezüglich der Messpunkte g, e und f nichts geändert. Dort, wo der Rand der Gletscherzunge die Masslinien schneiden sollte, ist meterhoch Schutt und Geröll. Einzig Punkt d am Rand wäre messbar, aber wegen seiner peripheren Lage nicht repräsentativ. Das Problem besteht darin, dass von den Bergflanken links und rechts zunehmend Schutt und Geröll fällt und den Gletscher überdeckt. Die Mächtigkeit der Ablagerung nimmt zu. Es ist kein Eis zu sehen. Dort wo der Schwarzbach entspringt, ist die Gletscherzunge auf einer Breite von 10 m mit weniger Schutt bedeckt, so dass teilweise das Eis freigelegt werden kann. Ein Messpunkt lässt sich dort momentan nicht einrichten (Bachbett). Solange die Gletscherzunge nicht eindeutig bestimmbar ist, können keine sinnvollen Messungen ausgeführt werden. Der Gletscher sollte weiterhin periodisch beobachtet werden, um allenfalls die Wiederaufnahme der Messungen zu einem günstigen Zeitpunkt zu ermöglichen (U. Vogt).

**2001:** Punkt h neu provisorisch auf Steinplatte markiert, da Gletschertor wieder sichtbar. Alle übrigen Punkte wegen Schuttbedeckung nicht messbar (U. Vogt).

## 63 Lämmern

**2001:** Punkt b' wegen Bach nicht mehr messbar. Neu Punkt d' festgelegt (von A' aus). Gletscherzunge sehr dünn, noch 50 cm dick am Rand (U. Vogt).

## 64 Blümlisalp

**2000:** Sehr markanter Schwund. Längen- und Höhenverlust (U. Fuhrer).

**2001:** Deutliche Abnahme der Gletscherhöhe, neue Felsköpfe werden sichtbar (U. Fuhrer).

## 65 Rätzli

**2000:** Keine Veränderung der Gletscherzunge, aber doch starkes Abschmelzen des Gletschers (Ch. v. Grünigen).

**2001:** Stationär bis leichter Rückgang (Ch. v. Grünigen).

## 66 Tiefen

**2000:** Für das Rückzugsmass wurden nur die Punkte 99 und 97 A berücksichtigt. Das Gletscherende bei Punkt 95 lag unter Schnee. Der Punkt 97 A dient als Ersatz für den bisherigen Punkt 97. Der neue Punkt liegt 3.0 m näher beim Gletscher, wodurch die alte Distanz gegenüber 1999 um 3.0 m reduziert wurde. Der alte Messpunkt wurde öfters durch Geschiebe überdeckt oder sogar zerstört. Im südlichen Zungenbereich konnte ein neuer Fixpunkt (2000) eingerichtet werden. Dank optimaler Lage auf einem Felsen können von hier alle Messpunkte, das Gletschertor und der ganze Zungenbereich überblickt werden (J. Marx).

**2001:** Der Gletscher war im Zungenbereich teilweise mit Neuschnee bedeckt. Der Eisrand musste unter 60 - 70 cm Neuschnee gesucht werden. Der Rückzug erfolgt auf der ganzen Front mehr oder weniger gleichmässig. Der südliche Rand, wo auch das Tor liegt, ist stark mit Schutt überdeckt, was zu einer Konservierung der Eises führt. Vor den Punkten 95 und 99 hat die Mächtigkeit in den letzten Jahren stark abgenommen (J. Marx).

## 67 Sankt Anna

**2000:** Der nordöstliche Gletscherrand in Blickrichtung St. Annalücke hat sich in den letzten Jahren massiv zurückgebildet. Der Gletscher weist in diesem Bereich nur noch eine geringe Mächtigkeit auf. Der Eisstrom wird praktisch nur noch aus den Partien unter dem Chastelhorn genährt. Punkt 86 konnte seit 1997 erstmals wieder gemessen werden. Im Rückzugsmass ist diese Veränderung nicht berücksichtigt, weil sie das Bild stark verfälschen würde. 161.1 m vor Punkt 86 wurde ein neuer Fixpunkt 2000 eingerichtet, um die Messdistanz zu reduzieren (J. Marx).

## 68 Kehlen

**2001:** Der Rückzug ist bei allen Messpunkten markant. Um die Messdistanzen zu reduzieren, sind 6 neue Messpunkte eingerichtet worden. Alle neuen Punkte liegen auf gewachsenem Fels (M. Planzer, J. Marx).

## 69 Rotfirm

**2000:** Der über der Chelentalpreuss liegende Zungenteil ist stark eingesackt. Durch das Gletschertor ist der Blick in Richtung Chelengletscher frei. Der auf der linken Bachseite liegende Zungenteil wird in absehbarer Zeit vom Gletscher abgetrennt werden (M. Planzer, J. Marx).

**2001:** Der rittlings über der Chelentalpreuss liegende Zungenteil hat sich weiter abgebaut. Der im Talboden liegende Zungenbereich ist mit einer kompakten Schuttdecke überzogen. An drei Stellen konnten auf grossen Blöcken neue Messpunkte eingerichtet werden (M. Planzer, J. Marx).

**70 Damma**

**2001:** Der Rückzug verläuft an allen Messpunkten gleichmässig. Der Zungenbereich hat in den letzten Jahren stark an Mächtigkeit eingebüsst. Dank der starken Überdeckung durch Schutt wird der Rückgang auf der ganzen Breite verzögert. Auf drei Blöcken konnten neue Messpunkte eingerichtet werden (M. Planzer, J. Marx).

