

**DIE GLETSCHER DER SCHWEIZER ALPEN**  
**1983/84 und 1984/85**

105. und 106. Bericht

**LES VARIATIONS DES GLACIERS SUISSES**  
**1983/84 et 1984/85**

*105e et 106e rapports*

**JAHRBUCH**

DER GLETSCHERKOMMISSION

der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften / SANW

herausgegeben durch die

VERSUCHSANSTALT FÜR WASSERBAU, HYDROLOGIE UND GLAZIOLOGIE / VAW

der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich / ETHZ

**ANNUAIRE**

*DE LA COMMISSION DES GLACIERS*

*de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles / ASSN*

*édité par les*

*LABORATOIRES DE RECHERCHES HYDRAULIQUES, HYDROLOGIQUES ET*

*GLAZIOLOGIQUES / VAW*

*de l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich / EPFZ*

1992

**DIE GLETSCHER DER SCHWEIZER ALPEN**  
**1983/84 und 1984/85**

105. und 106. Bericht

**LES VARIATIONS DES GLACIERS SUISSES**  
**1983/84 et 1984/85**

*105e et 106e rapports*

**Markus Aellen, VAW / ETHZ und GK / SANW**  
**Eveline Herren, Dübendorf**

**JAHRBUCH DER GLETSCHERKOMMISSION DER SANW**

**ANNUAIRE DE LA COMMISSION DES GLACIERS DE L'ASSN**

**1992**

Publikation mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften /  
SANW

*Publication subventionnée par l'Académie suisse des sciences naturelles / ASSN*

Publikation der Gletscherkommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

c/o Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ)

Gloriastrasse 37/39, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich

*Publication de la Commission des glaciers de l'Académie suisse des sciences naturelles (ASSN)*

*c/o Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich (EPFZ)*

*Gloriastrasse 37/39, ETH Zentrum, CH-8092 Zurich*

Druck von Stämpfli+Cie. AG, Bern 1992

*Imprimé par Stämpfli+Cie AG, Bern 1992*



Gletscherkommission der SANW 1992

*Commission des glaciers de l'ASSN 1992*

## NOTIZ

Die Gletscherkommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW, vormals Schweiz. Naturforschende Gesellschaft SNG), gegründet im Jahre 1893, verfolgt die gleichen Ziele wie das vorangegangene, durch den Schweizerischen Alpenklub (SAC) und die SNG gemeinsam 1869 gebildete und 1893 aufgelöste Gletscherkollegium.

Reglement der Kommission, Art. 5: Die jährlichen Erhebungen über den Stand und die Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen im Sinne einer Landesaufnahme sind die zentrale Aufgabe der Gletscherkommission.

## NOTICE

*La Commission des Glaciers de l'Académie suisse des sciences naturelles (ASSN, ancienne Société helvétique des sciences naturelles SHSN), constituée en 1893, poursuit les mêmes buts que le précédent Collège glaciaire, fondé en commun par le Club alpin suisse (CAS) et la SHSN en 1869 et dissout en 1893.*

*Règlement de la Commission, art. 5: Les relevés périodiques sur l'état actuel et sur les variations annuelles des glaciers des Alpes suisses constituent la tâche principale de la Commission des glaciers. Avec ces relevés, l'ASSN assume la responsabilité du réseau glaciologique national suisse.*

### GLETSCHERKOMMISSION DER SANW COMMISSION DES GLACIERS DE L'ASSN

Mitglieder - <i>Membres:</i>		seit - <i>depuis</i>
Bruno Salm, Davos	Präsident - <i>président</i>	1981
Wilfried Haerberli, Zürich	Vizepräsident - <i>vice-président</i>	1989
Markus Aellen, Zürich	Sekretär und Delegierter für die Gletscherbeobachtungen - <i>secrétaire et délégué aux contrôles glaciaires</i>	1981
Bernhard Stauffer, Bern		1984
Peter Wick, Luzern		1984
Michel Monbaron, Freiburg		1990
Giovanni Kappenberger, Locarno Monti		1991
Charly Wuilloud, Sitten		1992



# VORWORT

Wie die Gletscher, deren Veränderungen in den Schweizer Gletscherberichten seit 1880 jährlich beschrieben sind, haben diese Berichte ihrerseits immer wieder Veränderungen erfahren. Dies gilt für den kurz gefassten Bericht, der jedes Jahr in der Zeitschrift 'Die Alpen' des Schweizerischen Alpenklubs erscheint, ebenso wie für die erweiterte, vom 95. Bericht (1973/74) an als Jahrbuch der Gletscherkommission veröffentlichte Ausgabe. Die Jahrbücher sind inhaltlich generell gleichbleibend so aufgebaut, wie es in der Einleitung für den vorliegenden Band angezeigt ist. Im Bestreben, den Sachbereich abzugrenzen, d.h. auf die Belange der aktuellen Gletscherveränderungen zu beschränken, und den zeitlichen Rückstand in der Veröffentlichung des Jahrbuchs zu verkürzen, ist bei den früher vorgenommenen Straffungen vor allem auf die Wiedergabe der in einschlägigen Jahrbüchern publizierten klimatologischen und hydrologischen Daten verzichtet worden. Das vorliegende Jahrbuch weist weitere Änderungen in diesem Sinne auf:

- Die Angaben über Schnee und Lawinen der Berichtsjahre sind beschränkt auf den im Kurzbericht [Aellen, 1985 und 1986] publizierten Text (s. Kap. 1.2 und 1.3). Die Daten über die Winterschneedecke (vgl. Tab. 1.3 und 1.4 des letzten Jahrbuchs) sind in den entsprechenden Winterberichten [SLF, 1984 und 1985] zu finden.
- Die Angaben über den Jahresgang im Wasserhaushalt der Einzugsgebiete Massa (Aletschgletscher) und Rhone (oberhalb Genfersee) sind beschränkt auf die graphische Darstellung der Tagesbilanzgrößen im einen Fall (Abb. 5.1), der Monatsbilanzergebnisse im andern Fall (Abb. 5.2). Die zugehörigen Zahlengrundlagen (vgl. Tab. 5.3 - 5.5 des letzten Jahrbuchs), berechnet aus publizierten Niederschlags- und Abflusswerten [SMA, 1983-85b, LHG 1983-85], sind bei der Gletscherkommission archiviert.

Aus anderen Gründen (Stellenabbau an der VAW) ergab sich die Notwendigkeit, ab 1985 den Aufwand für die Bestimmung des Massenhaushalts nach der glaziologischen Methode zu vermindern, indem die Pegelnetze auf den Gletschern Gries, Limmern, Plattalva und Silvretta stark abgebaut wurden. Bedingt durch die geringere Zahl an Messwerten, ist die Massenänderung für das Haushaltsjahr 1984/85 mit einem angepassten Verfahren (mathematisches Modell) berechnet. Dabei entfällt mangels genügender Dichte der Stützstellen die Abgrenzung und somit die kartographische Darstellung der Zonen gleicher Massenänderung, die als wesentliche Grundlage des bisher angewandten Verfahrens den Angaben für das Haushaltsjahr 1983/84 noch zugrunde liegt (Abb. 5.3 - 5.5).

Das vorliegende Jahrbuch enthält in einem zusätzlichen Kapitel (Kap. 6, dem Anhang früherer Jahrbücher vergleichbar) eine Kurzfassung des Berichts über die seit 1914 laufenden Messungen des Schnee- und Firnzuwachses auf dem Claridenfirn (Glärner Alpen), worin die Ergebnisse der ersten 70 Jahre (1914 - 1984) als homogenisierte Zeitreihen dargestellt sind [Müller und Kappenberger, 1991].

## EINLEITUNG

Die Gletscherberichte Nr. 1-83 (1880 - 1961/62) sind in französischer Sprache veröffentlicht. Die Berichte Nr. 84-94 (1962/63 - 1972/73) sind in zwei parallelen Reihen mit einer in Deutsch verfassten und einer ins Französische übersetzten Ausgabe erschienen. Ab Nr. 95 (1973/74) sind die Gletscherberichte zweier Jahre in einem zweisprachigen Jahrbuch vereint. Tabellen und Abbildungen, die sich auf jedes der beiden Jahre einzeln beziehen, sind für das erste Jahr deutsch, für das zweite Jahr französisch beschriftet. Die übrigen Tabellen und Abbildungen sind zweisprachig ausgeführt. Die Bemerkungen zur Längenänderung eines einzelnen Gletschers (Kap. 3.4) sind in der Regel in der Originalsprache des Beobachters nur deutsch, französisch oder italienisch wiedergegeben. Ein Teil der Texte, Tabellen und Abbildungen des Jahrbuchs sind in der Quartalszeitschrift des Schweizerischen Alpenklubs "Die Alpen" veröffentlicht [Aellen, 1985 und 1986].

Das vorliegende Jahrbuch mit dem 105. und 106. Gletscherbericht betrifft die Beobachtungsjahre 1983/84 und 1984/85.

Die Beschreibung der Witterungs- und Klimaverhältnisse der Berichtsjahre (Kap. 1.2 und 1.3) stützt sich auf verschiedene, im Literaturverzeichnis (Kap. 8) zitierte Quellen.

Vermessungsflüge für Gletscheraufnahmen (Tab. 2.1) haben das Bundesamt für Landestopographie (L+T) und die Eidgenössische Vermessungsdirektion (V+D) ausgeführt. An den Vermessungen und den luftphotogrammetrischen Auswertungen sind auch das Geodätische Institut der ETH Zürich und private Vermessungsbüros beteiligt (Kap. 2).

Institutionen und freie Mitarbeiter, die jährlich die Gletscherenden einmessen (Kap. 3), sind in Kapitel 2.1 und 2.2 genannt.

Photos und Legenden des Bildteils (Kap. 4) sind aus der zitierten Zeitschrift "Die Alpen" übernommen.

Die Angaben über den Massenhaushalt (Kap. 5) beruhen auf verschiedenen, in der Einleitung (Kap. 5.1) genannten langfristigen Untersuchungsprogrammen. Den Beitrag der VAW/ETHZ (Kap. 5.2 und 5.3) haben H. Siegenthaler (für 1983/84: Gries-, Limmern-, Plattalva-, Silvrettagletscher, Einzugsgebiet Ägina), M. Aellen (Aletschgletscher, Einzugsgebiet Massa) und M. Funk (Rhonegletscher, Einzugsgebiet Rhone, für 1984/85: Gries-, Silvrettagletscher, Einzugsgebiet Ägina) zusammengestellt. Die Ergebnisse der Beobachtungen an den Aaregletschern (Kap. 5.4) sind zur Verfügung gestellt von den Kraftwerken Oberhasli, in deren Auftrag das Vermessungsbüro A. Flotron, Meiringen, jährliche Vermessungen ausführt. Die Erhebungen über den jährlichen Firnzuwachs (Kap. 5.5) werden für die Gletscherkommission durch verschiedene im Text (Kap. 5.5.2 - 5.5.4) genannte Mitarbeiter durchgeführt.

Kapitel 6 enthält eine Kurzfassung der Publikation Müller und Kappenberger [1991] über die 70 jährige Claridenfirn-Messreihe (1914 - 1984) in deutscher Sprache mit französischen Tabellen- bzw. Abbildungsüberschriften.

Kapitel 7 enthält kurze Inhaltsangaben aller Kapitel in englischer Sprache.

In Kapitel 8 sind die Literaturhinweise gesamthaft verzeichnet. Weitere glaziologische Publikationen, die von Schweizern verfasst sind oder die Schweiz betreffen, sind in der periodisch herausgegebenen "Bibliographia scientiae naturalis Helvetica" der Schweizerischen Landesbibliothek zu finden.

## VERDANKUNGEN

Die Gletscherkommission dankt ihren Beobachtern wie auch allen übrigen Personen und Institutionen, die jedes Jahr oder gelegentlich zu den laufenden Erhebungen, Untersuchungen und Berichten beitragen. Sie dankt allen in der Gletscherchronik oder anderswo im Jahrbuch genannten Beobachtern, Mitarbeitern und Kommissionsmitgliedern, vorab jenen, die in den Berichtsjahren zurückgetreten sind, deren Nachfolgern, und den zahlreichen ungenannten, im Hintergrund wirkenden Personen oder Institutionen, deren Dienste wir immer wieder in Anspruch nehmen und selbstverständlich stets auch schätzen, wiewohl wir dies nicht jedesmal zum Ausdruck bringen.

Die Gletscherkommission dankt besonders auch der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) für die jährliche Durchführung der Erhebungen, Bearbeitung der Ergebnisse und Redaktion der Gletscherberichte. Im weiteren dankt sie allen an den Übersetzungsarbeiten beteiligten Personen, namentlich C. Aubert, Borex, der die Kurzberichte für die Zeitschrift "Die Alpen" ins Französische übersetzte.

## PREFACE

*Les variations des glaciers des Alpes suisses sont décrites, à partir de 1880, dans les rapports annuels glaciologiques qui ont subi quelques modifications à plusieurs reprises. Ceci est le cas pour les rapports publiés chaque année dans la revue "Les Alpes" du Club Alpin suisse aussi que pour les rapports complets publiés sous forme de l'annuaire de la Commission des glaciers à partir du 95<sup>e</sup> rapport (1973/74). La structure de ces annuaires n'a guère varié, comme le montre l'introduction du présent volume. L'effort de limiter le choix des sujets à traiter sur le domaine des variations actuelles des glaciers, d'une part, et de réduire le retard dans la parution de l'annuaire, de l'autre part, nous a obligé à omettre dans les derniers volumes la reproduction de nombreuses données climatologiques et hydrologiques qui sont publiées dans les annuaires respectifs. Le présent volume a encore subi les modifications suivantes:*

- *Les informations sur la neige et les avalanches des années du rapport sont restreintes aux textes (v. chap. 1.2 et 1.3), tels qu'ils ont été publiés dans l'extrait [Aellen, 1985 et 1986]. Les données sur l'enneigement (cf. tableaux 1.3 et 1.4 de l'annuaire précédent) sont publiées dans les rapports respectifs de l'IFENA [SLF, 1984 et 1985].*
- *Les informations sur l'évolution saisonnière du régime hydrologique des bassins versants de la Massa (glaciers d'Aletsch) et du Rhône (à l'amont du Léman) ont été réduites aux représentations graphiques, soit des grandeurs du bilan hydrologique quotidien, dans le premier cas (fig. 5.1), soit des résultats du bilan mensuel, dans l'autre cas (fig. 5.2). Les données y relatives (cf. tabl. 5.3 - 5.5 de l'annuaire précédent), calculées à partir des valeurs pluviométriques et hydrologiques publiées dans les annuaires respectifs [SMA, 1983-85b, LHG 1983-85], sont documentées dans les archives de la Commission des glaciers.*

*Pour d'autres raisons (réduction du personnel des VAW), on a dû réduire, à partir de 1985, les coûts des mesures du bilan de masse avec la méthode glaciologique, en réduisant le nombre des balises sur les glaciers de Gries, de Limmern, de Plattalva et de la Silvretta. Par conséquent, on a dû également adapter les méthodes de calcul, car le nombre de points observés ne permettait plus de déterminer les équisomptuaires du bilan spécifique, ni d'en donner la représentation cartographique (utilisées pour établir le bilan de l'année 1983/84, fig. 5.3 - 5.5). Par contre, le bilan de l'année 1984/85 a été établi (au moyen d'un modèle mathématique) sur un nombre restreint de valeurs observées.*

*Le présent volume comprend un chapitre complémentaire (chap. 6, comparable à l'annexe de quelques annuaires précédents) résumant le rapport publié sur les mensurations nivologiques, commencées en 1914, sur le glacier de Clariden (Alpes glaronaises), dans lequel les résultats des premières 70 années (1914 - 1984) sont présentés sous forme de séries homogénéisées [Müller und Kappenberger, 1991].*

## INTRODUCTION

*Les rapports glaciologiques nos. 1 à 83 (1880 à 1961/62) sont édités en langue française. Les rapports nos. 84 à 94 (1962/63 à 1972/73) ont paru en deux éditions parallèles, l'une rédigée en allemand, l'autre traduite en français. A partir du no. 95 (1973/74), les rapports sont édités sous forme d'annuaire, qui réunit dans un volume bilingue les rapports de deux années. Les tableaux et les figures qui se rapportent séparément à l'une et à l'autre des deux années, sont rédigés en allemand pour la première, en français pour la deuxième année. Les autres tableaux et figures sont bilingues. Les notes explicatives concernant la variation en longueur d'un glacier particulier (chap. 3.4) ne sont données, en règle générale, que dans la langue de l'observateur, soit en allemand, en français ou en italien. Les textes, les tableaux et les illustrations de l'annuaire ont été publiés en partie dans la revue trimestrielle du Club alpin suisse "Les Alpes" [Aellen, 1985 et 1986].*

*Le présent volume comprend les 105e et 106e rapports concernant les années 1983/84 et 1984/85.*

*La description des conditions météorologiques et climatiques des années du rapport (chap. 1.2 et 1.3) se fonde sur les sources citées dans la liste des références (chap. 8).*

*Des vols photogrammétriques (tabl. 2.1) sont effectués, chaque année, par l'Office fédéral de la topographie (S+T) ou par la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M). L'Institut géodésique de l'EPF Zurich et divers bureaux de géomètres officiels participent aux mensurations ou aux restitutions photogrammétriques (chap. 2).*

*Les institutions et les collaborateurs individuels, qui effectuent les mesures annuelles sur les fronts glaciaires (chap. 3), sont cités dans les chapitres 2.1 et 2.2.*

*Les photos et les légendes y relatives (chap. 4) sont tirées de la revue citée "Les Alpes".*

*Les informations sur les bilans de masse glaciaire (chap. 5) se fondent sur divers programmes de recherches à long terme cités dans l'introduction (chap. 5.1). La contribution des VAW/EPFZ (chap. 5.2 et 5.3) est basée sur des données qui ont été traitées par H. Siegenthaler (pour 1983/84: glaciers de Gries, de Limmern, de Plattalva et de Silvretta, bassin versant de l'Aegina), par M. Aellen (glaciers d'Aletsch, bassin de la Massa) et par M. Funk (glacier et bassin du Rhône, pour 1984/85: glaciers de Gries et de Silvretta, bassin versant de l'Aegina). Les mensurations aux glaciers de l'Aar (chap. 5.4) sont effectuées par le bureau A. Flotron, Meiringen, à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli, qui mettent ces informations annuelles à disposition. Les relevés annuels sur l'accumulation nivale sur quelques glaciers (chap. 5.5) sont effectués par les collaborateurs de la Commission des glaciers qui sont cités dans les chapitres respectifs (chap. 5.5.2-5.5.4).*

*Le chapitre 6 résume (en allemand, avec titres des tableaux et figures en français) le rapport publié par Müller et Kappenberger [1991] sur la série des 70 années (1914 - 1984) de mensurations nivologiques au glacier de Clariden.*

*Le résumé de chaque chapitre est donné, en anglais, dans le chapitre 7.*

*La liste collective des références citées se trouve dans le chapitre terminal (chap. 8). D'autres publications glaciologiques produites par des auteurs suisses ou concernant la Suisse sont citées dans la "Bibliographia scientiae naturalis Helvetica", éditée par la Bibliothèque nationale suisse.*

## **REMERCIEMENTS**

*La Commission des glaciers remercie tous les observateurs et toutes les autres personnes ou institutions qui apportent, chaque année ou occasionnellement, leur contribution à ses relevés, ses recherches ou ses rapports. Elle remercie en particulier les observateurs, les collaborateurs et les membres de la commission cités dans la chronique des glaciers ou ailleurs dans cet annuaire, avant tout ceux qui, au cours des années du rapport, ont pris leur retraite, ainsi que leurs successeurs et les nombreuses personnes ou institutions non citées qui, en travaillant à l'arrière plan, nous font profiter de tant de services que, bien entendu, nous apprécions toujours, mais assez souvent sans l'exprimer.*

*La Commission des glaciers remercie en particulier les Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich (EPFZ) pour l'accomplissement annuel des relevés, de leur dépouillement et de la rédaction des rapports glaciologiques. En outre, elle remercie les personnes qui ont accompli les travaux de traduction, notamment C. Aubert, Borex, qui a traduit en français les rapports publiés dans la revue "Les Alpes".*

# INHALT

<b>1. KLIMA UND WITTERUNG</b>	<b>1</b>
1.1 Einleitung	1
1.2 Das Jahr 1983/84	3
Schnee und Lawinen im Winter 1983/84	6
1.3 Das Jahr 1984/85	8
Schnee und Lawinen im Winter 1984/85	12
<b>2. GLETSCHERCHRONIK</b>	<b>33</b>
2.1 Tätigkeit und besondere Ereignisse im Jahre 1983/84	33
2.2 Tätigkeit und besondere Ereignisse im Jahre 1984/85	36
<b>3. LÄNGENÄNDERUNG DER GLETSCHER</b>	<b>49</b>
3.1 Einleitung	49
3.2 Ergebnisse des 105. Beobachtungsjahres (1983/84)	50
3.3 Ergebnisse des 106. Beobachtungsjahres (1984/85)	51
3.4 Bemerkungen zu einzelnen Gletschern	63
<b>4. BILDTEIL</b>	<b>87</b>
4.1 Bildfolge des 105. Berichts (1983/84)	87
4.2 Bildfolge des 106. Berichts (1984/85)	91
<b>5. MASSENHAUSHALT</b>	<b>95</b>
5.1 Einleitung	95
5.2 Massenänderung im Haushaltsjahr 1983/84	97
5.3 Massenänderung im Haushaltsjahr 1984/85	98
5.4 Messungen an den Aaregletschern	114
5.5 Der Firnzuwachs in einigen Firngebieten	118
5.5.1 Einleitung	118
5.5.2 Clariden	118
5.5.3 Silvretta und Engadin	122
5.5.4 Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher)	124
5.5.5 Kurzfassung Kapitel 5.5 (französisch)	126
<b>6. CLARIDENFIRN - MESSUNGEN 1914 - 1984</b>	<b>127</b>
6.1 Zusammenfassung	127
6.2 Einleitung	127
6.3 Jährlicher Firnzuwachs	130
6.4 Winterschneedecke	133
6.5 Schlussfolgerungen	136
<b>7. SUMMARY</b>	<b>145</b>
7.1 Introduction	145
7.2 Climate and Weather	146
7.3 Glacier Chronicle	146
7.4 Length variations of glaciers	146
7.5 Photo Section	147
7.6 Mass Balance	147
7.7 Claridenfirn - Measurements 1914 - 1984	148
<b>8. LITERATUR</b>	<b>149</b>

## CONTENU

<b>1. CONDITIONS CLIMATIQUES</b>	<b>13</b>
1.1 Introduction	13
1.2 L'année 1983/84	15
<i>Neige et avalanches de l'hiver 1983/84</i>	17
1.3 L'année 1984/85	19
<i>Neige et avalanches de l'hiver 1984/85</i>	22
<b>2. CHRONIQUE DES GLACIERS</b>	<b>38</b>
2.1 <i>Activité et événements particuliers en 1983/84</i>	38
2.2 <i>Activité et événements particuliers en 1984/85</i>	41
<b>3. VARIATION DE LONGUEUR DES GLACIERS</b>	<b>52</b>
3.1 Introduction	52
3.2 <i>Résultats du 105e exercice (1983/84)</i>	52
3.3 <i>Résultats du 106e exercice (1984/85)</i>	53
3.4 <i>Remarques valables pour un seul glacier</i>	63
<b>4. ILLUSTRATIONS PHOTOGRAPHIQUES</b>	<b>89</b>
4.1 <i>Illustrations du 105e rapport (1983/84)</i>	89
4.2 <i>Illustrations du 106e rapport (1984/85)</i>	93
<b>5. BILANS DE MASSE</b>	<b>99</b>
5.1 Introduction	99
5.2 <i>Bilan annuel de masse en 1983/84</i>	100
5.3 <i>Bilan annuel de masse en 1984/85</i>	101
5.4 <i>Mensurations aux glaciers de l'Aar</i>	114
5.5 <i>Accumulation nivale sur quelques glaciers</i>	118
5.5.1 Introduction	118
5.5.2 Clariden	118
5.5.3 Silvretta et Engadine	122
5.5.4 Jungfraufirn (Grand Glacier d'Aletsch)	124
5.5.5 <i>Aperçu du chapitre 5.5 (en français)</i>	126
<b>6. GLACIER DE CLARIDEN - OBSERVATIONS 1914 - 1984</b>	<b>127</b>
6.1 <i>Résumé</i>	127
6.2 <i>Introduction</i>	128
6.3 <i>Accumulation annuelle</i>	130
6.4 <i>Accumulation hivernale</i>	133
6.5 <i>Conclusions</i>	136
<b>7. SUMMARY</b>	<b>145</b>
7.1 <i>Introduction</i>	145
7.2 <i>Climate and Weather</i>	146
7.3 <i>Glacier Chronicle</i>	146
7.4 <i>Length variations of glaciers</i>	146
7.5 <i>Photo Section</i>	147
7.6 <i>Mass Balance</i>	147
7.7 <i>Claridenfirn - Measurements 1914 - 1984</i>	148
<b>8. REFERENCES</b>	<b>149</b>

