

# **The Swiss Glaciers**

**1993/94 and 1994/95**

Glaciological Report No. 115/116

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>

Martin Hoelzle<sup>2</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  
Department of Geography  
University of Zurich

1999

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 1999

ISSN 1423-2820

Printed by

Ebnoether Druck AG  
Buch- und Offsetdruck  
Alte Dorfstr. 1  
CH - 8135 Langnau  
Switzerland

*The cover page shows Ammertén glacier (Bernese Alps) on October 16, 1995. The debris-covered tongue melted back 65 m altogether since the beginning of the measurements 25 years ago. Initial shrinking was later followed by an advance stage (around 15 m in five years) and then by further shrinking. (Photo: Erwin Hodel, Gstaad)*

## Preface

The monitoring of glaciers in Switzerland has a long tradition and is being carried out at present by two institutions. The glacier length change measurement network operates under the auspices of the Swiss Glaciological Commission, Swiss Academy of Sciences. Within this network, terminus fluctuations of 121 glaciers are now being observed. Mass balance and ice flow measurements are done by the Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology at ETH Zurich. Both networks are included in a cooperative agreement between the Swiss Academy of Sciences and ETH Zurich.

The present report on Swiss glaciers for the year 1994/95 carries on the long tradition of yearbooks documenting monitored fluctuations of Swiss glaciers since 1890 (see back cover). Up to now, general outcomes from both measurement networks have been published annually in German and French by the magazine "The Alps" of the Swiss Alpine Club. In addition, detailed observations and results were published every other year and in German and French as well. The collected data were also passed on every five years to be included in the "Fluctuations of Glaciers" series issued by the World Glacier Monitoring Service (WGMS), located presently at Zurich.

The new publishing concept for reporting the results of the Swiss glacier monitoring programme is now based on the following ideas. The magazine "The Alps" of the Swiss Alpine Club still contains the general annual report of the two networks in a German as well as in French, but with a new layout. With this publication, the Glaciological Commission reaches a broad public in Switzerland. On the other hand, the yearbook, which is published at a later date, mainly addresses the needs of scientific users. As a consequence, the Glaciological Commission decided to change not only the layout but also the language of the yearbook, which is still being published every other year. As the yearbook aims at bringing the results of the findings from the Swiss glacier networks closer to the international scientific community, it is now being published in English.

After the centennial anniversary celebrations in 1993, everyday life began again for the former Swiss Glacier Commission and its collaborators, entering the second century of annual glacier observations in the Swiss Alps. With their usual reliability, and profiting from the rather sunny and dry autumn of 1994, the glacier observers gathered abundant data for this 115<sup>th</sup> annual glacier report [Aellen, 1995]. During this campaign, they measured a total of 111 glacier tongues - including, with few exceptions those which had to be omitted in the rainy autumn of 1993. In the autumn of 1995, as well, the observers found good measurement conditions when a sunny and warm October followed an early wintery period in September. With 112 observed glacier tongues, the year under report belongs to the six most productive years of the measurement series. Thus, a substantial contribution is provided for the 116<sup>th</sup> report on glacier variations [Aellen et al. 1996]. The measured values show the fact that though the rate of length loss decreased slightly since 1993, it still remains more pronounced than in many previous years.

The World Glacier Monitoring Service, an international agency, will be able to publish a remarkable data set from the Swiss glaciers in its five-yearly report (Fluctuations of Glaciers 1990-1995)

## THE SWISS GLACIERS 1993/94 AND 1994/95

[IAHS (ICSI) - UNEP - UNESCO, 1993, 1998]. This service was founded originally in 1894 at the International Geology Congress in Zurich under the name of "International Glacier Commission". The International Commission on Snow and Ice (ICSI), which later sprang from this International Glacier Commission, celebrated its hundred-year anniversary with a scientific conference at Innsbruck (16 - 19 September 1994). In October 1995, a workshop of international experts was held in Zurich with the title "Into the Second Century of World Glacier Monitoring", in order to develop strategies for worldwide glacier monitoring during the coming decades [UNESCO, 1998].

With these reports, the Glaciological Commission hopes to bring the data closer to the scientific community and eagerly awaits feedback to aid in further improving and developing the coming strategies and programmes.

# Contents

<b>Preface</b> .....	<b>III</b>
<b>Published Reports</b> .....	<b>VI</b>
<b>1. Weather and Climate</b> .....	<b>1</b>
1.1 Weather and Climate 1993/94 .....	1
1.2 Weather and Climate 1994/95 .....	3
1.3 Climate 1993/94 and 1994/95, Summary Deviations from the norm 1901-1960 .....	6
<b>2. Length Variations</b> .....	<b>7</b>
2.1 Length Variations 1993/94 .....	7
2.2 Length Variations 1994/95 .....	8
2.3 Length variations 1993/94 and 1994/95, Summary .....	9
2.4 Length variations - Statistics 1880-1995 .....	14
2.5 Glacier observation network .....	18
<b>3. Mass Balance</b> .....	<b>19</b>
3.1 Introduction, cumulative specific net balances .....	19
3.2 Mass Balance 1993/94 .....	21
3.3 Mass Balance 1994/95 .....	22
3.4 Summary Tables .....	22
3.5 Gries glacier (Aegina) .....	24
3.6 Silvretta glacier .....	26
<b>4. Velocity of some specific glaciers</b> .....	<b>29</b>
4.1 Aare glaciers .....	29
4.2 Giétro glacier .....	34
4.3 Corbassière glacier .....	36
<b>5. Snow and Firn Accumulation</b> .....	<b>37</b>
Clariden glacier .....	37
<b>6. Selected glaciological research project</b> .....	<b>39</b>
Investigations and safety measures in the area of the Gruben glacier .....	39
<b>References</b> .....	<b>43</b>
<b>Acknowledgements</b> .....	<b>45</b>
<b>Appendix</b> .....	<b>47</b>
I. Remarks on individual glaciers (in German, French or Italian) .....	47
II. Investigators of the individual glaciers .....	65

## Published Reports

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

Author of the annual reports:	No.	Year
F.A. Forel et L. Du Pasquier	1 - 15	1880 - 1894
F.A. Forel et L. Du Pasquier	16 - 17	1895 - 1896
F.A. Forel, M. Lugeon et E. Muret	18 - 27	1897 - 1906
F.A. Forel, E. Muret, P.L. Mercanton et E. Argand	28	1907
F.A. Forel, E. Muret et P.L. Mercanton	29 - 32	1908 - 1911
E. Muret et P.L. Mercanton	33 - 34	1912 - 1913
P.L. Mercanton	35 - 70	1914 - 1949
P.L. Mercanton et A. Renaud	71 - 75	1950 - 1954
A. Renaud	76 - 83	1955 - 1961/62
P. Kasser	84 - 91	1962/63 - 1969/70
P. Kasser und M. Aellen	92 - 104	1970/71 - 1982/83
M. Aellen	105 - 115	1983/84 - 1993/94
M. Aellen, M. Hoelzle and D. Vonder Mühl	116	1994/95
M. Hoelzle and D. Vonder Mühl	117	1995/96
M. Hoelzle, D. Vonder Mühl, A. Bauder and G.H. Gudmundsson	118	1996/97
M. Hoelzle, D. Vonder Mühl and M. Maisch	119	1997/98

Author 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 and M. Hoelzle	113/114	1991/92 - 1992/93
E. Herren, M. Hoelzle and M. Maisch	115/116	1993/94 - 1994/95

# 1 Weather and Climate

## 1.1 Weather and Climate 1993/94

Both the weather and the climate data are taken from reports by the Swiss Meteorological Institute [SMA, 1993-95a-d].

### **Weather**

The weather conditions of the year 1993/94 were marked by certain special features, which will not soon be forgotten by meteorologists and climatologists and many others who were affected at that time by the extreme forces of nature. The strong precipitation periods in September-October, December-January and April-May were particularly important for the development of the glaciers (Figure 1.1a). Second in importance were the ongoing exceptionally high summer temperatures (always above average) with pronounced hot spells in July and August (Figure 1.1b), and then the interruption of the melting period by early and heavy snowfalls in September.

The air temperatures were often and repeatedly higher than the long-term mean value of the previous year. In the lowlands, it was warmer in February than almost any other year in this century. In July it was almost as warm as in 1983, the warmest July of the measured period. In March and November as well the average temperature of the year 1994 was higher than ever before since the beginning of the longest measurement series from Geneva and Basel which started 240 years ago. The summer of 1994 was one of the warmest ones of this century. Only the years 1947 and 1992 were warmer than 1994 on the Saentis (measuring period since 1887) by 0.4° or 0.3°C, respectively.

The whole year 1994 was characterized by a large surplus of precipitation. New maximum values of the measurement series occurred in several months and at different places. Strong precipitation in September and October 1993 mainly in the west and south of the country resulted in three to five times the usual monthly quantities. They led to devastating floods in the Valais causing catastrophic damages to the village of Brig on the 24<sup>th</sup> of September. In Tessin, Lago Maggiore reached the highest level in this century on the 17<sup>th</sup> of October, and in Camedo the largest precipitation value since 1901 was measured in the month of October (1163 mm; this value corresponds for example to the normal yearly quantity of precipitation in Lucerne).

The winter snow cover attained the maximum increase during a seven-week period of precipitation in December and January. In the southern Alps a heavy snowfall on the 6/7 January led to a regional thick new snow layer of 1-1.5 m. Heavy precipitation in February occurred in most of the southern Alps except in Puschlav. Other parts of Switzerland, however, were too dry in the same month. March was very dry country-wide; however, in the north and east of Switzerland, normal amounts of precipitation were measured. In contrast to February, April was very wet in the north and too dry in the south.

## THE SWISS GLACIERS 1993/94 AND 1994/95

May was excessively wet across Switzerland, and record daily and monthly amounts of precipitation were reported in the north and east of Switzerland. The second part of the month again brought a considerable increase in snow in the high mountains. The winter snow cover achieved its greatest thickness far beyond average values at the beginning of June after a snowfall down to 1500 m altitude.

In the following warm period, precipitation also fell in the glacier regions, predominantly in the form of thundershowers. This resulted in average regional values in June, in average to above-average local or regional values in July, and in above-average monthly values in the whole alpine area in August. September was too wet everywhere, except in the "Foehn" areas of eastern Switzerland. In the second half of the same month, precipitation in the mountains resulted in a rather large first snow cover, which outlasted the sunny and dry October only in the high alpine areas. October was not as sunny and dry in the west at the end of the month. The areas at lower elevations were only temporarily snowed in at the end of October and in November, before the lasting winter snow cover spread till the end of the year all over.

The characteristics of the weather conditions in the year 1994 are given below in the abbreviated monthly weather reports of the Swiss Meteorological Institute [SMA, 1993-95a]):

### 1993

September	Cloudy and very wet in the south and the west.
October	Stable high pressure situation after record precipitation in the south.
November	Winterlike in the second half of the month.
December	Stormy and mild, but white Christmas.
Overall	Clear heat surplus, wet in the south, very gloomy autumn in the west.

### 1994

January	Much too mild with a short winter phase.
February	Again very mild, in the south too wet and sun-poor across the country.
March	The warmest one for over 240 years in the central part of the country.
April	Relapse into the late winter, with springlike conditions at the end of the month.
May	Very wet with record precipitation, overly cloudy and yet extremely warm.
June	After cold weather, early beginning of summer.
July	Sunny, dry and extraordinarily warm.
August	Still very warm, but thunder-storm activity.
September	Heavy rainfall and the first snow in the mountains.
Overall	"A year of hail" and warmest year since measurements begun in the mid-18 <sup>th</sup> century.



**Climate**

The climate of the year under report is illustrated in Figures 1.1a and 1.1b of Chapter 1.3, showing the annual precipitation and summer temperature which, to a large extent, determine the mass balance of the glaciers.

The average air temperatures from May to September 1994 were, without exception, far above the normal values. It was extraordinarily warm in the west (Montblanc area, Chablais) and north (Glarner Alps) of the Alps. In most of the remaining areas it was unusually warm. Summer was a little less warm in the highest and most strongly glaciated mountain massifs (Monte Rosa, Finsteraarhorn, Bernina).

**1.2 Weather and Climate 1994/95****Weather**

After a series of very warm years since 1983, the year 1995 was excessively warm. Temperatures in the mountains and the southern part of the Alps were from 0.5° up to 1.5°C above average. The main features of the weather can be found in the short description for each month as given in the monthly weather reports of the Swiss Meteorological Institute [SMA, 1993-95a]:

**1994**

October	Predominantly sunny and mild autumn.
November	The warmest one in the lowlands since measurements begun.
December	Clearly overly mild and little snow.
Overall	“Hail year“ and warmest year since measurements begun in the mid-18 <sup>th</sup> century.

**1995**

January	After large snowfalls, stormy and wet.
February	Mild, as in spring, and very wet in the north.
March	Persistent late winter in the north, sunny in the south.
April	Changeable after a warm beginning, and rain later in the south.
May	After a summerlike beginning, dominated by low-pressure situations.
June	Changeable and cool - summer began at the end of the month.
July	Extraordinary warm, lots of sun and almost everywhere too dry.
August	Humid and stormy with a winterlike ending.
September	Cool, little sun and wet in the west and south.
Overall	Clearly overly warm in the lowlands, wet in the north, dry in the south and generally sunny everywhere.

THE SWISS GLACIERS 1993/94 AND 1994/95

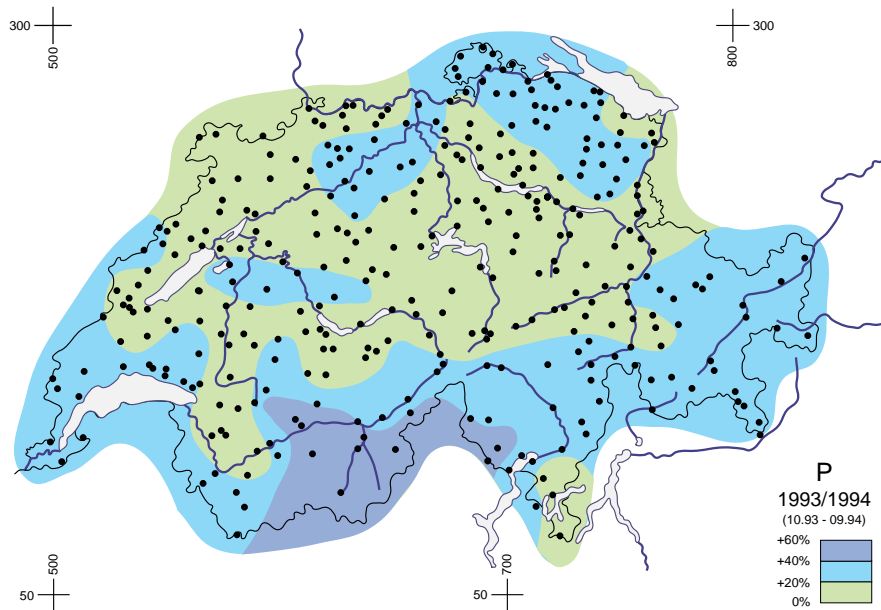


Figure 1.1a: Annual precipitation 1993/94 - Deviation from the average value 1901-1960. Deviation in percentage.

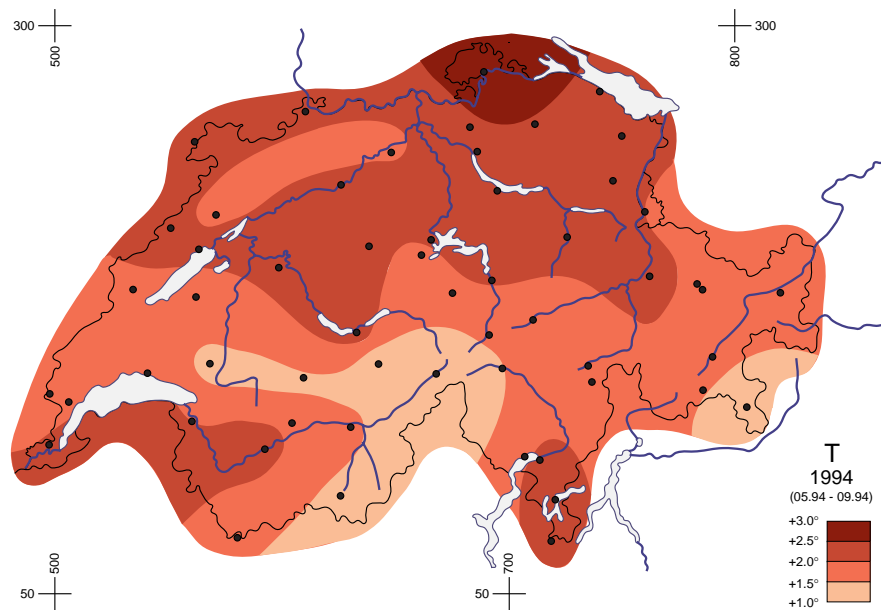


Figure 1.1b: Mean summer air temperatures 1994 - Deviation from the average value 1901-1960. Deviation in degree Celcius.

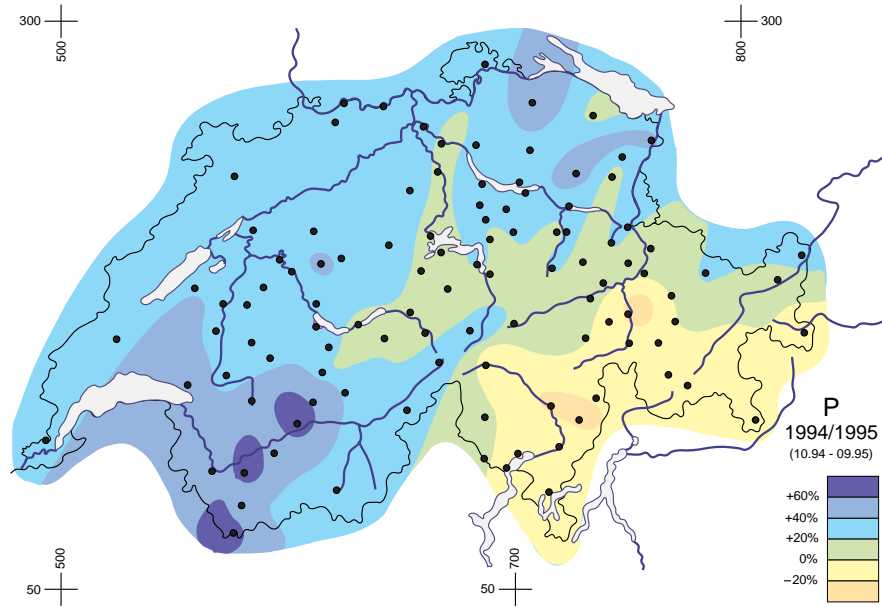


Figure 1.2a: Annual precipitation 1994/95 - Deviation from the average value 1901-1960. Deviation in percentage.

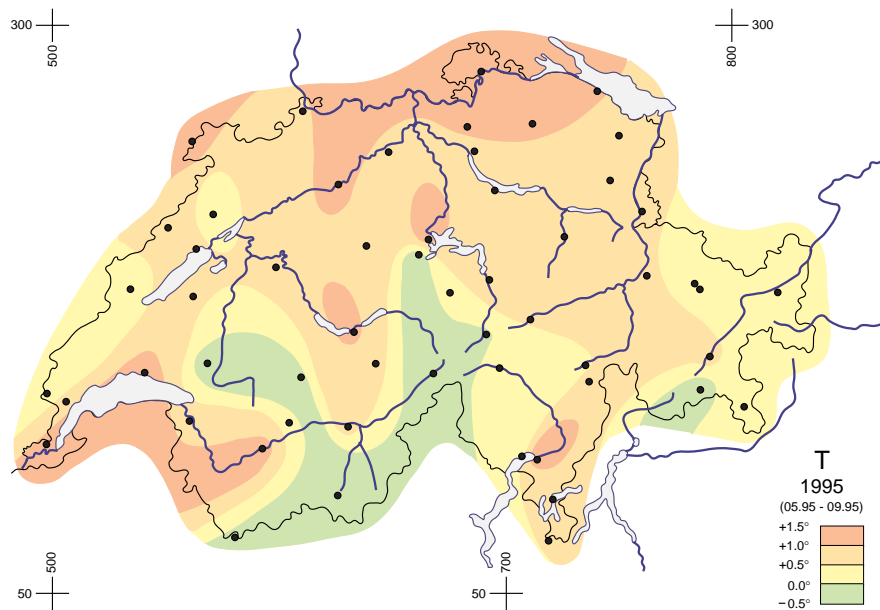


Figure 1.2b: Mean summer air temperatures 1995 - Deviation from the average value 1901-1960. Deviation in degree Celcius.

In general the year reported was characterized by a clear heat surplus, which occurred particularly in February and July. March, June and September, however, were overly cold. The zero-degree level in Payerne was usually located above 4000 m a.s.l., sometimes even above 5000 m [SMA, 1993-95b]. Precipitation was above the long-term average almost everywhere, except in Tessin and in the Grisons. January to March, and May and September were excessively wet, whereas the summer months of June, July and August were too dry.