**71 Wallenbur**

**2000:** Der Rückgang liegt im Rahmen der letzten Jahre. Die im Jahre 1999 z.T. auf Schätzungen beruhende Messung erscheint realistisch (J. Marx, P. Kläger).

**2001:** Der ganze Zungenbereich ist mit einer Schuttdecke überzogen. Entsprechend sind die Messpunkte oft verschüttet (J. Marx, P. Kläger).

**73 Hüfi**

**2000:** Im Vorjahr war eine zuverlässige Messung nur im Punkt 1997 möglich, weil im Bereich der übrigen Messlinien Lawinenschnee lag. Um ein repräsentatives Resultat zu erhalten, wurden für den Vergleich die Distanzen von 1998 eingesetzt. Damit bezieht sich der Rückgang im Jahre 2000 auf 2 Jahre (A. Arnold).

**2001:** Der Rückgang fällt mit 25.60 m in einem Jahr markant aus. Diese Tatsache hat sich bereits 1995 abgezeichnet als die Mächtigkeit stark abnahm (B. Annen).

**74 Griess**

**2001:** Punkt Ost schwierig erkennbar (Schutt). Dank einer massiven Schuttdecke ist der Griessfirn mehr oder weniger stationär (B. Annen).

**75 Firnalpeli**

**2000:** Viel Firnschnee im untersten Bereich der Gletscherzunge (R. Imfeld).

**2001:** Der Gletscher wurde dieses Jahr nicht gemessen infolge des frühen Wintereinbruchs im September (R. Imfeld).

**76 Griessen**

**2000:** Das Rotorblatt eines abgestürzten Helikopters kommt aus dem Gletscher zum Vorschein (R. Imfeld).

**2001:** Der Gletscher wurde erstmals von Wildhüter Werner Bissig gemessen (R. Imfeld).

### 77 Biferten

**2000:** Mittels Vektormessung vom Punkt H zu einem temporären Fixpunkt (26000098). Die Begehung der Gletscherzunge gestaltete sich als sehr schwierig und gefährlich. Der Gletscherschwund ist beträchtlich. Der Abstand des tiefsten Gletscherpunktes, der sich wiederum 4 m nach oben auf die Kote von 1937.4 m ü.M. (1999: 1933.2 m ü.M.) zurückzog, zur Fassung 2, bereits 83.0 m (1999: 61.8 m). Der Wasserstand beim tiefsten Punkt liegt 8.5 m tiefer, also auf der Höhe von 1928.9 m ü.M. Von der Höhekote 1966.7 m ü.M. ist es immer noch recht schwierig den Gletscherrand zu identifizieren, liegt dort doch dermassen viel Geröll und Schutt. Der Aufnahmestandort ist Punkt 101. Ein zweites Gletschertor öffnet sich bei der Höhe von 2004.1 m ü.M., wo gut 20 m tiefer ein zweiter mächtiger Gletscherbach sich den Weg ins Tal sucht. Wie bereits im letztem Bericht erwähnt, versuche ich mittels einer Punkterfassung im Bereich: Bruch des unteren Gletscherfeldes zum Gletscherende, das Massenverhalten zu dokumentieren, dabei ist die neue Höhe von 2025.5 m ü.M. gegenüber dem Vorjahr ebenfalls um 9.0 m geschrumpft. Da der Punkt jedoch nicht identisch am Ort vom Vorjahr erfasst wurde, muss dieser Vergleich noch etwas vorsichtig bewertet werden (H. Klauser).

**2001:** Den temporären Fixpunkt wird vom Fixpunkt 26002036 aus bestimmt. In den nächsten Jahren wird diese Stelle jedoch mehr nach Süden verlegt werden müssen, da die Einsicht zum Gletscher von dieser Stelle nicht mehr optimal ist. Da sich der Gletscher wiederum um 10 m weiter von der Bifertenfassung 2 entfernt hat, beträgt dieser Abstand nun 93 m. In diesem Bereich befindet sich auch der tiefste Punkt, der sich von 1937.4 m ü.M. im letzten Jahr, auf die neue Höhe von 1949.3 m ü.M. hinaufbewegt hat. Das 10 m hohe Gletschertor ist äusserst imposant. Der Gletscherbach fliesst somit auf der Höhe von 1939.3 m ü.M. aus dem Gletscher. Die Vermessung dieses Bereiches stellt hohe Anforderungen. Das Gesamtergebnis der Längenänderung ist in etwa dem Vorjahr entsprechend und beträgt genau - 9.0 m (H. Klauser).

### 78 Limmern

**2001:** Wenig September Schnee. Kein Firn vorhanden (U. Steinegger).

### 79 Sulz

**2000:** Die diesjährige Messung ergab einen mittleren Vorstoss von + 4.4 m in einem Jahr. Damit hat der Sulzletscher erstmals seit 1984 wieder zugelegt (T. Rageth).

**2001:** Die diesjährige Messung ergab einen mittleren Rückzug von - 9.3 m in einem Jahr. Damit hat der Sulzletscher den Vorstoss in der letzten Periode von + 4.4 m bereits wieder um das Doppelte kompensiert (T. Rageth).