# TABLE OF CONTENTS

<b>1. CLIMATE AND WEATHER</b>	<b>1</b>
1.1 Introduction	1
1.2 The Year 1983/84	3
Snow and Avalanches in Winter 1983/84	6
1.3 The Year 1984/85	8
Snow and Avalanches in Winter 1984/85	12
<b>2. CHRONICLE</b>	<b>33</b>
2.1 Glaciological Activities and special Events in 1983/84	33
2.2 Glaciological Activities and special Events in 1984/85	36
<b>3. LENGTH VARIATIONS OF GLACIERS</b>	<b>49</b>
3.1 Introduction	49
3.2 Results of the 105th Exercise (1983/84)	50
3.3 Results of the 106th Exercise (1984/85)	51
3.4 Notes on individual Glaciers	63
<b>4. PHOTO SECTION</b>	<b>87</b>
4.1 Photos of the 105th Report (1983/84)	87
4.2 Photos of the 106th Report (1984/85)	91
<b>5. MASS BALANCE</b>	<b>95</b>
5.1 Introduction	95
5.2 Results of the Balance Year 1983/84	97
5.3 Results of the Balance Year 1984/85	98
5.4 Surveys on the Aare glaciers	114
5.5 Snow and Firm Accumulation on some Glaciers	118
5.5.1 Introduction	118
5.5.2 Clariden Glacier	118
5.5.3 Silvretta Glacier and Engadine Region	122
5.5.4 Jungfraufirn (Aletsch Glacier)	124
5.5.5 Summary of chapter 5.5 in French	126
<b>6. CLARIDENFIRM - MEASUREMENTS 1914 - 1984</b>	<b>127</b>
6.1 Summary	127
6.2 Introduction	128
6.3 Annual Firm Accumulation	130
6.4 Winter Snow Accumulation	133
6.5 Conclusions	136
<b>7. SUMMARY</b>	<b>145</b>
7.1 Introduction	145
7.2 Climate and Weather	146
7.3 Glacier Chronicle	146
7.4 Length variations of glaciers	146
7.5 Photo Section	147
7.6 Mass Balance	147
7.7 Claridenfirm - Measurements 1914 - 1984	148
<b>8. LITERATURE</b>	<b>149</b>

## TABELLEN

<b>Tabelle 1.1:</b>	Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten Mai bis Oktober 1984	24
	a) Absolute Werte, Gradtagssumme [°C]	24
	b) Relative Werte, in Prozenten des Periodenmittels 1959/85	24
<b>Tabelle 1.2:</b>	Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten Mai bis Oktober 1985	25
	a) Absolute Werte, Gradtagssumme [°C]	25
	b) Relative Werte, in Prozenten des Periodenmittels 1959/85	25
<b>Tabelle 2.1:</b>	Vermessungsflüge in den Jahren 1984 und 1985	43
	a) Jährlich wiederholte Aufnahmen	43
	b) Mehrjährlich wiederholte Aufnahmen	45
<b>Tabelle 3.1:</b>	Längenänderung der Gletscher 1983/84 - Zusammenfassungen	54
	a) Einzugsgebiete der Hauptflüsse der Schweiz	54
	b) Gebirgsregionen der Schweizer Alpen	54
<b>Tabelle 3.2:</b>	Längenänderung der Gletscher 1984/85 - Zusammenfassungen	55
	a) Einzugsgebiete der Hauptflüsse der Schweiz	55
	b) Gebirgsregionen der Schweizer Alpen	55
<b>Tabelle 3.3:</b>	Längenänderung der Gletscher in den Jahren 1983/84 und 1984/85	59
<b>Tabelle 5.1:</b>	Massenänderung einiger Gletscher in den Jahren 1983/84 und 1984/85	102
<b>Tabelle 5.2:</b>	Hydrologische Bilanz einiger vergletscherter Einzugsgebiete in den Jahren 1983/84 und 1984/85	103
	a) Einzugsgebiet Aegina (Griesgletscher)	103
	b) Einzugsgebiet Massa (Aletschgletscher)	104
	c) Einzugsgebiet Rhone (ob Genfersee)	105
<b>Tabelle 5.3:</b>	Griesgletscher (Aegina) - Massenänderung 1983/84 und 1984/85 in Höhenstufen	108
<b>Tabelle 5.4:</b>	Limmern- und Plattalvagletscher - Massenänderung 1983/84 und 1984/85 in Höhenstufen	110
	a) Limmern	110
	b) Plattalva	110
<b>Tabelle 5.5:</b>	Silvrettagletscher - Massenänderung 1983/84 und 1984/85 in Höhenstufen	112
<b>Tabelle 5.6:</b>	Aaregletscher - Hauptergebnisse 1983/84	116
	a) Höhenänderung und Bewegung	116
	b) Flächen- und Volumenänderung	116
<b>Tabelle 5.7:</b>	Aaregletscher - Hauptergebnisse 1984/85	117
	a) Höhenänderung und Bewegung	117
	b) Flächen- und Volumenänderung	117

<b>Tabelle 5.8:</b>	Claridenfirn - Hauptergebnisse 1983/84	120
	a) Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung des Gletschers	120
	b) Saison- und Jahresniederschlag in Totalisatoren und an Vergleichsstationen	120
<b>Tabelle 5.9:</b>	Claridenfirn - Hauptergebnisse 1984/85	121
	a) Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung des Gletschers	121
	b) Saison- und Jahresniederschlag in Totalisatoren und an Vergleichsstationen	121
<b>Tabelle 5.10:</b>	Silvrettagletscher - Jährlicher Firnzuwachs 1983/84 und 1984/85	123
<b>Tabelle 5.11:</b>	Berninagebiet	123
	a) Höhenänderung der Firnoberfläche und jährlicher Firnzuwachs 1983/84 und 1984/85	123
	b) Mehrjahreswerte des Firnzuwachses	123
<b>Tabelle 5.12:</b>	Jungfraufirn - Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung im Jahre 1983/84	125
<b>Tabelle 5.13:</b>	Jungfraufirn - Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung im Jahre 1984/85	125
<b>Tabelle 6.1:</b>	Claridenfirn - Jährlicher Firnzuwachs 1914/15 - 1983/84	140
	a) Beim unteren Pegel (2700 m ü.M.)	140
	b) Beim oberen Pegel (2900 m ü.M.)	141
<b>Tabelle 6.2:</b>	Claridenfirn - Winterschneedecke 1914/15 - 1983/84	142
	a) Beim unteren Pegel (2700 m ü.M.)	142
	b) Beim oberen Pegel (2900 m ü.M.)	143

## TABLEAUX

<b>Tableau 1.1:</b>	<i>Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air, mois de mai à octobre 1984</i>	24
	a) Valeurs absolues, somme des degrés-jour [°C]	24
	b) Valeurs relatives, en pour-cent des moyennes respectives de la période 1959/85	24
<b>Tableau 1.2:</b>	<i>Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air, mois de mai à octobre 1985</i>	25
	a) Valeurs absolues, somme des degrés-jour [°C]	25
	b) Valeurs relatives, en pour-cent des moyennes respectives de la période 1959/85	25
<b>Tableau 2.1:</b>	<i>Vols photogrammétriques des années 1984 et 1985</i>	43
	a) Levés annuels	43
	b) Levés à intervalles pluriannuels	45
<b>Tableau 3.1:</b>	<i>Variation de longueur des glaciers en 1983/84 - Récapitulations</i>	54
	a) Bassins versants principaux de la Suisse	54
	b) Régions orographiques des Alpes suisses	54
<b>Tableau 3.2:</b>	<i>Variation de longueur des glaciers en 1984/85 - Récapitulations</i>	55
	a) Bassins versants principaux de la Suisse	55
	b) Régions orographiques des Alpes suisses	55
<b>Tableau 3.3:</b>	<i>Variation de longueur des glaciers en 1983/84 et 1984/85</i>	59
<b>Tableau 5.1:</b>	<i>Bilans de masse de quelques glaciers en 1983/84 et 1984/85</i>	102
<b>Tableau 5.2:</b>	<i>Bilan hydrologique de quelques bassins versants englacés en 1983/84 et 1984/85</i>	103
	a) Bassin de l'Aegina (glacier de Gries)	103
	b) Bassin de la Massa (glaciers d'Aletsch)	104
	c) Bassin du Rhône (à l'amont du Léman)	105
<b>Tableau 5.3:</b>	<i>Glacier de Gries (Aegina) - Bilans de masse 1983/84 et 1984/85 en fonction de l'altitude</i>	108
<b>Tableau 5.4:</b>	<i>Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilans de masse 1983/84 et 1984/85 en fonction de l'altitude</i>	110
	a) Limmern	110
	b) Plattalva	110
<b>Tableau 5.5:</b>	<i>Glacier de Silvretta - Bilans de masse 1983/84 et 1984/85 en fonction de l'altitude</i>	112
<b>Tableau 5.6:</b>	<i>Glaciers de l'Aar - Résultats principaux 1983/84</i>	116
	a) Variation de l'altitude et du mouvement	116
	b) Variations de surface et du volume	116

<b>Tableau 5.7:</b>	<i>Glaciers de l'Aar - Résultats principaux 1984/85</i>	117
	a) <i>Variation de l'altitude et du mouvement</i>	117
	b) <i>Variations de surface et du volume</i>	117
<b>Tableau 5.8:</b>	<i>Glacier de Clariden - Résultats principaux 1983/84</i>	120
	a) <i>Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier</i>	120
	b) <i>Précipitations saisonnières et annuelle observées aux totalisateurs et aux stations pluviométriques</i>	120
<b>Tableau 5.9:</b>	<i>Glacier de Clariden - Résultats principaux 1984/85</i>	121
	a) <i>Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier</i>	121
	b) <i>Précipitations saisonnières et annuelle observées aux totalisateurs et aux stations pluviométriques</i>	121
<b>Tableau 5.10:</b>	<i>Glacier de Silvretta - Accumulation nette annuelle en 1983/84 et 1984/85</i>	123
<b>Tableau 5.11:</b>	<i>Massif de la Bernina</i>	123
	a) <i>Variation du niveau de la surface glaciaire et accumulation nette annuelle en 1983/84 et 1984/85</i>	123
	b) <i>Valeurs pluriannuelles d'accumulation nivale</i>	123
<b>Tableau 5.12:</b>	<i>Jungfraufirn - Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier en 1983/84</i>	125
<b>Tableau 5.13:</b>	<i>Jungfraufirn - Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier en 1984/85</i>	125
<b>Tableau 6.1:</b>	<i>Glacier de Clariden - Accumulation annuelle 1914/15 - 1983/84</i>	140
	a) <i>Balise inférieure (2700 m s.m.)</i>	140
	b) <i>Balise supérieure (2900 m s.m.)</i>	141
<b>Tableau 6.2:</b>	<i>Glacier de Clariden - Accumulation hivernale 1914/15 - 1983/84</i>	142
	a) <i>Balise inférieure (2700 m s.m.)</i>	142
	b) <i>Balise supérieure (2900 m s.m.)</i>	143

## TABLES

<b>Table 1.1:</b>	Degree-days of months Mai to October 1984	24
	a) Absolute values	24
	b) Relative values, in percent of mean 1959/85	24
<b>Table 1.2:</b>	Degree-days of months Mai to October 1985	25
	a) Absolute values	25
	b) Relative values, in percent of mean 1959/85	25
<b>Table 2.1:</b>	Aerial survey of glaciers in 1984 and 1985	43
<b>Table 3.1:</b>	Length variation of glaciers in 1983/84 - Summaries	54
	a) River basins	54
	b) Mountain regions	54
<b>Table 3.2:</b>	Length variation of glaciers in 1984/85 - Summaries	55
	a) River basins	55
	b) Mountain regions	55
<b>Table 3.3:</b>	Length variation of glaciers in 1983/84 and 1984/85	59
<b>Table 5.1:</b>	Mass balances in 1983/84 and 1984/85	102
<b>Table 5.2:</b>	Hydrological balances of glaciated river basins in 1983/84 and 1984/85	103
	a) Aegina (with Gries glacier)	103
	b) Massa (with Aletsch glaciers)	104
	c) Rhone (above lake of Geneva)	105
<b>Table 5.3:</b>	Gries glacier (Aegina) - Mass balance versus altitude in 1983/84 and 1984/85	108
<b>Table 5.4:</b>	Limmern- and Plattalva glaciers - Mass balance versus altitude in 1983/84 and 1984/85	110
	a) Limmern	110
	b) Plattalva	110
<b>Table 5.5:</b>	Silvretta glacier - Mass balance versus altitude in 1983/84 and 1984/85	112
<b>Table 5.6:</b>	Oberaar and Unteraar glaciers - Results of survey in 1983/84	116
	a) Change of thickness and movement	116
	b) Change of area and volume	116
<b>Table 5.7:</b>	Oberaar and Unteraar glaciers - Results of survey in 1984/85	117
	a) Change of thickness and movement	117
	b) Change of area and volume	117

<b>Table 5.8:</b>	Clariden glacier - Results of 1983/84	120
	a) Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizontal movement	120
	b) Seasonal and annual precipitation totalized in rain gauges and observed at pluviometric stations	120
<b>Table 5.9:</b>	Clariden glacier - Results of 1984/85	121
	a) Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizontal movement	121
	b) Seasonal and annual precipitation totalized in rain gauges and observed at pluviometric stations	121
<b>Table 5.10:</b>	Silvretta glacier - Annual net accumulation in 1983/84 and 1984/85	123
<b>Table 5.11:</b>	Glaciers of the Bernina group	123
	a) Change of thickness and net accumulation in 1983/84 and 1984/85	123
	b) Net accumulation values of several years	123
<b>Table 5.12:</b>	Jungfraufirn - Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizontal movement in 1983/84	125
<b>Table 5.13:</b>	Jungfraufirn - Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizontal movement in 1984/85	125
<b>Table 6.1:</b>	Claridenfirn - Annual firn accumulation 1914/15 - 1983/84	140
	a) Lower stake (2700 m a.s.l.)	140
	b) Upper stake (2900 m a.s.l.)	141
<b>Table 6.2:</b>	Claridenfirn - Winter snow accumulation 1914/15 - 1983/84	142
	a) Lower stake (2700 m a.s.l.)	142
	b) Upper stake (2900 m a.s.l.)	143

## ABBILDUNGEN

<b>Abbildung 1.1:</b> Witterung an einigen automatischen Stationen der SMA im Jahr 1983/84	26
<b>Abbildung 1.2:</b> Witterung an einigen automatischen Stationen der SMA im Jahr 1984/85	28
<b>Abbildung 1.3:</b> Abweichungen der Jahresniederschläge 1983/84 und der Sommertemperaturen 1984 vom Zentralwert der Bezugsperiode 1901/60	30
a) Jahresniederschläge 1983/84	30
b) Sommertemperaturen 1984	30
<b>Abbildung 1.4:</b> Abweichungen der Jahresniederschläge 1984/85 und der Sommertemperaturen 1985 vom Zentralwert der Bezugsperiode 1901/60	31
a) Jahresniederschläge 1984/85	31
b) Sommertemperaturen 1985	31
<b>Abbildung 3.1:</b> Die Gletscher der Schweizer Alpen - Beobachtungsnetz 1984	56
a) Beobachtungen im Jahre 1984	56
b) Längenänderung der Gletscher 1984	56
<b>Abbildung 3.2:</b> Die Gletscher der Schweizer Alpen - Beobachtungsnetz 1985	57
a) Beobachtungen im Jahre 1985	57
b) Längenänderung der Gletscher 1985	57
<b>Abbildung 3.3:</b> Längenänderung der Gletscher in den Schweizer Alpen - Hauptergebnisse der Jahre 1879/80 bis 1984/85	58
a) Jährliche Stichproben	58
b) Prozentanteile der wachsenden, stationären und schwindenden Gletscher	58
c) Mittlere Längenänderung (in Metern)	58
<b>Abbildung 5.1:</b> Einzugsgebiet Massa (Aletschgletscher) - Hydrologische Tagesbilanzen 1983/84 und 1984/85	106
a) Tageswerte von Niederschlag, Abfluss und Reservenänderung	106
b) Jahresgang der Reservenänderung, mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1930/78	106
<b>Abbildung 5.2:</b> Einzugsgebiet Rhone-Porte du Scex - Jahresgang der Reservenänderung 1983/84 und 1984/85, mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1955/80	107
<b>Abbildung 5.3:</b> Griesgletscher (Aegina) - Massenhaushalt 1983/84: Zonen gleicher Massenänderung	109
<b>Abbildung 5.4:</b> Limmern- und Plattalvagletscher - Massenhaushalt 1983/84: Zonen gleicher Massenänderung	111
<b>Abbildung 5.5:</b> Silvrettagletscher - Massenhaushalt 1983/84: Zonen gleicher Massenänderung	113

<b>Abbildung 5.6:</b> Aaregletscher - Lage der Querprofile	115
<b>Abbildung 6.1:</b> Claridenfirn - Messnetz	137
<b>Abbildung 6.2:</b> Claridenfirn - Jährlicher Firnzuwachs 1914/15 - 1983/84	138
a) Beim unteren Pegel (2700 m ü.M.)	138
b) Beim oberen Pegel (2900 m ü.M.)	138
<b>Abbildung 6.3:</b> Claridenfirn - Winterschneedecke 1914/15 - 1983/84	139
a) Beim unteren Pegel (2700 m ü.M.)	139
b) Beim oberen Pegel (2900 m ü.M.)	139

## FIGURES

<b>Figure 1.1:</b>	<i>Conditions météorologiques à quelques stations de l'ISM en 1983/84</i>	26
<b>Figure 1.2:</b>	<i>Conditions météorologiques à quelques stations de l'ISM en 1984/85</i>	28
<b>Figure 1.3:</b>	<i>Déviations des précipitations annuelles 1983/84 et des températures estivales 1984 par rapport aux valeurs centrales respectives de la période de référence de 1901 à 1960</i>	30
	a) <i>Précipitations annuelles 1983/84</i>	30
	b) <i>Températures estivales 1984</i>	30
<b>Figure 1.4:</b>	<i>Déviations des précipitations annuelles 1984/85 et des températures estivales 1985 par rapport aux valeurs centrales respectives de la période de référence de 1901 à 1960</i>	31
	a) <i>Précipitations annuelles 1984/85</i>	31
	b) <i>Températures estivales 1985</i>	31
<b>Figure 3.1:</b>	<i>Les glaciers des Alpes suisses - Réseau d'observations en 1984</i>	56
	a) <i>Observations en 1984</i>	56
	b) <i>Variation de longueur des glaciers en 1984</i>	56
<b>Figure 3.2:</b>	<i>Les glaciers des Alpes suisses - Réseau d'observations en 1985</i>	57
	a) <i>Observations en 1985</i>	57
	b) <i>Variation de longueur des glaciers en 1985</i>	57
<b>Figure 3.3:</b>	<i>Variation de longueur des glaciers dans les Alpes suisses - Résultats principaux des années 1879/80 à 1984/85</i>	58
	a) <i>Echantillons annuels</i>	58
	b) <i>Pourcentages des glaciers en crue, stationnaires ou en décrue</i>	58
	c) <i>Variation moyenne de longueur (en mètres)</i>	58
<b>Figure 5.1:</b>	<i>Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques quotidiens en 1983/84 et 1984/85</i>	106
	a) <i>Précipitations, débits et variations des réserves quotidiennes</i>	106
	b) <i>Evolution des réserves en eau, comparée aux valeurs statistiques de la période 1930/78</i>	106
<b>Figure 5.2:</b>	<i>Bassin versant du Rhône-Porte du Scex - Evolution des réserves en eau en 1983/84 et 1984/85, comparée aux valeurs statistiques de la période 1955/80</i>	107
<b>Figure 5.3:</b>	<i>Glacier de Gries (Aegina) - Bilan de masse 1983/84: Equisomptuaires du bilan spécifique</i>	109
<b>Figure 5.4:</b>	<i>Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilan de masse 1983/84: Equisomptuaires du bilan spécifique</i>	111
<b>Figure 5.5:</b>	<i>Glacier de Silvretta - Bilan de masse 1983/84: Equisomptuaires du bilan spécifique</i>	113

<b>Figure 5.6:</b>	<i>Glaciers de l'Aar - Situation des profils transversaux</i>	115
<b>Figure 6.1:</b>	<i>Glacier de Clariden - Réseau d'observations</i>	137
<b>Figure 6.2.</b>	<i>Glacier de Clariden - Accumulation annuelle 1914/15 - 1983/84</i>	138
	<i>a) Balise inférieure (2700 m s.m.)</i>	138
	<i>b) Balise supérieure (2900 m s.m.)</i>	138
<b>Figure 6.3:</b>	<i>Glacier de Clariden - Accumulation hivernale 1914/15 - 1983/84</i>	139
	<i>a) Balise inférieure (2700 m s.m.)</i>	139
	<i>b) Balise supérieure (2900 m s.m.)</i>	139

## FIGURES

<b>Figure 1.1:</b> Meteorological conditions in 1983/84	26
<b>Figure 1.2:</b> Meteorological conditions in 1984/85	28
<b>Figure 1.3:</b> Regional deviations from normal climate, shown for	30
a) Annual precipitation in 1983/84	30
b) Mean summer air temperature in 1984	30
<b>Figure 1.4:</b> Regional deviations from normal climate, shown for	31
a) Annual precipitation in 1984/85	31
b) Mean summer air temperature in 1985	31
<b>Figure 3.1:</b> The glaciers of the Swiss Alps - Observation network in 1984	56
a) Observed glaciers in 1984	56
b) Length variations of glaciers in 1984	56
<b>Figure 3.2:</b> The glaciers of the Swiss Alps - Observation network in 1985	57
a) Observed glaciers in 1985	57
b) Length variations of glaciers in 1985	57
<b>Figure 3.3:</b> Length variations of glaciers in the Swiss Alps - Main results of exercises 1879/80 to 1984/85	58
a) Annual samples	58
b) Percentages of advancing, stationary and retreating glaciers	58
c) Mean annual length variation [m]	58
<b>Figure 5.1:</b> Massa river basin (Aletsch glaciers) - Daily hydrological balance and variation of water storage 1983/84 and 1984/85	106
a) Specific values of precipitation, run-off and water storage	106
b) Water storage cumulated over hydrological years, with statistical values of the period 1930/78	106
<b>Figure 5.2:</b> Rhone river basin (above Lake of Geneva) - Monthly variation of water storage in hydrological years 1983/84 and 1984/85, with statistical values of the period 1955/80	107
<b>Figure 5.3:</b> Gries glacier (Aegina) - Annual mass balance 1983/84: Zones of equal specific mass change	109
<b>Figure 5.4:</b> Limmern- and Plattalva glaciers - Annual mass balance 1983/84: Zones of equal specific mass change	111
<b>Figure 5.5:</b> Silvretta glacier - Annual mass balance 1983/84: Zones of equal specific mass change	113

<b>Figure 5.6:</b> Oberaar and Unteraar glaciers - Location of the profiles	115
<b>Figure 6.1:</b> Claridenfirn - Observation network	137
<b>Figure 6.2:</b> Claridenfirn - Annual firn accumulation 1914/15 - 1983/84	138
a) Lower stake (2700 m a.s.l.)	138
b) Upper stake (2900 m a.s.l.)	138
<b>Figure 6.3:</b> Claridenfirn - Winter snow accumulation 1914/15 - 1983/84	139
a) Lower stake (2700 m a.s.l.)	139
b) Upper stake (2900 m a.s.l.)	139