### **Climate**

The growth of the glaciers is determined mainly by the difference between solid precipitation (snow) and melting. Therefore, from the glaciological point of view, precipitation - particularly in the winter - and summer air temperatures are of specific interest.

Figure 1.2a and 1.2b present the percentage deviation of the annual precipitation (October 1994 to September 1995) and the absolute deviation of the summer temperatures (May to September 1995) respectively from the average value of the period 1901/60. The figures show that the weather at most places was too wet and that almost everywhere it was too warm. In the southwest the average precipitation values were exceeded by more than 60 %. In contrast, Tessin and the Grisons were too dry by up to 20 %. The summer temperatures were too high in most parts of Switzerland by about 0.5° to 1°C. Large variations were registered in the central areas of the Alps. In Zermatt for example, it was around 0.3°C colder than the long-term average, and in Sion it was more than 1.0°C too warm.

## **1.3 Climate 1993/94 and 1994/95, Summary Deviations from the average 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 on the basis of the annual precipitation and the summer air temperatures [SMA, 1993-95c+d].

In the appropriate figures of the earlier reports (compare page V), the deviation from the normal value is shown as a standardized index value. This index can be determined by the following conversion: the precipitation corresponds approximately to the percentage deviation divided by 11.4; the temperature corresponds to the absolute deviation divided by 0.55.

## 2 Length Variations

### 2.1 Length Variations 1993/94

The Swiss measuring network covers 121 glaciers at present. The favorable snow and weather conditions in the autumn of 1994 were used to a good purpose by the glacier observers. In the 115<sup>th</sup> campaign of the annual collections at the observation network of the Glaciological Commission, 111 of 121 glacier tongues were measured or photographically registered, including, with few exceptions, those which had to be omitted in the previous year. The year under report shows a similar situation as in the preceding three years: 9 of the 109 classified glacier tongues were found to be increasing, 8 stationary and 92 shrinking. In two cases no conclusive findings resulted, because the edge of the glacier had melted back so far that it lay outside the measuring range.

The results of the year under report are individually noted for each glacier in Table 2.1. Figure 2.3a completes Table 2.1 with a geographical outline for the year under report.

The advancing glaciers of the year under report are situated in the south-alpine area with the exception of the Grand Plan Névé and the Suretta. Of these glaciers, one is large, one average and one is a small glacier, namely the Mont Durand. The Rossboden and the Basodino glaciers have been advancing already for several years. After an interruption of one or several years, one medium-sized and two small glaciers, namely the Tsidjiore Nouve, the Mont Fort and the Val Torta, are advancing again. The moving forward of the last two glaciers, as well as of the Gran Plan Névé, is mainly caused by firn accumulation.

The remarkably large advance of Suretta glacier was caused by large avalanche deposits at the tongue, which could be observed as well in earlier snow-rich years. Usually the snow melts back the following years causing large mass loss. This fluctuation of large mass increase followed by large mass loss is typical for this small glacier. Particularly remarkable is the first increase in length of the very flat glacier de Cheillon, which has strongly shortened in the last decades. Of the advancing glaciers of the previous year, two of them melted back (Tseudet and Paradisino), one remained stationary (Zmutt) and one was not observed (Corbassière).

It is important to mention the strong length loss of some glaciers shrinking in the present, such as the Fee, the Trient, the Oberer Grindelwald and the Tschierva glacier, which were growing for decades before. The Unteraar glacier melted back as far as it never had before for well over 60 years, since the glacier tongue was flooded by Grimsel Lake.

## 2.2 Length Variations 1994/95

Altogether 112 glacier tongues were surveyed or photographically investigated in the autumn of 1995. Comparison with the preceding observation led in 110 cases to the following conclusive results: 12 glacier tongues remained stationary, 14 were longer and 84 were shorter. The amount of the length variation is well-known in 92 cases. In 18 cases, classification into one of these 3 categories is based on a comparison of the pictures taken by the observer or the aerial photographs taken by the Federal Directorate of Cadastral Surveys. In 2 cases unfavorable snow conditions prevented a clear result from being determined (Table 2.1).

The results of the year under report are shown in Table 2.1 and Figure 2.3b for each glacier individually. The table serves as a legend for the figure, which lists each glacier with its number. Of the 14 advancing glaciers, 4 were advancing already in the previous year (Tsidjiore Nouve, Mont Fort, Mont Durand and Grand Plan Névé). The other 10 were retreating the preceding year. From the 12 stationary glaciers, Zmutt, Moiry and Prapio were already stationary in the previous year; the others, however, were more or less shortened.

Glaciers with determined length increases show values which are in most cases less than 10 m. The glaciers Mont Fort and Sardona have a large increase because of strong accumulation of firn. In 4 cases (Tälliboden, Ofental, Kessjen, Lavaz) the firn led to even larger increases, but the new snow cover prevented reasonable measurement from being taken. In the year under report the Roseg glacier, which ends in a natural lake, and the Grosser Aletsch glacier, which ends far below the timberline, retreated most strongly.

Five glaciers which were still advancing in the previous year were retreating in the year under report. One of them, the debris-covered Rossboden, was advancing steadily since 1983; the also debris-covered Cheillon started its advancing period in 1992. Suretta, Val Torta and Basodino have interrupted their general retreat over 2 decades, by several short advancing phases.

### 2.3 Length variations 1993/94 and 1994/95, Summary

Table 2: Length variations 1993/94 and 1994/95

No. <sup>a</sup>	Glacier	Kt. <sup>b</sup>	Length variation <sup>c</sup> [m]		Altitude <sup>d</sup> [m a.s.l.]	Date of measurement [Day, Month]		
			1993/94	1994/95		1993	1994	1995
<b>Catchment area of the Rhone (II)</b>								
1 <sup>e,f</sup>	Rhone	VS	- 7.2	+ 0.6	2176.6	4.09.	6.09.	11.10.
2	Mutt	VS	+ 0.4 <sup>2a</sup>	n	2577.2	1.09.	15.10.	n
3 <sup>e</sup>	Gries	VS	- 16.8 <sup>2a</sup>	- 11.4	2389.8	1.09.	6.09.	16.10.
4 <sup>f</sup>	Fiescher	VS	- 20.8	- 17.0	1676.1	31.07.	7.10.	9.12.
5 <sup>e,f</sup>	Grosser Aletsch	VS	- 36.5	- 59.5	1554.5	21.09.	15.08.	2.10.
106	Mittelaletsch	VS	- x	- x	2283.5 <sup>92</sup>	21.09.	15.08.	2.10.
6	Oberaletsch	VS	- x <sup>4a</sup>	n	2143.5	n	15.08.	n
7 <sup>f</sup>	Kaltwasser	VS	- 8.4 <sup>2a</sup>	- 4.1	2660 <sup>92</sup>	1.09.	4.10.	22.09.
8	Tälliboden	VS	n	+ x	2631.0	n	n	12.10.
9	Ofental	VS	n	+ x	2692.6	n	n	12.10.
10 <sup>e</sup>	Schwarzberg	VS	- x	- 10 <sup>3a</sup>	2655	20.10.	6.10.	16.10.
11 <sup>e,f</sup>	Allalin	VS	- 11	- 24	2315	20.10.	6.10.	16.10.
12	Kessjen	VS	x <sup>2a</sup>	+ x	2871.6	n	6.10.	16.10.
13 <sup>e,f</sup>	Fee (Nord)	VS	- 55.2 <sup>2a</sup>	- 37.5	1929	n	3.11.	24.10.
14 <sup>e,f</sup>	Gorner	VS	- 34	- 10	2140	10.10.	6.10.	9.11.
15	Zmutt	VS	+ 0.3	st	2237.9	3.09.	14.10.	12.10.
16 <sup>e</sup>	Findelen	VS	- 32 <sup>2a</sup>	- 34.5	2488.3	n	6.10.	7.10.
107	Bis	VS	- x <sup>2a</sup>	- x		n	10.10.	13.10.
17	Ried	VS	- x	- x	2058.6 <sup>92</sup>	20.10.		
18 <sup>f</sup>	Lang	VS	- 0.5	- 8	2035	9.11.	19.10.	26.10.
19 <sup>e,f</sup>	Turtmann	VS	- 11.1	+ 1.5	2262	18.09.	26.09.	10.10.
20 <sup>e</sup>	Brunegg (Turtmann Ost)	VS	- 8.1	- 5.4	2454	18.09.	26.09.	10.10.
21 <sup>e</sup>	Bella Tola	VS	- 9.0	- 39.4		22.09.	27.09.	9.10.
22 <sup>f</sup>	Zinal	VS	- 4	- 6	2035	19.10.	1.10.	8.10.
23	Moming	VS	- 32	- 16	2415	19.10.	1.10.	8.10.
24	Moiry	VS	- 0.8	+ 0.1	2330	25.09.	28.09.	19.10.
25 <sup>f</sup>	Ferpècle	VS	- 23.0	- 12.3	2095 <sup>83</sup>	17.10.	14.10.	14.10.
26	Mont Miné	VS	- 58.4	- 18	1963 <sup>83</sup>	17.10.	14.10.	14.10.
27 <sup>f</sup>	Arolla (Mont Collon)	VS	- 6.4	- 11	2135 <sup>83</sup>	8.10.	8.10.	14.10.
28 <sup>f</sup>	Tsidjiore Nouve	VS	+ 14.0	+ 6	2205 <sup>83</sup>	8.10.	8.10.	14.10.

THE SWISS GLACIERS IN THE YEARS 1993/94 AND 1994/95

No. <sup>a</sup>	Glacier	Kt. <sup>b</sup>	Length variation <sup>c</sup> [m]		Altitude <sup>d</sup> [m a.s.l.]	Date of measurement [Day, Month]		
			1993/94	1994/95		1993	1994	1995
29 <sup>e</sup>	Cheillon	VS	+ 11.0 <sup>2a</sup>	- 6.7	2630 <sup>83</sup>	n	19.10.	4.10.
30 <sup>e</sup>	En Darrey	VS	- 65 <sup>2a</sup>	- 2	2490 <sup>83</sup>	n	19.10.	4.10.
31	Grand Désert	VS	- 11.2 <sup>2a</sup>	- 3.8	2760 <sup>92</sup>	n	25.09.	7.10.
32	Mont Fort (Tortin)	VS	+ 5.2 <sup>2a</sup>	+ 22.5	2780 <sup>92</sup>	n	2.10.	15.10.
33 <sup>f</sup>	Tsanfleuron	VS	- 2	- 17.5	2417 <sup>69</sup>	2.09.	10.10.	11.10.
34 <sup>e</sup>	Otemma	VS	- 32.3	- 13.3	2460	20.09.	2.10.	9.10.
35 <sup>e</sup>	Mont Durand	VS	+ 8	+ 8.2	2340	20.09.	2.10.	7.10.
36 <sup>e</sup>	Breney	VS	- 7.8	- 1.7	2575	19.09.	1.10.	8.10.
37	Giétro	VS	- x	- x	2500 ca.	20.10.	6.10.	7.10.
38	Corbassière	VS	n	- x	2169 <sup>93</sup>	2.09.	n	7.10.
39 <sup>f</sup>	Valsorey	VS	- 25.0	- 43	2395.4	12.08.	20.10.	24.10.
40	Tseudet	VS	- 10.4	- 27	2442.8	12.08.	20.09.	24.10.
41	Boveyre	VS	- 12.7 <sup>2a</sup>	- x	2611.7	n	20.10.	11.10.
42 <sup>f</sup>	Saleina	VS	- 25.7	- 17.7	1708.3	30.09.	14.11.	14.10.
108	Orny	VS	n	- x		n	n	8.10.
43 <sup>e,f</sup>	Trient	VS	- 57.5 <sup>2a</sup>	- 40	1765	20.10.	16.10.	11.10.
44 <sup>e</sup>	Paneyrosse	VD	- 3.8 <sup>2a</sup>	+ 5.8		n	29.09.	20.10.
45 <sup>e,f</sup>	Grand Plan Névé	VD	4.0 <sup>2a</sup>	+ 5.9		n	29.09.	3.10.
46	Martinets	VD	n	n		n	n	n
47 <sup>e</sup>	Sex Rouge	VD	n	st		19.09.	4.09.	29.07.
48 <sup>e</sup>	Prapio	VD	0	st		24.10.	9.10.	17.09.
49	Pierredar	VD	- x	- x		18.08.	15.08.	11.10.
<b>Catchment area of the Aare (Ia):</b>								
50 <sup>e</sup>	Oberaar	BE	- 20.4	- 10	2300.2	17.08.	16.08.	7.10.
51 <sup>e,f</sup>	Unteraar	BE	- 42.8	- 25.8	1930	17.08.	16.08.	7.10.
52 <sup>e</sup>	Gauli	BE	- 30	- 12	2140	19.10.	11.10.	11.10.
53 <sup>e,f</sup>	Stein	BE	- 15	- 12	1934	15.10.	11.10.	2.10.
54 <sup>e</sup>	Steinlimmi	BE	- 18	- 3	2094	15.10.	11.10.	2.10.
55	Trift (Gadmen)	BE	- x <sup>2</sup>	- x	1670 <sup>80</sup>	n	6.09.	13.10.
56	Rosenloui	BE	- x	- x	1860 ca.	18.08.	16.08.	10.10.
57 <sup>e,f</sup>	Oberer Grindelwald	BE	- 62	- 7		16.10.	15.10.	21.10.
58 <sup>f</sup>	Unterer Grindelwald	BE	st	- x		16.10.	15.10.	21.10.
59 <sup>e</sup>	Eiger	BE	- 12.8	- 8.0	2170	24.09.	22.09.	11.09.



## 2. LENGTH VARIATIONS

No. <sup>a</sup>	Glacier	Kt. <sup>b</sup>	Length variation <sup>c</sup>		Altitude <sup>d</sup> [m a.s.l.]	Date of measurement [Day, Month]		
			1993/94	1994/95		1995	1993	1994
60 <sup>e</sup>	Tschingel	BE	- 5.4	- 0.2	2269	23.09.	23.09.	12.09.
61 <sup>f</sup>	Gamchi	BE	- 9.4	- 1.2	1990	11.10.	1.10.	5.10.
109 <sup>e</sup>	Alpetli	BE	- 3.2	- 3.4	2250	20.09.	23.09.	22.09.
110	Lötschberg	BE	- x	n		12.08.	16.08.	n
62 <sup>e</sup>	Schwarz	VS	- 43.3	- 1.0	2240	17.09.	14.09.	15.09.
63 <sup>e</sup>	Lämmern	VS	- 5.8	- 4.5	2522 <sup>93</sup>	18.09.	13.09.	14.09.
64 <sup>e,f</sup>	Blümlisalp	BE	- 7.1	- 3.3	2240	17.09.	22.09.	12.09.
111	Ammerten	BE	- 3.9	- 2.1	2350 ca.	6.10.	30.09.	9.10.
65	Rätzli	BE	0	- 16	2440	19.10.	12.10.	9.10.
112	Dungel	BE	n	n		n	n	n
113	Gelten	BE	n	n		n	n	n
<b>Catchment area of the Reuss (Ib):</b>								
66 <sup>e</sup>	Tiefen	UR	- 20.4 <sup>2a</sup>	+ 2.5	2500 <sup>88</sup>	n	28.09.	10.10.
67 <sup>e</sup>	Sankt Anna	UR	- 7.2 <sup>2a</sup>	- 0.9	2580 <sup>91</sup>	n	28.09.	10.10.
68 <sup>f</sup>	Kehlen	UR	- 41.4 <sup>2a</sup>	- 29.3	2078 <sup>89</sup>	29.07.	30.09.	13.10.
69	Rotfirn (Nord)	UR	- 9.0 <sup>2a</sup>	- 11.4	2031 <sup>89</sup>	29.07.	30.09.	13.10.
70	Damma	UR	- 8.9 <sup>2a</sup>	- 15.8	2044 <sup>64</sup>	2.09.	30.09.	13.10.
71 <sup>e,f</sup>	Wallenbur	UR	- 12.8 <sup>2a</sup>	- 2.8	2241	21.09.	11.10.	9.10.
72 <sup>f</sup>	Brunni	UR	- x <sup>3a</sup>	n		n	?08.	10.10.
73 <sup>e,f</sup>	Hüfi	UR	- 32.6 <sup>2a</sup>	- 32.6	1640	n	29.09.	n
74 <sup>e</sup>	Griess	UR	- 17.9 <sup>2a</sup>	+ 0.3	2219	n	27.09.	2.10.
75 <sup>e</sup>	Firnalpe (Ost)	OW	- 8.4 <sup>2a</sup>	- 5.0	2165	18.08.	29.08.	11.10.
76 <sup>e</sup>	Griessen	OW	- 4.5	st	2500 ca. <sup>94</sup>	20.08.	22.10.	10.10.
<b>Catchment area of the Linth / Limmat (Ic):</b>								
77 <sup>e</sup>	Biferten	GL	- 38.6 <sup>3a</sup>	- 7.0	1922.3	n	15.10.	7.10.
78 <sup>e</sup>	Limmern	GL	- 5.8 <sup>2a</sup>	- 1.7	2270	n	1.10.	23.09.
114 <sup>e</sup>	Plattalva	GL	- 8.0 <sup>2a</sup>	- 3.6	2565	n	1.10.	23.09.
79 <sup>e</sup>	Sulz	GL	n	- 22.0 <sup>3a</sup>	1789	n	n	17.10.
80	Glärnisch	GL	- 9.2	- 34.5	2301.3	30.10.	1.10.	14.10.
81 <sup>e,f</sup>	Pizol	SG	- 14.0 <sup>2a</sup>	sn	2600 <sup>94</sup>	n	3.10.	18.10.

THE SWISS GLACIERS IN 1993/94 AND 1994/95

No. <sup>a</sup>	Glacier	Kt. <sup>b</sup>	Length variation <sup>c</sup>		Altitude <sup>d</sup> [m a.s.l.]	Date of measurement [Day, Month]		
			1993/94	1994/95		1993	1994	1995
<b>Catchment area of the Rhine / Lake Constance (Id):</b>								
82 <sup>e</sup>	Lavaz	GR	n	+ x	2280 <sup>93</sup>	21.09.	17.10.	26.10.
83 <sup>e,f</sup>	Punteglias	GR	- 38.0 <sup>3a</sup>	- 22	2370	n	22.10.	17.10.
84 <sup>e,f</sup>	Lenta	GR	- 11.2 <sup>2a</sup>	- 11	2310	n	28.09.	18.10.
85 <sup>e</sup>	Vorab	GR	- 21.8 <sup>2a</sup>	sn		n	6.09.	n
86 <sup>e,f</sup>	Paradies	GR	- 10.2	+ 12.1	2676.3	20.09.	6.09.	5.09.
87 <sup>e</sup>	Suretta	GR	+ 70.0	- 13.5	2205.3	16.09.	20.09.	18.09.
115	Scaletta	GR	n	n		n	n	n
88 <sup>e,f</sup>	Porchabella	GR	- 15.0 <sup>2a</sup>	- 5.5	2641.2	n	30.09.	3.10.
89 <sup>e</sup>	Verstankla	GR	- 30 <sup>2a</sup>	- 3	2395	22.09.	30.08.	17.10.
90 <sup>e</sup>	Silvretta	GR	- 6.2	- 14.5	2445.0	12.09.	23.08.	17.10.
91 <sup>e,f</sup>	Sardona	SG	- 15.7 <sup>2a</sup>	+ 27.2	2500 ca.	n	28.09.	16.10.
<b>Catchment area of the Inn (V):</b>								
92 <sup>e,f</sup>	Roseg	GR	- 29.9	- 84.4	2159	13.10.	2.09.	2.10.
93	Tschierva	GR	- 44.7	- 24.4	2148	13.10.	2.09.	2.10.
94 <sup>e,f</sup>	Morteratsch	GR	- 12.0	- 24.1	2000	4.10.	8.09.	25.10.
95 <sup>e</sup>	Calderas	GR	- 3.6	- 6.9	2733	26.08.	23.08.	22.08.
96	Tiatscha	GR	- 1.2 ca.	st	2500 ca.	13.10.	24.10.	11.10.
97 <sup>e</sup>	Sesvenna	GR	- 8.7	- 1.5	2760	13.08.	16.10.	23.09.
98 <sup>e</sup>	Lischana	GR	- 5.1	- 6.2	2750	14.08.	3.10.	27.10.
<b>Catchment area of the Adda (IV):</b>								
99 <sup>e</sup>	Cambrena	GR	- 17.0 <sup>2</sup>	- 9	2480	5.10.	12.09.	9.09.
100 <sup>e</sup>	Palü	GR	- 8.5	- 7.8	2330	29.09.	25.08.	15.09.
101 <sup>e</sup>	Paradisino (Campo)	GR	- 3.0	- 0.2	2825	12.09.	23.09.	12.10.
102 <sup>e,f</sup>	Forno	GR	- 24	- 20.7	2230	10.11.	13.10.	9.10.
116	Albigna	GR	n	n	2163 <sup>91</sup>	n	n	n
<b>Catchment area of the Tessin (III):</b>								
120 <sup>e</sup>	Corno	TI	- 16.3 <sup>2a</sup>	+ 1.0	2570	1.09.	5.10.	19.10.
117 <sup>e</sup>	Valleggia	TI	- 1.5	- 7.0	2425	21.09.	29.09.	29.09.
118 <sup>e</sup>	Val Torta	TI	+ 9.0	- 4.6	2550	31.08.	30.08.	5.09.
103 <sup>e</sup>	Bresciana	TI	- 8.0	- 13.5	2745	20.09.	6.10.	13.10.
119 <sup>e</sup>	Cavagnoli	TI	- 11.9 <sup>2a</sup>	- 0.2	2590	1.09.	6.09.	3.10.
104 <sup>e</sup>	Basodino	TI	+ 6.0 <sup>3a</sup>	- 24.5	2530	11.08.	28.09.	2.10.
121 <sup>e</sup>	Croslina	TI	0	- 7.6	2670	2.09.	30.09.	10.10.
105 <sup>f</sup>	Rossboden	VS	+ 3.2	- 8.5	1920	18.11.	4.10.	22.09.