### 80 Glärnisch

**2000:** Die rund 50 aufgenommenen Punkte zeigten schliesslich das in den vergangenen Jahren gewohnte Bild, auch der Glärnischletscher zieht sich weiterhin zurück. Auch die Höhenaus-

wertung zeigt beim tiefsten Punkt einen Rückzug von ca. 2.0 m von 2295.6 m ü. M. auf 2297.4 m ü.M. Die Messung erfolgte wiederum von den Punkten 3 und 10 und zwar mit dem elektronischen Theodoliten T1000. Die 6.8 m Rückzug zeigen auch am Glärnisch die momentan, sehr warme Phase deutlich auf. Dies obwohl der Glärnischgletscher über lange Zeit mit Schnee bedeckt war, konnte diese Situation dem Gletscherschwund keinen Einhalt gebieten (H. Klauser).

**2001:** In den letzten Jahren zog sich der Gletscher zurück. Diese Tendenz ändert sich auch dieses Jahr nicht, trotz recht guter Schneedecke über dem Firn bis Ende des Monats Juli. Vom neuen Fixpunkt Nr. 23000012 kann bis auf wenige Punkte wieder ohne Sichthindernisse der Gletscherrand erfasst werden. Die 90 erfassten Punkte zeigen wiederum ein eindeutiges Resultat: der Gletscher schwindet um 2.5 m. Drei Gletscherbäche suchen sich den Weg ins Tal, doch ein eigentliches Gletschertor kann nirgends ausgemacht werden. Der tiefste Punkt hat sich zum letzten Messjahr nur um 0.1 m auf die Höhe von 2297.5 m ü.M. vermindert. Dies zeigt, wie flach der Gletscher an dieser Stelle ist. In diesem Bereich ist der Gletscher sehr dünn. Dieser Teil wird wohl bei den nächsten Messungen völlig wegschmelzen und so zu einer weiteren Verringerung der Gletschermasse beitragen (H. Klauser).

### **81 Pizol**

**2000:** Die Messungen erfolgten in den Messpunkten 1, 3, 4 und 5, wieder ab der C-Linie; im Messpunkt 2 und 6 ab der B-Linie. Alle Messungen erfolgten im Azimut 250 mit dem Fadennessgerät. Der Gletscher war im oberen Bereich leicht schneebedeckt, und im Mittelbereich fiel das schöne Blau eis auf. Der Messpunkt C2 war immer noch von Eis zugedeckt und daher nicht erkennbar. C6 ist im Randbereich einer flachen Eiszunge wieder aufgetaucht. Die Messung erfolgte ab diesem Punkt talabwärts (negativ). Zum Vergleich wurde ebenfalls von B6 aus (wie im Vorjahr) gemessen (A. Hartmann).

### **83 Punteglias**

**2001:** Die Messung konnte aus Sicherheitsgründen (Steilabsturz mit Steinschlag) nur für 5 der 8 Basispunkte ausgeführt werden. Das Ergebnis – Rückzug um fast 16 m in zwei Jahren – ist deshalb möglicherweise etwas zu hoch ausgefallen. Im Jahr 2002 wird wohl eine neue Basislinie weiter nördlich eingerichtet werden müssen (GPS); die Messdistanzen haben sich seit der letzten Änderung (1991) wieder stark vergrößert. Der bisher aufgenommene Zungenlappen am Ost- bis Südostrand des Sees steht praktisch nicht mehr in Verbindung mit dem aktiven Gletscher und kann als Toteis bezeichnet werden. Grössere Toteisinseln gibt es auch südlich der Mitte des Gletschers. Vor allem in der Mitte (Messpunkte 9110-9112) kann von einem eigentlichen Kollaps des Gletschers gesprochen werden. Dieser Prozess hat schon vor mehreren Jahren begonnen, scheint sich aber noch zu verstärken (H. Klöti).

#### 84 Lenta

**2000:** Auffälliger als der Längenzug ist ein deutlicher Volumenschwund feststellbar (B. Parolini).

**2001:** Der Rückzug schreitet unvermindert fort. Zwischen der Linie B/C ist ein kleiner Teil des Gletschers als Toteis abgetrennt worden (B. Parolini).

#### 85 Vorab

**2000:** Punkt 1 ist vom Pistenbetrieb (Winter + Sommer) beeinträchtigt. Es wird Schnee auf das Gletscherende gestossen. Punkt 5 ist von einer ca. 10 cm dicken Schneeschicht bedeckt (11.09.00) (R. Hefti).

**2001:** Der sehr flach auslaufende Gletscher ist dieses Jahr für eine Messung nicht genügend ausgeapert (R. Hefti).

#### 86 Paradies

**2000:** Erstmals wurden die Koordinaten und Höhen sämtlicher Basispunkte: GL7, GL152, GL180, GL181, HP1 und HP2 mit GPS ermittelt. Die Punkte und verschiedene Zungenstände wurden auf einem Plan 1 : 2'000, basierend auf dem Übersichtsplan 1 : 10'000 des Jahres 1989 eingetragen. Die Gletschermasse hat erneut stark abgenommen. Die Abnahme ist jedoch aus der Flächenänderung nicht ersichtlich (O. Hugentobler).

**2001:** Am Messtag war das Zungenende noch eingeschneit. Der Schnee war teilweise vom Sommer/Herbst 2001 und teilweise noch vom Winter 2000/01. Die Messung folgte der Schnittstelle Eis/Schnee – Fels/Geröll. Es war nicht möglich, das eigentliche Zungenende präzise zu bestimmen (O. Hugentobler).