## **BILDER**

<b>Bilder 1 und 2:</b>	Altsgletscher 1983 und 1984	87
<b>Bild 3:</b>	Oberer Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher) 1984	87
<b>Bild 4:</b>	Hängegletscher in der Nordflanke des Lyskamms 1978	87
<b>Bilder 5 bis 7:</b>	Steingletscher am Sustenpass 1968 und 1984	87
<b>Bilder 8 und 9:</b>	Tschiervagletscher 1984	88
<b>Bilder 10 und 11:</b>	Roseggletscher 1984	88
<b>Bilder 12 und 13:</b>	Glacier d'Epicoune (Val de Bagnes) 1968 und 1983	88
<b>Bilder 14 bis 18:</b>	Zungenrutschungen des Allalngletschers 1984 und 1985	91
<b>Bild 19:</b>	Morteratschgletscher 1985	91
<b>Bilder 20 und 21:</b>	Grosser Aletschgletscher 1985	91
<b>Bild 22:</b>	Albignagletscher 1985	91
<b>Bilder 23 und 24:</b>	Griesgletscher (Aegina) 1985	92

## ILLUSTRATIONS

<i>Photos 1 et 2:</i>	<i>Glacier de l'Altels 1983 et 1984</i>	89
<i>Photo 3:</i>	<i>Glacier supérieur de la Jungfrau (grand glacier d'Aletsch) 1984</i>	89
<i>Photo 4:</i>	<i>Glacier suspendu de la paroi nord du Lyskamm 1978</i>	89
<i>Photos 5 à 7:</i>	<i>Glacier de Stein près du col du Susten 1968 et 1984</i>	89
<i>Photos 8 et 9:</i>	<i>Glacier de Tschierva 1984</i>	90
<i>Photos 10 et 11:</i>	<i>Glacier de Roseg 1984</i>	90
<i>Photos 12 et 13:</i>	<i>Glacier d'Epicoune (Val de Bagnes) 1968 et 1983</i>	90
<i>Photos 14 à 18:</i>	<i>Glissements de la langue du glacier de l'Allalin 1984 et 1985</i>	93
<i>Photo 19:</i>	<i>Glacier de Morteratsch 1985</i>	93
<i>Photos 20 et 21:</i>	<i>Grand glacier d'Aletsch 1985</i>	93
<i>Photo 22:</i>	<i>Glacier d'Albigna 1985</i>	93
<i>Photos 23 et 24:</i>	<i>Glacier de Gries (Aegina) 1985</i>	94

## PICTURES

<b>Photos 1 and 2:</b>	Altels glacier 1983 and 1984	87
<b>Photo 3:</b>	Upper Jungfraufirn (Great Aletsch glacier) 1984	87
<b>Photo 4:</b>	Hanging glacier in north face of Lyskamm 1978	87
<b>Photos 5 to 7:</b>	Stein glacier close to Sustenpass 1968 and 1984	87
<b>Photos 8 and 9:</b>	Tschierva glacier 1984	88
<b>Photos 10 and 11:</b>	Roseg glacier 1984	88
<b>Photos 12 and 13:</b>	Glacier d'Epicoune (Val de Bagnes) 1968 and 1983	88
<b>Photos 14 to 18:</b>	Sliding tongue of Allalin glacier 1984 and 1985	91
<b>Photo 19:</b>	Morteratsch glacier 1985	91
<b>Photos 20 and 21:</b>	Great Aletsch glacier 1985	91
<b>Photo 22:</b>	Albigna glacier 1985	91
<b>Photos 23 and 24:</b>	Gries glacier (Aegina) 1985	92

# 1. KLIMA UND WITTERUNG

## 1.1 EINLEITUNG

Die Abbildungen 1.1 und 1.2 zeigen den Witterungsverlauf während der Berichtsjahre anhand der Tageswerte der Lufttemperatur, des Niederschlags und der Höhe der Nullgradisotherme an einzelnen Stationen. Die Lufttemperatur ist dargestellt durch die Tagesmittel der Stationen Zürich SMA und Jungfrauoch, indem für jeden Tag der aktuelle Wert [SMA, 1983-85a] und der langjährige Mittelwert [Schüepp, 1972] der betreffenden Station aufgezeichnet sind. Der Niederschlag ist angegeben durch die Tagessummen [SMA, 1983-85b] der Stationen Zürich SMA und Säntis. Die Höhe der Nullgradisotherme über der aerologischen Station Payerne ist gemäss den Sondierungen um 13 Uhr aus den Temperaturprofilen in den täglichen Wetterberichten [SMA, 1983-85c] interpoliert, wobei für Inversionslagen mit mehr als einem Nullgrad-Höhenwert jeweils der höchste eingezeichnet ist. Zudem ist für jeden Tag der langjährige Mittelwert der Nullgradgrenze [Güller, 1978] aufgetragen. Die Unregelmässigkeiten dieser Mittelwertskurve sind - im Gegensatz zu den Temperatur-Mittelwertskurven - nicht ausgeglichen.

Die dargestellten Zeitreihen geben ein generelles Bild des Jahresgangs der Lufttemperatur und der zeitlichen Verteilung des Niederschlags in den Berichtsjahren und in unterschiedlichen Klimaregionen. Die geringe Zahl der ausgewählten Stationen bringt die zeitweise beträchtlichen Unterschiede in den regionalen Witterungs- und Klimaverhältnissen unseres vielfältig gegliederten Landes jedoch nur andeutungsweise zum Ausdruck. Nähere Angaben hiezu sind zusammengefasst im Text (Kap. 1.2 und 1.3) und ausführlicher in den benutzten Quellen [SMA, 1983-85d] enthalten. Um die klimatischen Bedingungen, denen die Gletscher einer Region oder einzelne Gletscher in den Berichtsjahren ausgesetzt waren, genauer zu beschreiben oder zahlenmässig zu erfassen, ist auf die Ergebnisse der Temperatur- und vor allem der Niederschlagsmessungen an möglichst vielen, von Fall zu Fall auszuwählenden Stationen zurückzugreifen.

In den Abbildungen 1.3 und 1.4 sind die regionalen Unterschiede einzelner, für den Massenhaushalt der Gletscher massgeblicher Klimaelemente in vereinfachter Form graphisch dargestellt durch die Grössen Jahresniederschlag (Abb. 1.3a und 1.4a) und Sommertemperatur (Abb. 1.3b und 1.4b), indem für eine grössere Zahl von Messstationen die Abweichung des aktuellen Werts vom Normalwert nach statistischen Regeln normiert [Kasser, 1983] und demgemäss in Zonen gleicher Abweichung zusammengefasst und kartographisch dargestellt ist. Die Stationen, die als Stützstellen dienen, sind als Punkte eingezeichnet. Als Normalwert wird der Zentralwert der langjährigen Messreihe, die in der Regel der Periode 1901-1960 entspricht, verwendet. Der Zentralwert einer Messreihe wird von der Hälfte der Einzelwerte übertroffen oder unterschritten. Je mehr ein Einzelwert vom Zentralwert abweicht, desto seltener tritt er auf. Nach der Häufigkeit des Auftretens gleicher Werte in der Referenzperiode werden die Werte des Berichtsjahres einer der fünf Klassen -2, -1, 0, +1, oder +2 zugeteilt. Werte, die mit geringer positiver oder negativer Abweichung je einmal in vier Jahren auftreten, werden als normal bezeichnet und in der Klasse '0' zusammengefasst. Sie befinden sich in den entsprechend bezeichneten Zonen der Abbildungen. Die stark abweichenden Werte der Klassen '-1' und '+1' kommen durchschnittlich je einmal in vier bis zwölf Jahren vor, die sehr stark abweichenden Werte der Klassen '-2' und '+2' seltener als einmal in

zwölf Jahren. Gelegentlich ergibt sich für einzelne Stationen ein Wert ausserhalb dieser fünf Klassen. Dabei handelt es sich um Extremwerte, die nach der Statistik seltener als einmal in 45 Jahren zu erwarten sind. Sie sind in den stark vereinfachten Darstellungen nicht besonders bezeichnet.

Die Vorbehalte, die in den vorangehenden Berichten hinsichtlich der Vergleichbarkeit der dargestellten Klimadaten mit der Massenänderung der Gletscher und bezüglich der Homogenität der Messreihen namentlich seit Einführung der automatischen Wetterbeobachtung angebracht sind, gelten weiterhin uneingeschränkt.

In den Tabellen 1.1 und 1.2 sind die Summen der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur, die sich aus den Messungen an einigen Höhenstationen der Schweiz und für die aerologischen Stationen München, Payerne und Mailand ergeben, zusammengestellt mit den Werten, die berechnet sind für einige Pegelstandorte, an denen der jährliche Firnzuwachs erfasst wird (vgl. Kap. 5.5). Detaillierte Angaben über die Winterschneedecke [SLF, 1984 und 1985] sind im Abschnitt "Schnee und Lawinen" am Schluss der Kapitel 1.2 und 1.3 zu finden.

Die Angaben über die Abflussverhältnisse in den vergletscherten Einzugsgebieten [LHG, 1983-85] sind im vorliegenden Jahrbuch beschränkt auf kurze Hinweise im Text (Kap. 1.2 und 1.3), auf die Daten in Tabelle 5.2 und auf die Darstellung in Abbildung 5.1 (vgl. Kap. 5).

Die Beschreibung der Klima- und Witterungsverhältnisse der Berichtsjahre (Kap. 1.2 und 1.3) entspricht bis auf notwendige Anpassungen der publizierten Fassung [Aellen, 1985 und 1986].

## **1.2 DAS JAHR 1983/84**

Dem überaus warmen Sommer 1983 folgte nach einem mehrtägigen Kälteeinbruch, mit Schneefall bis unter die Waldgrenze am 12. September, erneut eine sehr warme Periode, in der die Abschmelzung an den Gletschern kräftig weiterzehrte. In der Kälteperiode vom 11. - 17. Oktober fiel Schnee bis in höhere Tallagen. Dabei sank der Abfluss aus vergletscherten Einzugsgebieten unter normale Werte. Auch während der anschliessenden Folge von 37 Tagen ohne nennenswerten Niederschlag in der ganzen Schweiz ging er stetig weiter zurück, obwohl es in den Berggebieten ungewöhnlich warm und sonnig war. Die Monatssumme des Niederschlags blieb im Oktober überall um mehr als 10 %, in der Südschweiz, in grösseren Teilen Graubündens und im Oberwallis, namentlich in den Vispertälern, sogar um 50 - 80 % unter dem Normalwert. Im November fielen erst in den letzten 6 Tagen des Monats ergiebige Niederschläge, die manchenorts die normale Monatsmenge erreichten oder übertrafen. Beträchtliche Ueberschüsse erhielten die Zentralschweiz sowie die Berner, Walliser und Waadtländer Alpen. Auf der Alpensüdseite dagegen war es erneut sehr trocken, deutlich zu trocken auch im Oberengadin, im Rheinwaldgebiet und in der Region Basel. Nach den Schneefällen, die am Monatsende gebietsweise die Niederungen erreichten, blieb das Alpengebiet oberhalb rund 1000 m ü.M. dauernd eingeschneit. Bei nahezu gleichzeitigem Beginn in allen Regionen und Höhenlagen der Schweizer Alpen traf der Winter auf den Höhenstationen mit extrem grosser Verspätung ein. Weissfluhjoch z.B. ist seit Messbeginn im Jahre 1936 nie so spät eingeschneit worden.

Im Gegensatz zu den Vormonaten brachte der Dezember, der in der ersten Monatshälfte mehrheitlich zu kalt, in der zweiten überall ausserordentlich warm war, stark überdurchschnittliche Niederschlagsmengen in der Südschweiz, unterdurchschnittliche auf der Alpennordseite und im östlichen Mittelland. In den trüben und niederschlagsreichen ersten zwei Monaten des Jahres 1984 herrschte in den Hochalpen zeitweise strenge Kälte, von der die Niederungen nur zum Teil betroffen waren. Die häufig auftretende Westströmung führte im Januar zu einem starken Nordwest-Südost-Gefälle des Niederschlags, der in der Westschweiz und im Jura sehr gross, in der Südschweiz und im Engadin dagegen sehr klein war. Im Februar erhielten die Südschweiz und das Engadin sowie grosse Teile des Mittellandes und der Voralpen mit annähernd normalen Monatsmengen wesentlich weniger Niederschlag als der Jura und die Alpen. Sehr grosse Mengen erhielten vor allem die Walliser Alpen, das Gotthard- und Alpsteingebiet sowie Rheinbünden, wo der Normalwert an manchen Orten um 100 - 200 % übertroffen wurde. Vom 6. - 9. Februar kam es in den Alpen durch Zuwachs um Beträge bis 2 m Neuschnee bei stürmischen Winden aus West bis Nord zu folgenschweren Lawinnenniedergängen.

Die mehrheitlich zu kalte Witterung des März, die ausserhalb des Tessins, wo normale Niederschlagsmengen fielen, auch zu trocken und ziemlich sonnig war, dauerte im April bis zur Monatsmitte an. Die zweite Aprilhälfte war meistenorts extrem trocken, so dass die normale Niederschlagsmenge dieses Monats im ganzen Land bei weitem nicht erreicht wurde. Nach ausserordentlich warmen und sonnigen Tagen in der letzten Aprildekade setzte am Monatsende eine ungewöhnlich kalte und sehr sonnenarme Periode ein, die sich über den ganzen Maimonat und die erste Juniwoche hinzog. Die Lufttemperatur blieb im Mai überall deutlich unter dem langjährigen Mittel: durchschnittlich um 2.5 °C auf der Alpennordseite und in der Ostschweiz, um 3.5 °C in der Westschweiz und im Wallis, um 3.5 - 4.5 °C im Tessin, wo seit Beginn der Messungen im Jahre 1864 kein so kalter Mai verzeichnet worden war. Dieser

viel zu kalte Frühlingsmonat brachte dem Tessin sehr grosse, den meisten übrigen Landesteilen normale bis überdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Etwas zu trocken waren grosse Teile der Zentral- und Ostschweiz sowie kleinere Gebiete im Berner Oberland, im Wallis und im westlichen Teil des Genferseebeckens. Mit den starken Niederschlägen der ersten Juniwoche, die wie die Mainiederschläge in den höheren Lagen noch als Schnee fielen und den Gletschern einen erheblichen Massenzuwachs eintrugen, ging die Akkumulationsperiode des glaziologischen Haushaltsjahrs 1983/84 um den 6. Juni zu Ende.

Mit zunehmender Erwärmung während der meistenorts niederschlagsfreien zweiten Junidekade setzte die Schneeschmelze auch in den Hochalpen ein, wo sie jedoch bis zur Hitzeperiode der zweiten Juliwoche vorerst nur zögernd vonstatten ging. Zahlreiche Kaltlufteinbrüche dämpften die sommerliche Erwärmung im Juni und Juli, wobei z.T. abrupte Wechsel der Luftmassen mit sprunghaften Änderungen der Temperaturtagsmittel bis 15 °C auftraten. Nach fünf zu kalten Monaten näherte sich die Durchschnittstemperatur im Juni in den Niederungen erstmals wieder dem Normalwert, in den Berggebieten blieb sie noch merklich darunter. Im Juli war es im Südtessin deutlich zu warm, in den Hochlagen Mittelbündens etwas zu kalt. In den übrigen Gebieten ergab der mehrmalige Wechsel von heissen und kühlen Tagen eine normale Monatstemperatur. Der August brachte der Alpennordseite einen erheblichen Wärmeüberschuss, im Nordtessin wie auch in den mittleren und höheren Lagen des Wallis und Graubündens dagegen war er kühler als gewöhnlich. In den mehrheitlich ziemlich sonnigen und ausgesprochen trockenen Monaten Juni bis August erhielten nur wenige Gebiete normale oder überdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Im Juni, der allgemein deutlich, im Tessin und Misox etwas zu trocken war, lagen solche Ausnahmegebiete im Wallis und am östlichen Alpennordhang. Im Juli verbreitete und verstärkte sich der Niederschlagsmangel, bis er am 25. und 26. Juli auf der Alpennordseite durch heftige, z.T. von schweren Hagelschlägen begleitete Gewitterregen, die an manchen Orten auch grosse Hochwasserschäden verursachten, etwas vermindert wurde. Stark vermindert, stellenweise sogar ausgeglichen wurde er im Berner Oberland, in den zentralen und östlichen Voralpen sowie im Bodenseegebiet. Ebenso kamen im August normale Niederschlagswerte im Süd- und Westtessin, im Oberwallis wie auch in einigen Regionen des Berner Oberlandes, der Zentral- und der Ostschweiz hauptsächlich durch ergiebige Gewitterregen am 10. August zustande. Von den Berggebieten blieben vor allem das Engadin sowie Süd- und Mittelbünden in allen drei Monaten deutlich bis viel zu trocken.

Im ausserordentlich niederschlagsreichen September erreichte das Temperaturmittel nur in den Niederungen der Alpennordseite den Normalwert. In den übrigen Gebieten blieb es erheblich (bis 2 °C) darunter. Alle Landesteile erhielten deutlich bis stark überdurchschnittliche, einzelne Orte sogar extrem grosse Niederschlagsmengen, die grossenteils während der Tiefdrucklage vom 3. - 7. September fielen. In diesen Tagen löste der Durchgang eines Kaltlufttropfens, der sich von Nordwest- nach Mitteleuropa verschob, im ganzen Land zunächst zahlreiche Gewitter und anschliessend, am 5. und 6. September, bei gleichzeitiger starker Abkühlung, enorm grosse Niederschläge mit Schneefall bis in die Niederungen des bündnerischen Rheintals aus. In den Niederungen nördlich der Alpen war dies der früheste seit 1864 verzeichnete Herbstschneefall. An zahlreichen Stationen innerhalb eines 40 - 70 km breiten und etwa 160 km langen Gebietsstreifens, der sich vom Appenzellerland zum Monte Ceneri erstreckte, wurden bei diesem Ereignis Tagesniederschläge über 100 mm, an einzelnen Orten (z.B. Biasca mit 245 mm) die höchsten Tageswerte dieses Jahrhunderts gemessen. Der ergiebige Schneefall brachte den Hochalpen und namentlich den Gletschern grossenteils bereits die bleibende Schneedecke des Winters 1984/85, die im Laufe des Monats und in der ersten Oktoberwoche durch weitere Schneefälle vermehrt wurde. Während der an-

schliessenden mehrwöchigen Periode mit vorwiegend sonnigem und mildem Wetter bis Mitte November aperten Gletscherzungen und Schattenhänge in tieferen, Sonnenhänge auch in mittleren bis höheren Lagen wieder aus. In diesen Gebieten stellte sich der Winter stufenweise in zeitlich weit auseinanderliegenden Schritten wieder ein. Höhere bis mittlere Lagen wurden grossenteils in der Niederschlagsperiode vom 14. - 26. November, in der einzelne Schneefälle die Niederungen der Alpensüdseite erreichten, dauernd eingeschneit. Im übrigen Berggebiet bildete sich die bleibende Schneedecke in der zweiten Dezemberhälfte, in den Niederungen beidseits der Alpen erst zu Beginn des Jahres 1985.

In Abbildung 1.3a ist eine ausgedehnte Zone normalen Jahresniederschlags zu erkennen, die sich über den grössten Teil der südlichen, zentralen und östlichen Schweizer Alpen erstreckt und weitgehend auch das Mittelland umfasst. Deutlich zu trocken war das Berichtsjahr im Oberengadin, in Südbünden und im Süttestin, erheblich zu nass in den übrigen Landesteilen mit sehr niederschlagsreichen Gebieten in den Waadtländer und westlichen Berner Alpen wie auch im Nordjura. Abbildung 1.3b zeigt, dass die Durchschnittstemperatur des Sommers 1984 nördlich der Alpen und im Unterwallis nur in den Niederungen, östlich des Inns und im Bergell auch im Berggebiet in der Nähe des Normalwerts, in den übrigen Gebieten deutlich darunter lag. Besonders kalt war es in den Hochlagen der Zentralschweiz, gebietsweise auch in den Walliser- und Bündner Alpen.

## **Schnee und Lawinen im Winter 1983/84:**

(S. Gliott, EISLF)

"Drei Merkmale prägen den Winter 1983/84: spätes Einschneien, Grossschneefälle in der ersten Februardekade und grosse regionale wie auch zeitliche Unterschiede im Aufbau der Schneedecke.

Dem sehr späten und ausserhalb der Tessiner Berge auch zögernden Einschneien folgten weitere Wochen mit geringem Schneezuwachs. Bis Ende Januar blieben die Schneehöhen wesentlich unter dem langjährigen Durchschnitt. Innert weniger Tage der ersten Februardekade wurden in einem ausgedehnten Gebiet, das sich von den Waadtländer Alpen über das Gotthardgebiet bis Samnaun erstreckte, ausserordentlich grosse Neuschneemengen abgelagert. Die Messstation Meien z.B. erhielt innert 5 Tagen eine Neuschneesumme von 175 cm, wodurch die Mächtigkeit der Schneedecke von 110 auf 280 cm anstieg. In dieser Zeit erreichte die Schneehöhe auf vielen Stationen einen Wert, der zu den 10 grössten der letzten 30 Jahre gehört. Auf 14 Stationen wurde eine maximale Schneehöhe gemessen, die den Berichtswinter unter die 5 schneereichsten der letzten 25 Jahre einreicht.

Nach dem Grossschneefall im Februar setzte sich die Schneedecke, bis die Niederschläge der ersten Aprilhälfte erneuten Zuwachs brachten. Die warme und niederschlagsfreie Witterung der zweiten Aprilhälfte bewirkte einen raschen Abbau der Schneedecke vor allem in den tieferen Lagen, die anfangs Mai ausaperten. Oberhalb rund 2000 m ü.M. wurde der weitere Abbau der Schneedecke durch neue Schneefälle und tiefe Temperaturen während der folgenden Wochen erheblich verzögert.

Die Entwicklung im Aufbau der Schneedecke nahm in den einzelnen Regionen einen ungewöhnlichen, aufgrund der Verhältnisse am Winteranfang nicht ohne weiteres erwarteten Verlauf. Obwohl der bleibende Schnee überall auf gefrorenen Boden zu liegen kam, entstand ein solider Schneedeckenaufbau nur in höheren Lagen des Alpensüdhangs, wo zu Beginn des Winters grössere Schneemengen gefallen waren. Auf der Nordabdachung der Alpen, im nördlichen Wallis sowie in Nord- und Mittelbünden behielt die wenig mächtige Schneedecke ein lockeres Gefüge und wandelte sich während einer niederschlagsarmen Periode teilweise um zu Schwimmschnee. Erst die späteren Schneefälle führten zu einer besseren Verfestigung. Vor allem die Grossschneefälle im Februar bewirkten an den Orten, wo der Neuschnee nicht als Lawine abgeglitten war, eine überdurchschnittlich gute Stabilisierung der Gesamtschneedecke. Demzufolge ergab sich für den Skifahrer eine geringe Lawinengefahr in den Frühlingsmonaten.

Im südlichen Wallis und im Engadin, wo anfangs des Winters in tieferen und mittleren Höhenzonen wenig Schnee lag, wandelte sich die gesamte Schneedecke rasch zu locker gefügtem, kohäsionsarmem Schwimmschnee um. Oberhalb rund 2500 m ü.M. entwickelte sich bei wesentlich grösseren Neuschneemengen am Winteranfang und ergiebigen späteren Schneefällen mit der Zeit eine gut verfestigte Schneedecke. In diesem Gebiet nahm die anfänglich grosse allgemeine Lawinengefahr im Laufe des Winters fortwährend ab.

Lawinenniedergänge mit grossen Schadenfolgen ereigneten sich hauptsächlich während der Grossschneefälle im Februar. Am stärksten betroffen war das Gebiet von Ormont Dessus in den Waadtländer Alpen, wo zahlreiche Lawinen innert weniger Tage rund 100 Gebäude zerstörten oder beschädigten und viel Wald vernichteten. Zahlreiche weitere Schadenlawinen gingen in dieser Zeit vor allem im Meiental,

im Bündner Oberland und Samnaun, in der oberen Leventina sowie in einigen Gebieten der Kantone Wallis und St. Gallen nieder. In den Tagen vom 7. - 11. Februar 1984 haben die Lawinen in den Schweizer Alpen 2 Menschen in den Tod gerissen, 433 Gebäude zerstört oder beschädigt und in den Gebirgswäldern mehr als 42 000 m<sup>3</sup> Holz geworfen. In den übrigen Lawinen des Winters 1983/84 sind 29 Menschen gestorben."