## 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.
- 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 or the "Gletschertor" is not measured in 1995, the year of the last measurement is indicated: 2522 <sup>93</sup> = 2522 m above sea level, measured in the year 1993.
- e Compare Appendix I: Remarks on individual glaciers.
- f Glacier with nearly complete 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 2.1.

## 2.4 Length variations - Statistics for 1880-1995

The long-term development of glaciers in Switzerland is shown in a selected sample from the Swiss glacier network (Fig 2.1), and based on three individually selected glaciers (Fig. 2.2). In order to avoid having a glacier sample whose scope changes annually, not all glaciers were included in Figure 2.1. Thirty-eight glaciers were selected as a sample with nearly complete series since the beginning of the measurements at the end of the 19<sup>th</sup> century. In Table 2, these 38 glaciers are indicated by a footnote. The glaciers are assigned in four classes: advancing, stationary, retreating and not classified (not measured). The sample is dominated by medium-sized glaciers (length between 2 to 6 km). The typical response time of these glaciers is in the order of decades. Therefore, the advancing periods such as those in the 1920s and the 1980s can be seen clearly.

The most remarkable signal characteristics of glacier-length changes are immediately evident when looking at cumulative values and different-sized categories of glaciers. Figure 2.2 shows the cumulative length change of three different glaciers (Grosser Aletsch, Rhone and Trient). In contrast to the Figure 2.1, this figure shows the long-term trend of three different-sized glaciers. The Trient glacier reacts dynamically to decadal climatic variations, forcing an enhanced mass balance resulting in a strong amplitude of length change after a delay of several years. This glacier represents, in fact, most of the glaciers in the selected sample in Figure 2.1, which can be recognized by comparing Figure 2.1 and Figure 2.2. The largest valley glacier in the Alps (Grosser Aletsch) provides, in contrast to the medium-sized glaciers, strong and clearly smoothed signals of secular climatic trends with a delay of several decades.

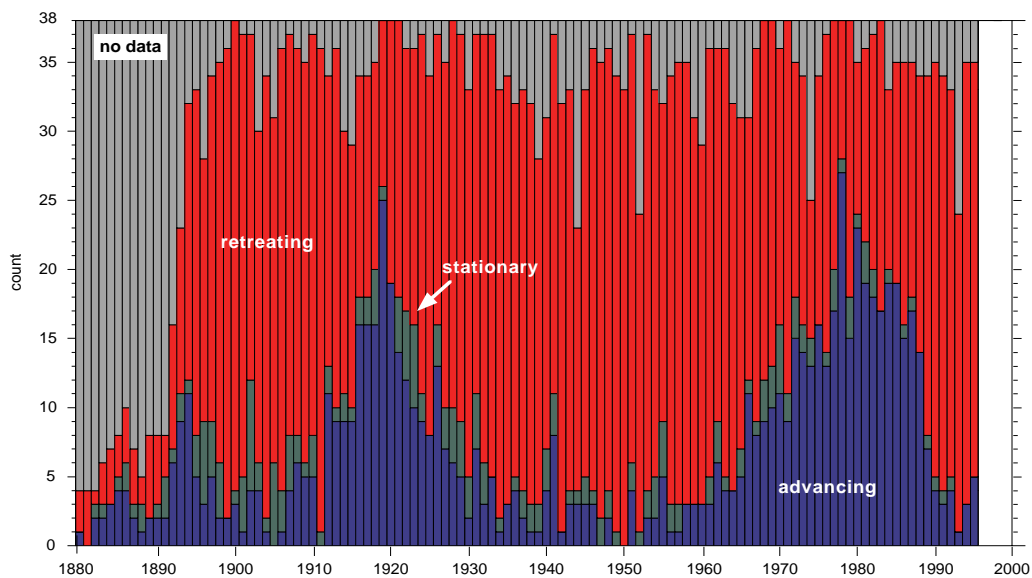


Figure 2.1: Percentages of advancing, stationary and retreating glaciers (38 glaciers, compare Table 2).

## 2. LENGTH VARIATIONS

In summary, the quantitative and qualitative observations of secular glacier retreat in the Swiss mountains leave no doubt that climatic change causes glacier mass loss and is a well recognizable phenomenon in the high alpine landscape.

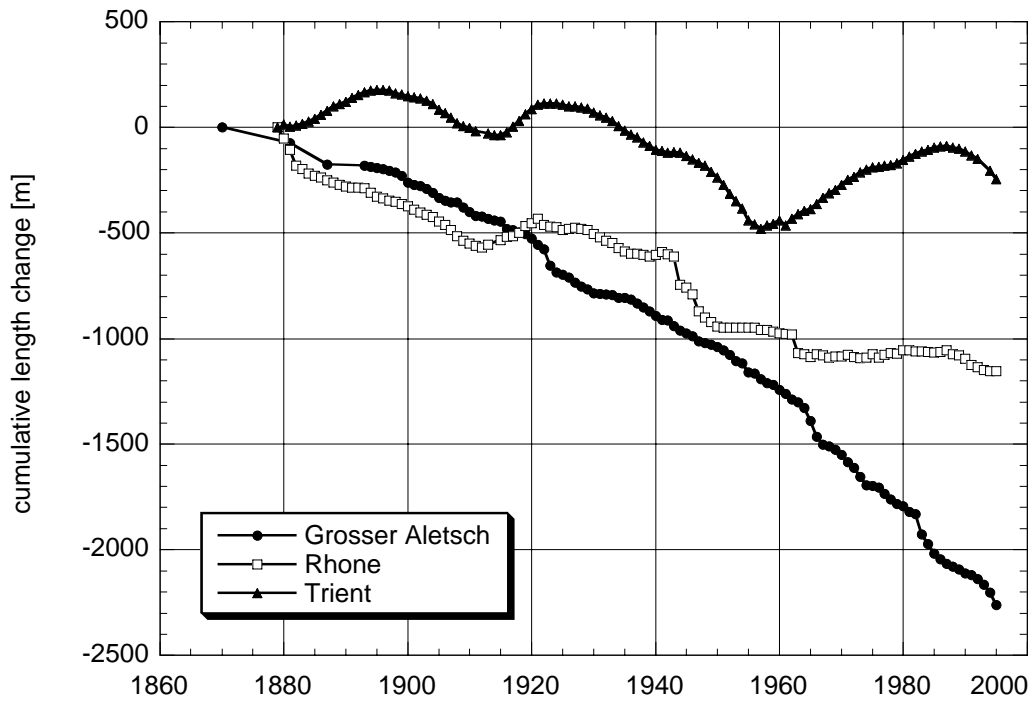


Figure 2.2: Development of cumulative length variations (m) over the whole observation period for Grosser Aletsch, Rhone and Trient glaciers.

THE SWISS GLACIERS 1993/94 AND 1994/95



*Bresciana glacier (region of Adula)*  
*This postcard from the year 1939 shows the end of the glacier approximately 500 m behind the frontal moraine (at the lower rim of the photo). The glacier with its length of 2.5 km, reached this moraine for the last time at its maximum extent in the year 1850.*  
*(Photo: M. Rondelli)*

*In 1959 the rock face broke through the ice of the Bresciana glacier at several places.*  
*(Photo: B. Pohl)*

## 2. LENGTH VARIATIONS



*In 1969 the Bresciana glacier tongue is completely detached from the rest of the glacier at the rock face.  
(Photo: F. Viviani)*



*Today the Bresciana glacier is half of its former size and ends at the middle of the rock wall in the back of the valley. The divided tongue part of the glacier has almost disappeared in 1994. The neighbouring Paradies glacier formed back in a similar way from a valley to a hanging glacier.  
(Photo: C. Vallengia)*

## 2.5 Glacier observation network

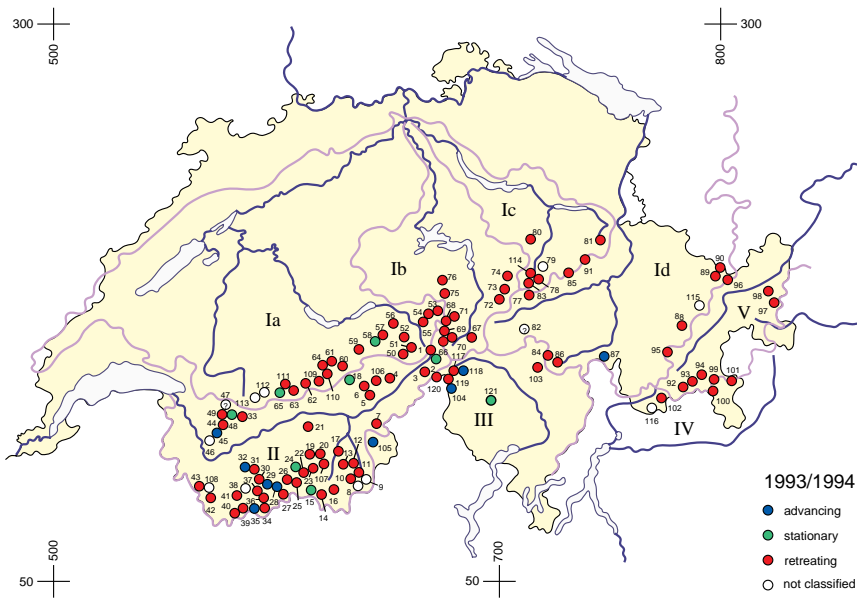


Figure 2.3a: Observed glaciers 1994.

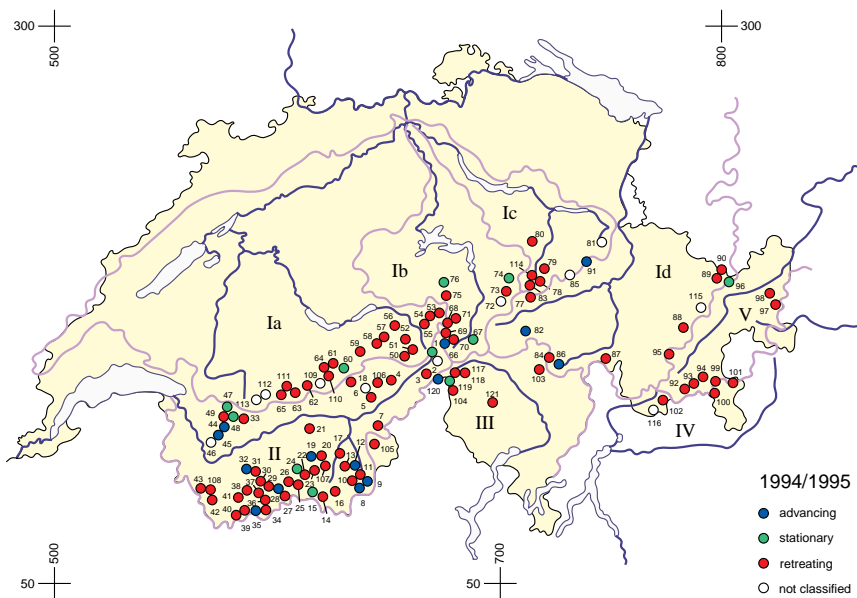


Figure 2.3b: Observed glaciers 1995.



## 3 Mass Balance

### 3.1 Introduction, cumulative specific net balances

The mass balance and ice temperatures are influenced by the energy exchange between the atmosphere and the glaciers. The mass balance of three glaciers (Gries, Silvretta and Aletsch) was observed annually in Switzerland (Figure 3.1). The annual cumulative specific net balances of these observation series are presented in Figure 3.2 (cumulative spec. net balances). The long-term trends are very well recognizable. The strong mass loss in the 1940s and '80s in particular is remarkable. In addition, the increase in the '60s and '70s of this century is notable. The mass balance of the individual glaciers is measured by different methods. The so-called glaciological method is applied on the Gries and Silvretta glaciers and the hydrologic method on the Aletsch. The procedures differ considerably in the amount of work involved, and in their type and accuracy. It is therefore important that their results are checked occasionally using an independent method. This is done via the geodetic method on the basis of photogrammetrically analyzed aerial photos, where the volume change of the glaciers is determined in annual or longer time intervals. From this the mass balance change can be calculated [Funk et al. 1997]. The Gries and Silvretta glaciers also belong to the inter-



Figure 3.1: Investigated glaciers for mass balance (Chapter 3), velocities (Chapter 4), snow and firn accumulation (Chapter 5) and selected glaciological research project (Chapter 6).

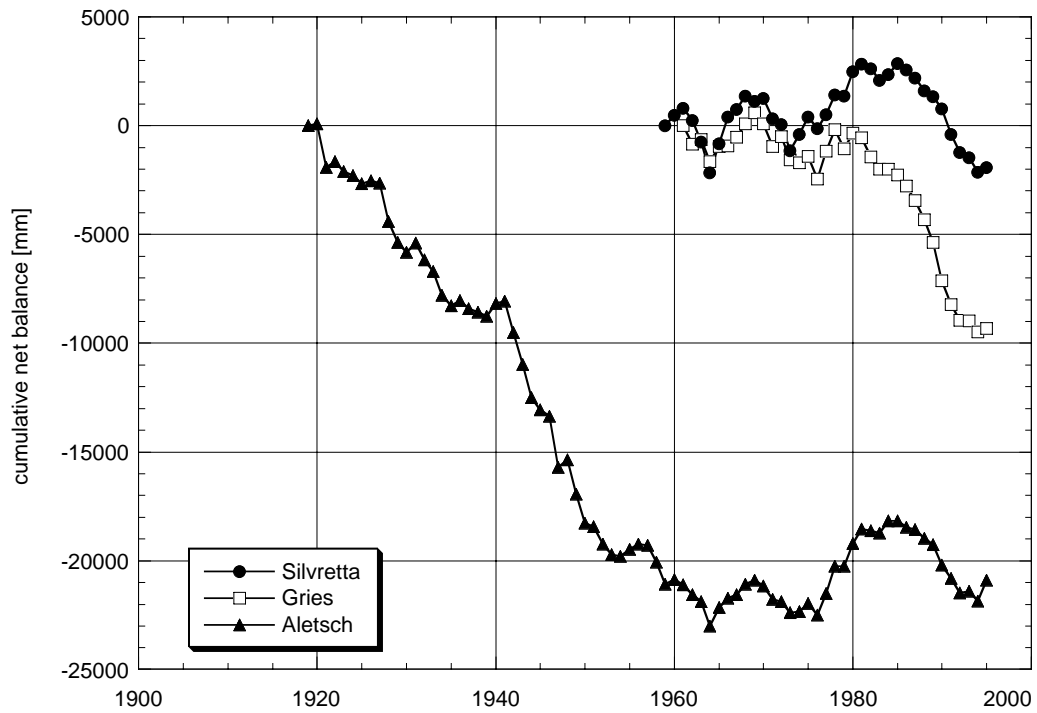


Figure 3.2: Cumulative specific net balance over the whole observation period for Silvretta, Gries and Aletsch glacier.

national observation network, together with approximately 50 glaciers whose mass balance is observed in worldwide cooperation with the World Glacier Monitoring Service [IAHS (ICS) - UNEP - UNESCO, 1991, 1993, 1994, 1996 and 1999].

### 3.2 Mass Balance 1993/94

The measurements or calculations to determine, directly or indirectly, the mass change of individual glaciers, led in all cases to a fairly large mass loss in the year under report. As in the previous year, the deficit in the mass household of the glaciers was reduced substantially by extensive precipitation in September.

From the model calculation of the daily water regime in the Massa catchment (area of 195 km<sup>2</sup>, approximately 2/3 covered by the Aletsch glaciers), it follows that the reserves from the winter almost continuously exceeded the average of many years up to the middle of June [Aellen and Funk, 1990]. The temporary increase in September reduced the deficit in the annual balance to an almost average value.

In the context of the 94 annual water balances of the Aletsch basin the year under report is an extreme year in various ways [LHG, 1993-95]. With the third biggest yearly quantity in precipitation and the fifth largest in discharge the hydrologic year 1993/94 shows a glacier mass loss which was surpassed in 30 stronger loss years, however more mass was relocated than in all earlier years.

From the measurements of the stake network on the Gries glacier a mass decrease was determined of 4.6 million tons for the measuring period from the end of October 1993 to the end of September 1994. This results in a decrease of glacier surface of 83 cm. This is almost twice as much as in the average of many years and it is over three times more than in the preceding measuring period. The balance over the water regime in the catchment area of the lake "Griessee" is set up in each case for the hydrologic year which begins on the 1<sup>th</sup> of October. Converted to this date, the year under report shows an almost balanced mass balance. In the previous year, however, the mass loss was twice as great.

On the Silvretta glacier the measurements of the stake network in both years displayed a smaller mass loss than on the Gries glacier. In the previous year the glacier surface dropped only a few centimeters; in the year under report, however, it dropped approximately half a meter.

The aerial photogrammetric measurement of individual transverse profiles in the tongue area of the "Grosser Aletsch Gletscher" is based on the aerial photos taken on the 21<sup>st</sup> September 1993 and 13<sup>th</sup> August 1994. In this time interval the glacier at the lower end of the "Konkordiaplatz" became thinner by 4.8 m on average, above "Märjelen" by 0.5 m and in the profile "Aletschwald" by 4.0 m. Since the middle of the last century the glacier surface in the Konkordiaprofil dropped approximately 100 m, in the "Aletschwaldprofil" a good 300 m. In the spring of 1994 depth soundings made by means of radio echolot (radar) located the glacier bed in depths between 600 and 700 m in the Konkordiaprofil. The Konkordia hut is therefore approximately 850 m above the valley floor. This hut was built initially about 50 m above the glacier surface and in the year 1994 was already 150 m above the glacier surface.

### 3.3 Mass Balance 1994/95

The mass balances measured in the year under report at the Aletsch glaciers were negative, and at the Gries and the Silvretta glaciers they were positive. This can be explained by a very warm July and a very cool and wet period from mid-August onward. A strong melt occurred in October, which is taken into account in the following balance year. The mass balance of the Gries glacier shows for the first time for over 10 years an almost balanced mass budget. In the '80s, however, this glacier melted continuously in an accelerated way.

The strongly negative trend in the mass balance in the '80s and early '90s seems at present to have slowed down slightly. The future will show whether or not this represents a change in the trend.

### 3.4 Summary Tables

Table 3.1: Summary Table (area, net balance, ELA,  $ELA_0$ , AAR,  $AAR_0$ )

Glacier	area [km <sup>2</sup> ]	$b_{94}$ [mm]	$b_{95}$ [mm]	$ELA_{94}$ [m a.s.l.]	$ELA_{95}$ [m a.s.l.]	$ELA_0$ [m a.s.l.]	$AAR_{94}$ [%]	$AAR_{95}$ [%]	$AAR_0$ [%]
Gries	6.194 <sup>a</sup>	- 500	+ 160	2953	2799	2833	48	67	58
Silvretta	3.009 <sup>b</sup>	- 670	+ 200	2912	2704	2767	24	70	53
Aletsch	126.99 <sup>c</sup>	- 449	- 965	2920					

a Measured in 1991.

b Measured in 1994.

c Value estimated from the annual length change measurements at Grosser Aletsch [Kasser et al., 1986].