#### 87 Suretta

**2000:** Die Gletschermasse hat sich erneut zurückgebildet. Verschiedene Felsköpfe sind völlig ausgeapert. Auf rund 2'300 m ü.M bildet sich eine Ablösungszone. Die Messung des Rückganges ist nicht eindeutig, da das eigentliche Zungenende mit Schutt überdeckt ist (O. Hugentobler).

**2001:** Das Zungenende war völlig von Lawinenschnee des schneereichen Winters 2000/01 und von Neuschnee des Septembers 2001 überdeckt. Seit 1997 konnte das Zungenende nie mehr in ausgeapertem Zustand ermittelt werden. Der Schmelzprozess schritt im gleichen Zeitraum im oberen Gletscherteil unvermindert weiter. Bei Randstellen mit grösseren Steinen war ersichtlich, dass sich der Lawinenschnee der Vorjahre teilweise verfirnte. Die Messung folgte dem stabilen Schneerand. Die Mächtigkeit am Zungenende betrug ca. 1.0 m. Der ermittelte "Vorstoss" von 103.20 m gegenüber dem Vorjahr ist kein echter Vorstoss, sondern lediglich die Differenz

zwischen dem vermutete Rand des verfirnten, teilweise auf dem Gletscher liegenden Lawinenschnees vom Herbst 2000 und dem Herbst 2001 (O. Hugentobler).

### 88 Porchabella

**2000:** Die Messungen konnten bei einwandfreien Bedingungen durchgeführt werden und sind somit aussagekräftig. Es wurden beide Felsköpfe vermessen (bei Punkt 2861 m ü.M.). Kleiner Kopf: Massenabnahme 1999 - 2000: - 0.96 m. Grosser Kopf: Kein Ergebnis aufgrund eines Messfehlers. Zusätzlich wurden die Messungen mit GPS durchgeführt und ab dem nächsten Jahr werden die Ergebnisse auf GIS ausgewertet und geliefert (Chr. Barandun).

**2001:** Der Messpunkt 1 (M1) entspricht dem Hilfspunkt der Messungen bis 2000. Im Bereich des Gletscherrandes konnten die Aufnahmen trotz etwas Septemberneuschnees bei guten Bedingungen durchgeführt werden. Die Messungen im Bereich der Felsköpfe musste sich auf Grund der Spaltengefahr auf den grossen, oberen Kopf beschränken. Die Qualität dieser Aufnahmen wurde zudem durch grosse Alt- und Neuschneemengen beeinträchtigt. Auf eine Auswertung der Massenveränderung musste deshalb verzichtet werden. Zum ersten mal wurden auf dem Gletscher 2 Schnitte resp. Längsprofile aufgenommen. Folgeaufnahmen sollten bessere Aussagen zur Massenänderung erlauben! Die Länge dieser 2 Linien kann angepasst werden (Chr. Barandun).

### 89 Verstankla

**2000:** Gut die Hälfte des Gletschers war ausgeapert. Alle vier Messpunkte liessen sich auffinden. Dabei zeigte sich, dass stellenweise die Farbmarkierungen verblasst sind und erneuert werden müssen. Die Begrenzung der Gletscherzunge liess sich mit wenigen Ausnahmen deutlich erkennen, sodass alle Abstände zu den Kontrollpunkten eingemessen werden konnten. Trotz der reichlichen winterlichen Schneefälle zog sich der Verstanklagletscher 15 m zurück. Seit Jahrzehnten versucht sich der Gletscher über eine Talstufe zurückzuziehen. Jetzt ist die Gletscherzunge annähernd am oberen Rande angelangt. Der Gletscher hat sich bei drei Messpunkten zurückgezogen, besonders stark beim Punkt 0 mit 36 m. Unverändert blieb der Abstand beim Punkt Po', dort verhinderte Moränematerial den Schmelzprozess. Nur das Gletschertor in der südlich liegenden Gletscherhälfte ist deutlich erkennbar. Dort ist das Eis über dem Wasseraustritt stark abgeflacht. Etwa 1/3 des Wassers quillt aus dem Geröll unter dem nördlich liegenden Gletscherteil hervor (J. Stahel).

**2001:** Alle vier Messpunkte liessen sich sofort auffinden. Dabei zeigte sich, dass stellenweise die Farbmarkierungen verblasst sind und erneuert werden müssen. Die Begrenzung der Gletscherzunge liess sich durchwegs deutlich erkennen, sodass alle Abstände zu den Kontrollpunkten eingemessen werden konnten. Der Gletscher ragt nun nur noch wenig in die steile Partie hinunter. Die Gletscherzunge ist beinahe am oberen Rand der Steilstufe angelangt. Der Gletscher hat sich bei drei Messpunkten zurückgezogen, am stärksten beim Punkt 0 mit 10 m. Leicht nach vorne gestossen ist der Gletscher nur bei P2', eventuell verhinderte hier das Moränematerial den Schmelzprozess. Nur das Gletschertor in der südlich liegenden Gletscherhälfte

te ist deutlich erkennbar. Dort ist das Eis über dem Wasseraustritt stark abgeflacht. Der Abfluss des Wassers teilt sich je zur Hälfte auf das nördliche und südliche Gletschertor. Auf der ganzen Breite des Gletschers sind kleinere Wasseraustritte aus dem Geröll festzustellen. Am 20.10.01 fand eine erste Probemessung mit GPS statt. Leider konnte dabei der Gletscherrand unter dem Schnee nicht mehr eindeutig erkannt werden. Ab dem nächsten Jahr wird die Einmessung aber definitiv mit GPS durchgeführt (M. Maikoff).