### 1.3 DAS JAHR 1984/85

Der Sommer 1984 ging jäh und vorzeitig zu Ende mit den ungewöhnlich frühen und reichlichen Schneefällen vom 5. und 6. September, die im bündnerischen Rheintal sogar die Niederungen erreichten. Während der folgenden vier Wochen mit häufigen und ergiebigen Niederschlägen, die den September zum nässesten Monat des Jahres 1984 machten, schneite es im ganzen Alpengebiet zu wiederholten Malen bis in die Talregion. Dabei sind das Hochgebirge und die meisten Gletscher wie auch die Schattenhänge bis in mittlere Höhenlagen bereits dauernd eingeschneit worden. In den Tälern und an den Sonnenhängen, aber auch auf tiefgelegenen Gletscherzungen schmolz die gebietsweise meterhohe Herbstschneedecke während der anschliessenden fünf Wochen mit sehr sonnigem und mildem, fast durchgehend auch trockenem Wetter wieder weg, bevor sich die Winterschneedecke von Mitte November an schrittweise auszubreiten begann.

Nachdem die Nullgradgrenze der Lufttemperatur in der zweiten Oktoberwoche - zumindest mittags (vgl. Abb. 1.1c) - auf eine Höhe knapp über 4000 m gestiegen war, verharrte sie bis Mitte Dezember mehrheitlich in Höhen über 2000 m, verschiedentlich sogar über 3000 m.

Die Monate Oktober bis Dezember brachten nur einzelnen Gebieten die normale Niederschlagsmenge. Sonst war es allgemein zu trocken, im Oktober vor allem in den zentralen und östlichen Teilen der Alpennordseite und in einigen Gebieten des Wallis. Sehr trocken war der November grossenteils in Graubünden und Uri wie auch im Goms und in den Visper Tälern. Im Dezember war es im Jura und in den Alpen meistens erheblich zu trocken, besonders im Engadin und in den Walliser Tälern, wo grösstenteils weniger als die Hälfte des normalen Niederschlags gemessen wurde. Normale oder annähernd normale Niederschlagsmengen fielen im Oktober - vorwiegend in der ersten Woche des Monats - in Graubünden, im Tessin, Oberwallis, Gotthard- und Genferseegebiet sowie im westlichen Teil des Juras. Im November erhielten die weniger trockenen Gebiete nördlich der Alpen, im Wallis und im Tessin 60-90 % der normalen Menge. Im Dezember wurden gebietsweise im Mittelland, vor allem längs der Voralpen, wie auch im südlichen und westlichen Tessin normale Niederschlagsmengen gemessen.

Unter diesen Bedingungen verzögerte sich die Bildung der bleibenden Schneedecke je nach Gebiet bis gegen Mitte Januar. Die hochgelegenen Stationen Weissfluhjoch-Davos (2540 m) und Säntis (2500 m) sind bereits am 6./7. September dauernd eingeschneit worden. Mitte November - mehr als zwei Monate später - zog der Winter in den Bündner Alpen, gebietsweise auch im Tessin und in den höheren Lagen der zentralen Alpen endgültig ein. Das übrige Alpen- und Voralpengebiet wurde erneut nur vorübergehend eingeschneit. Nördlich der Alpen blieben die Niederungen erstmals seit 1963 im November ohne Schnee. Südlich der Alpen hingegen fiel - verhältnismässig früh - am 16. und 17. November Schnee bis in die Niederungen. Am Monatsende erhielten einzelne Gebiete im Wallis und in der Zentralschweiz, einen halben Monat später die meisten Bergregionen oberhalb etwa 1000 m ü.M. eine dauerhafte Schneedecke, die vielerorts jedoch während weiterer vier bis acht Wochen eine geringe Mächtigkeit aufwies. Mit der Zufuhr arktischer Polarluft, die in der ersten Januarhälfte allenthalben strenge Kälte mit extrem tiefen Frosttemperaturen (z.B. -41.5 °C in La Brévine) verbreitete, wurden schliesslich auch die tieferen Lagen der Alpentäler und die Niederungen beidseits der Alpen längerfristig eingeschneit.

Nach der dauerhaft milden Witterung von Oktober bis Jahresende 1984 und der anschliessenden mehrwöchigen Frostperiode zu Beginn des Jahres 1985 setzte Mitte Januar eine lange, durch wechselhafte Witterung geprägte Epoche ein, in der sich ein- bis zweiwöchige, mehr oder weniger zu warme oder zu kalte Perioden ablösten. Sie endete mit drei fast dauernd zu kalten Wochen im Juni erst nach dem längsten Tag. Kennzeichnend für diese Epoche war ausserdem die sehr ungleichmässige Verteilung des Niederschlags auf die verschiedenen Landesteile. In allen sechs Monaten blieben einzelne Regionen zu trocken, während andere übermässig grosse Niederschlagsmengen empfingen.

Der Januar war auf der Alpensüdseite vor allem im Bereich östlich des Tessintals sehr niederschlagsreich, in den östlichen Teilen der Alpen vom Unterengadin über Rheinbünden zum Alpennordhang dagegen etwas zu trocken. Im Februar erhielt das Alpengebiet im Westen mit den Freiburger, Waadtländer und Berner Alpen wie auch in den westlichen und nördlichen Teilen des Wallis einen grossen, das angrenzende Gebiet vom Genfersee über das westliche Mittelland zur Zentralschweiz einen mässigen Niederschlagsüberschuss, wogegen weite Teile der Nordwest-, Nord- und Ostschweiz einen mässigen, das Tessin und Südbünden einen grossen Niederschlagsmangel verzeichneten. Der März ergab auf der Alpensüdseite übermässig grosse, im Genferseegebiet und unteren Rhonetal ziemlich grosse, in den Alpen und auf der Alpennordseite jedoch meistens ausgesprochen kleine, im östlichen Mittelland, im Unterengadin und im mittleren Rhonetal sogar sehr kleine Niederschlagsmengen. In diesen drei Monaten fielen bei einzelnen Niederschlagsereignissen in verschiedenen Gebieten am Rand oder ausserhalb der Alpen innert kurzer Zeit ausserordentlich grosse Niederschlagsmengen, beispielsweise am 15./16. Januar im Mittel- und Südtessin (mit 97 cm Neuschnee in der Magadino Ebene), am 16./17. Februar im Genferseegebiet (62 cm Schnee in Aigle) oder am 18./19. März in den Niederungen der Ostschweiz (31 cm Neuschnee in St. Gallen). Im Alpengebiet dagegen blieben die Schneehöhen vielerorts während des ganzen Winters unter dem Normalwert.

Im April, der in den östlichen Landesteilen und im Jura sehr nass, im Tessin und Oberwallis jedoch ziemlich trocken war, kam mit der allgemeinen, durch sommerlich warme Temperaturen in der ersten und dritten Woche verstärkten Erwärmung die Schneeschmelze kräftig in Gang. Am Monatsende lag die Schneegrenze in den meisten Regionen über 1500 m, im Wallis und im Unterengadin gebietsweise bereits über 1800 m ü.M.. In der mehrheitlich zu kalten ersten Maihälfte jedoch fiel mehrmals Schnee im ganzen Alpengebiet und teilweise auch in den Niederungen. Nach den mancherorts ausserordentlich grossen Schneefällen der zweiten Woche ergaben sich teilweise überdurchschnittliche Schneehöhen und - abgesehen von einigen leicht zu trockenen Gebieten in Rheinbünden, im St. Galler Rheintal und im oberen Toggenburg - durchwegs auch überdurchschnittliche Monatsmengen des Niederschlags. Bei deutlich höheren Werten in den westlichen Landesteilen (bis 200 % des Normalwerts) und vor allem im Wallis (bis 400 %), wo an einigen Stationen im oberen Kantonsteil neue Höchstwerte des Mainiederschlags gemessen wurden, ergab sich ein stark ausgeprägtes Niederschlagsgefälle von Südwesten nach Nordosten.

In der wärmeren zweiten Monatshälfte ging die Schneeschmelze im ganzen Alpengebiet bis in den Bereich der Waldgrenze rasch vonstatten. Am Ende der ersten Juniwoche wurde sie durch einen markanten Kälteeinbruch unterbrochen und während der anschliessenden drei Wochen mit häufigen Niederschlägen bei fast dauernd zu tiefen Temperaturen nahezu stillgelegt. Auch dieser Monat brachte den einzelnen Regionen ungleich grosse Niederschlagsmengen: sehr grosse (bis 250 % der Norm) dem Wallis, grosse den Freiburger und Waadtländer Alpen mit dem Genferseegebiet, ausgesprochen kleine dem Tessin, dem

Bündner Oberland, dem Gotthardgebiet, dem zentralen und östlichen Mittelland sowie den östlichen Ketten und dem Nordfuss des Juras. Bei vorwiegend noch winterlichen Verhältnissen im Hochgebirge floss aus den Gletschergebieten ausserordentlich wenig Schmelzwasser ab. Demzufolge gehörte der Juni, mit dem normalerweise die sommerliche Schmelzperiode der Gletscher beginnt, im Berichtsjahr zur winterlichen Zuwachsperiode. Die Gletscherzungen aperten grösstenteils wie die höheren Lagen der unvergletscherten Gebiete erst im Laufe des Hochsommers aus. Von Region zu Region und je nach Höhenlage ergaben sich extrem grosse Unterschiede in der Dauer der permanenten Schneedecke des Winters 1984/85: In Poschiavo z.B war der Boden während lediglich drei Wochen, auf dem Säntis dagegen während gut elf Monaten dauernd mit Schnee bedeckt.

Im Gegensatz zur wechselhaften Witterung der ersten Jahreshälfte folgte im zweiten Halbjahr 1985 vorwiegend warmes und mehrheitlich auch trockenes Wetter, das im ganzen Land mit wenigen kurzen Unterbrüchen im Sommer und mit einem längeren Unterbruch im November bis gegen das Jahresende anhielt.

Der Juli war überall sehr warm und allgemein ziemlich, gebietsweise sogar sehr arm an Niederschlag ausser in einigen Gebieten Graubündens und des nördlichen Tessins, wo ergiebige Gewitterregen kurz vor Monatsende den Niederschlagsmangel ausglich. Im August war es ebenfalls gesamthaft überall etwas wärmer, im Wallis und in den meisten Gebieten nördlich der Alpen zudem trockener als in normalen Jahren. In zwei Schüben brach kalte Polarluft ein, die vom 6. - 8. und vom 25. - 28. August im ganzen Land eine starke Abkühlung bewirkte und ergiebige Niederschläge mit Schneefall bis unter die Waldgrenze auslöste. Im Mischbereich der kühlen Luftmassen mit milder Meeresluft aus dem Mittelmeerraum fielen am 5., 6. und 25. August ausserordentlich starke Niederschläge, die den betroffenen Gebieten Rheinbünden und Unterengadin mancherorts Tageswerte über 100 l/m<sup>2</sup> und Monatssummen bis zu 200 % des Normalwerts eintrugen.

Im September ergaben sommerliche, in der zweiten Monatshälfte zeitweise nahezu hochsommerliche Temperaturen einen durchschnittlichen Wärmeüberschuss von 2-3 °C in den Niederungen, von 3-4 °C in den Alpen und in den höheren Lagen des Juras. Vom 7. bis zum Monatsende blieb die ganze Schweiz praktisch niederschlagsfrei. Dies führte zu einem ausgeprägten, in den zentralen und östlichen Voralpen mässig grossen, überall sonst sehr grossen, in Genf sogar extrem grossen Niederschlagsmangel. Im Oktober, der bis zur Monatsmitte überdurchschnittlich warm und während des ganzen Monats sehr niederschlagsarm war, verbreitete sich überall extreme Trockenheit. An den meisten Orten blieb der Oktoberniederschlag unter 15 %, in der Westschweiz, im Nordtessin und im Gotthardgebiet sogar unter 5 % der Norm. In den zeitweise nebelbedeckten, in der zweiten Monatshälfte von einer mässig starken Bise gekühlten zentralen und östlichen Teilen des Mittellandes war der Wärmeüberschuss gering, in den Berggebieten war er mit 3-4 °C ebensogross wie im September. Die Bergstationen Säntis und Jungfraujoch registrierten an 28 Tagen überdurchschnittliche Tagesmittel der Lufttemperatur. Die Abschmelzung an den Gletschern blieb in der ersten Monatshälfte in ungewöhnlich hohem Masse wirksam. In der zweiten Monatshälfte ging sie infolge zunehmender nächtlicher Auskühlung der Eisoberfläche bei andauernd schönem Strahlungswetter auch an sonnigen Lagen wie z.B. im Aletschgebiet rasch zurück und kam an absonnigen Lagen wie z.B. im Aegingebiet mit dem Griesgletscher praktisch zum Stillstand.

Die Kälte- und Niederschlagsperioden des Novembers leiteten den Winter und damit das Haushaltsjahr 1985/86 ein. Mit den über die ganze Schweiz verbreiteten Niederschlägen am Monatsanfang erhielten die Hochalpen den ersten Schnee. Nach weiteren, von markanten Temperaturschwankungen begleiteten Niederschlägen fiel am 13. November auf der Alpennordseite Schnee bis in die Niederungen, der mancherorts als geschlossene Schneedecke bis anfangs Dezember erhalten blieb. Im ausserordentlich sonnigen, in den mittleren und höheren Lagen des Juras und der Alpen auch sehr milden, mit Ausnahme der westlichen Voralpen und des Alpensüdfusses zudem sehr trockenen Dezember schmolz diese erste Schneedecke ausserhalb der Gletscher grossenteils wieder ab. Auf den Gletschern blieb sie mehrheitlich bis zu den neuen Schneefällen am Jahresende erhalten.

Abbildung 1.4a zeigt für den grössten Teil des Landes normale Jahresniederschlagsmengen an. Viel Niederschlag erhielt auf der Alpennordseite eine ausgedehnte Zone im Westen mit Gletschergebieten in den Berner, Waadtländer und westlichen Walliser Alpen, auf der Alpensüdseite eine etwas kleinere Zone im Osten, die neben Misox, Bergell und Münstertal auch die angrenzenden Gletschergebiete der Adula und des Oberengadins umfasst. Wenig bis sehr wenig Niederschlag erhielten im Alpengebiet vor allem die Föhntäler der Zentral- und Ostschweiz mit den Gletschergebieten der Urner und Glarner Alpen. Abbildung 1.4b lässt drei Zonen mit normalen Sommertemperaturen erkennen, die wie die niederschlagsreichen Gebiete der Abbildung 1.4a auf einer West-Ost-Transversalen liegen, welche die Alpen in der südlichen Landeshälfte überquert. Sie umfassen im Westen Teile des Genferseegebiets mit den Waadtländer und westlichen Walliser Alpen, in der Mitte im wesentlichen das Oberwallis mit den angrenzenden Gletschergebieten des Nordtessins und des Gotthardgebiets, im Osten das Oberengadin samt dem Albulagebiet und den ostwärts anschliessenden äussersten Landesteilen. Die Stationen der übrigen Regionen verzeichneten einen ausgesprochen warmen, teilweise sogar einen sehr warmen Sommer. Zu den letzteren gehören nebst Neuenburg und einigen Talstationen in der Ostschweiz die Bergstationen Napf, Säntis, Gütsch, Grosser St. Bernhard und Corvatsch.

## **Schnee und Lawinen im Winter 1984/85:**

(S. Gliott, EISLF)

"Der Winter 1984/85 begann am zentralen und östlichen Alpennordhang sehr früh, nämlich bereits in der ersten Dekade des Septembers. Für Weissfluhjoch, wo am 5. September 1984 rund 50 cm Schnee auf dem Versuchsfeld lagen, war dies das früheste Datum des Einschneiens seit Beginn der Messungen im Herbst 1936. In den tieferen Lagen, die wieder ausaperten, und in den übrigen Gebieten, die erst Ende November oder im Laufe des Dezembers nennenswerte Schneefälle erhielten, begann der Winter wesentlich später.

Der Aufbau der Schneedecke in den Alpen ging allgemein sehr langsam vor sich. Mitte Januar waren die Schneehöhen in allen Regionen und Höhenlagen wesentlich geringer als im Durchschnitt, aber auch in den folgenden Monaten wurden die mittleren Schneehöhen der früheren Jahre nur in einzelnen Fällen überschritten. Auf vielen Stationen blieben sie während des ganzen Winters sogar deutlich unter dem Durchschnitt. Am Alpensüdhang wurde die Schneedecke im wesentlichen durch zwei ergiebige Schneefälle aufgebaut, in den nördlichen Gebieten hingegen in zahlreichen, meistens jedoch kleineren Schüben. Erwähnenswert sind zwei Schneefälle, die allerdings nur den Rand der Alpen betrafen: Mitte Januar fielen auf den tiefergelegenen Stationen der Tessiner Alpen und vor allem im Südessin aussergewöhnlich grosse Schneemengen (z.B. 25 cm innert vier Tagen in Bellinzona, 230 m ü.M.). Vom 16. auf den 17. Februar schneite es im Genferseegebiet besonders ausgiebig (z.B. 62 cm in Aigle, 420 m ü.M.). In beiden Regionen wurde anlässlich des erwähnten Schneefalls jeweils die grösste Schneehöhe seit der Jahrhundertwende gemessen. Im Vergleich mit früheren Jahren ist festzustellen, dass im Berichtswinter nicht nur die maximalen, sondern auch die mittleren Schneehöhen und ebenso der Wasserwert der Schneedecke erheblich unter dem Durchschnitt blieben. In der rund 40 Jahre umfassenden Beobachtungsreihe über die Schneedecke in den Schweizer Alpen ist der Berichtswinter je nach Region unter die acht bis zwölf schneeärmsten Winter einzureihen. Bei verhältnismässig geringen regionalen Unterschieden war der Schneemangel auf der Alpensüdseite am wenigsten, am östlichen Alpennordhang und im nordöstlichen Teil Graubündens am deutlichsten ausgeprägt.

Weil die Schneedecke besonders am Anfang des Winters geringe Mächtigkeit aufwies und zudem vor Mitte Januar tiefen Temperaturen ausgesetzt war, wurde sie vielerorts durchgehend umgewandelt in die grobkörnigen, kohäsionsarmen Kristallformen des Schwimmschnees. So entstand ein schwaches, wenig tragfähiges Fundament der Schneedecke, weshalb die späteren Schneefälle des Winters immer wieder Situationen mit erheblicher Lawinengefahr herbeiführten. Infolge der ungünstig aufgebauten Schneedecke traf der Skifahrer praktisch überall und dauernd auf drohende Lawinengefahr. In mehreren Fällen wirkte sich diese kritische Lage auch für Benutzer von Verkehrswegen verhängnisvoll aus.

Da im Alpengebiet kaum Grossschneefälle auftraten, waren die durch Lawinen entstandenen Sachschäden im Winter 1984/85 wesentlich geringer als im Jahr zuvor. Hingegen wurden ausserordentlich viele Personen betroffen: in den 54 bekannten Lawinnenedergängen wurden insgesamt 143 Personen erfasst. Dabei fanden 55 den Tod, 31 erlitten Verletzungen. In dieser Hinsicht war der Winter 1984/85 einer der schwersten Lawinenwinter in den Schweizer Alpen. Nur in drei Wintern der letzten 45 Jahre war die Zahl der Lawinopfer noch grösser: 1950/51 mit 98, 1941/42 und 1969/70 mit je 56 durch Lawinen verursachten Todesfällen.

# 1. CONDITIONS CLIMATIQUES

## 1.1 INTRODUCTION

*L'évolution des conditions climatiques durant les années du présent rapport est représentée dans les figures 1.1 et 1.2 par les valeurs quotidiennes de la température de l'air et des précipitations, mesurées à quelques stations choisies, ainsi que de l'altitude de l'isotherme de zéro degré, déterminée au-dessus de Payerne. On y trouve, pour chaque jour et pour les stations de Zurich ISM et du Jungfraujoch, les valeurs moyennes actuelle [SMA, 1983-85a] et pluriannuelle [Schüepp, 1972] de la température de l'air. Les précipitations [SMA, 1983-85b] sont indiquées par les sommes journalières mesurées aux stations de Zurich ISM et du Säntis. L'altitude de l'isotherme de zéro degré est représentée par les valeurs déterminées dans l'atmosphère libre, au-dessus de la station aérologique de Payerne, par les radiosondages de 13 heures. Ces valeurs sont obtenues par interpolation des profils de température, publiés dans les bulletins météorologiques quotidiens [SMA, 1983-85c]. Dans les cas d'inversions, avec isothermes de zéro degré à différentes altitudes, on a indiqué l'altitude de la plus élevée. En outre, on a indiqué, pour chaque jour également, la valeur moyenne pluriannuelle de l'altitude de zéro degré [Güller, 1978]. La courbe de ces moyennes est représentée avec toutes ses irrégularités particulières. En revanche, les courbes des moyennes pluriannuelles de la température sont lissées quelque peu.*

*Les séries ainsi représentées reflètent les fluctuations de température et la fréquence de pluviosité au cours des années du rapport et dans différentes régions climatiques de la Suisse. Cependant, le petit nombre de stations ne permet d'indiquer que par allusion la variabilité spatiale, qui est souvent très prononcée dans les situations météorologiques et dans les conditions climatiques régionales de notre pays fortement parcellé par ses montagnes et ses vallées. Des informations supplémentaires sont données, en résumé, dans le texte des chapitres suivants (chap. 1.2 et 1.3) ou se trouvent, en détail, dans les documents consultés [SMA, 1983-85d]. Dans les cas, qui demandent une description précise (verbale ou numérique) des conditions climatiques, auxquelles les glaciers ont été sujets dans une région particulière, il faut avoir recours aux sources citées et en tirer autant d'informations que possible sur les conditions locales ou régionales et surtout celles concernant le régime pluviométrique.*

*La variabilité régionale de quelques données climatiques importantes pour le bilan de masse glaciaire est indiquée dans les représentations graphiques assez sommaires et fortement simplifiantes des figures 1.3 et 1.4. La représentation cartographique des précipitations annuelles (fig. 1.3a et 1.4a) et des températures estivales (fig. 1.3b et 1.4b) est basée sur un bon nombre de stations d'observations, qui sont indiquées comme point de référence dans les croquis. On a classé la valeur actuelle en standardisant selon des règles statistiques [Kasser, 1983] son écart par rapport à la valeur normale. Comme valeur normale, on a choisi la valeur centrale de la série de mesures multiannuelles qui, en générale, comprend la période de 1901 à 1960. La valeur centrale est supérieure à la moitié et inférieure à l'autre moitié des valeurs particulières de cette série. Plus une valeur particulière s'écarte de la valeur centrale, plus elle est rare. L'écart et la fréquence des valeurs particulières sont signalés au moyen des 5 classes indiquées par les chiffres -2, -1, 0, +1, +2. Ainsi classées, les valeurs de l'année du rapport sont représentées par la figure. La classe "0" représente les valeurs normales qui, en moyenne, peuvent apparaître tous les deux ans, avec des*

*écarts faibles positifs ou négatifs en 4 ans. Les valeurs des classes "-1" et "+1" avec des écarts négatifs ou positifs forts apparaissent en moyenne entre quatre et douze ans, celles des classes "-2" et "+2" avec des écarts très forts à des intervalles de plus de douze ans. Dans les cas, où une telle valeur calculée se situe en dehors de ces cinq classes, il doit s'agir d'une valeur extrême qui apparaît à des intervalles de plus de 45 ans. Dans les figures, fortement généralisées, les valeurs extrêmes ne sont pas discernées parmi les autres valeurs des classes "-2" ou "+2".*

*Les réserves exprimées dans les rapports précédents concernant la comparabilité des données climatiques avec les données du bilan de masse sont toujours valables, tant que les remarques concernant l'homogénéité des séries d'observations, particulièrement des séries affectées par l'automatisation des observations météorologiques.*

*Les tableaux 1.1 et 1.2 résument les sommes des moyennes journalières positives de la température de l'air. Les valeurs sont déterminées soit à partir des mesures faites à quelques stations de montagne suisses ou aux stations aérologiques de Payerne, Munich et Milan, soit calculées pour les sites des balises d'accumulation sur quelques névés suisses (cf. chap. 5.5). Les conditions d'enneigement [SLF, 1984 et 1985] sont commentées dans les rapports cités sous le titre "neige et avalanches" à la fin des chapitres 1.2 et 1.3.*