### 3. MASS BALANCE

Table 3.2: *Gries and Silvretta glacier - Net balance 1993/94 and 1994/95 versus altitude and stake values.*

Gries - Measuring period: 30.9.94-29.9.95

Altitude [m a.s.l.]	Area 1991 [km <sup>2</sup> ]	Specific net balance		Stakes	Year	
		1993/94 [mm]	1994/95 [mm]		1993/94 [mm]	1994/95 [mm]
2400 - 2500	0.153	- 3090	- 2220	1	-	+ 230
2500 - 2600	0.805	- 2240	- 1470	2	+ 430	+ 590
2600 - 2700	0.619	- 1510	- 810	3	+ 620	+ 640
2700 - 2800	0.457	- 890	- 240	4	+ 140	-
2800 - 2900	0.658	- 390	+ 230	5	-1450	+ 110
2900 - 3000	0.994	- 10	+ 600	6	-	-1290
3000 - 3100	1.600	+ 260	+ 870	7	-	-2170
3100 - 3200	0.692	+ 420	+1050	8	-2440	-1530
3200 - 3300	0.206	+ 530	+1150	9	-3010	-1180
3300 - 3400	0.010	+ 650	+1250	10	-2880	-2280
2400 - 3400	6.194	- 500	+ 160			

Silvretta - Measuring period: 28.9.94-18.9.95

Altitude [m a.s.l.]	Area 1994 [km <sup>2</sup> ]	Specific net balance		Stakes	Year	
		1993/94 [mm]	1994/95 [mm]		1993/94 [mm]	1994/95 [mm]
2400 - 2500	0.021	- 3520	- 2330	1	-	+1310
2500 - 2600	0.370	- 2290	- 1230	2	+ 470	+ 610
2600 - 2700	0.451	- 1320	- 370	3	+ 310	+ 640
2700 - 2800	0.770	- 620	+ 250	4	- 190	0
2800 - 2900	0.623	- 180	+ 630	5	- 920	- 50
2900 - 3000	0.596	+ 100	+ 880	6	-1850	- 770
3000 - 3150	0.178	+ 370	+1120	7	-2150	- 850
2400 - 3150	3.009	- 670	+ 200	8	-2840	- 560

### 3.5 Gries glacier (Aegina)

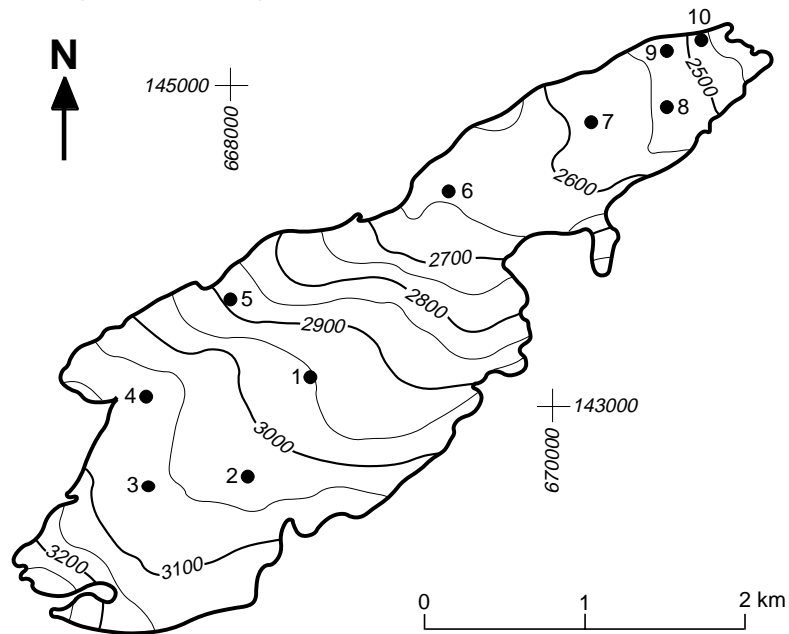


Figure 3.3a: Topography, observational network and stakes of the Gries glacier.

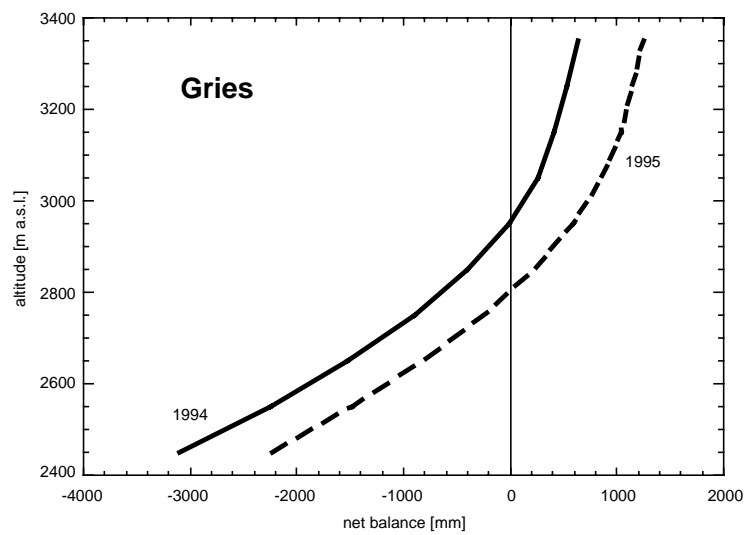


Figure 3.3b: Mass balances 1993/94 and 1994/95 versus altitude.

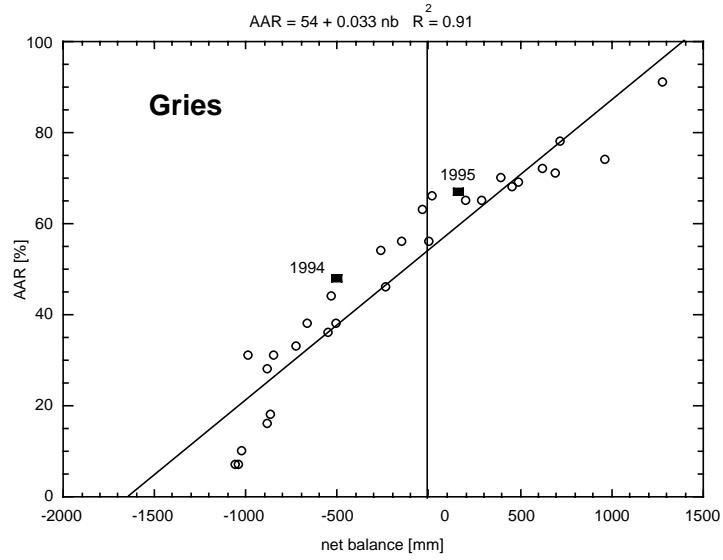


Figure 3.3c: Accumulation area ratio (AAR) versus specific net balance for the whole observation period.

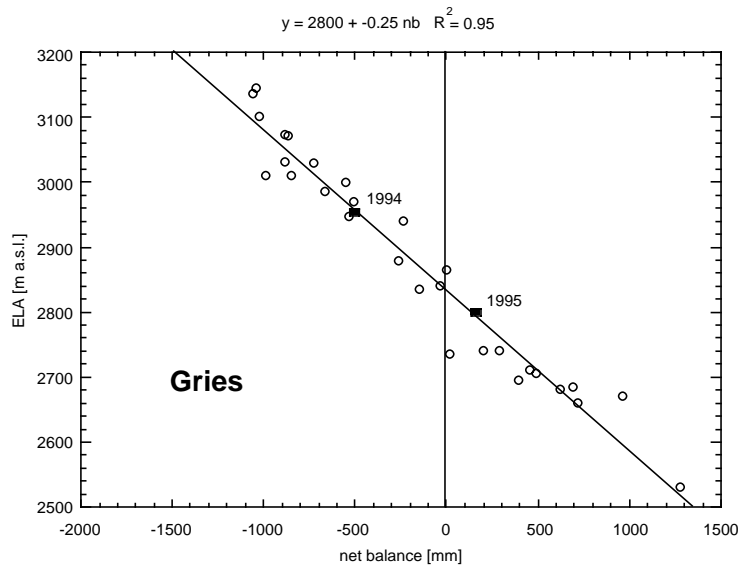


Figure 3.3d: Equilibrium line altitude (ELA) versus specific net balance for the whole observation period.

### 3.6 Silvretta glacier

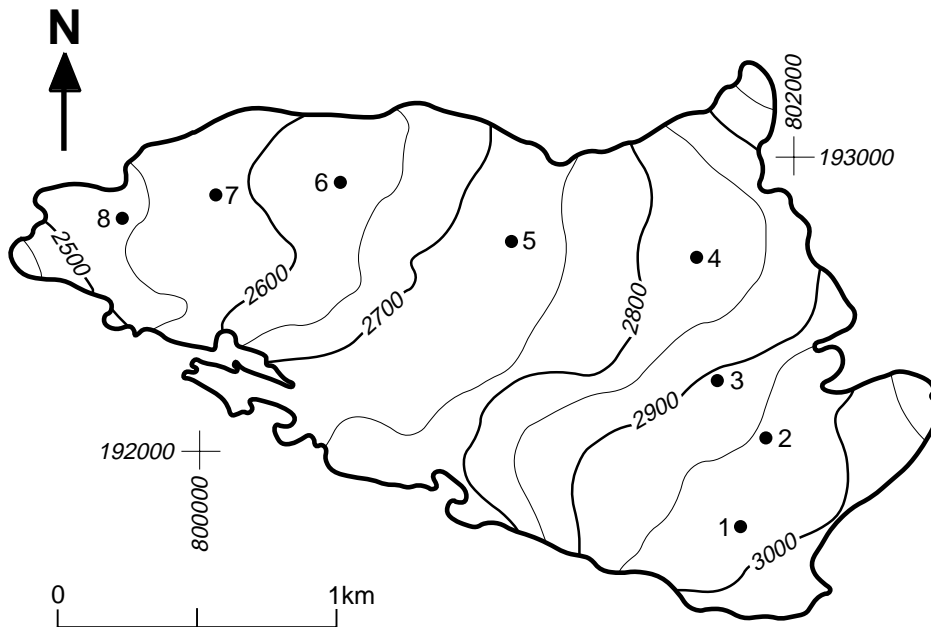


Figure 3.4a: Topography, observational network and stakes of the Silvretta glacier.

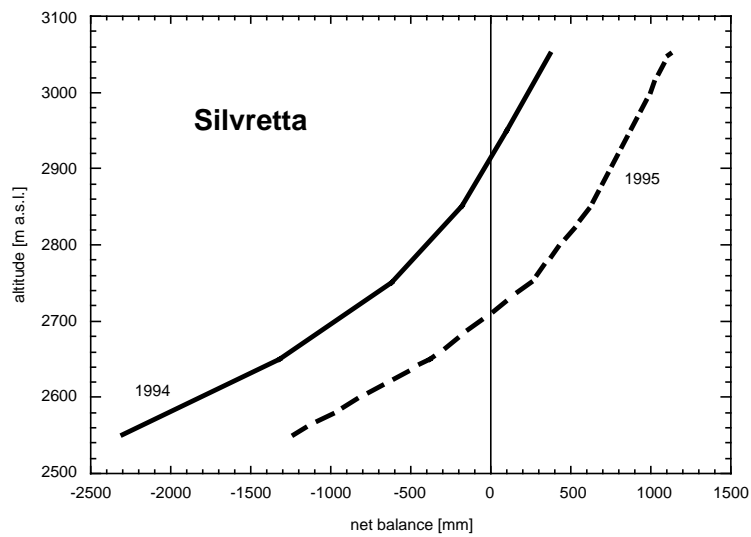


Figure 3.4b: Mass balances 1993/94 and 1994/95 versus altitude.



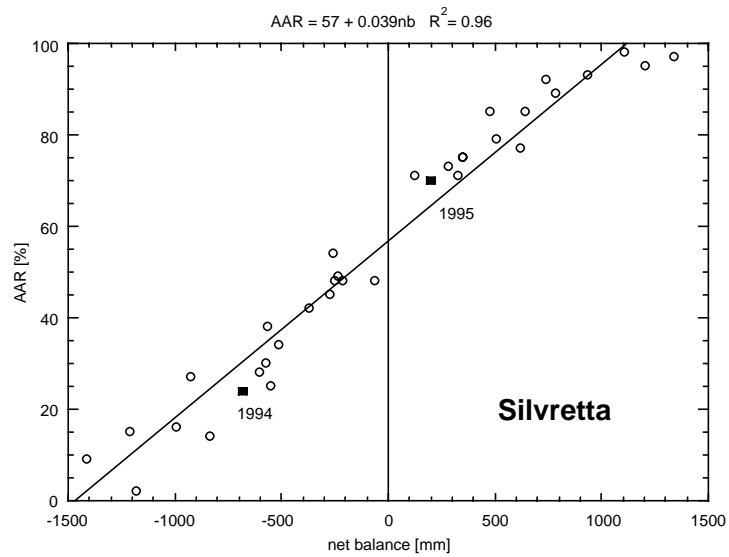


Figure 3.4c: Accumulation area ratio (AAR) versus specific net balance for the whole observation period.

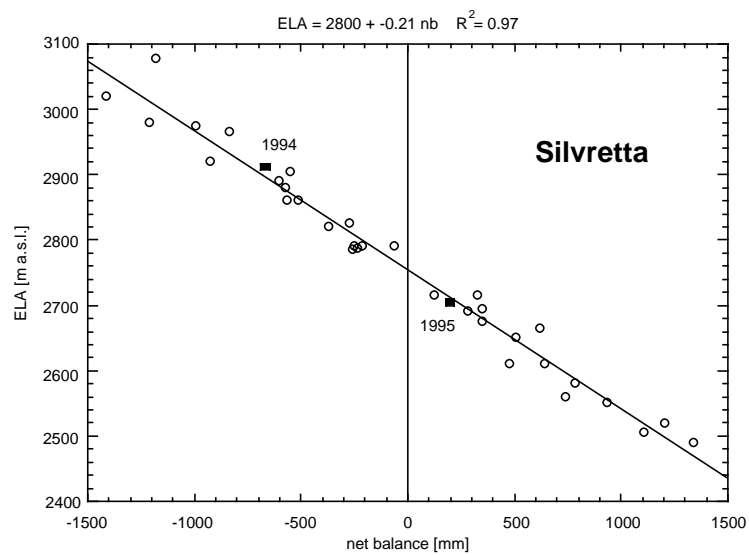


Figure 3.4d: Equilibrium line altitude (ELA) versus specific net balance for the whole observation period.



## 4 Velocity of some specific glaciers

1993/94: The network of stakes on all mass balances glaciers (Figure 3.1) was updated and measured in the autumn of 1994 to determine the mass change as well as the movement of the individual glaciers. In the ablation area last year's failure of the measurements resulted in an interruption in the observation series because the stakes from 1992 melted out. In the accumulation areas, however, where the stakes were mostly still upright, gaps in the measurements could be bridged with a value over 2 years. In general the average velocities from 1992 to 1994 differ little from the preceding annual values, which had shown very low rates.

1994/95: The stakes were checked and replaced as necessary in the autumn of 1995 on the mass-balance glaciers mentioned above, as well as on other glaciers such as Giétro. The mass balance and the glacier movement are determined at these stakes. Measurements of the movement record flow velocities that are just as low or even lower than in the previous years.

Since 1966 the section of Glaciology of the Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology at the Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zürich has been contracted 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 water power station in the valley. The observations are mainly focused on the two glaciers, Giétro and Corbassière (Chapter 4.2 and 4.3).

### 4.1 Aare glaciers

#### 4.1.1 Aare glaciers - Location of the profiles

Since 1924 the ablation areas of the Aare glaciers have been geodetically measured each year by the Flotron AG geodetic company on behalf of the Oberhasli power station.

Detailed information with annual values for 1993/94 and 1994/95 in the ablation area is contained in the reports on the measurement of the Aare glaciers [Flotron AG, 1994 and 1995].

#### 4.1.2 Aare glaciers 1993/94 - Changes in thickness and movement

In the time interval between the measurement flights of mid-August 1993 to the mid-August 1994 the ice volume decreased by 29 million m<sup>3</sup>. The corresponding decrease in thickness was on average 1.4 m and was exceeded by 0.5 m only in the extreme years of 1990 and 1992. The mass loss was generally over the entire surface of the Aare glaciers.

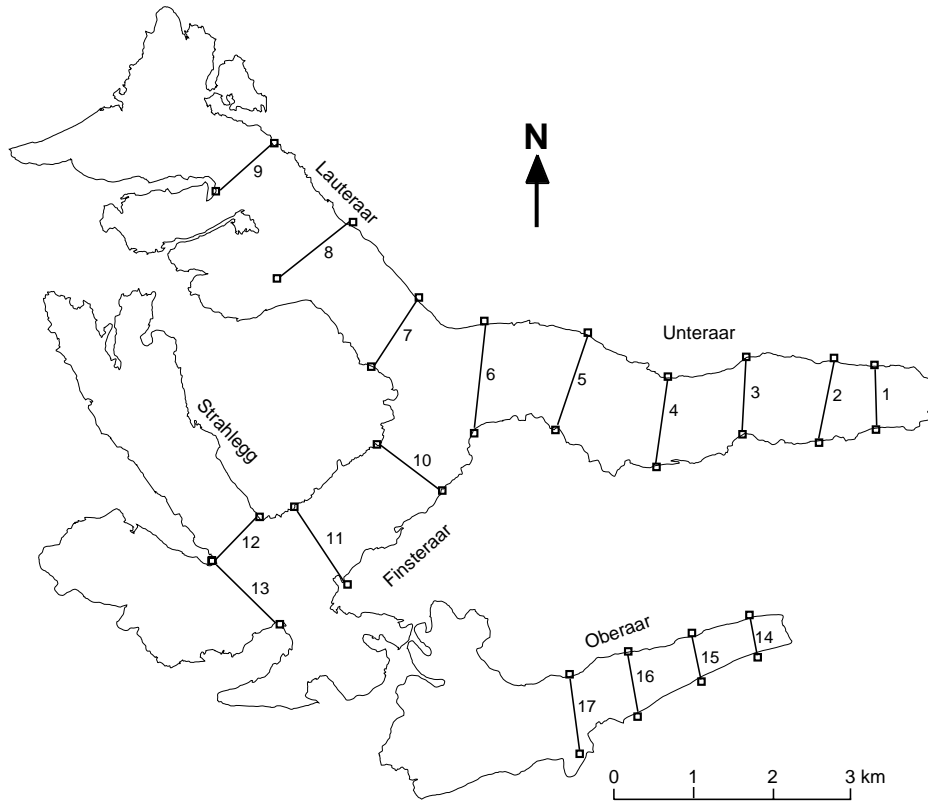


Figure 4.1: Topography and geodetic profiles of the Aare glaciers.

In the year 1993 the velocity of the Unteraraar glacier in the tongue area in all profiles slowed down clearly (on the average around 20 %) to minimum values of the respective series of measurements, which in individual profiles goes back to 1924, in others back to 1968. The mass loss in the following year was basically the same over the entire surface. The velocity in the upper profiles of the Unteraraar glacier (profiles 5 and 6) and in profile 10 of the Finsteraar glacier are similar to the previous year (compare Figure 4.2 and Table 4.1). In the lower part of the Unteraraar glacier, however, as well as in the Lauteraar glacier, they are slightly accelerated. A substantial increase of 3.7 m per year was observed at the Finsteraar glacier. This increase took place mainly at the left side of the glacier where the value reached up to 15 m per year.

### 4.1.3 Aare glaciers 1994/95 - Changes in thickness and movement

Approximately 24 million  $\text{m}^3$  ice were melted away in the measuring period from 16<sup>th</sup> August 1994 to 7<sup>th</sup> October 1995. This amount of ice loss is equal to the average of the last 10 years and corresponds to a mean thickness decrease of 1.1 m. Due to bad weather it was not possible to take the aerial photograph before October 7. Therefore a comparison with earlier years is difficult.

The ice mass loss was larger in the tongue areas and less at higher elevations. In the uppermost profiles of the Lauteraar glacier (profiles no. 8 and 9 in Figure 4.1) and on profile no. 10 of the Finsteraar glacier the accumulation value varies between 0.1 and 0.9 m. Since these values include an evenly deposited early snowfall in autumn, the ice level there was quite stable.

The surface velocities of the Unteraar and the lower part of the Lauteraar glaciers did not change compared to the previous year. Only the lowermost profile of the Finsteraar glacier, number 10 in Figure 4.1, shows significant acceleration. The velocity increase was as high as 24 % and reached a value of 27.8 m per year. Because of the new snow cover it was not possible to determine the velocities in the higher profiles, numbers 8 and 11.

The cumulative annual thickness change and the flow velocities since 1924 are compared for two transverse profiles in Figure 4.2.