#### **90 Silvretta**

**2000:** Vermessungsflug am 09.09.2000. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch und A. Bauder VAW/ETHZ (VAW - A. Bauder).

#### **91 Sardona**

**2000:** Im oberen Bereich wies der Gletscher eine leichte Schneebedeckung auf. Der Gletscherrand war ausser bei den durch Schutt überführten Stellen meistens gut erkennbar. Die Messpunktmarkierungen wurden wiederum rot nachgefärbt. Die Messungen erfolgten ab den Messpunkten 1, 2, 3, 4, 5 und 6. Alle Messungen wurden mit dem Fadenmessgerät im Azimut 295 vorgenommen. Der Gletscherrand war bei den Punkten 1, 3 und 5 als klar definierter Eisrand gut erkennbar. Bei Punkt 2 war der Gletscherrand von Schutt überdeckt. Er konnte für die Messung jedoch relativ sicher vermutet werden. Er befindet sich weiter talwärts als der im Vorjahr eingemessene Firn. Bei den Punkten 4 und 6 war der Eisrand wegen Firnüberdeckung nicht erkennbar. Bei Punkt 4 sind dieses Jahr besonders die grossen, vom Gletscher transportierten Blöcke, aufgefallen. Die letztes Jahr bei Punkt 6 gemeldete Firnzunge hat sich kaum verändert. Die Spalten waren wieder wie vor zwei Jahren an den gleichen Stellen deutlich erkennbar. Die 1999 festgestellten kleinen Firnfelder unterhalb des Gletschers haben sich ebenfalls kaum verändert. Mit dem ungenau bestimmten Punkt 2 errechnet sich über alle Messpunkte ein mittlerer Vorstoss von 1.1 m. Wenn man nur die Eisrandpunkte 1, 3 und 5 mit den Vorjahreswerten vergleicht, ergibt sich ein durchschnittlicher Rückzug um 1.0 m. Vergleich mit dem Vorjahr: Im Februar 1999 gab es einen grossen Schneezuwachs, und der Sommer 1999 war nass und auf Gletschniveau nasskalt, was die Abschmelzung bremste. Folge: Vorstoss. Der Winter 1999/2000 brachte noch grössere Schneemengen. Im Frühling 2000 gab es eine starke, föhn-unterstützte Schneeschmelze und der Sommer war, abgesehen vom nasskalten Juli, lang und warm. Folge: Starke Abschmelzung auf Vorjahresniveau (A. Hartmann).

#### **92 Roseg**

**2000:** Es treiben Eisschollen auf dem Gletschersee. Die Zunge ist orographisch rechts aberodiert und wird immer 'dünner' (G. Bott).

**2001:** Es treiben Eisschollen auf dem gefrorenen Gletschersee. Rekord-Abschmelzung wegen des Nichtgefrierens der Böden (G. Bott).



**93 Tschierva**

**2000:** Neuer Fixpunkt; gleiche Messrichtung: 440 m / 80 m orographisch links (Blaues Kreuz auf Felsplatte). Orographisch rechts kommt Felsuntergrund zum Vorschein (G. Bott).

**2001:** Sehr gute Messbedingungen. Kantonaler Archäologischer Dienst hat zahlreiche Holzproben entnommen (G. Bott).

**94 Morteratsch**

**2000:** Neue Gletschertore entstanden. Orographisch rechts: grosser Schwund. Viele oberflächliche Wasserrinnen. Seen im Vorfeld haben weniger Wassertiefe (G. Bott).

**2001:** Sehr gute Messbedingungen. Orographisch rechts: grosser Eisschwund. Boden im Winter 2000/01 nicht gefroren gewesen (G. Bott).

**95 Calderas**

**2000:** Fixpunktstein unter Lawine und ev. weggespült? Gemessen ab altem Fixpunkt (Steinmännchen). Grosser Eisschwund orographisch links (G. Bott).

**2001:** Fixpunktstein wieder ok. Viel Schmelzwasser! Viel Geröll auf dem Eis am orographisch rechten Zungenrand (G. Bott).

**96 Tiatscha**

**2000:** Der vermeintliche Gletschervorstoss beim Punkt E ist auf ein Gletscherabbruch zurückzuführen, der die eigentliche Gletscherzunge an diesem Punkt überdeckt hat. Der Gletscher unterhalb des Felsbandes ist, sowohl was seine Länge wie auch seine Mächtigkeit betrifft, sehr stark zurückgegangen. Er ist nur noch durch ein ca. 2 m breites Band mit der Abbruchfront oberhalb des Felsbandes verbunden. Bei gleich bleibendem Rückzug dürfte der Tiatscha nächstes Jahr wieder den Stand wie in den 60-er Jahren erreicht haben (keine Gletscherreste mehr unterhalb des Felsbandes; Höhekote des tiefsten Punkt ca. 2'510 m ü.M) (M. Stadler).