*Les informations sur les débits des bassins versants englacés [LHG, 1983-85] sont réduites aux remarques faites dans le texte (chap. 1.2 et 1.3), aux données reportées dans le tableau 5.2 et représentées dans la figure 5.1 (cf. chap. 5).*

*La descriptions des conditions climatiques (chap. 1.2 et 1.3) est reproduite (à quelques modifications près) telle qu'elle a été publiée [Aellen, 1985 et 1986].*

## 1.2 L'ANNEE 1983/84

*Malgré une interruption de quelques jours, due à une invasion d'air froid qui a apporté de la neige jusqu'au-dessous de la limite des arbres le 12 septembre, l'été exceptionnellement chaud de 1983 s'est prolongé jusqu'en octobre, par une longue période très douce qui a fortement favorisé l'ablation des glaciers.*

*Puis la neige est tombée jusque sur le haut des vallées pendant l'offensive froide du 11 au 17 octobre, ce qui a abaissé au-dessous de la norme le débit des eaux provenant des régions englacées du pays. Malgré le temps chaud et ensoleillé qui régnait en montagne, il a continué à diminuer durant les 37 jours suivants, pendant lesquels la Suisse tout entière n'a reçu aucune notable chute de pluie ou de neige. En octobre, la somme mensuelle des précipitations est restée partout plus de 10 % au-dessous de la norme, ce déficit atteignant même 50 à 80 % en Suisse méridionale et sur de vastes régions des Grisons et du Haut-Valais, notamment dans les vallées de Saas et de Saint-Nicolas. La pluie est revenue les six derniers jours du mois de novembre seulement, mais avec une telle abondance que la pluviosité mensuelle moyenne a été atteinte, voire dépassée, à de nombreuses stations. Des excédents importants sont apparus en Suisse centrale et dans les Alpes bernoises, valaisannes et vaudoises. En revanche, la sécheresse s'est prolongée au sud des Alpes, en Haute-Engadine, dans la vallée de Rheinwald et sur la région de Bâle. Après les chutes de neige qui sont descendues localement jusqu'en plaine à la fin de novembre, le massif alpin est resté définitivement enneigé au-dessus de 1000 m s.m. environ. Ce début d'hiver presque simultané à toute altitude dans l'ensemble des Alpes suisses se signale par un retard extrême pour les stations élevées. C'est ainsi que l'enneigement du Weissfluhjoch, par exemple, n'est jamais intervenu à une date aussi tardive depuis le début des mesures en 1936.*

*Contrastant avec les mois précédents, décembre a apporté une quantité de précipitations fortement excédentaires sur la Suisse méridionale, alors qu'elles étaient déficitaires sur le versant nord des Alpes et sur l'est du Plateau suisse. Pendant la première quinzaine de ce mois, le temps a été en général trop froid alors que, durant la seconde, la température a été inhabituellement élevée en toutes régions. Caractérisés par un temps gris et très pluvieux, les deux premiers mois de 1984 ont apporté, dans les hautes Alpes, un froid par moments très vif, qui a aussi atteint certaines régions de plaine. Une fréquence élevée des vents d'ouest en janvier a été la cause d'un fort gradient de pluviosité du nord-ouest au sud-est de la Suisse, avec de fortes précipitations sur le Jura et l'ouest du pays, et des totaux pluviométriques très bas sur la Suisse méridionale et l'Engadine. En février, ces dernières régions, ainsi que de vastes contrées du Plateau et des Préalpes, ont bénéficié de précipitations presque normales, cependant nettement plus faibles que celles tombées sur le Jura et sur le territoire alpin. Ce sont les Alpes valaisannes, les massifs du Saint-Gothard et de l'Alpstein, ainsi que les vallées grisonnes du Rhin qui ont reçu le maximum de précipitations durant ce mois, avec des sommes s'élevant jusqu'à 2 ou 3 fois la moyenne mensuelle par endroits. Du 6 au 9 février, des vents tempétueux d'ouest à nord ont accumulé un ou deux m de neige fraîche sur les Alpes, ce qui a provoqué de nombreuses avalanches dévastatrices.*

*A l'exception du Tessin, où il a plu normalement, mars a apporté partout ailleurs un temps trop froid, trop sec et assez ensoleillé, qui s'est prolongé jusqu'au milieu d'avril. Les totaux pluviométriques de ce dernier mois présentent sur tout le pays des déficits importants dus à la grande sécheresse de la seconde quinzaine, renforcée par une série de journées estivales ensoleillées et extrêmement chaudes. A la fin du*

*mois a débuté une longue période froide et peu ensoleillée, qui s'est étendue sur tout le mois de mai et jusque sur la première semaine de juin. La moyenne des températures en mai se situe donc nettement au-dessous de la norme sur tout le pays, cet écart atteignant environ 2.5 °C au nord des Alpes et dans l'est de la Suisse, 3.5 °C en Suisse romande et en Valais. Au Tessin, avec un déficit thermique compris entre 3.5 et 4.5 °C, on n'avait jamais vu un mois de mai aussi froid depuis le début des mesures en 1864. Quant à la pluviosité de ce mois maussade, elle s'est signalée par un fort surplus au Tessin et des valeurs quelque peu déficitaires sur la majeure partie de la Suisse centrale et orientale, ainsi que sur quelques régions restreintes de l'Oberland bernois, du Valais et de l'ouest du bassin lémanique. Elle est normale ou excédentaire dans le reste du pays. Les fortes pluies des premiers jours de juin sont encore tombées, comme les précipitations de mai, sous la forme de neige à une altitude élevée. Elles ont apporté un notable accroissement de masse aux glaciers. La période d'accumulation de l'année hydrologique 1983/84 s'est terminée vers le 6 juin.*

*La fonte de la neige a débuté dans les hautes Alpes avec la deuxième décade de juin, caractérisée par une absence presque totale de précipitations et un net réchauffement. Cependant, elle s'est tout d'abord déroulée par à-coups jusqu'à la période des grandes chaleurs de la deuxième semaine de juillet, la hausse estivale de température étant freinée pendant ces deux mois par des invasions d'air froid, au cours desquelles la moyenne journalière faisait des sauts allant jusqu'à 15 °C selon les brusques changements de masses d'air. Après cinq mois consécutifs trop froids la moyenne thermique est remontée en juin à une valeur normale en plaine, alors qu'elle restait encore nettement au-dessous de celle-ci en montagne. En juillet, on a noté des températures très élevées au sud du Tessin et un léger déficit thermique en altitude sur le centre des Grisons. Ailleurs, l'alternance des jours chauds et frais a donné une moyenne proche de la norme mensuelle. Nouvel excédent de chaleur en août, au nord des Alpes cette fois-ci, alors que la température était plus fraîche que d'habitude au nord du Tessin et dans les régions situées à une altitude moyenne et élevée du Valais et des Grisons. Au cours de ces trois mois d'été bien ensoleillés et très secs, seules quelques rares régions ont joui d'une pluviosité normale ou excédentaire. Il s'agit de contrées isolées du Valais et du versant nord des Alpes orientales pour le mois de juin, sec partout et trop sec au Tessin et dans le val Mesocco. Ce manque de pluie s'est généralisé tout au long de juillet, jusqu'aux 25 et 26, où il s'est atténué quelque peu au nord des Alpes à la suite d'orages violents, parfois associés à de fortes chutes de grêle, qui ont causé de graves inondations en maints endroits. A cette occasion, le déficit pluviométrique a même été fortement amoindri, voire annulé, dans l'Oberland bernois, dans les Préalpes centrales et orientales, ainsi que sur les rives du lac de Constance. Même scénario en août, où les abondantes pluies orageuses du 10 ont abouti à une pluviosité normale à l'ouest et au sud du Tessin, sur le Haut-Valais et dans quelques régions de l'Oberland bernois et des Alpes centrales et orientales. En ce qui concerne les régions montagneuses, la sécheresse a surtout frappé, pendant ces trois mois d'été et à des degrés divers, l'Engadine, les vallées grisonnes méridionales et le centre de ce canton.*

*Septembre s'est signalé par son abondante pluviosité et sa moyenne de température normale, en plaine seulement. Ailleurs, le déficit thermique s'est élevé jusqu'à 2 °C. Toute les régions du pays ont reçu des lames d'eau très excédentaires, voire extrêmes dans certaines stations, tombées en majeure partie pendant la situation dépressionnaire du 3 au 7 septembre. Durant ces cinq jours, une goutte froide s'est déplacée du nord-ouest vers le centre de l'Europe en déclenchant tout d'abord de nombreux orages sur toute la Suisse, suivie (les 5 et 6 septembre) d'un brusque refroidissement associé à des pluies diluviennes. Le sol a même blanchi jusqu'à basse altitude dans la vallée grisonne du Rhin, ce qui nous donne la chute de*

neige automnale la plus précoce en plaine (depuis 1864) au nord des Alpes. Dans une bande de 40 à 70 km de large et de 160 km de long, s'étendant du pays d'Appenzell au Monte Ceneri, de nombreuses stations pluviométriques ont signalé, à cette occasion, des totaux journaliers supérieurs à 100 mm, constituant pour certaines d'entre elles (Biasca, par exemple, avec 245 mm) le record de ce siècle. Cette chute abondante de neige a apporté en général, aux hautes Alpes et aux glaciers, le manteau neigeux définitif de l'hiver 1984/85, qui s'est encore accru au cours du mois et pendant la première semaine d'octobre. Une période de plusieurs semaines de temps ensoleillé et doux lui a fait suite jusqu'au milieu de novembre. La neige a disparu sur les adrets jusqu'à une altitude élevée, et même sur les langues glaciaires et les ubacs des régions les plus basses. Puis l'hiver s'est réinstallé lentement. Les zones élevées et moyennes ont reçu en général leur couche de neige permanente durant la période de précipitations du 14 au 26 novembre, où il a neigé par moments jusqu'en plaine au sud des Alpes. L'enneigement définitif est apparu sur les autres régions montagneuses pendant la seconde moitié de décembre et en plaine, de part et d'autre de la chaîne alpine, au début de 1985 seulement.

La figure 1.3a montre donc une vaste zone de pluviosité annuelle normale s'étendant sur la majeure partie des Alpes du sud, du centre et de l'est de la Suisse et comprenant aussi le Plateau. En revanche, l'Engadine, les vallées méridionales des Grisons et le sud du Tessin sont nettement trop secs, tandis que les autres régions du pays ont été généreusement arrosées, les précipitations étant particulièrement abondantes sur certaines régions des Alpes vaudoises et bernoises avoisinantes, ainsi que sur le nord du Jura. Sur la figure 1.3b, la température moyenne de l'été 1984 présente des valeurs proches de la norme au nord des Alpes et dans le Bas-Valais, en plaine seulement, ainsi que dans le val Bregaglia et à l'est de l'Inn, à toutes les altitudes. Partout ailleurs, l'écart négatif est sensible, et il a fait particulièrement froid sur les régions élevées de la Suisse centrale et en certains points des Alpes valaisannes et grisonnes.

#### **Neige et avalanches de l'hiver 1983/84:**

(S. Gliott, IFENA)

"Cet hiver se distingue par trois particularités: arrivée tardive de la neige, fortes chutes de neige pendant les dix premiers jours de février et grandes différences régionales et temporelles dans la formation du manteau neigeux.

L'enneigement très tardif, qui s'est effectué par à-coups sur tout le pays, à l'exception des montagnes tessinoises, a été suivi d'une période de plusieurs semaines où le manteau neigeux ne s'est épaissi que lentement. Les hauteurs de la neige gisante sont restées bien au-dessous de la norme jusqu'à la fin de janvier. Puis, en quelques jours seulement de la première décade de février, des quantités extrêmement abondantes de neige fraîche se sont déposées sur une vaste zone s'étendant des Alpes vaudoises au Samnaun, par le massif du Saint-Gothard. En 5 jours, la station nivométrique de Meien, par exemple, a vu croître l'épaisseur de la couche de neige de 110 à 280 cm par une chute de 175 cm de neige fraîche. Pendant ce même laps de temps, la neige gisante a atteint, à de nombreuses stations, des hauteurs appartenant aux dix valeurs les plus élevées de ces trente dernières années. Pour quatorze d'entre elles, les mesures maximales de l'épaisseur du manteau neigeux nous permettent de classer cet hiver 1983/84 parmi les cinq les plus neigeux de ce dernier quart de siècle.

*Après ces fortes chutes de neige, la couche s'est tassée jusqu'à un nouvel apport dû aux précipitations de la première quinzaine d'avril. Le temps chaud et sec de la seconde moitié de ce mois a provoqué une fonte rapide de la neige, qui a disparu dans les régions les plus basses, au début de mai. Au-dessous de 2000 m s.m., en revanche, la diminution du manteau neigeux a été fortement freinée par les chutes de neige et les basses températures des semaines suivantes.*

*Selon les régions, l'évolution de la couche de neige s'est déroulée d'une manière inhabituelle et souvent inattendue, au vu des conditions du début de l'hiver. Bien que la neige se soit installée partout sur un sol gelé en profondeur, elle n'a présenté une consistance ferme que dans les régions élevées du sud des Alpes où elle est tombée en abondance dès le début. Quant au versant nord, ainsi que sur le côté valaisan des Alpes bernoises et sur le nord et le centre des Grisons, la mince couche de neige a gardé une texture lâche et s'est partiellement transformée en neige coulante au cours d'une période pauvre en précipitations. La consolidation n'est intervenue que lors des chutes de neige ultérieures, surtout au cours de la grosse neige de février. Cette stabilisation s'est particulièrement bien réalisée à ce moment-là aux endroits où la neige fraîche n'a pas été entraînée par les avalanches, et les skieurs ont bénéficié d'un faible risque d'avalanches tout au long du printemps.*

*Dans le sud du Valais et en Engadine, il y avait peu de neige à basse et à moyenne altitude au début de l'hiver, et la couche tout entière s'est rapidement transformée en neige coulante, présentant un degré de cohésion très faible. Au-dessus de 2500 m s.m., en revanche, les chutes de neige ont été assez importantes dès le début et plus abondantes ensuite, de telle sorte que le manteau neigeux s'est graduellement bien consolidé avec le temps. Le danger d'avalanches, tout d'abord généralisé et grand, a donc diminué constamment au cours de l'hiver.*

*Des avalanches dévastatrices se sont produites surtout pendant les fortes chutes de neige de février. La commune d'Ormont-Dessus, dans les Alpes vaudoises, a été la région la plus touchée. En peu de temps, de nombreuses avalanches ont détruit ou endommagé cent bâtiments environ et ravagé les forêts. D'autres avalanches destructrices sont descendues à la même époque dans le Meiental, dans l'Oberland grison et au Samnaun, ainsi que, isolément, dans la partie supérieure de la Léventine et dans les cantons du Valais et de Saint-Gall. Du 7 au 11 février 1984, ce fléau a enlevé la vie à 12 personnes dans les Alpes suisses, détruit ou endommagé 433 bâtiments et arraché plus de 42 000 m<sup>3</sup> de bois dans les forêts de montagne. Les autres avalanches de l'hiver 1983/84 ont été mortelles pour 29 personnes."*

### 1.3 L'ANNÉE 1984/85

*L'été de 1984 s'est terminé brusquement et prématurément par les abondantes et inhabituelles chutes de neige des 5 et 6 septembre, qui ont même atteint les régions situées à basse altitude de la vallée grisonne du Rhin. Pendant les quatre semaines suivantes, il a neigé à plusieurs reprises, même jusqu'au fond des vallées, sur l'ensemble du domaine alpin. Ces précipitations généreuses et fréquentes ont fait de septembre le mois le plus humide de l'année 1984. Ces circonstances ont donc enneigé de façon permanente la haute montagne, ainsi que la plupart des glaciers et des ubacs jusqu'à moyenne altitude. Quant aux vallées, aux adrets et aux langues glaciaires basses, cette précoce couche de neige automnale, qui mesurait un mètre par endroits, a fondu complètement durant les cinq semaines suivantes, grâce au temps très ensoleillé, doux et presque sans pluie. Ce n'est qu'à partir du milieu de novembre que le manteau neigeux hivernal a commencé à s'installer par étapes.*

*Après s'être élevé juste au-dessus de 4000 m s.m. pendant la deuxième semaine d'octobre - tout au moins pendant les heures du milieu de la journée (cf. figure 1d) l'isotherme de zéro degré s'est tenu, presque constamment, jusqu'à mi-décembre, au-dessus de 2000 m, avec des incursions jusqu'à plus de 3000 m parfois.*

*Pendant ce dernier trimestre de 1984, la pluviosité ne s'est révélée normale que sur quelques régions isolées. En octobre, le temps a été trop sec un peu partout, mais surtout sur le centre et l'est du versant nord des Alpes, ainsi que sur certaines contrées du Valais. En novembre, la sécheresse a frappé la majeure partie des cantons d'Uri et des Grisons, la vallée de Conches et le bassin de la Viège. En décembre, ce fut le tour du Jura et de vastes portions des Alpes, surtout de l'Engadine et des vallées valaisannes, où l'on a souvent mesuré moins de la moitié de la lame d'eau normale. Les régions les mieux arrosées ont été, en octobre, les Grisons, le Tessin, le Haut-Valais, le massif du Saint-Gothard, le bassin du Léman et le Jura occidental; les précipitations, survenues pendant la première semaine du mois surtout, y ont atteint une hauteur normale ou presque. En novembre, les régions les moins sèches du nord des Alpes, du Valais et du Tessin ont reçu 60 à 90 % de la norme, tandis que, en décembre, on a mesuré des lames d'eau normales à certaines stations en bordure des Préalpes, ainsi que sur le sud et l'ouest du Tessin.*

*Ces conditions défavorables ont ralenti la formation du manteau neigeux hivernal permanent, jusqu'au milieu de janvier par endroits. Les deux stations élevées du Weissfluhjoch (2450 m) et du Saentis (2500 m) ont été enneigées de façon continue dès les 6 et 7 septembre déjà. Mais ce n'est que plus de deux mois plus tard, à mi-novembre, que l'hiver s'est installé dans les Alpes grisonnes, sur certaines parties du Tessin et sur les régions élevées des Alpes centrales. Le reste du massif alpin et des Préalpes n'a blanchi que passagèrement à ce moment-là et les régions sises à basse altitude au nord de la chaîne alpine sont restées absolument libres de neige en novembre pour la première fois depuis 1963. En revanche, il a neigé abondamment jusqu'en plaine au sud des Alpes, les 16 et 17 novembre, ce qui est assez précoce. Une couche durable de neige n'est apparue qu'à fin novembre sur quelques endroits du Valais et de la Suisse centrale, puis quinze jours plus tard sur la plupart des régions montagneuses, au-dessus de 1000 m environ. Mais l'épaisseur de ce manteau neigeux est restée faible un peu partout durant les quatre à huit semaines ultérieures. Une invasion d'air arctique a apporté, sur tout le pays pendant la première quinzaine de janvier, une grande froidure avec des températures extrêmement basses (- 41.5 °C à La Bré-*

*vine, par exemple), ce qui a enfin enneigé de manière permanente les parties basses des vallées alpines et les plaines de part et d'autre des Alpes.*

*Après la longue séquence douce d'octobre à la fin de l'année 1984 et le gel intense de deux à trois semaines du début de 1985, le temps est devenu changeant plusieurs mois durant, alternant avec des périodes trop froides ou trop chaudes d'une à deux semaines. Cette situation s'est terminée en juin, juste après le solstice d'été, après vingt jours de temps maussade et très frals. Mais le trait dominant se caractérise surtout par la distribution très irrégulière de la pluviosité sur les diverses contrées du pays. De janvier à juin, quelques régions isolées sont restées trop sèches, tandis que d'autres ont reçu des précipitations très abondantes.*

*Janvier a été très pluvieux au sud des Alpes, surtout à l'est de la Léventine, tandis qu'un déficit pluviométrique certain apparaissait sur la partie orientale des Alpes s'étendant de la Basse-Engadine par les vallées grisonnes du Rhin jusqu'au versant nord de la chaîne alpine. En février, les précipitations excédentaires se sont concentrées surtout sur les Alpes fribourgeoises, vaudoises et bernoises, ainsi que sur l'ouest et le nord du Valais, et, dans une moindre mesure, sur le bassin du Léman, l'ouest du Plateau suisse et la Suisse centrale. En revanche, le manque de pluie s'est révélé modéré sur de vastes contrées du nord-ouest, du nord et de l'est de la Suisse, et important sur le Tessin et sur le sud du canton des Grisons. Mars a été très arrosé sur le versant sud des Alpes, un peu moins sur le bassin lémanique et sur le bas de la vallée du Rhône. Au contraire, il a été sec sur les Alpes et sur leur versant nord et très sec sur l'est du Plateau suisse. Au cours de ce trimestre, des épisodes de pluie ou de neige ont apporté, sur diverses régions situées au bord ou hors des Alpes, des lames d'eau extrêmes dans des laps de temps assez brefs. Citons les chutes de neige des 15 et 16 janvier sur le centre et le sud du Tessin (97 cm dans la plaine de Magadino), sur le bassin du Léman les 16 et 17 février (62 cm à Aigle) et sur les plaines de l'est de la Suisse les 18 et 19 mars (31 cm à Saint-Gall). En revanche, l'épaisseur du manteau neigeux est restée généralement inférieure à la norme dans le domaine alpin durant tout l'hiver.*

*En avril, mois très humide sur le Jura et sur l'est du pays, mais assez sec au Tessin et sur le Haut-Valais, la fonte estivale a débuté avec vigueur grâce à un fort réchauffement généralisé, dû aux températures estivales des première et troisième semaines. A la fin de ce mois, la limite de la neige était remontée audessus de 1500 m presque partout, et elle se trouvait déjà au-dessus de 1800 m par endroits en Valais et en Basse-Engadine. Mais il a neigé à plusieurs reprises sur toutes les Alpes, et parfois jusqu'en plaine, durant la première quinzaine de mai au temps généralement trop frais. Après les chutes souvent très abondantes de la deuxième semaine, l'épaisseur de la neige gisante a atteint, par endroits, des valeurs supérieures à la moyenne, et les totaux pluviométriques du mois se sont révélés excédentaires presque partout, à l'exception de quelques petits déficits signalés dans les vallées grisonnes du Rhin, sur la vallée saint-galloise du Rhin et sur le Haut-Toggenbourg. Ces lames d'eau, particulièrement élevées dans l'ouest de la Suisse (jusqu'à deux fois la norme) et en Valais surtout (jusqu'à quatre fois), où de nouveaux records de pluviosité pour le mois de mai ont été homologués à certaines stations de la partie supérieure du canton, présentent un fort gradient du sud-ouest vers le nord-est.*

*La fonte de la neige a repris rapidement jusqu'à la limite des forêts sur toute la région alpine, grâce au temps plus chaud de la seconde quinzaine de mai, mais elle fut, à nouveau, interrompue par un retour très marqué du froid à la fin de la première semaine de juin, puis presque stoppée par les précipitations*

*fréquentes et la température souvent trop basse des trois semaines suivantes. En juin aussi, la pluviosité s'est révélée très disparate: très forte en Valais (jusqu'à 250 % de la norme), forte sur le bassin du Léman et sur les Alpes fribourgeoises et vaudoises, très faible sur le Tessin, l'Oberland grison, le massif du Saint-Gothard, le centre et l'est du Plateau, ainsi que sur le Jura oriental, sur la région de Bâle et sur l'Ajoie. Ces conditions, encore hivernales pour la haute montagne, ont provoqué une ablation extrêmement faible des glaciers en juin, et ce mois, qui fait partie habituellement de la période de fonte estivale des glaciers, doit être compté, cette année, dans leur phase d'accroissement hivernal. Tant les langues glaciaires que l'étage élevé des régions non englacées ne sont apparus libres de neige qu'au cours du milieu de l'été. La durée du manteau neigeux permanent de l'hiver 1984/85 présente des longueurs très variables selon le lieu et l'altitude. Ainsi le sol a été recouvert de neige de manière continue pendant trois semaines seulement à Poschiavo, et pendant onze mois au Saentis.*