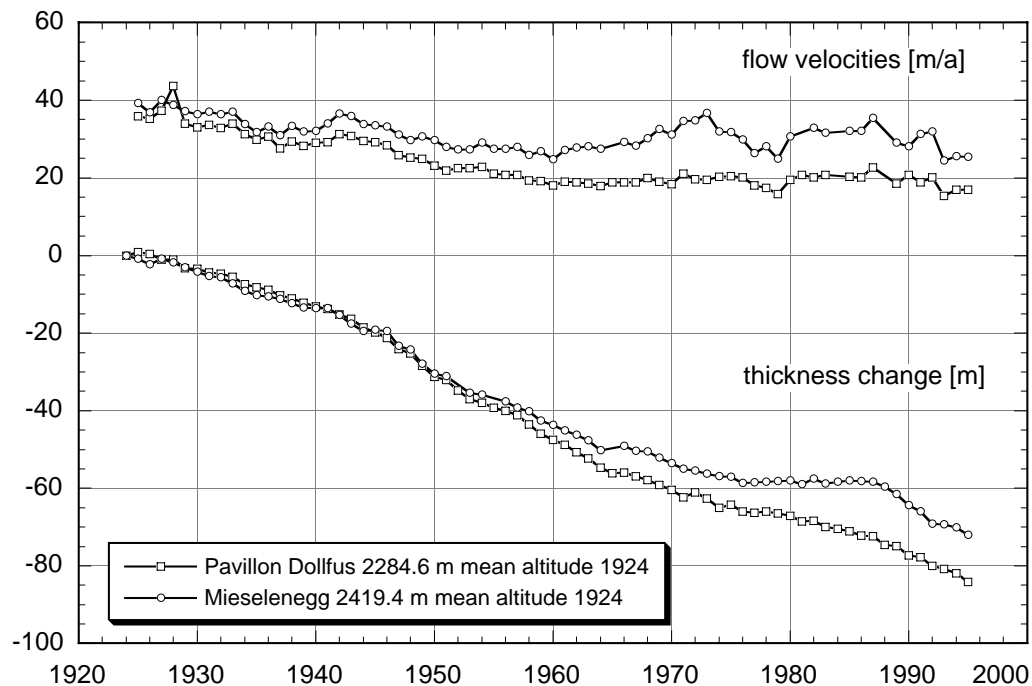


Figure 4.2: Flow velocities and cumulative annual thickness changes since 1924 for two transverse geodetic profiles: Pavillon Dollfus, no. 4, and Mieselenegg, no. 6 in Figure 4.1.

#### 4.1.4 Summary Tables

*Tabelle 4.1a: Change of thickness and velocity of the Aare glaciers in 1993/94.  
Measurement period: 17.8.93 - 16.8.94*

Glacier	Profiles	glacier surface		glacier movement			
		altitude 1994	altitude changes	displacement mean	max	velocity mean	change
Unteraar	Z glacier tongue 1994						
	1	1939.2	-1.9	0.5	1.7	0.5	0.2
	2 Obere Brandlamm	2011.1	-2.3	2.7	7.9	2.7	0.8
	3	2111.8	-2.0	12.9	19.7	12.9	0.3
	4 Pavillon Dollfuss	2203.7	-1.0	17.3	24.9	17.3	1.9
	5	2275.4	-1.6	19.5	27.0	19.5	-2.7
Lauteraar	6 Mieselenegg	2351.2	-0.8	25.5	34.6	25.5	-0.5
	7	2418.6	-2.2	23.6	33.4	23.6	0.9
	8 Wildläger	2503.2	-1.7	20.6	41.7	20.6	-1.3
Finsteraar	9	2632.1	-0.4				
	10	2438.7	-2.4	22.9	32.0	22.9	-1.8
	11 Grunerhorn	2547.8	-2.8	30.6	44.3	30.6	3.6
	12 Strahlegg	2616.9	-0.9				
	13 Finsteraar	2642.0	0.7				
Oberaar	z glacier tongue 1994						
	14 Middle Profile	2345.4	-1.7				
	15 Upper Profile	2473.8	-1.5				
	16 Uppermost Profile	2552.9	-1.5				
	17	2664.9	-0.8				

*Tabelle 4.1b: Change of area and volume of the Aare glaciers in 1993/94.*

Profile	area change [m <sup>2</sup> ]	volume change [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]	Profile	area change [m <sup>2</sup> ]	volume change [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]
Unteraar			Finsteraar		
Z - 2	- 20300	- 1340.50	10 - 11		- 2734.50
2 - 3		- 2233.25	11 - 12/13		- 2537.75
3 - 4		- 1681.75	Z - 9/12/13		-25848.25
4 - 5		- 2142.00			
5 - 6		- 3054.25	Oberaar		
6 - 7/10		- 5422.50	Z - 15	- 3680	- 872.25
Lauteraar			15 - 16		- 1104.50
7 - 8		- 2959.25	16 - 17		- 773.75
8 - 9		- 1742.50	z - 17		- 2750.50

#### 4. VELOCITY OF SOME SPECIFIC GLACIERS

*Table 4.2a: Change of thickness and velocity of the Aare glaciers in 1994/95.  
Measurement period: 16.8.94 - 7.10.95*

Glacier	Profiles	glacier surface		glacier movement			
		altitude 1995	altitude changes	displacement mean	max	velocity mean	change
Unteraar	Z glacier tongue 1995						
	1	1937.7	-1.4	0.7	2.4	0.6	-0.2
	2 Obere Brandlamm	2008.9	-2.0	2.7	7.0	2.4	-0.3
	3	2110.1	-1.6	14.9	22.4	13.1	1.3
	4 Pavillon Dollfuss	2201.3	-2.3	19.3	27.8	16.9	-0.4
	5	2273.2	-2.1	21.8	30.2	19.1	-0.4
Lauteraar	6 Mieselenegg	2349.2	-1.9	28.9	39.9	25.3	1.4
	7	2417.1	-1.4	27.3	35.9	23.9	0.3
	8 Wildläger	2503.3	0.1				
Finsteraar	9	2632.7	0.6				
	10	2437.8	-0.8	31.7	40.6	27.8	5.7
	11 Grunerhorn	2546.6	-1.1				
	12 Strahlegg	2615.8	-1.1				
	13 Finsteraar	2642.9	0.9				
Oberaar	z glacier tongue 1995						
	14 Middle Profile	2342.8	-2.3				
	15 Upper Profile	2472.5	-1.2				
	16 Uppermost Profile	2551.2	-1.5				
	17	2663.4	-1.4				

*Table 4.2b: Change of area and volume of the Aare glaciers in 1994/95.*

Profile	area change [m <sup>2</sup> ]	volume change [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]	Profile	area change [m <sup>2</sup> ]	volume change [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]
Unteraar			Finsteraar		
Z - 2	- 12200	- 1407.00	10 - 11		- 2133.75
2 - 3		- 1942.75	11 - 12/13		- 1201.50
3 - 4		- 2160.00	Z - 9/12/13		- 20539.75
4 - 5		- 3382.75			
5 - 6		- 2602.50	Oberaar		
6 - 7/10		- 3383.25	Z - 15	- 1800	- 1002.25
Lauteraar			15 - 16		- 798.00
7 - 8		- 2071.50	16 - 17		- 1291.75
8 - 9		- 254.75	z - 17		- 3092.00

## 4.2 Giétro glacier

Historical evidence indicates that Giétro glacier has always been a potential natural hazard due to ice avalanches. During the period 1805-1818 a pronounced advance of the Giétro glacier provoked frequent avalanches creating an enormous ice accumulation (10 million m<sup>3</sup>) in the narrow part of the Drance valley at Mauvoisin. In the spring of 1818 the flow of the river was completely blocked. By mid-June 30 million m<sup>3</sup> of water were backed up behind the ice barrier. Under the direction of cantonal engineer Ignaz Venetz, an attempt to lower the level of the lake by tunneling through the ice was only partly successful. On June 16 the remaining water, about 20 million m<sup>3</sup>, broke through the ice-dam, and the resulting flood devastated the fields and villages of the Bagnes valley all the way down the Drance to the Rhone at the town of Martigny. Today a curved concrete dam 237 m high, spans the narrow part of the Drance valley at Mauvoisin. In the event of a new advance of the Giétro glacier, the ice from avalanches would simply melt in the waters of the storage reservoir. A repetition of the earlier disaster is not possible. Hydraulic model tests have shown that only a huge massive ice fall similar to the one on the Allalin glacier in 1965 could cause water to pass over the crown of the dam [VAW, 1972].

The 30-year period of tongue measurements showed a cycle of advance and retreat of the glacier. The minimum extent of the glacier from the year 1966 was reached again in 1995 after a period of advance with a maximum in the mid-1980s. The tongue of the Giétro glacier has been analyzed photogrammetrically every year since 1966. In addition to the length variations, annual measurements of velocities and mass change have been performed regularly since 1966 at 8 stakes (4 in the accumulation area and 4 in the ablation area). The flow movement within the foremost area of the steep tongue at Giétro glacier has been registered since 1968 by a so-called "Kryokinegraph" each year from the middle of July to the beginning of winter [Röthlisberger and Aellen, 1970]. This instrument continuously measures the movement of the glacier at one point and the results are transmitted electronically to the dam power station.

Geodetic control measurements were performed several times in the summer of 1995 as part of a research project of the Mauvoisin power station. They confirmed the seasonal fluctuations observed earlier with a velocity maximum only at the end of summer. This fact is typical for glaciers with steep tongues. It showed that, in the case of the Giétro glacier, the seasonal velocity rates vary from year to year in the same sense and to approximately the same extent as the annual flow velocities [Jeaneret, 1996]. Figure 4.3 shows the annual velocities at the 8 stakes on the glacier. It is important to note the strong increase in the velocities from 50-80 to 80-120 m/year within five years up to 1982 [VAW, 1997]. Since then they have dropped to 30-50 m/year.



4. VELOCITY OF SOME SPECIFIC GLACIERS

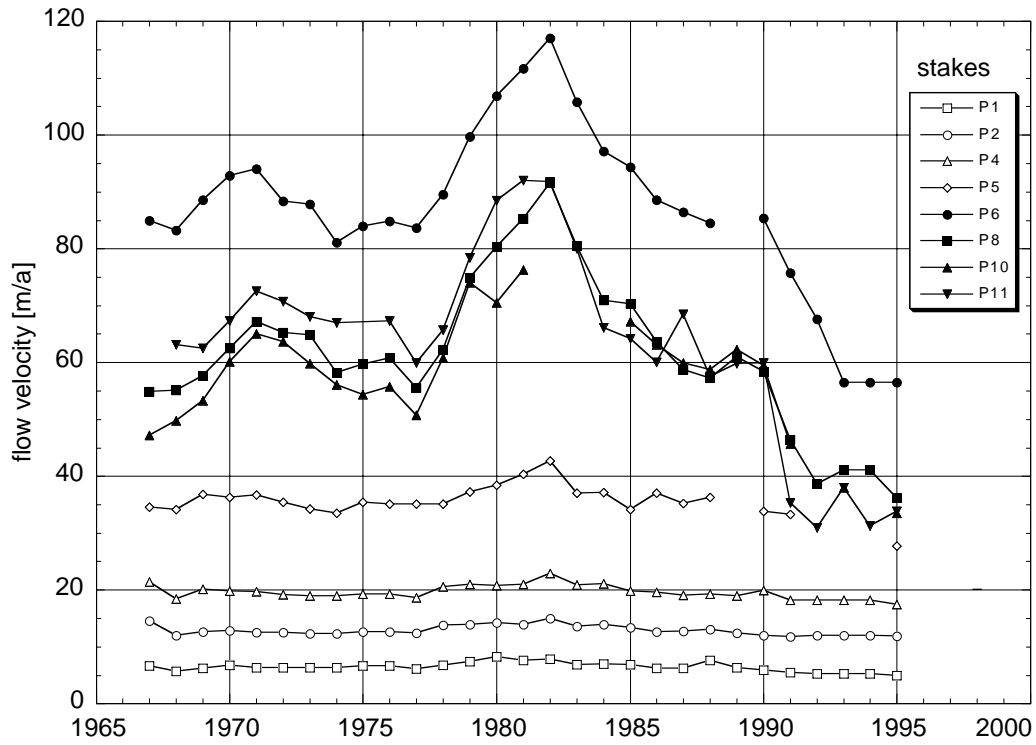


Figure 4.3: Annual flow velocities of the Giétro glacier at all 8 stakes.

Table 4.3: Annual flow velocities of the Giétro glacier at all 8 stakes.

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]	P11 [m/a]
1994	5.3	12.0	18.2		56.5*	41.1		31.2
1995	5.0	11.9	17.5	27.7	56.5*	36.2	33.5	33.8

\* Value for 4 years.

### 4.3 Corbassière glacier

Corbassière glacier has been under observation since 1955 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 stones are observed annually to determine the velocities [VAW, 1997]. These stones have now been replaced by three stakes per profile. Figure 4.4 shows the annual velocities for the two profiles since 1966. Like Giétro glacier, Corbassière glacier shows a strong velocity increase at the beginning of the 1980s.

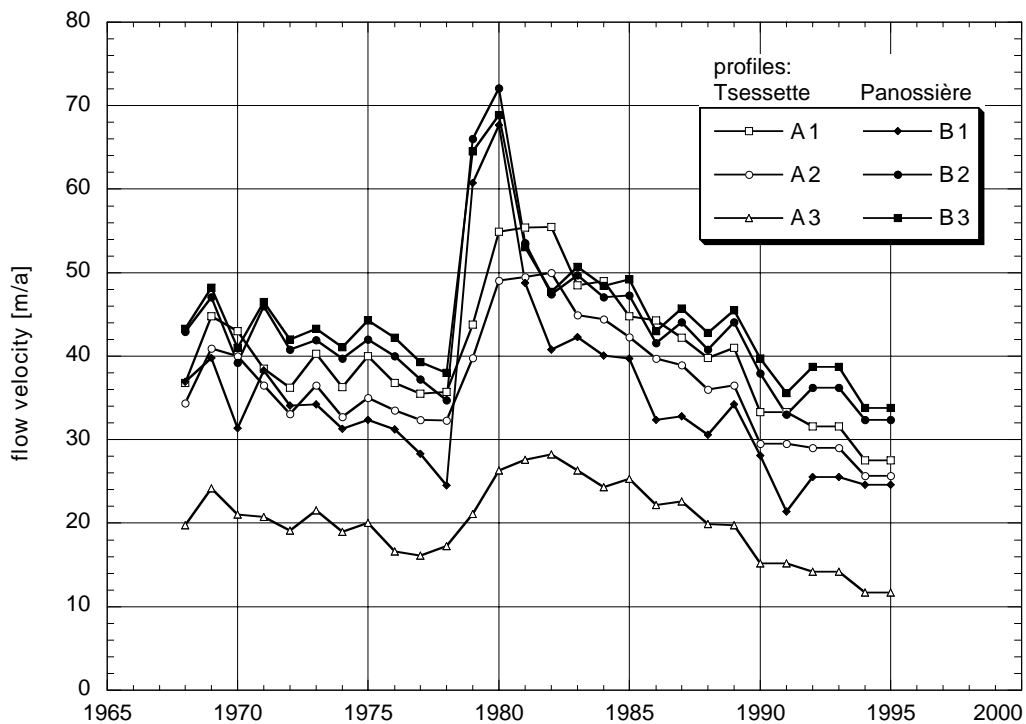


Figure 4.4: Annual flow velocities of the Corbassière glacier at two profiles with 3 stakes each.

Table 4.4: Annual flow velocities of the Corbassière glacier at all 6 stakes, values for 3 years.

year	velocities at stake					
	A1 [m/a]	A2 [m/a]	A3 [m/a]	B1 [m/a]	B2 [m/a]	B3 [m/a]
1994	27.5	25.7	11.7	24.6	32.4	33.8
1995	27.5	25.7	11.7	24.6	32.4	33.8

## 5 Snow and Firn Accumulation

### Clariden glacier

The snow and firn accumulation as well as the precipitation values in the accumulation area of the Clariden glacier area have been measured since 1914. 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].

#### 1993/94 Investigation

On the 13<sup>th</sup> of May 1994 the spring measurements were done. There was 350 cm snow at the stake close to the mountain hut (on the 1<sup>st</sup> of May it was 395, on June 14<sup>th</sup> it was 315 cm). The lower stake was melted out by 220 cm, but was inclined by 100 cm, which resulted in a 30 cm error. The snow sounding showed a summer melt level at 515 cm and one at 534 cm. The first one correlates with the one measured last fall, which means 515 cm of snow, built up between September 20<sup>th</sup> 1993 and May 13<sup>th</sup> 1994.

The upper stake at the altitude of 2900 m a.s.l. was not visible. A hole of 554 cm was dug until a yellowish-brown band appeared. Laboratory studies indicated Sahara dust. This level has to be the ocker layer. Four soundings gave a mean value of 600 cm, and they showed that the snow had fallen in early fall 1993. There was no new snow, the percolation front was at a depth of only 50 cm, and the temperature of the underlying snow was between -2° and -4°C.

The fall investigations were done on September 26. There was no new snow and no snow accumulation measurements were done. At the lower stake, the total of winter snow and the early winter 1992/93 accumulation as well as the rest of 1989/90 accumulation melted out. The estimated loss for the year 1993/94 is 60 cm of old firn. Later the same year a stake reading showed further melting of 40 cm snow.

At the upper stake the remaining amount of firn was 172 cm.

#### 1994/95 Investigation

The spring measurement took place on May 28. There was 390 cm snow at the mountain hut. The lower stake which was greatly inclined indicated 578 cm, and based on the snow soundings a correction to the value of 497 cm was made.

At the lower stake there was 540 cm snow, the snow sounding gave a value of 543 cm, and there was 539 cm of winter snow in the pit. The percolation front was at a depth of approximately 1.5 m.

THE SWISS GLACIERS 1993/94 AND 1994/95

The fall investigation took place on October 10. There is 183 cm of firn at the lower stake, and 72 cm (32 cm w.e.) of it fell in the fall.

At the upper stake the remaining annual snow was in a 336 cm deep snowpit of which 118 cm (50 cm w.e.) was snow from the fall. The snow sounding gave a value of 323, of which 123cm was new snow.

Table 5.1: *Snow and firn accumulation, change in thickness and movement of the Clariden glacier in 1993/94.*

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								
19.9.93 - 13.5.94		lower	2700	515				
19.9.93 - 13.5.94		upper	2900	554	247	447		
Year								
19.9.93 - 13.5.94		lower	2700	- 60	- 39*	650**	- 0.2	3.5
19.9.93 - 26.9.94		upper	2900	172	96	559	- 4.5	13

\* on 21.10.94- 65 cm w.e. ; \*\* estimated value.

Table 5.2: *Snow and firn accumulation, change in thickness and movement of the Clariden glacier in 1994/95.*

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								
26.9.94 - 28.5.95		lower	2700	497				
26.9.94 - 28.5.95		upper	2900	539	248	460		
Year								
26.9.94 - 10.10.95		lower	2700	183	96	527	+ 0.1	3.5
26.9.94 - 10.10.95		upper	2900	336	170	506	+ 1.3	12.5

## 6 Selected glaciological research project

### Investigations and safety measures in the area of the Gruben Glacier, Valais (prepared by D. Vonder Mühll and A. Kääb)



*Photo 6.1:*  
The area of the Gruben glacier between Saastal and Simplon (aerial photograph). On the left side of the glacier the debris from the creeping permafrost is visible. Lake 1 is situated on the moraine dam. Lake 3 (center) is situated between the glacier (on the right) and the creeping permafrost. On the left side, lake 5 lies on top of the debris-covered permafrost, on the so-called "rock glacier". A road was built for the construction work.  
(Photo: W. Schmid, VAW, ETH Zurich)

Photo 6.2:  
 Lake 5 was drained to a large extent in the summer of 1995. The perpendicular, debris-covered wall of the dead ice and the position of the level of the lake before the pumping out can be identified easily. In the background is Gruben glacier.  
 (Photo: A. Kääh, University of Zurich)

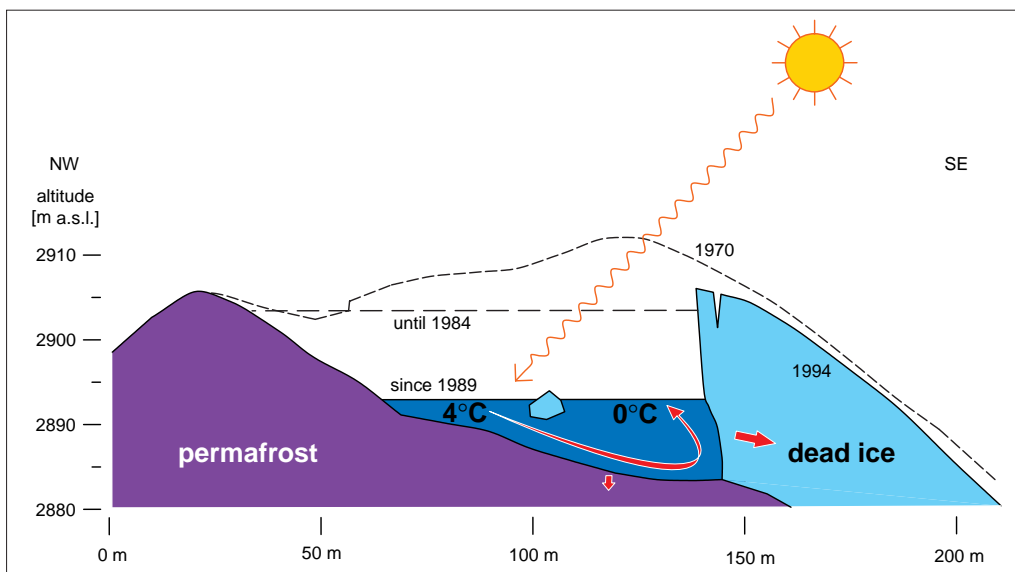


Figure 6.1:  
 The process operating in Lake 5: Between the dead ice (right) and the permafrost a crack formed which filled with water. Lake water warms up by the sun and drops because of the density increase. At the dead ice it cools down again and then rises. This initiates water circulation which increases the volume of Lake 5 continuously. This lake also threatened to burst out and was, therefore, evacuated.