**2001:** Der gemessene "Vorstoss" ist auf mehrere Gletscherabbrüche in diesem Jahr zurückzuführen. Der Rest der alten Gletscherlinie ist z.Z. mehrheitlich von Abbrüchen überdeckt, ist aber selber nicht mehr mit dem eigentlichen Gletscher verbunden. Dieser befindet sich nun auf einer Höhekote von ca. 2'620 m ü.M (tiefster Punkt; Stand wie in den 60-er Jahren). Es ist davon auszugehen, dass diese Abbrüche in den nächsten Jahren in diesem Stil weiter gehen werden. Die Länge des Gletschers wird aber auf Grund der Felskante mehr oder weniger stationär bleiben. Es wäre zu diskutieren, wie der Gletscher in Zukunft zu messen ist, da das jetzige System meines Erachtens zu einem falschen Bild führen wird (Vorstösse auf Grund von Abbrüchen, aber keine Verbindung mehr zum Hauptgletscher!) (M. Stadler).

### 97 Sesvenna

**2000:** In diesem Jahr verzeichneten wir einen durchschnittlichen Rückzug des Gletscherfusses von 1.65 m. Das Gletschervorfeld war am Tag der Messung bereits mit Neuschnee bedeckt. Trotzdem konnte man den Gletscherrand noch gut feststellen und einmessen. Im Bereich der Messlinie Nr. 4 ist der Gletscher mit Schutt überlagert. Auffallend in diesem Jahr ist der verhältnismässig starke Rückgang des westlichen Gletscherteils, Messlinie Nr. 1. Hier hat sich wiederum ein kleines Gletschertor gebildet. Im nächsten Jahr muss eine neue Basislinie abgesteckt werden (L. Rauch).

**2001:** In diesem Jahr verzeichneten wir einen überdurchschnittlichen Rückzug des Gletscherfusses von 8.0 m. Auffallend ist der starke Rückzug des mittleren Teiles des Gletschers. Dieser Bereich war seit Jahren mit Schutt überdeckt, welcher offenbar den Schmelzvorgang verzögerte. Hingegen ist die Längenänderung der seitlichen Gletscherteile minimal. Auf der Höhe der Messlinie Nr.1 hat sich wiederum ein kleines Gletschertor gebildet (L. Rauch).

### 98 Lischana

**2000:** Wegen der frühen Einwinterung konnten wir in diesem Jahr den Gletscher nicht einmessen. In den letzten Jahren verzeichneten die seitlichen Zonen und der obere Gletscherrand einen sehr starken Schwund. Messbar sind nur noch die Linien 3 bis 5. Auch weist der Gletscher nur noch eine geringe Mächtigkeit auf. Im nächsten Jahr sollte eine genaue Vermessung des ganzen Gletscherrandes mit GPS vorgenommen werden und in Zukunft sollte man auf eine Messung verzichten (L. Rauch).

**2001:** Wegen der geringen Mächtigkeit des Gletschers, ist der Gletscherrand immer starken Längenänderungen ausgesetzt. Hingegen hat der Gletscher wiederum stark an Mächtigkeit verloren und falls dieser Prozess anhält, dürfte der Gletscher innerhalb der nächsten Jahrzehnte ganz verschwinden. Auf der Höhe der Messlinie Nr. 4 bildete sich vor dem Gletscherrand ein kleiner See (L. Rauch).

### 99 Cambrena (Photos 2.2a,b)

**2001:** Neue Basis wegen Schnee nur zum Teil gezogen. Linke Seite durch Felsen und Geröll nicht messbar (A. Godenzi).

### 100 Palü

**2000:** La lingua terminale sparisce sempre più sulla parte sinistra, pure essendo sempre alimentata in ghiaccio malgrado lo stacco dalla parte superiore (G. Berchier).

**2001:** Avanzamento del ghiacciaio dovuto alla diminuzione dello spessore del ghiaccio? (G. Berchier).

**100 Paradisino ("Vedreit da Camp")**

**2001:** Das Gletschervorfeld ist ganz mit Schnee bedeckt. Vom Schneerand bis zum Eis (Bohrung) sind es ca. 85 m (A. Godenzi).

**103 Bresciana**

**2000:** Si nota una regressione notevole, la lingua del ghiacciaio si è appiattita notevolmente dovuta allo strato di ghiaccio non consistente che si è sciolto ai lati dove ci sono delle sporgenze di roccia, in questa parte del ghiacciaio la regressione è anche di oltre 50 m (C. Valeggia).

**2001:** Si nota una regressione notevole, la lingua del ghiacciaio si è appiattita notevolmente dovuta allo strato di ghiaccio non consistente che si è sciolto ai lati dove ci sono delle sporgenze di roccia, in questa parte del ghiacciaio la regressione è anche di oltre 30 m (C. Valeggia).

**104 Basòdino**

**2000:** Il fronte del ghiacciaio si è di nuovo notevolmente appiattito rispetto alle misurazioni dell'anno 1999. Abbiamo ritrovato alcuni punti di misurazioni vecchi (anno 1964 - 1967) su roccia che finora si trovavano sotto la coltre di ghiaccio (C. Valeggia).

**2001:** Il fronte del ghiacciaio si è di nuovo notevolmente appiattito rispetto alle misurazioni dell'anno 2000. Abbiamo rilevato tutto il fronte del ghiacciaio che dalla morena verso San Carlo si estende fino alla morena che divide il ghiacciaio Basòdino dal ghiacciaio Kastelhorn (C. Valeggia).

**105 Rossboden**

**2000:** Bei Punkt 4 und 5 beträgt die Neigung der Gletscherzunge ca. 80 %. Längenzunahme bei gleichzeitiger Abnahme der Mächtigkeit (F. Pfammatter).