*Contrastant avec le temps changeant de la première moitié de l'année, le second semestre de 1985 s'est signalé par un temps généralement chaud et souvent sec qui s'est prolongé sur tout le pays jusque vers la fin de l'année, à l'exception de quelques brèves interruptions au cours de l'été et d'une séquence un peu plus longue en novembre.*

*Le mois de juillet a été beau et très chaud partout; la pluviosité a présenté un déficit souvent important, même extrême par endroits, sauf sur quelques régions des Grisons et du nord du Tessin, où des pluies orageuses abondantes ont annulé le manque d'eau dans les derniers jours du mois. De même en août, le temps a été plus chaud que d'habitude, et plus sec en Valais et dans la majeure partie des contrées situées au nord des Alpes. Cependant, deux invasions d'air polaire, du 6 au 8 et du 25 au 28 août, ont apporté sur tout le pays un refroidissement marqué et de fortes précipitations, associées à de la neige jusqu'au-dessous de la limite supérieure des forêts. Le mélange de cet air froid avec de l'air maritime doux, originaire de la Méditerranée, a provoqué des pluies très violentes dépassant souvent 100 l/m<sup>2</sup> et atteignant deux fois la norme mensuelle sur les vallées grisonnes du Rhin et en Basse-Engadine.*

*En septembre, la température a atteint des valeurs d'été, voire de plein été durant la seconde quinzaine, ce qui a conduit à un excédent thermique mensuel de 2 à 3 °C en plaine, et de 3 à 4 °C dans les Alpes et sur les hauteurs du Jura. Du 17 septembre à la fin du mois, il n'est tombé que quelques gouttes d'eau sur toute la Suisse, ce qui a conduit à une sécheresse marquée sur tout le pays, voire extrême dans le canton de Genève. Elle s'est encore renforcée en octobre en raison des températures presque estivales de sa première moitié et de sa pluviométrie très maigre. Elle s'est maintenue, en effet, au-dessous de 15 % de la norme en général et a même atteint moins de 5 % en Suisse occidentale, sur le nord du Tessin et sur le massif du Saint-Gothard. Sous l'influence de brouillards temporaires et grâce à la fraîcheur apportée par une bise assez forte durant la seconde moitié du mois, l'excédent thermique d'octobre est faible sur le centre et l'est du Plateau suisse; en revanche, avec une valeur comprise entre 3 et 4 °C, il est aussi important que celui de septembre en montagne. Les stations sommitales du Saentis et du Jungfrauoch ont même enregistré des moyennes journalières de température supérieures à la norme pendant 28 jours. L'ablation des glaciers s'est donc révélée rarement aussi importante à pareille époque que durant cette première quinzaine d'octobre. Pendant les deux semaines suivantes, malgré la persistance du beau temps, elle s'est fortement ralentie, aussi sur les régions ensoleillées telles que celle d'Aletsch, par exemple, grâce au rayonnement nocturne accru de la surface de la glace; elle s'est même pratiquement arrêtée dans les endroits sans soleil, comme le site d'Aegina et son glacier de Gries.*

*Puis l'année du bilan 1985/86 a débuté avec le froid et les précipitations de novembre. Les hautes Alpes ont reçu leur première neige lors de la période pluvieuse qui a atteint toute la Suisse au début du mois. Après quelques épisodes de temps perturbé, associés à de fortes variations de température, la neige est tombée jusqu'en plaine le 13 novembre et elle s'y est maintenue en de nombreux endroits jusqu'au début du mois suivant. Cette première couche a fondu presque partout en décembre, ce mois s'étant caractérisé par un temps extraordinairement ensoleillé, très doux sur les pentes et les hauteurs jurassiennes et alpines, et très sec partout, à l'exception des Préalpes occidentales et du pied sud des Alpes. Sur les glaciers toutefois, elle s'est maintenue en général dans son intégrité jusqu'aux nouvelles chutes de neige de la fin de l'année.*

*La figure 1.4a montre une vaste zone de pluviosité annuelle normale couvrant la majeure partie du pays. Au nord de la crête des Alpes, un grand domaine de précipitations abondantes s'étend à l'ouest et comprend les glaciers des Alpes bernoises et vaudoises ainsi que ceux de l'ouest des Alpes valaisannes. Une région semblable, mais plus réduite, se situe au sud des Alpes sur les vallées de Mesocco, de Bregaglia et de Müstair; elle englobe aussi les régions englacées voisines de l'Adula et de la Haute-Engadine. Dans le massif alpin, la pluviosité a été maigre, voire très maigre sur les vallées à foehn du centre et de l'est de la Suisse et sur les glaciers des Alpes d'Uri et de Glaris. Sur la figure 1.4b se dessinent trois contrées aux températures estivales normales correspondant aux zones abondamment arrosées de la figure 1.4a; elles sont disposées sur une ligne ouest-est, traversant les Alpes. A l'ouest, elles recouvrent une partie du bassin lémanique, ainsi que les Alpes vaudoises et le Bas-Valais; au milieu, le Haut-Valais et les glaciers avoisinants du nord du Tessin et du massif du Saint-Gothard; à l'est, la Haute-Engadine, la région de l'Albula et l'extrémité orientale de la Suisse. Les stations du reste du pays ont joui d'un été chaud, voire très chaud, notamment celles du canton de Neuchâtel, de quelques vallées de la Suisse orientale et les stations de montagne du Napf, du Saentis, du Gütsch, du Grand-Saint-Bernard et du Corvatsch.*

#### **Neige et avalanches de l'hiver 1984/85:**

*(S. Gliott, IFENA)*

*"Cet hiver a commencé très tôt, c'est-à-dire pendant la première décade de septembre, sur le versant nord des Alpes centrales et orientales. Au Weissfluhjoch, dont le champ de mesures était recouvert de 50 cm de neige fraîche le 6 septembre, cette date d'enneigement est la plus précoce depuis le début des mesures en automne 1936. Dans les régions plus basses où cette couche a disparu par la suite, l'hiver s'est installé nettement plus tard, comme dans le reste du pays, d'ailleurs, avec les premières chutes de neige significatives de fin novembre ou de décembre.*

*Le manteau neigeux s'est constitué très lentement sur les Alpes. Au milieu de janvier, son épaisseur était nettement inférieure à la moyenne en toutes régions et, pendant les mois suivants, elle ne l'a dépassée que dans des cas isolés, tandis qu'elle ne l'atteignait pas à de nombreuses autres stations durant tout l'hiver. Sur le versant sud des Alpes, la couche neigeuse s'est surtout formée par deux abondantes chutes de neige, tandis que, sur le versant nord, elle s'est accrue lentement par plusieurs épisodes neigeux peu importants. Il convient de mentionner deux chutes particulièrement fortes qui n'ont pourtant intéressé que la bordure du massif alpin celle de mi-janvier sur les basses régions des Alpes tessinoises et sur le sud du*

*Tessin (126 cm à Bellinzone, 230 m s.m., en quatre jours par exemple) et celle du bassin du Léman les 16 et 17 février (62 cm à Aigle, 420 m s.m., par exemple). Ces épaisseurs sont les plus élevées mesurées sur ces deux régions depuis le début du siècle. Malgré cela, il faut constater que, en comparant cet hiver aux précédents, les épaisseurs maximales et moyennes de la neige gisante, ainsi que sa valeur en eau, sont restées nettement au-dessous de la moyenne pluriannuelle. Il se range donc, au vu des mesures nivométriques effectuées dans les Alpes suisses depuis 40 ans, parmi les huit à douze hivers les plus pauvres en neige, selon la contrée considérée. A quelques petites différences régionales près, ce manque de neige est le plus faible au sud des Alpes, et le plus accentué sur la partie orientale du versant nord du massif alpin, ainsi que sur le nord-est des Grisons.*

*Cette couche de neige, peu épaisse au début de l'hiver, a été soumise, avant mi-janvier, à des températures très basses et s'est transformée entièrement en de nombreux endroits en neige coulante, constituée de cristaux grossiers et peu cohérents. Cette base faible et peu résistante du manteau neigeux a déterminé, à chaque chute de neige ultérieure, un danger d'avalanches accru. C'est pourquoi les fervents du ski ont été menacés partout et pendant tout l'hiver par les avalanches. Cette situation critique s'est même avérée funeste, à plusieurs reprises, pour les usagers des voies de communication.*

*Grâce à l'absence de grosses chutes de neige, les dégâts matériels des avalanches de l'hiver 1984/85 se sont révélés moins importants dans les Alpes que ceux de l'année précédente. En revanche, le nombre des personnes atteintes a été considérablement élevé lors de 54 événements connus, 143 personnes ont été emportées. Cinquante-cinq d'entre elles sont mortes et 31 ont été blessées. Il s'agit donc d'un des hivers où ce fléau a le plus durement frappé les Alpes suisses. Durant ces 45 dernières années, on n'en compte que trois plus tragiques encore: 1950/51 avec 98 victimes, 1941/42 et 1969/70 avec 56 victimes chacun."*

Tabelle 1.1: Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten Mai bis Oktober 1984 <sup>1)</sup>

a) Absolute Werte, Gradtagssumme [°C]

Station	Höhe [m ü.M.]	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai-Sep.
<b>Messstationen:</b>								
Gütsch	2287	6	119	231	207	106	88	669
Säntis	2490	5	76	167	161	69	77	478
Weissfluhjoch	2690	1	50	144	116	54	39	364
Jungfraujoch	3580	0	1	31	4	7	1	43
Payerne (700 mb) <sup>2)</sup>	3100	0	24	103	56	38	35	221
München (700 mb) <sup>2)</sup>	3100	0	20	68	48	24	22	160
Mailand (700 mb) <sup>2)</sup>	3100	0	60	153	90	66	28	369
<b>Extrapolierte Werte für Firngebiete:</b>								
Clariden <sup>3a)</sup>	2700	0	56	156	124	58	40	394
Clariden <sup>3a)</sup>	2900	0	35	124	83	42	23	284
Silvretta <sup>3b)</sup>	2750	0	42	134	103	48	33	329
Jungfraufim (P3) <sup>3c)</sup>	3350	0	3	56	17	15	5	92

b) Relative Werte, in Prozenten des Periodenmittels 1959/85

Station	Höhe [m ü.M.]	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai-Sep.
<b>Messstationen:</b>								
Gütsch	2287	11	83	99	92	64	97	81
Säntis	2490	13	73	101	100	57	111	81
Weissfluhjoch	2690	4	54	89	73	47	70	65
Jungfraujoch	3580			111	17	56	36	62
Payerne (700 mb) <sup>2)</sup>	3100		69	126	74	70		86
München (700 mb) <sup>2)</sup>	3100		65	103	71	50		72
Mailand (700 mb) <sup>2)</sup>	3100		115	137	86	96		109
<b>Extrapolierte Werte für Firngebiete:</b>								
Clariden <sup>3a)</sup>	2700		63	101	83	57	94	78
Clariden <sup>3a)</sup>	2900		62	101	73	56	88	77
Silvretta <sup>3b)</sup>	2750		49	91	71	46	69	65
Jungfraufim (P3) <sup>3c)</sup>	3350		19	113	41	57	62	67

- 1 Temperaturmessungen der SMA. Sommersummen publiziert im Auszug des 105. Gletscherberichts in "Die Alpen" 4/1985, extrapolierte Werte bereinigt. Monatssummen berechnet aufgrund der Monatstabellen, die in den Annalen der SMA 1984 für Säntis ausführlich wiedergegeben, für die andern Stationen in Jahresübersichten zusammengefasst sind.
- 2 Temperaturmessungen in der freien Atmosphäre (Radiosondierungen der Landeswetterdienste). Durch G. Gensler, SMA, berechnete Werte, gemittelt aus den Ergebnissen im Niveau 700 Millibar (etwa 3100 m ü.M.) der Sondenaufstiege um 0 und um 12 Uhr Weltzeit.
- 3 Schätzwerte, berechnet aus den Messwerten der Station: a) Gütsch, b) Weissfluhjoch, c) Jungfraujoch.

Tableau I.2: Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air, mois de mai à octobre 1985 <sup>1)</sup>

## a) Valeurs absolues, somme des degrés-jour [°C]

Station	Altitude [m s.m.]	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Mai-Sep.
<b>Stations d'observations:</b>								
Gütsch	2287	54	103	295	252	240	124	945
Saentis	2490	51	54	215	186	172	90	678
Weissfluhjoch	2690	40	42	191	163	139	64	576
Jungfrauoch	3580	0	13	47	33	27	6	108
Payerne (700 mb) <sup>2)</sup>	3100	4	13	120	104	106	43	347
Munich (700 mb) <sup>2)</sup>	3100	14	10	97	84	54	26	259
Milan (700 mb) <sup>2)</sup>	3100	3	35	174	152	131	51	495
<b>Valeurs extrapolées pour les névés:</b>								
Clariden <sup>3a)</sup>	2700	17	46	212	177	160	58	603
Clariden <sup>3a)</sup>	2900	7	29	171	144	124	38	476
Silvretta <sup>3b)</sup>	2750	35	37	179	153	129	57	533
Jungfraufrn (P3) <sup>3c)</sup>	3350	0	3	78	64	56	17	201

## b) Valeurs relatives, en pour cent des moyennes respectives de la période 1959/85

Station	Altitude [m s.m.]	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Mai-Sep.
<b>Stations d'observations:</b>								
Gütsch	2287	105	72	127	112	144	136	115
Saentis	2490	127	52	130	116	142	130	115
Weissfluhjoch	2690	139	46	118	103	121	114	104
Jungfrauoch	3580			167	145	232	188	154
Payerne (700 mb) <sup>2)</sup>	3100	56	37	146	137	196		134
Munich (700 mb) <sup>2)</sup>	3100	163	32	147	124	113		117
Milan (700 mb) <sup>2)</sup>	3100	31	67	155	145	190		146
<b>Valeurs extrapolées pour les névés:</b>								
Clariden <sup>3a)</sup>	2700	92	52	137	119	157	137	119
Clariden <sup>3a)</sup>	2900	85	52	139	126	168	145	129
Silvretta <sup>3b)</sup>	2750	149	43	121	105	124	119	106
Jungfraufrn (P3) <sup>3c)</sup>	3350		16	156	153	216	207	146

1 Observations de l'ISM. Sommes estivales publiées dans l'extrait de notre 106e rapport (v. "Les Alpes" 4/1986), valeurs extrapolées corrigées. Sommes mensuelles déterminées à partir des tableaux mensuels, publiés in extenso pour Saentis, en extrait pour les autres stations dans "Annalen der SMA 1985".

2 Observations dans l'atmosphère libre (radiosondages des services météorologiques nationaux). Valeurs calculées par G. Gensler, ISM, à partir des résultats obtenus au niveau de 700 millibars (environ 3100 m s.m.), lors des sondages de 0 et de 12 heures, temps universel.

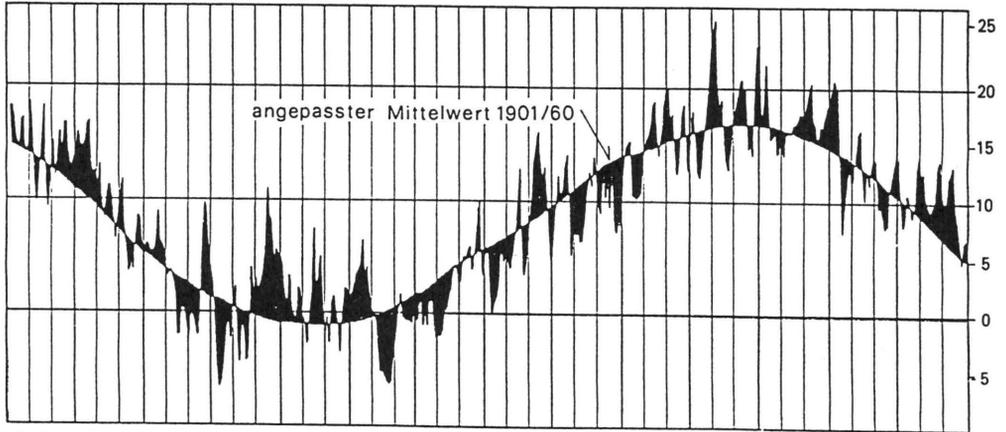
3 Valeurs estimées par extrapolation des températures mesurées aux stations de: a) Gütsch, b) Weissfluhjoch, c) Jungfrauoch.

Abbildung 1.1: Witterung an einigen automatischen Stationen der SMA im Jahr 1983/84

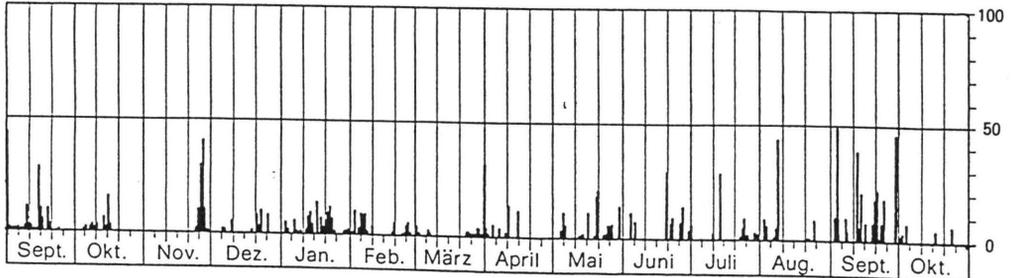
Lufttemperatur (Tagesmittel): a) Zürich, b) Jungfrauoch,  
Höhe der Nullgradisotherme: c) Payerne,  
Niederschlag (Tagesmenge): a) Zürich, d) Säntis.

a) Zürich SMA 556 m ü. M.

Lufttemperatur Tagesmittel °C

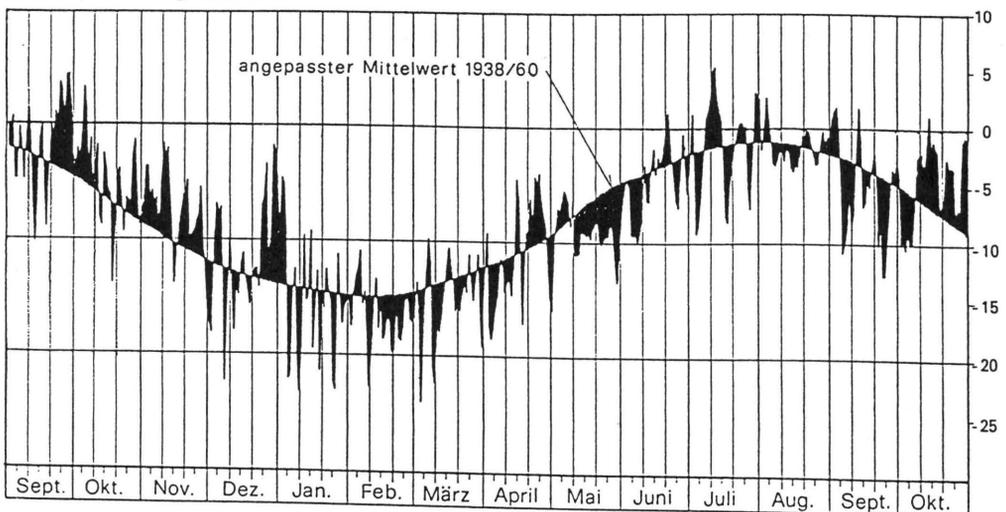


Niederschlag Tagesmenge mm

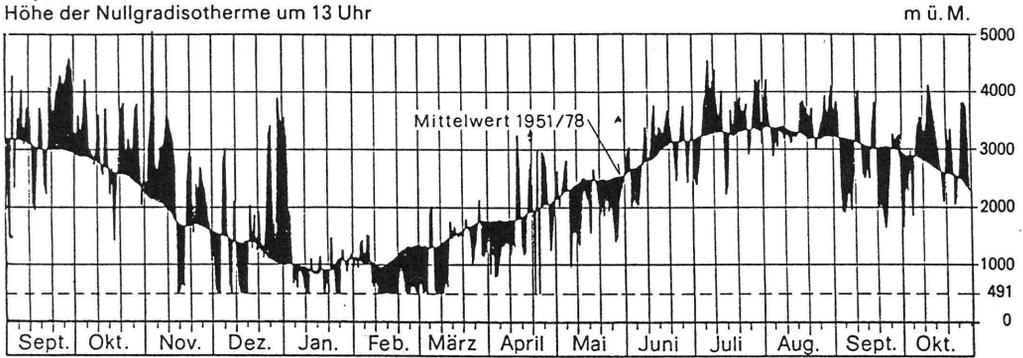


b) Jungfrauoch 3580 m ü. M.

Lufttemperatur Tagesmittel °C



c) **Payerne** 490 m ü. M.  
Höhe der Nullgradisotherme um 13 Uhr



d) **Säntis** 2490 m ü. M.  
Niederschlag Tagesmenge mm

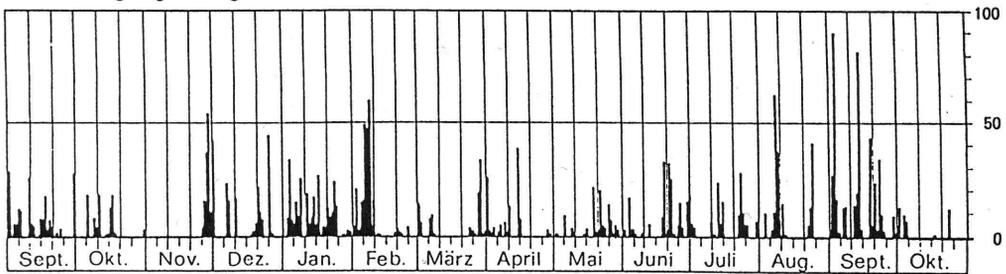
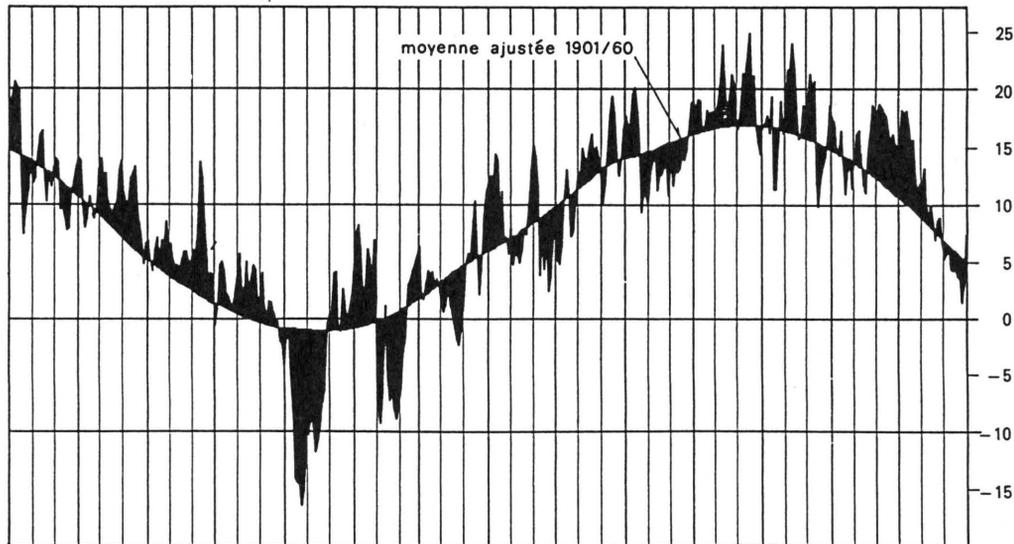


Figure 1.2: Conditions météorologiques à quelques stations de l'ISM en 1984/85

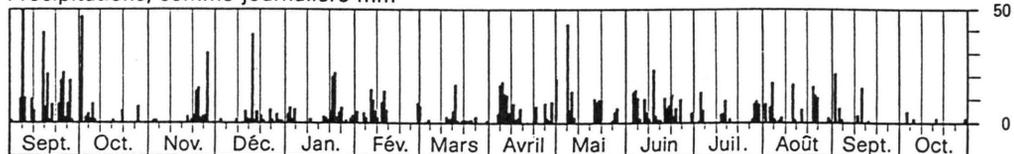
Température de l'air (moyenne journalière): a) Zürich, b) Jungfrauojoch,  
Altitude de l'isotherme zéro degré: c) Payerne,  
Précipitations (somme journalière): a) Zürich, d) Säntis.