## 6. SELECTED GLACIOLOGICAL RESEARCH PROJECT

The Gruben glacier flows from the Fletschhorn (3993 m a.s.l.) toward Saas Balen. In its catchment area there are many different landscape forms, which are characterized by the glacier and permafrost (Photo 6.1). Of particular note is the enormous debris rich frontal moraine which is, in reality, a huge moraine dam at the front of the glacier. Furthermore, near the northern border of this area lies a continuous stretch of frozen debris masses with a high ice content, resembling, in a way, frozen groundwater. Due to the ice deformation the permafrost creeps downvalley up to 1 m per year and is known as "rock glacier". Within the area of the glacier and the rock glacier several lakes have been formed, some at the edge of the glacier, others on the impermeable permafrost, and were numbered upwards from 1 to 6.

In 1968 and 1970, when the glacier advanced, the water in Lake 3 rose to such a height that it was able to lift up the glacier like an iceberg. The water burst out under the glacier and eroded the moraine dam [Röthlisberger, 1979]. As a consequence, debris flows caused large damages in both years



*Photo 6.3:  
The injection drillings on the dam at Lake 1 protect the moraine against further erosion and prevent an outburst of this lowest-laying lake. The Dom and Lenzspitze mountains are in the background.  
(Photo: A. Kääh, University of Zurich)*

#### THE SWISS GLACIERS 1993/94 AND 1994/95

in the village of Saas Balen 1400 m further down. From then on, the overflow from this lake was kept artificially at a low level. However, since 1989 the surface area of Lake 3 has become greater because the glacier retreated, and there was threat that the lake would break out once again [Kääb 1996].

The surface area of Lake 5, situated on the permafrost, has become greater at an increasing rate since 1985. In the summer of 1995 it reached a volume of approximately 10,000 m<sup>3</sup> and it was not possible to predict if, when or where this lake would burst out [Kääb and Haeberli, 1996].

In response to this situation several measures of reorganization were implemented by the community of Saas Balen and the canton of Wallis. Lake 5 was drained (Photo 6.2, Figure 6.1), and the volume of Lake 3 was reduced as it was partly filled up with moraine material and the discharge level was lowered by around 3 m. In order to protect the moraine against further erosion and to create additional retention volume, the overflow for Lake 1 was reconstructed (Photo 6.3 and 6.4) [Vonder Mühl et al., 1996; Haeberli et al., 1999].



*Photo 6.4:*  
*The overflow construction at Lake 1. The potential holding capacity of the lake is increased by lowering the level of overflow. This is necessary in order to catch a possible outburst of one of the upper lakes. (Photo: A. Kääb, University of Zurich)*



## References

- Aellen, M.** (1995). Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1993/94. Auszug aus dem 115. Bericht der GK/SANW. *Zeitschrift "Die Alpen"* 4/1995, 190-209.
- Aellen, M. et Funk, M.** (1990). Bilan hydrologique du bassin versant de la Massa et bilan de masse des glaciers d'Aletsch (Alpes bernoises, Suisse). *IAHS Publ.* 193, p. 89-98.
- Aellen, M., Hoelzle, M. und Vonder Mühl, D.** (1996). Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1994/95. Auszug aus dem 116. Bericht der GK/SANW. *Zeitschrift "Die Alpen"* 12/1996, S. 36-49.
- Funk, M., Morelli, R. and Stahel, W.** (1997). Mass balance of Griesgletscher 1961-1994: Different methods of determination. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glaziologie*, 33(1), 41-56.
- Flotron AG** (1994, 1995). Vermessung der Aaregletscher. *Report for the "Kraftwerke Oberhasli AG"*, unpublished.
- Haeberli, W., Kääb, A., Hoelzle, M., Bösch, H., Funk, M., Vonder Mühl, D. und Keller, F.** (1999). Eisschwund und Naturkatastrophen im Hochgebirge. Schlussbericht NFP 31. *vdf Verlag, Zurich*, 190 p.
- 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. *Eds. Haeberli, W. and Hoelzle, M.*, 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.
- IAHS(ICSU) - UNESCO - UNEP** (1994). Glacier mass balance bulletin no. 3 (1992-1993). *World Glacier Monitoring Service* (Haeberli, 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* (Haeberli, W., Hoelzle, M. and Suter, St. eds.), *ETH Zurich*, 4, 89 p.
- IAHS(ICSU) - UNESCO - UNEP** (1998). Fluctuations of Glaciers 1990-1995. *Eds. Haeberli, W., Hoelzle, M., Suter, St. and Frauenfelder, R.*, 7, 296 p.
- IAHS (ICSU) - UNEP - UNESCO** (1999). Glacier mass balance bulletin no. 5 (1996-1997). *World Glacier Monitoring Service* (Haeberli, W., Hoelzle, M. and Frauenfelder, R. eds.), *ETH Zurich*, 4, 89 p.

- Jeanneret, B.** (1996). Mouvements enregistrés à la langue du glacier de Giètro de 1968-1995. *Diploma thesis at the University of Lausanne*, 70p.
- Käab, A.** (1996). Photogrammetrische Analyse zur Früherkennung gletscher- und permafrost bedingter Naturgefahren im Hochgebirge. *Mitteilung der VAW/ETH-Zürich (Diss. ETH Zürich)*, 145, 182 p.
- Käab, A. und Haerberli, W.** (1996). Früherkennung und Analyse glazialer Naturgefahren im Gebiet Gruben, Wallis, Schweizer Alpen. *Interprävent 96, Garmisch-Partenkirchen*, 4, 113-122.
- 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 p.
- LHG** (1993-95). Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz. *Hrsg. Landeshydrologie und -geologie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Verlag EDMZ Bern*.
- Müller, H. und Kappenberger, G.** (1991). Claridenfirn - Messungen 1914-1984. *Zürcher Geographische Schriften*, 40, 79 p.
- Röthlisberger, H.** (1979). Glaziologische Arbeiten im Zusammenhang mit den Seeausbrüchen am Grubengletscher, Gemeinde Sass Balen (Wallis). *Mitteilungen der VAW ETH Zurich*, 41, 233-256.
- Röthlisberger, H. und Aellen, M.** (1970). Bewegungsregistrierung an der Zunge des Giëtrogletschers. *Schweizerische Bauzeitung*, 88 (43).
- SMA** (1993-95a). Monatlicher Witterungsbericht der SMA, September 1993 - Oktober 1995.
- SMA** (1993-95b). Täglicher Wetterbericht der SMA, September 1993 - Oktober 1995.
- SMA** (1993-95c). Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den Meteorologischen und Regenmess-Stationen der Schweiz. *Quartalshefte der SMA*, 3/1993 - 4/1995.
- SMA** (1993-95d). *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt*, 130.- 132. Jg, 1993 - 1995.
- UNESCO** (1998). Into the second century of worldwide glacier monitoring: prospects and strategies. *Studies and reports in hydrology. eds. Heaberli, W., Hoelzle, M. and Suter, S.* 56, 227 p.
- VAW** (1972). Stausee Mauvoisin. Modellversuche über Wellenbildung als Folge eines Gletscherabbruchs. *601 Report for the "Force Motrice de Mauvoisin SA"*, unpublished.
- VAW** (1997). Gletscherveränderungen im Val de Bagnes 1966-1996. *55.04.7903 Report for the "Force Motrice de Mauvoisin SA"*, unpublished.
- Vonder Mühl, D., Haerberli, W. und Klingelé, E.** (1996): Geophysikalische Untersuchungen zur Struktur und Stabilität eines Moränendammes am Grubengletscher (Wallis). *Interprävent 96, Garmisch-Partenkirchen*, 4, 123-132.

## Acknowledgement

The Glaciological Commission again received solid support in this 115/116<sup>th</sup> measuring period from its reliable team of observers. Sincere thanks for their cooperation are extended to: the forest reworkers from the cantons of Berne, Glarus, Grisons, Obwalden, St. Gallen, Uri, Tessin, Waadt and Wallis, the staff of the power stations Aegina, Mattmark, Mauvoisin and Oberhasli, all the individual helpers, the Federal Office for Topography, the photogrammetrical firms Flotron AG (Meiringen) and Leupin AG (Gümligen). Climate, snow and discharge data were obtained by the Swiss Meteorological Institute, the Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research and the Federal Office for Hydrology and Geology. The VAW/ETHZ and many colleagues there provided valuable contributions to the publication of this glaciological report. Many thanks to M. Aellen, who has contributed substantial parts of the 115/116<sup>th</sup> reports, to D. Vonder Mühll and A. Käab who have contributed to the 116<sup>th</sup> report, to E. Kraetzer and B. Nedela for preparing the drawings and Susan Braun-Clark for editing the English.



# Appendix

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

### 1 Rhone

**1994:** Vermessungsflug am 6.9.94. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

**1995:** Vermessungsflug am 11.10.95. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

### 3 Gries (Ägina)

**1994:** Vermessungsflug am 6.9.94. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

**1995:** Vermessungsflug am 16.10.95. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

### 5 Grosser Aletsch

**1994:** Vermessungsflug am 15.8.94. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

**1995:** Vermessungsflug am 2.10.95. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

### 10 Schwarzberg

**1995:** Vermessungsflug am 16.10.95. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

### 11 Allalin

**1994:** Vermessungsflug am 6.10.94. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

**1995:** Vermessungsflug am 16.10.95. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

**13 Fee**

**1995:** Der Messpunkt von 1994 wurde zur Montage einer Infotafel benötigt. Wir sind 1995 auf den Stein mit dem festen Stativ ausgewichen. Die Verschiebung beträgt 8.4 m. Die Verschiebung wurde unter Punkt 7 berücksichtigt (T. Burgener).

**14 Gorner**

**1995:** Das Vorgelände bzw. der Bachlauf ist abgetrennt. Der Gletscher ist nur noch auf der linken Bachseite erreichbar. Der Fixpunkt muss eventuell näher zum Gletscher versetzt werden (S. Walther).

**16 Findelen**

**1994:** Vermessungsflug am 6.10.94. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

**1995:** Vermessungsflug am 7.10.95. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

**19 Turtmann**

**1994:** Sehr gute Messverhältnisse. Die Gletscherzunge ist dieses Jahr besonders beim Gletschertor sehr stark zerschundet (P. Tscherrig).

**1995:** Sehr gute Messverhältnisse. Die Frontmoräne wurde etwas aufgeschoben (P. Tscherrig).

**20 Brunegg**

**1994:** Sehr gute Messverhältnisse. Der westliche Gletscherrand ist sehr stark abgeschmolzen (P. Tscherrig).

**1995:** Sehr gute Messverhältnisse (P. Tscherrig).

**21 Bella Tola**

**1994:** Sehr gute Messverhältnisse. (A. Tscherrig).

**1995:** Sehr gute Messverhältnisse. Der Gletscherrand, welcher vorher über eine Felskuppe hing, ist dieses Jahr massiv abgeschmolzen (P. Tscherrig).

**29 Cheillon**

**1994:** Nous avons déduit que lors des dernières mensurations, certains points n'ont pas été trouvés. C'est pour cette raison que les mesures des points 1, 2 et 3 nous paraissent approximatives. Les points 4, 5, 6 et 7 sont plus visibles c'est pourquoi les mesures sont plus exactes. D'après les observations faites sur place, il semble que le glacier recule chaque année de quelques mètres (Ch. Vuissoz).

**1995:** Point 3: La moraine recouvre entièrement cette partie du glacier. Il est difficile de situer précisément l'emplacement de la langue glaciaire. Point 5: C'est le point où le retrait est le plus important. L'épaisseur de la langue est relativement faible. (Ch. Vuissoz).

### 30 En Darrey

**1994:** Nous avons retrouvé uniquement le point numéro 3 (1958). D'après les divers croquis retrouvés dans nos archives, les points 1 et 2 seraient dans le névé qui se trouve devant le glacier. C'est pour cette raison que nous avons repris la mesure depuis le point 3 posé en 1958. Cette année nous avons à nouveau posé 2 repères sur l'avant du névé comme décrits sur le croquis en annexe (Ch. Vuissoz).

**1995:** Le névé qui se trouve devant le glacier à double de volume depuis l'année dernière. La neige recouvre une plus grande partie du glacier que l'année dernière. (Ch. Vuissoz).

### 34 Otemma

**1994:** La fonte de l'épaisse couche de neige de septembre a provoqué une très forte crue. Le plateau devant le glacier a été complètement noyé, les moraines latérales se sont effondrées à maints endroits, la prise d'eau obstruée par la caillasse et le limon a été partiellement détruite et la passerelle pour le vallon de Crête-Sèche a été emportée. Le point 11/92 n'est plus mesurable, car le glacier s'est fortement retiré le long de la rive droite. Au centre du glacier, une rivière assez importante serpente à la surface et disparaît dans un gros moulin à environ 15 m avant le front. Rive gauche, le glacier a non seulement reculé, mais il a beaucoup diminué en épaisseur et des crevasses longitudinales de grandes dimensions sont apparues. Comme vous pouvez le voir sur une photo ci-jointe, la crue de septembre a dû desceller des blocs de la moraine latérale gauche et de la glace apparaît à cet endroit qui se situe à environ 180 m en aval du front (J.-J. Chabloz).

**1995:** Le recul semble s'être ralenti mais, on s'aperçoit que la masse du front a énormément diminué ainsi que les cônes de glace de la partie central. Certainement que l'année prochaine, je risque d'avoir quelques surprises. J'ai établi un nouveau point 15/95 dans l'azimut afin de remplacer le point 12/92 devenu trop éloigné (J.-J. Chabloz).

### 35 Mont Durand

**1994:** La glace recouvre le rognon du point 6/88 et le creux à sa droite est en train de se combler. Il me semble que le portail est en progression, mais je n'ai pas de repères de ce côté difficile d'accès. Je vais y retourner l'été prochain afin de créer de nouveaux points à partir de la base, car les trois points actuels vont disparaître sous peu si la crue du glacier continue (J.-J. Chabloz).

**1995:** Le point 6/88 est complètement recouvert. La progression est toujours constante. En comparant les photographies avec celle de l'année dernière, vous pouvez constater que le glacier est en gros chambardement, des crevasses et des trous se sont formés sous la poussée. Des blocs sont tombés au portail, obstruant partiellement la rivière qui forme un lac sous glaciaire (J.-J. Chabloz).

### **36 Breney**

**1994:** La fonte de neige de septembre a complètement noyé le plateau devant le front et un réseau de rivières le parcourt maintenant. Le centre du front s'est affaissé et une drôle de résurgence apparaît à environ 5 m au-dessus du sol à déterminer, car il est couvert de blocs rocheux ainsi que la moraine latérale qui lui fait suite. Ici également, des rochers se sont décollés et laissent apparaître de la glace morte (J.-J. Chabloz).

**1995:** La langue glaciaire rive droite subit une très forte ablation sur son flanc S/SE, ainsi qu'une grosse diminution de masse. Le front glaciaire face au point 19/86 a par contre avancé très fortement et perdu cependant aussi beaucoup de masse. La rive gauche est toujours aussi malaisée à mesurer car, elle recouverte de gros débris rocheux tombés des Portons (J.-J. Chabloz).

### **39 Valsorey**

**1995:** La mesure A est plus réaliste et reflète l'important recul du glaciaire. La mesure B traduisait un status quo mais il ne s'agit que d'une langue de glace étroite et aplatie. La caverne se maintient (J. Cuex).

### **43 Trient**

**1994:** Le profil en long, très aplati vers le front, annonce encore plusieurs années de recul (P. Mercier).

### **44 Paneyrosse**

**1994:** Difficile de situer exactement le bout du glacier car il est recouvert de pierres (J.-P. Marlétaz).

**1995:** Neige fraîche abondante. Lors de la première visite le repère A était caché sous la neige fraîche (J.-P. Marlétaz).

### **45 Grand Plan Nivé**

**1995:** Neige fraîche abondante (J.-P. Marlétaz).

### **47 Sex Rouge**

**1994:** Temps: couvert, frais. Restes de névés (minces) recouvert de pierres. Plus de glace aux points 02 GL 120 et 01 GL 121. Situation donc inchangé (J.-P. Besençon).



**1995:** Temps: éclaircier, chaud. Quelques restes de névés avais plus de glace. Ceux points 02 GL 120 et 01 GL 121 comme en 1994. Situation inchangée. (J.-P. Besençon).

#### **48 Prapio**

**1994:** Temps: beau, frais. Quelques traces de neige récente, mince couche. Pas de changement, mais diminuation visible épaisseur de la glace (J.-P. Besençon).

#### **50 Oberaar**

**1994:** Vermessungsflug am 16.8.94. Photogrammetrische Auswertung duch Firma Flotron AG, Meiringen (A. Flotron).

**1995:** Vermessungsflug am 7.10.95. Photogrammetrische Auswertung duch Firma Flotron AG (A. Flotron).

#### **51 Unteraar**

**1994:** Vermessungsflug am 16.8.94. Photogrammetrische Auswertung duch Firma Flotron AG, Meiringen (A. Flotron).

**1995:** Vermessungsflug am 7.10.95. Photogrammetrische Auswertung duch Firma Flotron AG (A. Flotron).

#### **52 Gauli**

**1995:** Die Höhenkote des Gletschertores entspricht der Höhenkote des Gletschersees, welcher sich vor der Gletscherzunge bildet (R. Straub).

#### **53 Stein**

**1994:** In der Mitte endet die Gletscherzunge noch immer im Steinsee (R. Straub).

**1995:** Die rechte Seite der Gletscherzunge ist derart mit Steinblöcken überdeckt, dass die Messung ungenau ist und nicht mehr berücksichtigt werden kann (R. Straub).

#### **54 Steinlimmi**

**1994:** Die Gletscherzunge ist stark abgeflacht und dünn geworden. Weiter oben sind Lücken im Gletscher (R. Straub).

#### **57 Oberer Grindelwald**

**1994:** Der Gletscher ist weiterhin auf dem Rückzug. Das Gletscherende ist nun ungefähr am gleichen Ort wie 1971, nur ist das Volumen bedeutend geringer. Anfangs August musste die Gletschergrotte aufgegeben werden und die Leitern auf den Fels hinauf wieder montiert werden. Wenn der Rückzug so weitergeht, wird vermutlich im nächsten Jahr der Punkt FP 3 wieder aktuell (H. Boss).

**1995:** Der Rückzug hat sich markant verlangsamt gegenüber 1994. Im Talboden wurden neu zwei Fixpunkte gemalt. Punkt 1995/1 am Wegende beim alten Grottenhüttli (bis 1994) und Punkt 1995/2 beim Bach gegen die Gletscherzunge zu. Auf dem Felsnollen wurde ein neuer Punkt 95/3 gemalt. Dieser liegt auf einem alten Punkt, dessen Jahr man aber nicht mehr feststellen kann (H. Boss).

## 59 Eiger

**1994:** Auf der ganzen Breite erneut ein massiver Rückgang, so dass der Gletscher sich hinter dem Stand 1975 befindet. Der Gletscher erscheint flach, abgerundet. Auffallend die grossen Hohlräume am Gletscherrand, wahrscheinlich als Folge der heissen Sommerzeit. Die Punkte wurden wieder gefärbt. Die Höhenkote wurde neu bestimmt. Als Ausgangspunkt für weitere Messungen soll dabei der Punkt F dienen, dessen Höhe mit 2178 m ü.M. bestimmt worden ist (Kontrollmessung 1995 vorgesehen, da extreme Windgeschwindigkeiten die Messung erschweren (R. Zumstein).

**1995:** Wie im Vorjahr festgehalten, wurde die Höhe des Punktes F kontrolliert. Sie wird neu mit 2175 m ü.M. definiert, so dass auch die Höhe des Gletschertores 94 auf 2169 m ü.M. korrigiert werden müsste. Der Gletscherschwund auf der ganzen Linie hält an, wobei an beiden Rändern der Rückgang deutlich kleiner ist als im Zentrum des Gletschers. Der markante Rücken bei D und E scheint dabei eine wesentliche Rolle zu spielen, so dass sich immer deutlicher zwei Zungen auszubilden scheinen (R. Zumstein).

## 60 Tschingel

**1994:** Die Höhe des Gletschertores wurde ab Punkt E bestimmt. Die Höhe von Punkt F' wurde mit 2259 m ü.M. bestimmt. An 6 von insgesamt 7 Punkten wurde ein Rückgang festgestellt. Im Bereich H war ein sehr starker Rückgang, auch wenn eine gewisse Zufälligkeit eine Rolle spielt (tangentialer Verlauf). Auffallend ist die Lage des Gletschertores und des Baches, der rund 10 m südlicher zum Vorschein kommt. Spuren grosser Wassermengen tragen die 3 m hohen fast senkrechten Uferböschungen (Gewitterregen Ende Juli und Ende August). Wenn der Gletscher weiter zurückgeht, ist zu prüfen, ob nicht neue Punkte auf dem letzten grossen Vorstosswalm angelegt werden sollen. Damit würden die Messungen wesentlich erleichtert (R. Zumstein).