**2001:** Rückzug durch Abschmelzen der Gletscherzunge erklärbar. Neigung Gletscherrand etwas zurückgegangen (ca. 80 %), mit Partien mit ca. 60 % (F. Pfammatter).

**109 Alpetli**

**2000:** Alle Messpunkte mit gelber Farbe neu markiert (U. Fuhrer).

**2001:** Bei Punkt C weiterhin bedeutender seitlicher Schwund, infolge Abwärme aus seitlichen Felspartien (U. Fuhrer).

**111 Ammertén**

**2001:** Basispunkt Nr. 1: Schneeanlagerung vom letzten Winter (E. Hodel).

**112 Dungen und**

**113 Gelten**

**2000:** Gletscherzunge eingeschneit (A. Wipf).

**2001:** Seit dem Einschneien anfangs September aperte die Gletscherzunge nicht mehr aus. Eine Messung war deshalb nicht möglich - eingeschneit (A. Wipf).

**114 Plattalva**

**2001:** Ganzer Gletscher schneebedeckt. Zungenbereich 40 - 80 cm (Septemberschnee), 0 - 10 cm Firn (U. Steinegger).

**115 Scaletta**

**2001:** Gletscherende noch nicht vollständig ausgeapert (30 - 80 cm alter Lawinenschnee) und bereits wieder leicht eingeschneit (50 cm Neuschnee), Punkt A und C konnten gut bestimmt werden (Schneeschart D13 auf E13 gegraben); Punkt B unsicher (M. Latenser).

**117 Valleggia**

**2000 e 2001:** La lingua del ghiacciaio termina nella vallata tra la morena di roccia e la montagna. Il suo fronte è ripido con una coltre di ghiaccio assai consistente nella parte centrale della lingua del ghiacciaio. Anche qui le fotografie mostrano molto bene la sporgenza di roccia nel centro della lingua del ghiacciaio, anche quest'anno il suo spessore è sensibilmente diminuito (C. Vallengia).

**118 Val Torta**

**2000:** Il ghiacciaio si è appiattito notevolmente senza avere una coltre di ghiaccio molto consistente ed è in gran parte ricoperto da detriti di roccia. Le fotografie annesse mostrano molto bene questa situazione, inoltre si nota alcune sporgenze di roccia sia nel ghiacciaio, come pure a valle del fronte. Il nevaio che si trova nella conca tra le due morene si è praticamente ridotto sia in superficie come pure in volumetria.

**2001:** Il ghiacciaio si è appiattito notevolmente senza avere una coltre di ghiaccio molto consistente ed è in gran parte ricoperto da detriti di roccia. Le fotografie annesse mostrano molto bene questa situazione, inoltre si nota alcune sporgenze di roccia sia nel ghiacciaio, come pure a valle del fronte. Il nevaio che si trova nella conca tra le due morene si è di nuovo riformato dovuto alle forti precipitazioni nevose durante l'inverno scorso (C. Vallengia).

**119 Cavagnoli**

**2000:** Sulla sua sinistra il ghiacciaio termina su una morena di roccia con il pendio verso il fronte del ghiacciaio, il suo spessore non è più consistente, si ritiene di non rilevare questa parte nei prossimi anni. Il fronte del ghiacciaio che si misura termina in una zona pianeggiante formando davanti alla lingua un laghetto, documentato con alcune fotografie e dal rilievo come da schizzo allegato. Quest'anno abbiamo rilevato un profilo longitudinale e confrontato con il rilievo dell'anno 1983, si nota la massa di ghiaccio sciolta che è di circa m 50.0 (vedi allegato). La lingua del ghiacciaio si è appiattita notevolmente (C. Valeggia).

**2001:** Sulla sua sinistra il ghiacciaio termina su una morena di roccia con il pendio verso il fronte del ghiacciaio, il suo spessore non è più consistente. Il fronte del ghiacciaio che si misura termina in una zona pianeggiante formando davanti alla lingua un laghetto, documentato con alcune fotografie e dal rilievo come da schizzo allegato. La lingua del ghiacciaio si è appiattita notevolmente (C. Valeggia).

**120 Corno**

**2000 e 2001:** Trovandosi questo ghiacciaio su un pendio ripido si nota come la lingua di ghiaccio spinge verso valle, la sua lingua si sta appiattendendo. Avanti ad esso c'è uno strato di ghiaccio ricoperto da detriti e la sua forma corrisponde ai rilievi precedenti. Anche quest'anno abbiamo misurato tutto il fronte del ghiacciaio, sicuramente in un prossimo futuro le misurazioni saranno tra le due sporgenze di roccia, come risulta dalle fotografie annesse rilevate dalla stazione HP 2 (C. Valeggia).

**121 Croslina**

**2000:** La lingua del ghiacciaio si trova sopra il nevaio e al laghetto su roccia sia lateralmente come pure davanti al fronte. Il nevaio nella parte pianeggiante si è sciolto formando di nuovo un laghetto come mostrano le fotografie (C. Valeggia).

**2001:** La lingua del ghiacciaio si trova sopra il nevaio e al laghetto su roccia sia lateralmente come pure davanti al fronte. Le forti nevicate durante l'inverno hanno di nuovo ricoperto il laghetto formatosi gli anni scorsi (C. Valeggia).