**a) Zurich ISM 556 m s. m.**

Température de l'air, moyenne journalière °C

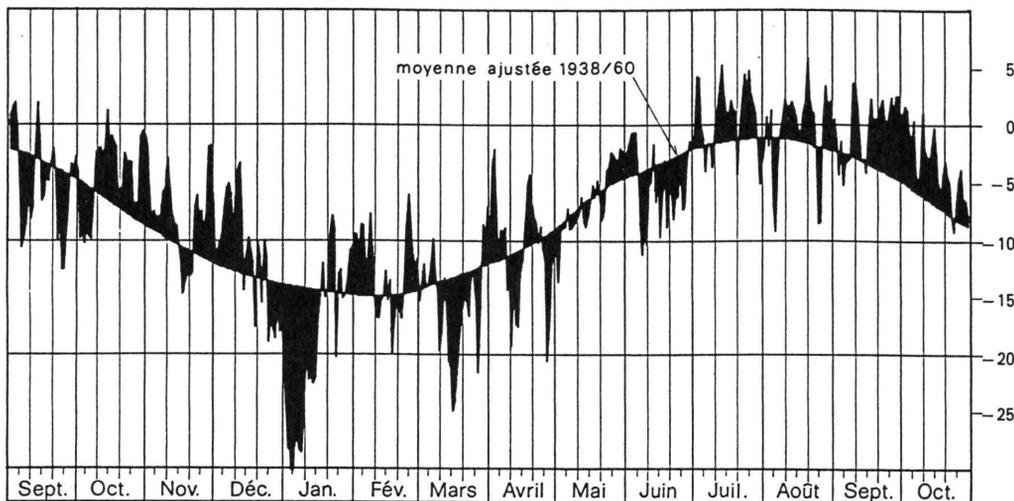


Précipitations, somme journalière mm

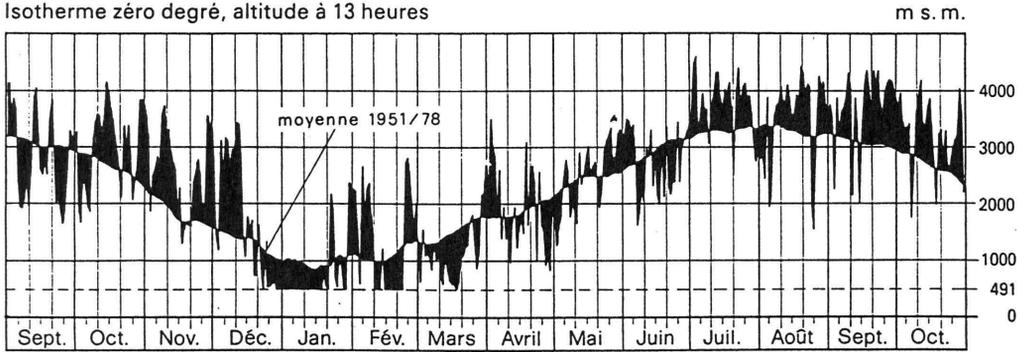


**b) Jungfrauojoch 3580 m s. m.**

Température de l'air, moyenne journalière °C



c) Payerne 490 m s. m.  
Isotherme zéro degré, altitude à 13 heures



d) Säntis 2490 m s. m.  
Précipitations, somme journalière mm

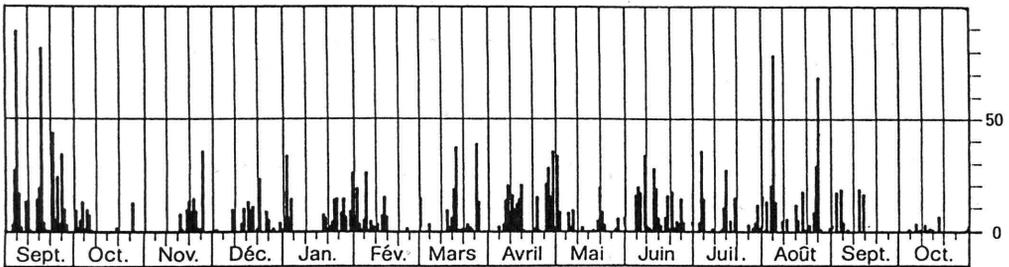
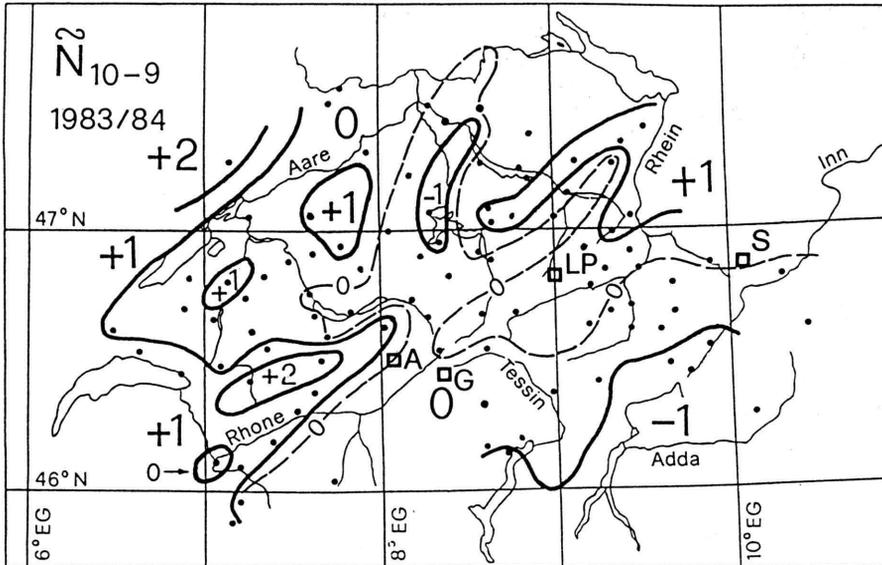


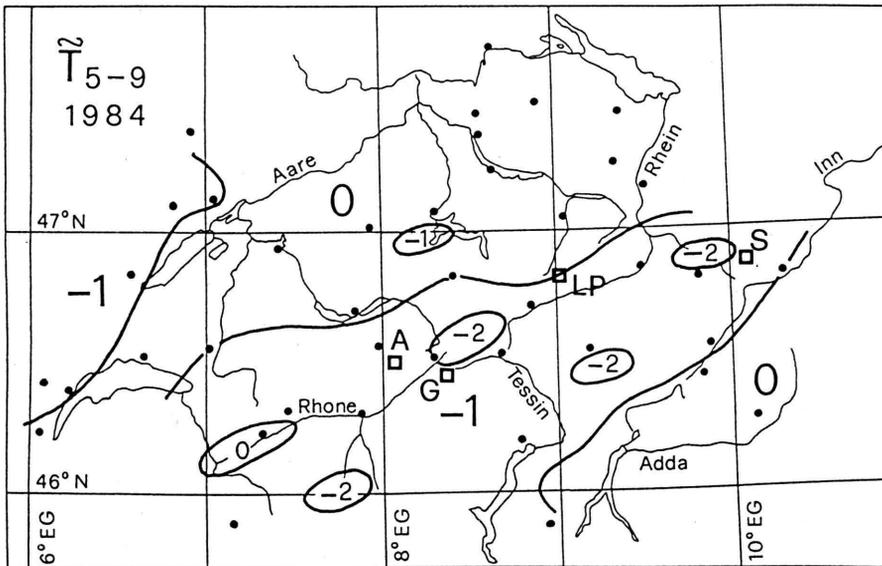
Abbildung 1.3: Abweichungen der Jahresniederschläge 1983/84 und der Sommertemperaturen 1984 vom Zentralwert der Bezugsperiode 1901/60

a) Jahresniederschläge 1983/84: Summe der Niederschläge vom 1. Oktober 1983 bis 30. September 1984.



Klassierung der Niederschlagsmengen 1983/84: +2 = sehr gross, +1 = gross, 0 = normal, -1 = klein, -2 = sehr klein.

b) Sommertemperaturen 1984: Durchschnittliche Lufttemperatur vom 1. Mai bis 30. September

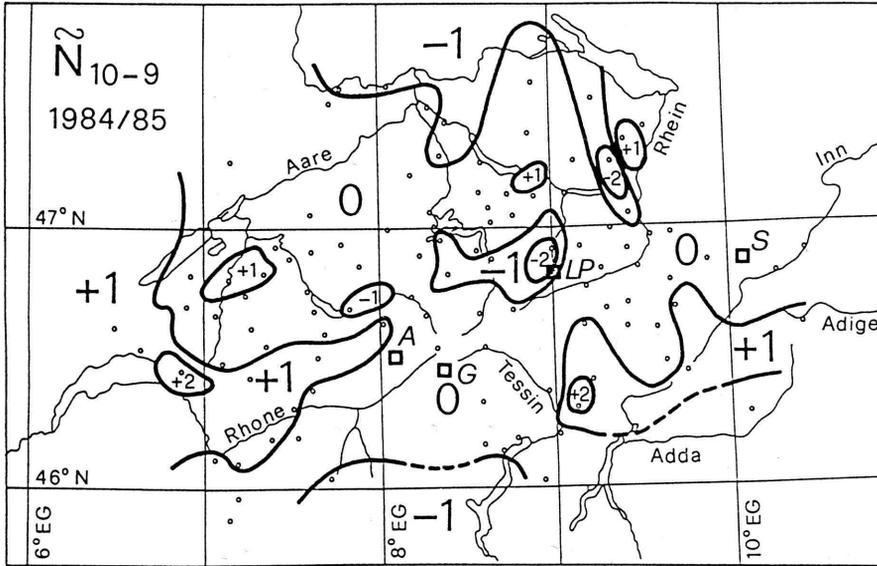


Klassierung der Sommertemperatur 1984: +2 = sehr warm, +1 = warm, 0 = normal, -1 = kalt, -2 = sehr kalt.

- Niederschlagsmessstationen (Abb. 1.3a) oder Klimastationen (Abb. 1.3b) der SMA.
- Haushaltsgletscher (vgl. Tab. 5.1): A = Aletsch, G = Gries, LP = Limmern/Plattalva, S = Silvretta.

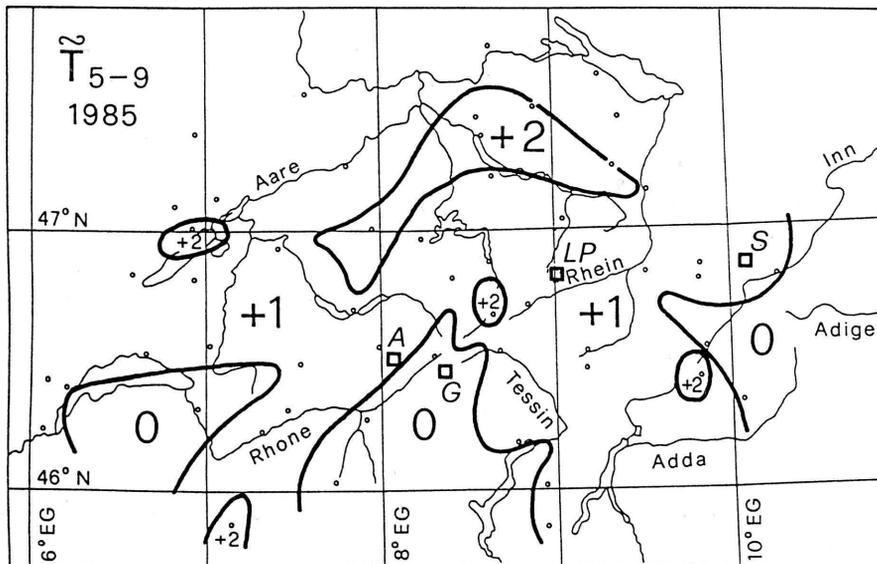
Figure 1.4: *Déviations des précipitations annuelles 1984/85 et des températures estivales 1985 par rapport aux valeurs centrales respectives de la période de référence de 1901 à 1960*

a) *Précipitations annuelles 1984/85: Somme des précipitations cumulées du 1er octobre 1984 au 30 septembre 1985.*



Classification de la pluviosité 1984/85: +2 = très forte, +1 = forte, 0 = normale, -1 = faible, -2 = très faible.

b) *Températures estivales 1985: Moyenne des valeurs journalières de la température de l'air du 1er mai au 30 septembre 1985.*



Classification des températures estivales 1985: +2 = très chaudes, +1 = chaudes, 0 = normales, -1 = froides, -2 = très froides.

◦ Stations pluviométriques (fig. 1.4a) ou climatologiques (fig. 1.4b) de l'ISM.

◻ Glaciers de bilan (cf. tabl. 5.1): A = Aletsch, G = Gries, LP = Limmern/Plattalva, S = Silvretta.



## 2. GLETSCHERCHRONIK

### 2.1 TÄTIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1983/84

#### Zungenbeobachtungen

Mit den Messungen im Herbst 1984 sind die Veränderungen der Gletscher der Schweizer Alpen in der 105. Berichtsperiode erfasst worden. Ungünstige Witterung mit frühen und reichlichen Schneefällen im September und anfangs Oktober, in der Zeit, in der normalerweise die meisten Feldbegehungen und Vermessungsflüge stattfinden, erschwerte die Aufgabe der Beobachter ungemein. Mit dem Schneefall vom 5./6. September erhielten die Gletscher grossenteils bereits die bleibende Winterschneedecke. Nur tiefgelegene Gletscherzungen aperten nochmals aus und konnten während der Schönwetterperiode von Mitte Oktober bis Mitte November bei guten Bedingungen vermessen werden. Durch besondere Anstrengungen gelang es zahlreichen Beobachtern, auch von höhergelegenen, teilweise meterhoch mit Neuschnee beladenen Gletscherzungen zählbare Ergebnisse zu beschaffen. Die meisten Vermessungsflüge über Gletschern konnten erst im Oktober durchgeführt werden, weshalb den Luftbildern nur bei tiefergelegenen ausgeaperten Gletscherzungen zusätzliche Informationen zur Ergänzung der Lücken in den terrestrischen Aufnahmen zu entnehmen waren. Während der Messkampagne 1984 sind von den 120 Gletschern des Beobachtungsnetzes insgesamt 96 erfasst worden, indem 80 im Gelände besucht und 33 im Luftbild aufgenommen wurden. Dadurch ist die Längenänderung seit der letzten Messung bekannt für 86 Gletscherzungen. Sie ist durch Messungen oder Beobachtungen am Objekt in 73 Fällen quantitativ, in 2 Fällen qualitativ und durch Fernerkundung mittels Luftbildern in 6 Fällen quantitativ, in 5 Fällen qualitativ bestimmt worden. Bei je 5 Beobachtungen am Boden und aus der Luft liess sich der Gletscherand unter der mächtigen und ausgedehnten Schneedecke nicht eindeutig festlegen.

Die nachstehende Zusammenstellung gibt an, welche Institutionen und privaten Beobachter im Berichtsjahr wieviele Gletscherzungen beobachtet haben. Die Ergebnisse sind in Kapitel 3 zu finden.

<b>Kantonale Forstdienste</b>	<b>56</b>	<b>Private Mitarbeiter</b>	<b>12</b>
Bern	10	Y. Biner	1
Glarus	1	H. Boss Sen. und Jun.	2
Graubünden	15	A. Godenzi	2
Tessin	2	E. Hodel	1
Uri	6	P. Mercier	4
Waadt	4	W. Wild	1
Wallis	18	R. Zimmermann	1
<b>Kraftwerke</b>	<b>4</b>	<b>ETH Zürich: VAW-Glaziologie</b>	<b>24</b>
Mauvoisin	2	im Gelände	11
Oberhasli	2	Luftbilder	13

### Vermessungsflüge

Wie in den Vorjahren sind uns bei 4 Gletschern die Ergebnisse der luftphotogrammetrischen Aufnahmen zur Verfügung gestellt worden. Die Auswertungen sind wie bisher bei den **Aaregletschern** für die Kraftwerke Oberhasli durch das Vermessungsbüro A. Flotron in Meiringen, beim **Giétro** für die Kraftwerke Mauvoisin durch das Vermessungsbüro H. Leupin in Bern und beim **Allalin** für die VAW durch deren Mitarbeiter W. Schmid am Autographen des Geodätischen Instituts der ETH Zürich ausgeführt worden. Ausser diesen sind 48 weitere Gletscher für verschiedene Zwecke im Luftbild erfasst worden. Die Vermessungsflüge, die das Bundesamt für Landestopographie (L-T) oder die Eidgenössische Vermessungsdirektion (V+D) für glaziologische Untersuchungen durchführten, sind in Tabelle 2.1 verzeichnet.

### Mutationen

- V. Boss hat die Messungen am **oberen Grindelwaldgletscher** an seinen Neffen H. Boss (junior) übergeben, nachdem er diesen Gletscher seit 1960 zusammen mit seinem Bruder H. Boss (senior) als Beobachter betreut hat. Wir verdanken ihm zahlreiche Kurzberichte, die das schrittweise, seit 1959 andauernde Vorrücken des Gletschers ausführlich und anschaulich beschreiben.
- Aus der Gletscherkommission ausgetreten sind:
  - A. Flotron (Mitglied seit 1972),
  - P. Kasser (Mitglied seit 1948),
  - H. Oeschger (Mitglied seit 1967).P. Kasser, Präsident der Kommission von 1974 bis 1980, Delegierter für Gletscherkontrollen von 1964 bis 1980 und Verfasser der Gletscherberichte Nr. 84-104 von 1964 bis 1984, hat sich richtungsweisend eingesetzt für die ständige Gletscherbeobachtung in der Schweiz. Als erster Direktor des "Permanent service on glacier fluctuations" hat er die systematischen Erhebungen über die jährlichen Gletscherveränderungen auch auf internationaler Ebene entscheidend gefördert.
- In die Gletscherkommission neu eingetreten sind:
  - G. Gensler, B. Stauffer und P. Wick.

### Besondere Ereignisse

Anknüpfend an die vorangehenden Berichte über Eislawinen in den Schweizer Alpen, berichtet J. Alean, VAW, über seine Beobachtungen im Berichtsjahr:

"Eine sehr grosse Lawine ging am 5. Juli 1984 um etwa 3 Uhr morgens vom **Hängegletscher des Mönchs** auf den Jungfraufirn nieder (vgl. Bild 3, Kap. 4.1). Die abgelagerte Eislawine wurde am 5. Juli durch Schrägaufnahmen aus einem Flächenflugzeug und am 7. Juli durch Vermessung am Boden dokumentiert und kartiert. Das abgestürzte Eis mit einem Volumen von 340 000 m<sup>3</sup> bedeckte eine Fläche von 107 000 m<sup>2</sup>. Die Lawine hatte eine Reichweite von 690 m. Die vordersten Eisblöcke, von denen der grösste eine Kubatur von 1000 m<sup>3</sup> aufwies, kamen nur 80 m vor der Spur der Hundeschlittenbahn und 140 m vom Skilift entfernt zum Stillstand. Diese Eislawine ist die grösste aller dokumentierten Abbrüche vom Hängegletscher in der Südflanke des Mönchs. Ihr Rauminhalt entspricht etwa der Eismenge, die normalerweise in einem ganzen Jahr portionenweise in kleineren Abbrüchen von diesem Hängegletscher abbricht [Alean, 1985a und b].

Auf dem Beobachtungsflug am 6. Juli 1984 konnten zwei weitere sehr grosse Eislawinen erfasst werden: Rund 350 000 m<sup>3</sup> abgestürzten Eises lagen östlich des Aletschhorns auf dem **Mittelaletschgletscher**. Der Abbruch muss in der Nähe der Koordinaten 643.3/147.0 in etwa 3650 m ü.M. erfolgt sein. Die frisch erscheinende Ablagerung überdeckte eine Fläche von 175 000 m<sup>2</sup>. Die Reichweite dieser Eislawine betrug 1060 m. Eine ältere, nahezu vollständig eingeschneite Ablagerung einer Eislawine befand sich auf dem **Bruneggletscher** unterhalb des Hängegletschers in der Nordostflanke des Bishorns. Diese Lawine dürfte bereits im Winter 1983/84 abgestürzt sein. Anhand einzelner aus dem Schnee herausragender Eisblöcke liess sich eine Ablagerungsfläche von mindestens 200 000 m<sup>2</sup> abgrenzen, aus der sich

mit Erfahrungswerten für die mittlere Dicke ein Volumen in der Grössenordnung von 300 000 m<sup>3</sup> ergibt. Somit ist diese Eislawine ebenfalls grösser als die früheren an diesem Ort dokumentierten Eislawinen [Alean, 1984]."

Im Rahmen der Untersuchungen über gefährliche Gletscher sind an der VAW weitere Studien im Gang. In seiner Diplomarbeit hat J. Schweizer [1985] ein mathematisches Modell aufgestellt, mit dem er die Verteilung der Spannungen und Fliessgeschwindigkeiten in einem steilen, an seiner Unterlage festgefrorenen Hängegletscher berechnen kann, um daraus in verschiedenen Fallstudien auf theoretischem Weg Einblick in die Abbruchmechanismen zu erhalten. Als Vorlage für die geometrischen Abmessungen des Modells hat er den **Hängegletscher in der Nordflanke des Lyskamms** (vgl. Bild 4, Kap. 4.1) benützt. In seiner Dissertation [Schweizer, 1989] hat er dieses Modell weiterentwickelt, um damit auch das Fliessen und das Gleiten des temperierten Eises an der Gletschersohle berechnen zu können.

Ebenfalls im Zusammenhang mit dem Problemkreis der Stabilität steiler Eismassen hat B. Ott [1985] im Rahmen seiner Dissertation bogen- und gewölbeförmige Strukturen an verschiedenen Gletschern untersucht. Bogenformen treten häufig auf bei Gletscherspalten, insbesondere Querspalten, an Abbruchfronten von Hängegletschern oder als Abbruchnischen von Gletscherstürzen. Gewölbeformen sind oft an Kavernen in senkrechten Gletscherfronten über steilen Felsrinnen, in Kalbungsfronten an Gletscherrandseen oder bei den Gletschertoren zu beobachten. Ott hat verschiedene solche Formen im Felde vermessen und die gesammelten Daten benützt, um mittels mathematischer Modelle die statische Festigkeit der untersuchten Strukturen zu berechnen. Für die Berechnung der dynamischen Festigkeiten, die zu räumlich-zeitlichen Vorhersagen von Gletscherstürzen führen könnten, fehlen in der Regel genügende Kenntnisse über die Unregelmässigkeiten des Gletscherbetts im Abstützungsbereich der Gewölbe und über die kurzfristigen Schwankungen der Gletscherbewegung.

Auf periodische Rutschungserscheinungen in steilen Gletscherzungen ist in den Gletscherchroniken früherer Jahre verschiedentlich hingewiesen worden. Um Einblick in den Vorgang der Rutschung und ihrer Vorbedingungen zu erhalten, sind kurzfristig wiederholte Messungen während der Aufbauphase und des Ablaufs der Rutschung erforderlich. Als Objekt einer solchen Studie ist der **Seitengletscher am Altels** gewählt worden (vgl. Bilder 1 und 2, Kap. 4.1). Aus den jährlich wiederholten Luftbildaufnahmen der L+T ist ersichtlich, dass in diesem schmalen, knapp 1 km langen und 30° geneigten Gletscher Rutschungen in den Jahren 1975, 1976 und 1981 stattgefunden haben. Erste Ergebnisse der Messungen an 4 Pegeln in der Längsachse des Gletschers und der Aufnahmen mit automatischen Kleinbildkameras zeigen, dass die Bewegung der Gletscherzunge zu einem wesentlichen Teil, nebst dem Kriechen infolge innerer Verformung des Eises, durch das Gleiten am Gletscherbett zustande kommt [VAW 1984 und 1985].

Eine besonders spektakuläre Rutschung ist im Laufe des Sommers 1983 am **Glacier d'Epicoune** im Val de Bagnes in Gang gekommen. Dabei brach die rund 600 m breite Zunge auf eine Länge von 300 bis 400 m unterhalb einer bogenförmigen Abrisskante in 2800 bis 2900 m Meereshöhe in typischer Weise in zahllose kleine Schollen auf und stürzte teilweise über die steile Felsstufe am Gletscherende ins Vor-  
gelände ab (vgl. Bilder 12 und 13, Kap. 4.1).