**1995:** Im Zungenbereich liegt ca. 30 cm Schnee, doch sind die Frühlingsvorstosswälme gut sichtbar. Das Messdatum wurde etwas vorverlegt, da Ende August bereits sehr viel Schnee fiel (0.5 bis 1 m). Die Prognose lautete auf weitere Schneefälle bis unter 2000 m ü.M. An drei von 7 Messpunkten resultierte ein Vorstoss, der aber betragslich kleiner war als die Punkte mit Rückzug. 1 Messstelle war exakt gleich (R. Zumstein).

## 62 Schwarz

**1994:** Das im letzten Jahr vorgelagerte Firnfeld ist vollständig abgeschmolzen. Daraus resultiert nun der markante Rückzug der Gletscherzunge. Am Rand ist der Rückgang geringer (Punkt d um -7 m) (U. Vogt).

**1995:** Die Punkte f und g waren nicht messbar, weil die Gletscherzunge mehrere Meter stark überschüttet war. Der Zungenrand konnte nicht festgestellt werden (U. Vogt).

### **63 Lämmern**

**1994:** Das Zungenende ist zerklüftet. Der Wasseraustritt erfolgt an der linken und rechten Flanke. Ein Gletschertor ist nicht mehr vorhanden (U. Vogt).

**1995:** Die Zunge ist stark zerklüftet und stark abgeflacht (U. Vogt).

### **64 Blümlisalp**

**1994:** Starkes Absacken von A - C. Wegen tieferem Wasserstand im Moränensee wird auf der Gletscherseite, im hinteren Teil unter dem Schutt eine deutliche Eisbank sichtbar (U. Fuhrer).

**1995:** Bei den Punkten A - C ist eine sehr ausgeprägte Abnahme der Gletscherhöhe feststellbar. Punkt D im Vorfeld hat wieder verfirnten Lawinenschnee (U. Fuhrer).

### **66 Tiefen**

**1994:** Die vor 2 Jahren neu eingemessenen Blöcke konnten für die Längenänderung erstmals miteinbezogen werden. Der nördliche Rand flacht sehr stark ab und zieht sich gegen Süden zurück. Südlich der Messlinie GL79 wird das Eis durch eine starke Schuttauflage "konserviert" (J. Marx).

**1995:** Der Gletscher ist Ende August eingeschneit worden. Zur Zeit der Beobachtung war der Randbereich und das Vorgelände noch teilweise schneebedeckt. Durch Graben im Randbereich wurde stellenweise verfirnter Schnee angetroffen, sodass bezüglich Messgenauigkeit gewisse Fragezeichen zu setzen sind (J. Marx).

### **67 Sankt Anna**

**1994:** Der vor 2 Jahren eingerichtete Messpunkt 93 konnte erstmals für die Bestimmung der Längenänderung benutzt werden. Der Punkt GL77 liegt ungünstig hinter einem Schuttwall, sodass eine Messung über mehrere Stufen nötig wird. Als Ersatz wurde 23 m östlich ein neuer Punkt mit direkter Sicht (95) eingerichtet. Der Gletscher hat auf seiner ganzen Breite stark an Mächtigkeit verloren (J. Marx).

**1995:** Der Gletscher ist Ende August eingeschneit worden. Zur Zeit der Beobachtung war der Randbereich und das Vorgelände noch teilweise schneebedeckt. Durch Graben im Randbereich wurde stellenweise verfirnter Schnee angetroffen, sodass bezüglich Messgenauigkeit gewisse Fragezeichen zu setzen sind. Die nicht gemessenen Punkte sind eine Folge der Schneesituation (J. Marx).

#### 71 Wallenbur

**1994:** Der in der Verlängerung von Punkt 1957 gelegene Punkt 1962 ist vom Gletscher wieder freigegeben worden. Bei Punkt 1987 konnte der Gletscherrand unter der massiven Schuttauflage nicht bestimmt werden (P. Kläger / J. Marx).

**1995:** Beim Punkt 1987 konnte der Gletscherrand nicht eindeutig gefunden werden (P. Kläger / J. Marx).

#### 73 Hüfi

**1994:** Der Rückgang ist vor allem in den Randzonen wieder recht markant. Der Rückgang im Torbereich ist weniger ausgeprägt, da der Gletscher in der Verlängerung der Schlucht bedeutend mächtiger ist (J. Marx).

**1995:** Der Rückgang findet vor allem im orographisch linken Bereich statt. Die übrigen Punkte zeigen sogar leichte Vorstösse. Der Punkt 1972 ist seit Jahren erstmals wieder ausgeapert (J. Marx).

#### 74 Griess (Unterschächen)

**1994:** Erstmals erfolgten die Messungen von dem vor 2 Jahren neu eingerichteten Punkt 1992 aus (J. Marx).

#### 75 Firnalpeli (Ost)

**1994:** Der Gletscher hat sich seit der letzten Messung im Jahre 1992 um ca. 8.4 m zurückgebildet. Am Zungenende kamen Markierungen zum Vorschein, welche vermutlich in den 30-er Jahren angebracht wurden (R. Imfeld).

#### 76 Griessen (Obwalden)

**1994:** Der Gletscher hat sich seit 1993 um ca. 4.5 m zurückgebildet. Der Massenschwund ist deutlich sichtbar aufgrund von alten Markierungen. Die Eislinsen auf den dem Gletscher vorgelagerten Felsbänken sind fast vollständig verschwunden (R. Imfeld).

**1995:** Das Messgelände war mit ca. 0.5 bis 1.0 m Neuschnee vom September bedeckt. Es konnte festgestellt werden, dass der Gletscher sicher nicht vorgestossen ist. Wir nehmen an, dass die Veränderung des Gletscherendes ca. 0 ist (R. Imfeld).

#### 77 Biferten

**1994:** Aus den gleichen Gründen wie beim Glärnischgletscher konnte die Messung 1992 nicht durchgeführt werden. Die Messung 1993 fiel ebenfalls aus, da es die vorherrschende Witterung im Herbst nicht zulies (Regen, nachher zuviel Schnee, allgemein schlechtes Wetter). Somit fand die erste Messung nach dem Tode von Herrn Wild, dem früheren Beobachter, erst wieder am 14. Oktober 1994 statt. Bei idealem Messwetter wurde mir bereits beim Anmarsch zum Glet-

scher bewusst, wie stark sich die Gletscherzunge zurückgezogen hat. Meine letzten Eindrücke aus dem Jahre 1991 vom Bifertengletscher reichten von bizarr, gefährlich bis imposant und beeindruckend, doch dies hat sich geändert. Konnte man früher den Gletscherrand nicht ganz begehen, so ist dies heute fast ohne Probleme zu bewältigen. War die Wasserfassung Nr. 2 bis zum Jahre 1991 fast ganz vom Gletscher überdeckt, so ist dies heute mit einem Abstand von 40.7 m bei weitem nicht mehr der Fall. Der tiefste Punkt des Gletschers hat sich auf eine Höhe von 1920.3 m ü.M. zurückgezogen. Ebenfalls die seitliche Veränderung ist deutlich sichtbar, sind doch die Seitenmoränen (nordwestlich) bereits etliche Meter vom Gletscher entfernt. Auch die Mächtigkeit des Gletschers ist stark zurückgegangen von 2048 m ü.M. auf 2020 m ü.M. gemessen über die "Original-Visurlinie": Mauerecke Fridolinshütte - Ostgiebel alte Hütte (H.P. Klauser).

**1995:** Die Beobachtung des Biferten führte ich dieses Jahr gut eine Woche früher, wiederum bei prächtigem Herbstwetter und milden Temperaturen aus. Diesmal fällt die Bilanz der Messung nicht mehr so kräftig aus, die Tendenz der Abnahme bleibt jedoch bestehen. Die starken Niederschläge und grossen Schneemengen bis spät in den Frühling hinein und auch der abrupte "Winterbeginn" im August waren für den Gletscher wohl noch zuwenig Nahrung um wieder zu wachsen. Die Aufnahme des Gletschers verlief diesmal noch fast problemloser als beim letzten Mal. Diesmal war nicht einmal Wassereis vor der Zunge vorhanden, was das letzte Mal die Aufnahme auf der östlichen Seite etwas erschwerte. Der Abstand der Fassung Nr. 2 zur Gletscherzunge ist in etwa gleich geblieben: letztes Jahr 40.7 m, 1995 42 m. Der tiefste Punkt ist beim zweiten Gletschertor bei 1922.3 m ü.M. Der grössere Abgang bei Höhe 1956.3 m ü.M. ist aus einigen Abbrüchen von Séracs zu erklären, die aber bereits abgeschmolzen und nicht einmal als Toteismassen vorhanden sind. Die Mächtigkeit des Gletschers nimmt ebenfalls immer noch ab, diesmal um 11 m über der bekannten Visurlinie (H.P. Klauser).

## 78 Limmern

**1994:** Der Gletscherrand des Limmernfirn ist wie schon vor zwei Jahren auf der rechten Seite (Punkte: 1, 2, 3) schwierig zu erkennen. Deutlich sichtbar sind die neuen Endmoränen und das Abflachen der Zunge dahinter, dies gilt sowohl im aperi linken als auch im schuttbedeckten rechten Teil. Am Fusse des Bifertengrates lag noch Firn- und Lawinenschnee bis ca. 2700 m ü.M. Erst ab 2800 m ü.M. waren grössere Flächen noch firnbedeckt. Etwa ab dieser Höhe lag auch noch etwas Neuschnee vom September (U. Steinegger).

**1995:** Der Gletscherrand des Limmernfirn ist wie schon vor zwei Jahren auf der rechten Seite (Punkte: 1, 2, 3) wegen der massiven Schuttbedeckung sehr schwierig zu erkennen. Die anderen drei Punkte zeigen aber deutlich den sich fortsetzenden Rückzug. Dieses Jahr war allerdings für den Massenhaushalt recht positiv. Am Fusse des Bifertengrates lag noch Firn- und Lawinenschnee bis in den untersten Zungenbereich. Ab ca. 2300-2400 m ü.M. war der Gletscher mit Neuschnee bedeckt. Ungefähr bereits ab 2400-2500 m ü.M. lag auch eine geschlossene Altschneedecke (U. Steinegger).

#### 79 Sulz

**1995:** Die diesjährige Messung ergab einen mittleren Rückgang von 22.0 m innerhalb von drei Jahren, das heisst 7 m/Jahr. Dieser Wert ist recht hoch, betrug doch der mittlere Rückgang von 1983-1992 ca. 2 m/Jahr. Infolge der grossen Distanzen zu den Punkten B und C wurde ein neuer Punkt D festgelegt (Th. Rageth).

#### 81 Pizol

**1994:** Es war höchste Zeit, denn während des Einmessens erfolgte ein Schlechtwettereinbruch mit Schnee, welcher gemäs Prognose liegen bleiben dürfte. Spalten waren gut erkennbar. Eine Schneedecke nicht feststellbar. Der Gletscher zeigte noch Schmelzaktivität. Der Eisrand im Bereich des Punktes 6 war stark mit Geröll bedeckt. Der festgestellte Rückzug des Gletschers erfolgte vor allem auf seiner Ostseite. Gemessen wurde wiederum ab der C-Linie (A. Hartmann).

#### 82 Lavaz

**1994:** Im Vorgelände des Gletschers hat sich eine neue abgetrennte Gletscherzone gebildet. Damit ist es auch nicht möglich, die Längenänderung anzugeben (A. Sialm).

**1995:** Die letztjährige abgetrennte Gletscherzone hat im Norden eine 160 m lange Gletscherzunge gebildet. Nach Süden ist eine Zunahme von 30 m festzustellen (A. Sialm).

#### 83 Punteglias

**1995:** Die Messung am westlichsten Punkt (Punkt 9109) ist ziemlich unsicher, respektive variiert stark von Jahr zu Jahr. Dies ist eine Folge der Moränenschuttüberdeckung, welche das Auffinden des genauen Verlaufes des Gletscherrandes erschwert - dies vor allem in Abhängigkeit von der Schneebedeckung und der Temperatur zum Messzeitpunkt. Der "Vorstoss" von 48 m bei Punkt 9109 ist deshalb wohl ein Beobachtungsphänomen. Ein grosser Teil des Ablationsbereiches des Gletschers liegt weiterhin in schwach (10-15%) ansteigendem Gelände, auf einer Höhe von 2400 m ü.M. Während der Gletscherrand west- und ostseitig durch Beschattung wie auch durch starke Moränenschuttauflage geschützt ist, schmilzt der zentrale Teil zur Zeit sehr rasch ab. In den letzten Jahren kann ein eigentlicher Kollaps der Gletschermitte beobachtet werden: Kleine "dolinartige" Öffnungen in der Oberfläche entwickeln sich innert kurzer Zeit (2 bis 3 Jahre) bis zu hektargrossen Eisflächenverlusten (H. Klöti).

#### 84 Lenta

**1994:** Das Zungenende hat sich in den letzten zwei Jahren in der Länge eher wenig, im Aussehen jedoch stark verändert und wiederum an Mächtigkeit abgenommen (B. Parolini).

**1995:** Der Gletscher hat sich auf der ganzen Breite, insbesondere aber bei der Messlinie B zurückgezogen; die Eisdicke hat ebenfalls abgenommen. Auf der Westseite ist durch den Abfluss

des Grauhorngletschers eine tiefere Einfurchung entstanden, die in den nächsten Jahren voraussichtlich den vorderen Gletscherteil als Toteis abtrennen wird (B. Parolini).

#### 85 Vorab

**1994:** Das Wetter war während der Messung schön. Das Gletscherende ist vollständig ausgeapert. Der Rückzug hat etwas gestoppt, da das Gletscherende in einem Gefällsknick am steileren Hang mündet. Es wurde eine neue Basislinie eingerichtet (R. Hefti).

**1995:** Bedingt durch die hohe Schneelage im Frühling aperte der Gletscher sehr spät aus, um bereits wieder Mitte August durch einen Kälteeinbruch eingeschneit zu werden. Die langanhaltende Wärmeperiode im Oktober genügte nicht für eine Ausaperung des Vorfeldes. Zudem wurde der Gletscherrand künstlich mit Schnee zugedeckt um die Bergbahnen in Betrieb nehmen zu können (R. Hefti).

#### 86 Paradies

**1994:** Das Zungenende ist erneut abgeflacht. Der Massenrückgang ist beträchtlich. In der Talebene des früheren Gletscherendes ist auf den Toteisresten Lawinenschnee liegengeblieben (O. Hugentobler).

**1995:** Die Art der vorgenommenen Messung gibt berechtigte Zweifel an der Richtigkeit der Messresultate (Differenzen bis zu 15 m bei Vor- und Rückmessung!). Mit Sicherheit hat die Eismasse erneut abgenommen. Es ist unbedingt erforderlich, ein Messgerät der neuesten Generation zu verwenden (O. Hugentobler).

#### 87 Suretta

**1994:** Es handelt sich um keinen echten Vorstoss. Das Zungenende wurde erneut von Lawinenschnee überflutet, der noch nicht abgeschmolzen war. Beim Vergleich der Fotos mit denjenigen des Vorjahres zeigt sich speziell bei der Felspartie in der Mitte des Gletschers, dass das Eis stark zurückgegangen ist. Zum zukünftigen Vergleich wurde an diesem Felsen eine Markierung angebracht (O. Hugentobler).

**1995:** Die Gletschermasse hat erneut abgenommen. Grössere Felspartien rund 500 m oberhalb der Gletscherzunge treten sehr stark zum Vorschein (O. Hugentobler).

#### 88 Porchabella

**1994:** Die Messungen 94 konnten bei sehr guten Bedingungen durchgeführt werden, was in Anbetracht der Tatsache, dass die Messungen 93 nicht durchgeführt werden konnten, sehr wichtig war. Die Messung ergab eine durchschnittliche Längenabnahme von 15 m (5.3 bis 29.0 m). Die Rückzugswerte variieren relativ stark, nämlich zwischen 18 m im westlichen und im mittleren Teil mit flachen Vorgelände, sowie 10 m im östlichen Teil mit einer Gegensteigung. Wie zu erwarten war, musste auch dieses Jahr eine markante Massenabnahme registriert werden, die sich nicht nur durch den allgemeinen Eindruck sondern vor allem auch durch neu

“aufgetauchte” (bis 5 m über der Gletscheroberfläche) Felsköpfe im mittleren Teil des Gletschers sehr deutlich manifestierte (Ch. Barandun).

**1995:** Die Messungen 95 waren durch eine harte Neuschneesicht stark beeinträchtigt. Die Auswertung der Messdaten zeigte, dass insbesondere im westlichen Teil (Schattenseite) ein exaktes Festlegen des Gletscherrandes nicht möglich war. Deshalb wurden für die Berechnung des mittleren Rückzugswertes nur die Messwerte im Bereich des Hauptgletschertores (östlicher Teil) berücksichtigt. Dieser beträgt 5.5 m. Neben der wiederum starken Massenabnahme muss hier auch noch das ausgeprägte Hauptgletschertor erwähnt werden (Ch. Barandun).

## 89 Verstankla

**1994:** Nach einem durchschnittlichen, nicht besonders schneereichen Winter 1993/94 folgte jedoch ein aussergewöhnlich heisser Sommer mit anhaltend hohen Temperaturen. Am Messtag waren gut 3/4 des Gletscherrückens ausgeapert und die Firnschneefelder in den beschatteten Steilhängen sind nochmals stark zurückgeschmolzen. Noch nie hatte der Beobachter in seiner 22 jährigen Tätigkeit einen so starken Gletscherschwund erlebt, wie bei dieser Messung. Die Gletscherzunge wurde am Dienstag, den 30. August 1994 bei schönem, wenig windigem Wetter mit milden Temperaturen (0°C Grenze auf 3'600 m ü.M.) eingemessen. Sämtliche vier eingemessenen Punkte (O, P'0, P'2 und P'3) konnten mühelos aufgefunden werden. Bei allen Punkten hat sich die Zunge überraschend stark zurückgezogen. Das Eis über dem nördlich gelegenen Gletschertor auf der Höhenkote 2'390 m ü.M. oberhalb der Felsstufe ist völlig in sich zusammengebrochen und weggeschmolzen. Statt dessen erscheint dort der blanke Fels. Auf diesem wurde ein neuer Punkt PN 1994 markiert. Von diesem Punkt befindet sich das heutige Gletscherende ca. 4 m entfernt. Das neue Gletschertor liegt etwa 3 m höher. Auf der südlichen Gletscherbegrenzung ist kein eigentliches Gletschertor erkennbar, das grobblockige Moränenmaterial ist zu reichlich angelagert, das Wasser quillt aus dem abgelagerten Geröll hervor. Es scheint, dass der Gletscher etwa 160 m oberhalb des Punktes P'3 eine Felsnase frei gibt, ähnlich derjenigen, auf der sich der Punkt O befindet. Sollte sich der Gletscher weiter in ähnlichem Rahmen zurückziehen, liesse sich darauf in künftigen Jahren ein weiterer Kontrollpunkt einmessen. Es ist das erste Mal, dass oberhalb der Geländeschwelle ein Punkt markiert werden konnte (J. Stahel).

**1995:** Nach einem ziemlich schneereichen Winter und einem kühlen Sommer wurde der Gletscher bereits gegen Ende August so tief eingeschneit, dass ein Besuch nicht möglich war. Dieser erste Schneefall erwies sich als recht hartnäckig, doch aperte die Zunge erfreulicherweise in der ersten Oktoberhälfte nochmals gänzlich aus. Der übrige Gletscher jedoch blieb völlig mit Schnee bedeckt. Damit wurde es möglich, das Gletscherende am Dienstag, den 17. Oktober 1995 doch noch einzumessen. Obwohl schönes Herbstwetter war, wurde die Messung durch kalte Fallwinde erschwert. Vor allem vermochte die Sonne zu dieser fortgeschrittenen Jahreszeit den Gletscher nicht mehr zu erreichen. Es konnten alle Messpunkte (O, P'0, P'2 und P'3) mühelos aufgefunden werden. Allerdings lag bei der südlichsten Messlinie (ausgehend von P'3) so viel grobblockiges Moränenmaterial, dass das Eis bis weit oben zugedeckt war und das eigentliche Gletscherende nicht eruiert werden konnte. Dafür konnte der neue Punkt PN 1994



auf der Felsnase beim Gletschertor wieder aufgefunden und eingemessen werden. Statt 4 m befindet sich dort das heutige Gletscherende 11 m weit entfernt. Erwartungsgemäss hat sich die Lage der Gletscherzunge nicht stark verändert. Aus dem alten Gletschertor fliesst nur wenig Wasser, was wohl auf die fortgeschrittene Jahreszeit und den damit verbundenen tiefen Temperaturen zurückzuführen ist. Das Eis über dem Gletschertor ist weiter abgeschmolzen und erscheint noch flacher als im letzten Jahr. Auf der südlichen Gletscherbegrenzung ist kein eigentliches Gletschertor erkennbar, das Wasser quillt recht willkürlich aus dem abgelagerten, grobblockigen Moränenmaterial hervor (J. Stahel).