## II Investigators of the individual glaciers (2001)

Glacier	No.	Investigator	Glacier	No.	Investigator
Albigna	116	currently not observed	Grosser Aletsch	5	ETH, Andreas Bauder
Allalin	11	ETH, Hermann Bösch	Hüfi	73	Anton Arnold
Alpetli	109	Ueli Fuhrer	Kaltwasser	7	Martin Schmidhalter
Ammerten	111	Erwin Hodel	Kehlen	68	Martin Planzer
Arolla	27	Frédéric Pralong	Kessjen	12	ETH, Hermann Bösch
Basòdino	104	Claudio Valeggia	Lämmern	63	Ulrich Vogt
Bella Tola	21	Peter Tscherrig	Lang	18	Hans Henzen
Biferten	77	Hanspeter Klauser	Lavaz	82	A. Sialm
Bis	107	currently not observed	Lenta	84	Bruno Parolini
Blümlisalp	64	Ueli Fuhrer	Limmern	78	Urs Steinegger
Boveyre	41	Olivier Guex	Lischana	98	Lüzza Rauch
Breney	36	Jean-Jacques Chabloz	Lötschberg	110	currently not observed
Bresciana	103	Claudio Valeggia	Martinetts	46	currently not observed
Brunegg	20	Peter Tscherrig	Mittelaletsch	106	currently not observed
Brunni	72	Jann Marx	Moiry	24	Marcel Barmaz
Calderas	95	Giachem Bott	Moming	23	Marcel Barmaz
Cambrena	99	Aldo Godenzi	Mont Durand	35	Jean-Jacques Chabloz
Cavagnoli	119	Claudio Valeggia	Mont Fort	32	François Vouillamoz
Cheillon	29	Stéphane Sepepe	Mont Miné	26	Frédéric Pralong
Corbassière	38	ETH, Andreas Bauder	Morteratsch	94	Giachem Bott
Corno	120	Claudio Valeggia	Mutt	2	Ueli Wittdorf
Croslina	121	Claudio Valeggia	Ob. Grindelwald	57	Hans Boss
Damma	70	Martin Planzer	Oberaar	50	Flotron AG
Dungel	112	Andreas Wipf	Oberaletsch	6	Daniel Vonder Mühl
Eiger	59	Rudolf Zumstein	Ofental	9	currently not observed
En Darrey	30	Stéphane Sepepe	Orny	108	currently not observed
Fee	13	Urs Andenmatten	Otemma	34	Jean-Jacques Chabloz
Ferpècle	25	Frédéric Pralong	Palü	100	Gilbert Berchier
Fiescher	4	Daniel Vonder Mühl	Paneyrosse	44	J.-Ph. Marlétaz
Findelen	16	ETH, Andreas Bauder	Paradies	86	Oskar Hugentobler
Firnalpeli	75	René Imfeld	Paradisino	101	Aldo Godenzi
Forno	102	Curdin Mengelt	Pierredar	49	currently not observed
Gamchi	61	Roland Descloux	Pizol	81	Arnold Hartmann
Gauli	52	Rudolf Straub	Plattalva	114	Urs Steinegger
Gelten	113	Andreas Wipf	Porchabella	88	Christian Barandun
Giétro	37	ETH, Andreas Bauder	Prapio	48	Jacques Binggeli
Glämisch	80	Hanspeter Klauser	Punteglias	83	Hermann Klöti
Gorner	14	Stefan Walther	Rätzli	65	Christian von Grünigen
Grand Désert	31	François Vouillamoz	Rhone	1	ETH, Andreas Bauder
Grand Plan Nivé	45	J.-Ph. Marlétaz	Ried	17	Daniel Vonder Mühl
Gries	3	ETH, Andreas Bauder	Roseg	92	Giachem Bott
Griess	74	Beat Annen	Rosenloui	56	currently not observed
Griessen	76	René Imfeld	Rossboden	105	Ferdinand Pfammatter

Glacier	No.	Investigator
Rotfirn	69	Martin Planzer
Saleina	42	Olivier Guex
Sankt Anna	67	Jann Marx
Sardona	91	Arnold Hartmann
Scaletta	115	Martin Laternser
Schwarz	62	Ulrich Vogt
Schwarzberg	10	ETH, Hermann Bösch
Sesvenna	97	Lüzza Rauch
Sex Rouge	47	Jacques Binggeli
Silvretta	90	ETH, Andreas Bauder
Stein	53	Rudolf Straub
Steinlimmi	54	Rudolf Straub
Sulz	79	Thomas Rageth
Suretta	87	Oskar Hugentobler
Tälliboden	8	currently not observed
Tiatscha	96	Markus Stadler
Tiefen	66	Jann Marx
Trient	43	Jacques Ehinger
Trift	55	Otto Lüthi
Tsanfleuron	33	Jean-Daniel Brodard
Tschierva	93	Giachem Bott
Tschingel	60	Rudolf Zumstein
Tseudet	40	Olivier Guex
Tsidjiore Nouve	28	Frédéric Pralong
Turtmann	19	Peter Tscherrig
Unt. Grindelwald	58	Hans Boss
Unteraar	51	Flotron AG
Val Torta	118	Claudio Valeggia
Valleggia	117	Claudio Valeggia
Valsorey	39	Olivier Guex
Verstankla	89	Michael Maikoff
Vorab	85	Reto Hefti
Wallenbur	71	Pius Kläger
Zinal	22	Marcel Barmaz
Zmutt	15	currently not observed