## 90 Silvretta

**1994:** Vermessungsflug am 23.08.94. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

**1995:** Vermessungsflug am 17.10.95. Photogrammetrische Auswertung durch H. Bösch VAW/ETHZ (VAW, M. Aellen).

## 91 Sardona

**1994:** Der Gletscher wies eine leichte Schneedecke auf, welche von den Niederschlägen von Anfang September herrührte. Der Gletscherrand war ausser bei Punkt 2neu, wo der Eisrand etwa 1 Meter hoch mit Schutt überführt ist, überall zu erkennen. Die Suche nach dem alten Punkt 2 wurde nicht mehr aufgenommen. Dieser Messpunkt ist von Moränenmaterial (Blockschutt) hoch überdeckt oder evt. abgerutscht. Dafür konnte vom 1992 festgelegten Messpunkt 2neu erstmals eine Vergleichsmessung gemacht werden. Die Messpunkte 2neu und 3neu (seit 1990 benutzt) sind nicht eingemessen. Diese Punkte müssten vor einer allfälligen photogrammetrischen Befliegung gut sichtbar markiert werden. Die Messungen erfolgten ab den Messpunkten 1, 2neu, 3neu, 4, 5 und 6. Der Gletscherrand, welcher früher im Bereich der Punkte 1 bis 3neu hoch aufragte, ist jetzt flach geworden. Grosse Eisschollenablösungen sind nicht mehr festzustellen. Die grosse Einsackung des Gletschers im Bereich 2neu und 3neu hat sich weiter vertieft. Bei Punkt 6 hat sich das dem Gletscher vorgelagerte flache Firnfeld nochmals stark zurückgezogen. Der Gletscher ist im Zungenbereich stark zerklüftet und weist in der Eisdecke, soweit wir dies sehen konnten, grosse Hohlräume auf. Das abfliessende Wasser war dieses Jahr auffallend schmutzig. Der ganze Gletscher scheint sich in beschleunigtem Abbau zu befinden (A. Hartmann).

**1995:** Der Gletscher wies eine unterschiedlich mächtige Schneedecke auf, welche von den Niederschlägen von Ende August herrührt. Die Messungen erfolgten ab den Messpunkten 1, 2neu, 3neu, 4, 5, und 6. Im folgenden werden sie nur noch als Punkte 1, 2, 3, 4, 5 und 6 bezeichnet. Der Gletscherrand war bei den Punkten 1 bis 3 als Eisrand gut zu erkennen. Der Gletscherrand, welcher früher im Bereich der Punkte 1 bis 3 hoch aufragte, ist jetzt noch flacher geworden. Grosse Eisschollenablösungen sind keine mehr festzustellen. Bei Punkt 4 war der Gletscherrand von Geschiebe stark überführt. Wir mussten den Eisrand hier mehr vermuten als bestimmen. Bei den Punkten 5 und 6 bedeckte eine mehr als eispickeltiefe Schneedecke den Gletscherrand. Der Firnrand musste hier mit dem Pickel gesucht werden. Die grosse Ein-

sackung des Gletschers im Bereich der Punkte 2 bis 3 hat sich nach unserem Eindruck weiter vertieft. Der Gletscherrand wäre hier unter der Schuttüberdeckung nur schwer zu finden. Bei Punkt 5 hat sich das dem Gletscher vorgelagerte flache Firnfeld dieses Jahr wieder etwas vorgeschoben. Bei Punkt 6 führten die beträchtlichen Schneemengen des letzten Winters und der Sommerschnee 1995 zu einem starken Vorstoss der Firnzunge an diesem Ort. Beim letzten Messpunkt konnte man noch deutlich die Jahreszahl 1895 erkennen. Damit konnte eine Hundertjahrfeier an diesem Gletscher vorgenommen werden. Das abfliessende Wasser war dieses Jahr relativ spärlich und sauber. Die Gletscherschmelze scheint dieses Jahr abgeschlossen zu sein. (A. Hartmann).

## 92 Roseg

**1994:** In der Zungenmitte ist eine weitere, grosse Einbuchtung entstanden. Die vielen Eisschollen auf dem See deuten auf einen grossen Schmelzprozess hin. Das Toteis am linken Zungenrand verliert allmählich den Anschluss zum Hauptgletscher (G. Bott).

**1995:** Sehr viele Eisschollen auf dem Gletschensee belegen die grossen Schmelzvorgänge. Das Toteis am linken Zungenrand hat den Kontakt zum Hauptgletscher verloren. Auf der linken Seite ist ein neues Gletschertor mit einem Kleinsee entstanden. Es sind viele neue Findlinge auf der Gletscherzunge und vor dem Gletscher (Toteis) zu finden (G. Bott).

## 93 Tschierva

**1994:** Auf der rechten Zungenseite ist ein markanter Rückgang, auch seitlich erfolgt. Zwei oberflächliche Wasserrinnen haben sich tief in den Gletscher eingefressen. Der Bach konnte nicht überschritten werden (G. Bott).

**1995:** Auf der linken Zungenseite hat sich Toteis mit Geröll vom Hauptgletscher abgelöst. Aus den letztjährigen zwei oberflächlichen Wasserrinnen ist eine einzige, tiefere und grössere Rinne entstanden. Zahlreiche grössere Findlinge wurden vom Gletscher freigegeben. Es ist ein grosser Abschmelzprozess zu beobachten (G. Bott).

## 94 Morteratsch

**1994:** Frischer Abbruch mit grossen Eisschollen. Ein grosser Gletscherbach beginnt beim neuen Tor, Zusammenfluss mit Wasser vom alten Tor. Die Eisresten beim alten Tor 1993 sind abgeschmolzen (G. Bott).

**1995:** Es sind praktisch alle Eisschollen vom Abbruch 1994 weggeschmolzen. Es ist ein neues Tor weiter rechts, mit vorgelagertem See, entstanden. Eine neue Oberflächenrinne deutet auf grossen Schmelzprozess hin. Seitlicher Eisschwund links und rechts der Zunge (G. Bott).

## 95 Calderas

**1994:** Die Einmessung erfolgte von einem neuen Fixpunkt 1992. Es herrschte sehr schönes Wetter. Es konnten 4 oberflächliche Wasserrinnen mit grossem Abfluss beobachtet werden (G. Bott).

**1995:** Es herrschte sehr schönes Wetter. Es ist ein neues Gletschertor in der Zungenmitte entstanden. Das linke Gletschertor ist ausgetrocknet, das rechte führt weniger Wasser als noch 1994 (G. Bott).

#### 97 Sesvenna

**1994:** Seit Beginn der Gletschermessung im Jahre 1956 handelt es sich um den dritthöchsten Rückzugswert. In der Verlängerung der Messlinie Nr. 1 hat sich wiederum ein kleines Gletschertor gebildet. Die Moränenablagerung im Bereiche der Linie Nr. 3 verunmöglicht eine genaue Festlegung des Gletscherrandes. Am ausgeprägtesten ist die Abschmelzung des östlichen Abschnittes. Die Messlinie Nr. 6 berührt den Gletscher schon fast nicht mehr. Deshalb werden wir im nächsten Jahr eine neue Basislinie festlegen müssen (L. Rauch).

**1995:** Westliche der Messlinie Nr. 1 hat sich ein kleines Gletschertor gebildet. Die Moränenablagerung im Bereiche der Linien Nr. 3 und Nr. 4 verunmöglicht eine genaue Festlegung des Gletscherrandes (L. Rauch).

#### 98 Lischana

**1994:** Der Gletscher hat wiederum stark an Mächtigkeit eingebüsst. In der Verlängerung der Messlinie Nr. 3 hat sich im Verlaufe des Sommers eine Wasserrinne bis auf den Gletscherboden gebildet. Diese erreicht eine Tiefe von lediglich 3 - 4 m (L. Rauch).

**1995:** Im Bereiche der Messlinien Nr. 4 und Nr. 5 ist der Gletscher mit Moränenmaterial überdeckt. Wiederum hat sich der obere Gletscherrand markant talwärts verschoben. Kurzfristig müssen wir mit einer extremen Verkleinerung des ganzen Gletschers rechnen, da nicht nur die oberen Gletscherpartien, sondern auch die seitlichen Abschnitte zunehmend an Mächtigkeit verlieren. Innert weniger Jahre werden die Bereiche der Messlinien Nr. 1 und Nr. 6 eisfrei sein. Die Wasserrinne in der Verlängerung der Messlinie Nr. 3 ist breiter geworden (L. Rauch).

#### 99 Cambrena

**1994:** Die Zunge ist flacher geworden. Der Gletscherabbruch orographisch links hat an Mächtigkeit stark abgenommen. Ebenso der Abbruch oberhalb der Zunge. Das Vorfeld weist keine grossen Steine auf. Keine Moräne 1994 (A. Godenzi).

**1995:** Die Gletscherzunge ist noch flacher geworden. Der Abbruch nimmt an Höhe ab. Das Vorfeld besteht aus Schlamm. Keine Steine für eine neue Basis vorhanden. Grosse Spalten auf der linken Seite. Beim höheren Abbruch sind grosse Eismassen abgestürzt (A. Godenzi).

#### 100 Palü

**1994:** Tempo coperto, ghiacciaio libero di neve (alla differenza degli altri anni). Ci sono delle grande differenze con gli anni 1992-1993 (forse doverte al fatto che negli anni 1992-1993, il ghiacciaio era coperto di neve durante le misurazioni (G. Berchier).

### **101 Paradisino ("Vedreit da Campo")**

**1994:** Auf der Gletscherzunge lag noch Schnee vom 17.9.94. Dazu noch Firn von mehreren Lawinen. Die Messung ist problematisch, da die Eisschicht nicht sichtbar ist. Die Oberfläche schmilzt schnell ab und wird immer dünner. Bald wird der Gletscherboden steiler (A. Godenzi).

**1995:** Auf der Gletscherzunge liegt Lawinenschnee und Geröll. Zum Teil liegt auch Neuschnee vom 25.9.95. Die Mächtigkeit der Zunge nimmt weiter ab und ist nun sehr dünn geworden. Rechts gegen die Felsen hat die Höhe des Gletschers bedeutend abgenommen (A. Godenzi).

### **102 Forno**

**1995:** Ideale Messbedingungen. Hauptbach (Wasseraustritt) um ca. 200 m nach Westen verschoben. Altes Gletschertor ist eingefallen mit praktisch keinem Wasseraustritt (kleiner See) (C. Mengelt).

### **103 Bresciana**

**1994:** Quest'anno abbiamo misurato tutto il suo fronte, la lingua si è appiattita notevolmente e sulle fasce laterali si intravedono sporgenze di roccia ed è possibile in un futuro alcune spaccature con un notevole ritiro (C. Vallengia).

**1995:** Anche quest'anno abbiamo misurato tutto il suo fronte, la lingua si è appiattita notevolmente e sulle fasce laterali si intravedono sporgenze di roccia ed è possibile in futuro alcune spaccature con un notevole ritiro (C. Vallengia).

### **104 Basodino**

**1994:** Le condizioni climatiche avverse durante il periodo autunnale anni 1992 e 1993 e la presenza di neve (ca 50 cm) non aveva permesso le misurazioni del fronte del ghiacciaio. Nel 1994 il ritiro medio del fronte sinistro (San Carlo - Pizzo Pecora) è di ca 10 m e abbiamo un appiattimento della lingua verso il centro di ca. 16 m (C. Vallengia).

**1995:** Costatiamo un ritiro medio di 24.5 m rispetto all'anno 1994, soprattutto nella parte centrale del fronte del ghiacciaio dove si misura (Base). La coltre di ghiaccio dell'anno scorso è scomparsa che aveva dato un aumento di 6 m per cui quest'anno constatiamo un notevole ritiro sopra indicato (C. Vallengia).

### **109 Alpetti**

**1994:** Beim Punkt A ist ein schmaler keilförmiger Eisausläufer (U. Fuhrer).

**1995:** Beim Punkt A ist der letztjährige Ausläufer weggeschmolzen. Auf der ganzen Zungenbreite ist eine deutliche Absackung festzustellen (U. Fuhrer).

### 114 Plattalva

**1994:** Die Vermessung des Plattalva an den 5 verbleibenden Vermessungspunkten zeigt die deutlichen Rückzugsbedingungen. Das Eis im Bereich der abgeflachten Zunge scheint kaum mehr zu fließen. Der starke Rückzug respektive das Verschwinden des linken Teils der Zunge setzt sich massiv fort. Abgesehen von einigen wenigen Firnflecken an den Rändern der obersten Eispartien ist der Gletscher ausgeapert. Der Neuschnee vom September ist ebenfalls praktisch ganz weggeschmolzen (U. Steinegger).

**1995:** Die Vermessung des Plattalva gestaltete sich schwierig. Allerdings zeigten die Grabungen im reichlichen Neu- und Altschnee, dass der ganze Gletscher nicht ausgeapert ist. Lediglich der linke Eisrand ist vermutlich vom Rand her zurückgeschmolzen. Auch hier war das Eis allerdings noch meist firnbedeckt. Wegen der geringen Fließbewegung erscheint mir dieses randliche Zurückschmelzen möglich. Die anderen Messstrecken liessen sich durch eine Grabung in der letztjährigen Distanz gut bestimmen. Der Bereich des linken Zungenteils, welcher seit 1992 eisfrei war, ist dieses Jahr stark mit Neuschnee und vermutlich mit Firn- und Lawinenschnee zugedeckt (U. Steinegger).

Basispunkt Nr.	1	2	3	4	5
Neuschneehöhe [cm]	75	70	70	70	70
Firnschnee [cm]	20	30	30	0	40

### 117 Valleggia

**1994 e 1995:** La lingua del ghiacciaio termina nella vallata tra la morena di roccia e la montagna. Il suo fronte è molto ripido con una coltre di ghiaccio assai consistente. Anche qui le fotografie mostrano molto bene la sporgenza di roccia che anche quest'anno è visibile dovuta alla diminuzione dello spessore (C. Vallenggia).

### 118 Val Torta

**1994:** Il ghiacciaio è ricoperto in gran parte 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 fronte non è così ben definito e nitido si registra un avanzamento di 9 m rispetto all'anno 1993, ed inoltre il suo spessore è diminuito notevolmente. Questo avanzamento è dovuto ad un appiattimento della lingua verso la conca dove termina la pendenza del ghiacciaio. Il nevaio è quasi completamente scomparso (C. Vallenggia).

**1995:** Il ghiacciaio è ricoperto in gran parte 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 è quasi completamente scomparso (C. Vallenggia).

### 119 Cavagnoli

**1994 e 1995:** Il suo spessore è diminuito notevolmente, le fotografie annesse evidenziano delle sporgenze di roccia sia sulla lingua come pure nella parte centrale del ghiacciaio e sulla sini-

stra. La lingua del ghiacciaio si trova sulla destra della sporgenza di roccia. Sulla sua sinistra il ghiacciaio termina su una morena di roccia con il pendio verso il fronte del ghiacciaio, per cui anche il suo spessore non é più notevole (C. Vallengia).

#### **120 Corno**

**1994:** Trovandosi questo ghiacciaio su un pendio ripido si nota come la lingua di ghiaccio spinge verso valle. Avanti ad esso c'è uno strato di ghiaccio ricoperto da detriti e la sua forma corrisponde ai rilievi precedenti. Le fotografie mostrano una sporgenza di roccia consistente ed in questa parte del ghiacciaio abbiamo un ritiro notevole (C. Vallengia).

**1995:** Trovandosi questo ghiacciaio su un pendio ripido si nota come la lingua di ghiaccio spinge verso valle. Avanti ad esso c'è uno strato di ghiaccio ricoperto da detriti e la sua forma corrisponde ai rilievi precedenti. Le fotografie mostrano una sporgenza di roccia consistente sulla sinistra del fronte del ghiacciaio (C. Vallengia).

#### **121 Croslina (Campo Tencia)**

**1994:** La lingua di ghiaccio è tra le rocce e termina con un nevaio ghiacciaio ricoperto da detriti. Il nevaio nella parte pianeggiante ha ricoperto di nuovo il laghetto l'anno scorso. La sporgenza di roccia nel fronte del ghiacciaio è notevolmente visibile e le misurazioni future si eseguiranno sopra la stessa. Le misurazioni di questo anno non danno nessuna variazione del fronte del ghiacciaio (C. Vallengia).

**1995:** La lingua di ghiaccio è tra le rocce e termina con un nevaio ghiacciaio ricoperto da detriti. Il nevaio nella parte pianeggiante ha ricoperto di nuovo il laghetto formatosi l'anno scorso. La sporgenza di roccia nel fronte del ghiacciaio è notevolmente visibile e le misurazioni si effettuano in condizioni difficili sopra la stessa. (C. Vallengia).

## II Investigators of the individual glaciers (1998)

Glacier	No.	Investigator	Glacier	No.	Investigator
Albigna	116	currently not observed	Grosser Aletsch	5	ETH, Hermann Bösch
Allalin	11	ETH, Hermann Bösch	Hüfi	73	Jann Marx
Alpetli	109	Ueli Fuhrer	Kaltwasser	7	Martin Schmidhalter
Ammerten	111	Erwin Hodel	Kehlen	68	M. Planzer
Arolla	27		Kessjen	12	ETH, Hermann Bösch
Basodino	104	Claudio Valeggia	Lammern	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	L. Rauch
Breney	36	Jean-Jacques Chabloz	Lötschberg	110	currently not observed
Bresciana	103	Claudio Valeggia	Martinets	46	
Brunegg	20	Peter Tscherrig	Mittelaletsch	106	ETH, Daniel Vonder Mühl
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	Francois Vouillamoz
Cheillon	29	Stéphane Seppey	Mont Miné	26	
Corbassière	38	ETH, Hermann Bösch	Morteratsch	94	Giachem Bott
Corno	120	Claudio Valeggia	Mutt	2	ETH, Hermann Bösch
Croslina	121	Claudio Valeggia	Ob. Grindelwald	57	Hans Boss
Damma	70	M. Planzer	Oberaar	50	Flotron AG
Dungel	112	currently not observed	Oberaletsch	6	ETH, Daniel Vonder Mühl
Eiger	59	R. Zumstein	Ofental	9	ETH, Hermann Bösch
En Darrey	30	Stéphane Seppey	Orny	108	currently not observed
Fee	13	Toni Burgener	Otemma	34	Jean-Jacques Chabloz
Ferpècle	25		Palü	100	Gilbert Berchier
Fiescher	4	ETH, Daniel Vonder Mühl	Paneyrosse	44	J.Ph. Marlétaz
Findelen	16	ETH, Hermann Bösch	Paradies	86	Oskar Hugentobler
Firnalmeli	75	René Imfeld	Paradisino	101	Aldo Godenzi
Forno	102	Curdin Mengelt	Pierredar	49	
Gamchi	61	Roland Descloux	Pizol	81	Arnold Hartmann
Gauli	52	Otmar Elsener	Plattalva	114	Urs Steinegger
Gelten	113	currently not observed	Porchabella	88	Christian Barandun
Giétro	37	ETH, Martin Hölzle	Prapio	48	Jean-Pierre Besençon
Glärnisch	80	Hanspeter Klauser	Punteglias	83	H. Klöti
Gorner	14	Stefan Walther	Rätzli	65	Christian von Grünigen
Grand Désert	31	Francois Vouillamoz	Rhone	1	ETH, Hermann Bösch
Grand Plan Névé	45	J.Ph. Marlétaz	Ried	17	ETH, Daniel Vonder Mühl
Gries	3	ETH, Hermann Bösch	Roseg	92	Giachem Bott
Griess	74	Beat Annen	Rosenloui	56	
Griessen	76	René Imfeld	Rossboden	105	Ferdinand Pfammatter

THE SWISS GLACIERS 1993/94 AND 1994/95

Glacier	No.	Investigator
Rotfirn	69	M. 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	L. Rauch
Sex Rouge	47	Jean-Pierre Besençon
Silvretta	90	ETH, Hermann Bösch
Stein	53	Rudolf Straub
Steinlimmi	54	Rudolf Straub
Sulz	79	Thomas Rageth
Suretta	87	Oskar Hugentobler
Tälliboden	8	ETH, Hermann Bösch
Tiatscha	96	Markus Stadler
Tiefen	66	Jann Marx
Trient	43	Pierre Mercier
Trift	55	Otto Lüthi
Tsanfleuron	33	Jean-Daniel Brodard
Tschierva	93	Giachem Bott
Tschingel	60	R. Zumstein
Tseudet	40	Olivier Guex
Tsidjiore Nouve	28	
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	J. Stahel
Vorab	85	Reto Hefti
Wallenbur	71	P. Kläger
Zinal	22	Marcel Barmaz
Zmutt	15	ETH, Daniel Vonder Mühl