## 2.2 TÄTIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1984/85

### Zungenbeobachtungen

Im Herbst 1985 sind zum 106. Male in ununterbrochener Folge Erhebungen über die jährlichen Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen durchgeführt worden. Die starke Ausaperung der Gletscher und lange Schönwetterperioden boten im Herbst 1985 durchwegs und für alle angewandten Verfahren ausnehmend gute Verhältnisse für die Durchführung der Aufnahmen, die bei allen Gletschern turnusgemäss wiederholt worden sind. Somit sind im Laufe der Messkampagne 1985 insgesamt 117 von 120 Netzgletschern erfasst worden, indem 106 im Gelände vermessen oder beobachtet und 64 in Luftbildern aufgenommen wurden. Dies ist eines der besten Gesamtergebnisse der Beobachtungsreihe. Für alle beobachteten Gletscher ist die Längenänderung seit der letzten, zum Teil vor zwei oder mehr Jahren durchgeführten Beobachtung bekannt. Sie ist durch Messungen oder Beobachtungen im Gelände in 100 Fällen quantitativ, in 2 Fällen qualitativ und durch Fernerkundung mittels Luftbildern in 5 Fällen quantitativ, in 10 Fällen qualitativ bestimmt worden.

Die nachstehende Zusammenstellung gibt an, welche Institutionen und privaten Beobachter im Berichtsjahr wieviele Gletscherzungen beobachtet haben (1 Gletscher doppelt erfasst). Die Ergebnisse sind in Kapitel 3 zu finden.

<b>Kantonale Forstdienste</b>	<b>74</b>	<b>Private Mitarbeiter</b>	<b>15</b>
Bern	10	Y. Biner	1
Glarus	1	J.L. Blanc	3
Graubünden	17	H. Boss Jun.	1
Obwalden	2	H. Boss Sen.	1
St. Gallen	2	A. Godenzi	2
Tessin	6	E. Hodel	1
Uri	8	P. Mercier	4
Waadt	4	W. Wild	2
Wallis	24		
<b>Kraftwerke</b>	<b>4</b>	<b>ETH Zürich: VAW-Glaziologie</b>	<b>23</b>
Mauvoisin	2	im Gelände	10
Oberhasli	2	Luftbilder	13
<b>ETH Zürich</b>	<b>2</b>		
Geographisches Institut	1		
Institut für Kristallo- und Petrographie	1		

### Vermessungsflüge

Bei 5 Gletschern sind uns die Ergebnisse der photogrammetrischen Auswertungen zur Verfügung gestellt worden: wie bisher sind die **Aaregletscher** (für die Kraftwerke Oberhasli durch das Vermessungsbüro A. Flotron, Meiringen, der **Giétrogletscher** (für die Kraftwerke Mauvoisin durch das Vermessungsbüro H. Leupin, Bern und der **Allalin-**, neuerdings auch der **Findelengletscher** (für die VAW durch deren Mitarbeiter W. Schmid am Autographen des Geodätischen Instituts der ETH Zürich) luftphotogrammetrisch vermessen worden. Durch die Vermessungsflüge des Bundesamtes für Landestopographie (L+T) und der Eidgenössischen Vermessungsdirektion (V+D) sind 84 weitere Gletscher erfasst worden (vgl. Tab. 2.1).

### Mutationen

- Nachfolger des verstorbenen Kreisförsters K. Steiner, Zweisimmen, der die Zungenmessungen am **Rätzligletscher** seit 1965 leitete, ist Forstingenieur Chr. von Grünigen.
- H. Siegenthaler ist nach 38 Dienstjahren an den Abteilungen für Hydrologie und Glaziologie der VAW in den Ruhestand getreten. Er hat im wesentlichen die Messnetze der VAW zur Bestimmung des Wasserwerts der Winterschneedecke in den Schweizer Alpen und zur Bestimmung des Saison- und Jahresniederschlags in verschiedenen Einzugsgebieten betreut, die glaziologischen und hydrologischen Untersuchungen der VAW an den Gletschern **Gries (Aegina)**, **Limmern**, **Plattalva** und **Silvretta** während ihrer ganzen bisherigen Dauer durchgeführt und an zahlreichen weiteren Auftrags- und Forschungsprojekten beider Abteilungen mitgewirkt. Dabei hat er insbesondere für die Erfassung der jährlichen Gletscherveränderungen zahllose zuverlässige Datengrundlagen beschafft, die teilweise zum wesentlichen Bestand der Gletscherberichte geworden sind wie beispielsweise die Angaben über den Massenhaushalt. Besonders zu erwähnen sind auch die von ihm redigierten glaziologischen Spezialkarten der erwähnten Gletscher.

### Besondere Ereignisse

Seit einigen Jahren betreibt die Gruppe Gletschermechanik der VAW eingehende Untersuchungen über die Bewegung des **Findelengletschers**, von denen in den Gletscherchroniken der vorangehenden Jahre verschiedentlich berichtet worden ist. Im Frühjahr 1985 sind erneut Bohrungen im Zungenbereich bis auf das Gletscherbett abgetieft worden, um die kurzfristigen Schwankungen in der Fliessgeschwindigkeit des Eises an der Gletscheroberfläche im Zusammenhang mit den Schwankungen des Wasserdrucks an der Gletschersohle zu erfassen. Zusätzlich zu den Geschwindigkeits- und Druckmessungen ist in mehreren Bohrlöchern die Neigungsänderung in verschiedenen Tiefen und damit die Verformung des Bohrlochs im Laufe der Zeit genau bestimmt worden, um Aufschluss zu erhalten über die Deformationseigenschaften des Eises und den verhältnismässigen Anteil des Fliessens oder des Gleitens an der Gletscherbewegung. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass der Gletscher im untersuchten Gebiet mit einer Eisdicke um rund 165 m sich hauptsächlich (zu rund 80 %) durch Gleiten an der Sohle fortbewegt, während die Verformung des Eiskörpers nur etwa 20 % zur Oberflächengeschwindigkeit beiträgt [Iken und Bindschadler, 1986].

Kurzfristige starke Beschleunigungen der Gletscherbewegung treten bei steilen Gletscherzungen oft im Spätsommer oder Herbst in Verbindung mit Rutschungserscheinungen auf, die wir in verschiedenen früheren Gletscherberichten in Wort und Bild beschrieben haben, beispielsweise jene des **Balmhorngletschers** im Sommer 1983 (siehe 104. Bericht). Die folgenden Angaben verdanken wir J. Alean, Bülach, und W. Schmid, VAW:

"Im Sommer 1985 haben sich an diesem Gletscher nach einem relativ ruhigen Zwischenjahr vom August bis Oktober ähnliche Vorgänge abgespielt, wobei in der Nacht vom 6. auf den 7. Oktober eine grosse Eislawine (schätzungsweise 0.5 bis 0.8 Millionen m<sup>3</sup> Eis) über die Alpterrassen von Wildelsigen hinaus bis auf den Grund des Gasterntals abgestürzt ist [Röthlisberger, 1987]. Auch am **Allalingsletscher**, dessen Zunge seit dem Gletschersturz von 1965 in den meisten Jahren solche Rutschungen aufwies, hat im Sommer und Herbst nach einem ruhigen Zwischenjahr eine neue Rutschungsphase stattgefunden, die durch tägliche Aufnahmen mit einer automatischen Kamera vom Anfang bis zum Ende erfasst worden ist [Alean, 1985a]" (vgl. Bilder 14-18, Kap. 4.2).

## 2. CHRONIQUE DES GLACIERS

### 2.1 ACTIVITÉ ET ÉVÉNEMENTS PARTICULIERS EN 1983/84

#### *Observation des langues glaciaires*

Ce 105<sup>e</sup> rapport annuel de la Commission de glaciers de la SHSN expose des variations de glaciers des Alpes suisses sur la base des relevés effectués en automne 1984. Les chutes de neige précoces et abondantes de septembre et du début d'octobre ont créé des conditions météorologiques défavorables et des difficultés extrêmes aux observateurs, pendant la période où se déroulent normalement les mesures sur le terrain et les prises de vues aériennes. La chute de neige des 5 et 6 septembre a recouvert la plupart des glaciers; seules les langues glaciaires les plus basses sont réapparues et ont pu être mesurées dans de bonnes conditions pendant la période de beau temps de la mi-octobre à la mi-novembre. Toutefois, grâce à des efforts particuliers, de nombreux observateurs ont réussi à effectuer des mesures chiffrées sur des langues glaciaires plus élevées, souvent cachées par un bon mètre de neige fraîche. La plupart des vols photogrammétriques sur les glaciers n'ont été exécutés qu'en octobre, et les prises de vues n'ont livré des informations complétant les mesures faites au sol que pour les langues glaciaires situées à basse altitude et libres de neige. Des 120 glaciers que compte le réseau d'observation, 96 ont été observés durant l'exercice 1984, 80 sur le terrain et 33 par avion. Le déplacement du front glaciaire depuis la dernière observation a été terminé pour 86 glaciers. Dans 73 cas, les mesures effectuées sur le terrain ont donné des résultats précis et, dans deux cas, il a fallu procéder à une estimation qualitative. Quant à la photogrammétrie, elle a fourni des indications absolues dans 6 cas et des données relatives dans 5 cas. Dix observations, 5 au sol et 5 par voie aérienne, n'ont pas abouti à des résultats concluants, le bord du glacier restant invisible sous de vastes et épaisses masses de neige.

Les institutions et les personnes privées, qui ont participé à l'exercice actuel, sont cités dans la liste suivante avec le nombre des langues glaciaires observées.

<b>Services forestiers des cantons</b>	<b>56</b>	<b>Collaborateurs privés</b>	<b>12</b>
Berne	10	Y. Biner	1
Glaris	1	H. Boss père et fils.	2
Grisons	15	A. Godenzi	2
Tessin	2	E. Hodel	1
Uri	6	P. Mercier	4
Valais	18	W. Wild	1
Vaud	4	R. Zimmermann	1
<b>Forces motrices</b>	<b>4</b>	<b>EPF Zurich: VAW-Glaciologie</b>	<b>24</b>
Mauvoisin	2	sur le terrain	11
Oberhasli	2	photos aériennes	13

### Vols photogrammétriques

Nous bénéficions, comme à l'accoutumée, de restitutions photogrammétriques pour 4 glaciers. Elles ont été effectuées, pour les glaciers de l'Aar, par le bureau A. Flotron de Meiringen, à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli; pour le glacier de Giétro, par le bureau H. Leupin de Berne, à la demande des Forces motrices de Mauvoisin; et pour le glacier de l'Allalin, à la demande des VAW, par son collaborateur W. Schmid, à l'aide de l'autographe de l'Institut de géodésie de l'EPFZ. Grâce à l'appui généreux de l'Office fédéral de topographie (S+T) et de la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M), on a pu réaliser, à nouveau, de nombreux vols photogrammétriques sur bien d'autres glaciers (au nombre de 48) dans le cadre des différentes projets (cf. tabl. 2.1).

### Mutations

- V. Boss a remis les observations du glacier supérieur de Grindelwald à son neveu H. Boss. Il s'en était occupé comme observateur avec son frère depuis 1960. Ses rapports succincts décrivent avec exactitude et minutie l'avance constante de ce glacier depuis 1959.
- Retirés de la commission sont:
  - A. Flotron (entré en 1972)
  - P. Kasser (entré en 1948)
  - H. Oeschger (entré en 1967).
- P. Kasser en a assumé la présidence de 1974 à 1980 et s'est engagé de façon méritoire, comme délégué au contrôle des glaciers de 1964 à 1980, et comme rédacteur des rapports sur les glaciers de 1964 à 1984 (rapports nos 84 à 104). Durant son mandat de directeur du "Permanent Service on Glacier Fluctuations", il a favorisé, d'une manière décisive, les observations glaciologiques régulières et leur consignation dans des rapports annuels sur le plan international.
- Entrés dans la commission sont:
  - G. Gensler, B. Stauffer et P. Wick.

### Evénements particuliers

Comme ces dernières années, J. Alean relate les faits suivants sur les avalanches de glace survenues dans les Alpes suisses durant cet exercice:

"Une avalanche très volumineuse s'est précipitée du glacier suspendu du Mönch sur le glacier de la Jungfrau le 5 juillet 1984 vers 3 heures (cf. photo 3, chap. 4.1). On a mesuré et cartographié la zone de dépôt le 6 juillet au moyen de prises de vues aériennes obliques et, le 7 juillet, par des relevés exécutés sur le terrain. Ses 340 000 m<sup>3</sup> de glace ont recouvert une surface de 107 000 m<sup>2</sup>, mesurant 690 m d'extension. Les blocs de glace qui ont roulé le plus loin et dont le plus gros mesure 1000 m<sup>3</sup>, se sont arrêtés à 800 m à peine de la piste utilisée par les traîneaux à chiens, et à 140 m seulement du télési. C'est la plus grosse des chutes de séracs connues qui s'est détachée du flanc sud du Mönch. Son volume correspond à peu près à celui de la glace qui s'écroule par petites quantités de ce glacier suspendu en une année complète [Alean, 1985a et b].

Au cours d'un vol d'observation, le 6 juillet 1984, on a découvert deux autres grosses avalanches de glace d'un volume de 350 000 m<sup>3</sup> environ sur le Mittelaletschgletscher, à l'est de l'Aletschhorn. La niche d'arrachement doit se situer au voisinage du point 643.31147.0, vers 3650 m s.m., et le récent dépôt de blocs de glace recouvrait une surface de 175 000 m<sup>2</sup>, sur une longueur de 1060 m. Un cône plus ancien, presque entièrement caché par la neige, était aussi décelable sur le glacier de Brunegg, au dessous du glacier suspendu occupant la face nord-est du Bishorn. Cette chute de séracs a dû se produire au cours de l'hiver 1983/84 déjà. Les quelques blocs émergeant de la neige laissent supposer une surface de dépôt de 200 000 m<sup>2</sup> au minimum, qui, en utilisant des données empiriques pour l'épaisseur moyenne, permet de calculer un volume de l'ordre de 300 000 m<sup>3</sup>. Cette avalanche est donc aussi plus importante que celles relevées jusqu'ici en cet endroit [Alean 1984]".

*Dans le cadre des travaux en cours sur les glaciers dangereux, les VAW ont entrepris de nouvelles études. J. Schweizer [1985] a développé, dans son travail de diplôme, un modèle mathématique permettant de calculer la répartition des tensions et des vitesses d'écoulement d'un glacier suspendu à forte déclivité et soudé à son substratum par le gel, et d'en tirer, de cas en cas et d'une manière théorique, des indications sur les mécanismes d'arrachement. Il a pris le glacier suspendu de la paroi nord du Lyskamm comme exemple-type pour les dimensions géométriques de son modèle (cf. photo 4, chap. 4.1). Dans sa thèse [Schweizer, 1989] il a complété ce modèle, afin de reproduire par des calculs numériques également le fluage et le glissement dans les couches basales des glaciers tempérés.*

*En liaison avec les problèmes liés à la stabilité des masses de glace situées sur de fortes pentes, B. Ott [1985] a examiné, dans sa thèse, les structures en forme de cintre et de voûte propres à divers glaciers. Les premières apparaissent souvent dans les crevasses, transversale en particulier, le long du front d'écroulement des glaciers suspendus ou dans les niches d'arrachement, tandis que les secondes sont observées dans les cavernes propres aux fronts glaciaires verticaux surplombant des gorges rocheuses abruptes, aux falaises de glace bordant une nappe d'eau ou aux portails glaciaires. Ott a mesuré nombre de ces formes sur le terrain et calculé, sur la base de ces données, leur solidité statique au moyen de modèles mathématiques. Quant à la détermination de leur résistance dynamique qui pourrait déboucher sur la prévision, tant dans le temps que dans l'espace, de l'écroulement des glaciers, des connaissances suffisantes manquent encore, en règle générale, sur les irrégularités du lit du glacier à la hauteur de ces voûtes et sur les variations à court terme du mouvement de la glace.*

*Les chroniques des glaciers de ces dernières années ont mentionné divers éboulements apparus périodiquement dans les langues glaciaires abruptes. La connaissance de ces événements et de leurs conditions préalables nécessite des mesures fréquentes et répétées pendant la période préparatoire et active de ce phénomène, et l'on a choisi, pour objet de cette étude, le glacier latéral de l'Altels (cf. photos 1 et 2, chap. 4.1). Les prises de vues annuelles de l'Office de topographie révèlent que des éboulements se sont produits sur ce glacier étroit, long d'un km à peine et incliné à 30°, en 1975, en 1976 et en 1981. Les premiers résultats des mesures effectuées à quatre jalons fixés dans l'axe longitudinal de la glace, et des photographies faites au moyen d'une caméra automatique de petit format, indiquent que le mouvement de la langue glaciaire passe par un maximum de vitesse très net en automne, même pendant la phase précédant le décrochement. Il est déterminé non seulement par la reptation de la glace due à des déformations internes, mais aussi par son avance sur le lit du glacier [VAW 1984 et 1985].*

*Un éboulement spectaculaire s'est produit au cours de l'été de 1983 sur le glacier d'Epicoune, dans le val de Bagnes. Sa langue, large de 600 m, s'est rompue en une multitude de morceaux sur une longueur de 300 à 400 m au-dessous d'une crevasse arquée, située entre 2800 et 2900 m d'altitude; ils se sont écroulés en partie par-dessus un abrupt éperon rocheux situé en aval (cf. photos 12 et 13, chap. 4.1).*

## 2.2 ACTIVITÉ ET ÉVÉNEMENTS PARTICULIERS EN 1984/85

### Observation des langues glaciaires

En automne 1985, on a exécuté, pour la 106e fois consécutive, les mesures nécessaires à l'étude des variations annuelles des glaciers des Alpes suisses. La forte fusion de la neige sur les glaciers et les longues périodes de beau temps ont offert partout, en automne 1985, des conditions extrêmement favorables aux prises de vues de tous genres qui ont été ainsi exécutées sur tous les glaciers selon le programme prévu. Des 120 glaciers du réseau, 117 ont été observés durant l'exercice 1985, 106 sur le terrain et 64 par avion. Le déplacement du front glaciaire depuis la dernière observation, remontant parfois à deux ou plusieurs années, a été déterminé pour tous les glaciers observés. Dans cent cas, les mesures effectuées sur le terrain ont donné des résultats précis et, dans deux cas, il a fallu procéder à une estimation qualitative. Quinze observations aériennes ont abouti à des résultats quantitatifs dans cinq cas, et qualitatifs dans dix cas. Grâce à ces 117 mesures de bonne qualité, le résultat global livré dans ce 106e rapport est l'un des meilleurs de la série.

Les institutions et les personnes privées, qui ont participé à l'exercice actuel, sont cités dans la liste suivante avec le nombre des langues glaciaires observées.

<b>Services forestiers des cantons</b>	<b>74</b>	<b>Collaborateurs privés</b>	<b>15</b>
Berne	10	Y. Biner	1
Glaris	1	J.-L. Blanc	3
Grisons	17	H. Boss fils	1
Obwald	2	H. Boss père	1
Saint-Gall	2	A. Godenzi	2
Tessin	6	E. Hodel	1
Uri	8	P. Mercier	4
Valais	24	W. Wild	2
Vaud	4		
<b>Forces motrices</b>	<b>4</b>	<b>EPF Zurich: VAW-Glaciologie</b>	<b>23</b>
Mauvoisin	2	sur le terrain	10
Oberhasli	2	photos aériennes	13
<b>EPF Zurich</b>	<b>2</b>		
Institut de géographie	1		
Institut de cristallographie et de pétrographie	1		

### Vols photogrammétriques

Nous bénéficions, comme à l'accoutumée, de restitutions photogrammétriques pour 5 glaciers. Elles ont été effectuées, pour les glaciers de l'Aar, par le bureau A. Flotron de Meiringen, à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli, pour le glacier de Giétro, par le bureau H. Leupin de Berne, à la demande des VAW, par son collaborateur W. Schmid, à l'aide de l'autographe de l'Institut de géodésie de l'EPFZ. Les vols photogrammétriques de l'Office fédéral de topographie (S+T) et de la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D + M) ont porté sur un nombre de 84 autres glaciers (cf. tabl. 2.1).

### **Mutations**

- *K. Steiner, forestier d'arrondissement est décédé en pleine activité à Zweisimmen. Il a dirigé les mesures de la langue du glacier de Rätzli depuis 1965. Son successeur est l'ingénieur forestier Chr. von Grünigen.*
- *H. Siegenthaler a pris sa retraite après 38 ans d'activité à la section d'hydrologie et de glaciologie des VAW. Dans le cadre de ses nombreuses tâches, il assumait la responsabilité des réseaux de mesure des VAW, destinés à l'estimation de la valeur en eau du manteau neigeux des Alpes suisses et à la détermination des précipitations saisonnières et annuelles tombées sur certains bassins versants. De plus, il supervisait les études glaciologiques et hydrologiques des VAW sur les glaciers de Gries (Aegina), de Limmern, de Plattalva et de la Silvretta. Il a finalement collaboré à de nombreuses expertises et à plusieurs projets de recherches de ces deux sections. Il a ainsi accumulé un nombre incalculable de données fondamentales sur les variations annuelles des glaciers qui, pour la plupart, constituent l'essentiel de nos rapports; citons, par exemple, celles concernant les bilans de masse. Les cartes glaciologiques spéciales qu'il a établies sur les glaciers mentionnés ci-dessus méritent une mention toute particulière.*

### **Evénements particuliers**

*Depuis quelques années, le groupe de mécanique glaciaire des VAW étudie de manière approfondie les mouvements du glacier de Findelen, et son activité a été décrite dans nos précédentes chroniques. On a à nouveau procédé, au printemps de 1985, à des forages parvenant jusqu'au lit de la langue glaciaire, afin de suivre les relations existant entre les oscillations rapides de la vitesse d'écoulement de la glace à la surface du glacier et les variations de la pression hydrostatique au fond de celui-ci. Conjointement à ces mesures de vitesse et de pression, on a déterminé avec précision la modification de l'inclinaison et de la forme de plusieurs trous de forage, ce qui permet de tirer des conclusions sur les propriétés de déformation de la glace et sur le rapport entre l'écoulement et le glissement, les deux composantes du mouvement de celle-ci. Les résultats préliminaires montrent que, dans la région examinée, le glacier, épais de 165 m environ, se déplace par glissement surtout (proportion de 80 % environ), tandis que la déformation de la masse de glace ne contribue que pour 20 % environ à la vitesse superficielle de déplacement [Iken et Bindschadler, 1986].*

*De fortes et subites accélérations du mouvement de la glace apparaissent fréquemment à la fin de l'été ou en automne dans des langues glaciaires abruptes. Comme nous l'avons décrit par le texte et par l'image dans plusieurs rapports précédents, elles sont liées à des éboulements, comme celui du glacier du Balmhorn survenu en été 1983 (cf. 104e rapport). Nous citons ci-après le rapport de J. Alean et W. Schmid, VAW:*

*"Après une année de calme relatif, ces phénomènes ont repris en été 1985, particulièrement entre août et octobre. Une grosse avalanche de glace (estimée à 0.5 à 0.8 million de m<sup>3</sup>) s'est ainsi précipitée, dans la nuit du 6 au 7 octobre, sur les alpages en terrasses de Wildelsigen et a atteint le fond de la vallée de Gastern [Röthlisberger, 1987]. De même, le glacier de l'Allalin, dont la langue se disloque presque chaque année depuis son écroulement de 1965, est redevenu actif depuis l'été, après un répit d'une année environ. Ces éboulements ont été intégralement suivis du début à la fin par une caméra automatique, à raison d'une photo par jour [Alean, 1985a]" (cf. photos 14-18, chap. 4.2).*

Tabelle 2.1: Vermessungsflüge in den Jahren 1984 und 1985

Tableau 2.1: Vols photogrammétriques des années 1984 et 1985

## a) Jährlich wiederholte Aufnahmen - Levés annuels

## - Beobachtungsnetz der Gletscherkommission - Réseau de la Commission des glaciers:

Nr. <sup>1)</sup>	Gletscher	Aufnahmedatum		Luftbild- nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch <sup>2)</sup>	Fuss- note
		1984	1985				
1	Rhône	17.10.		4958 - 4966	12	L+T	3)
		17.10.		4950 - 4957	13	L+T	
			10. 9.	5507 - 5514	12	L+T	3)
			10. 9.	5531 - 5535	13	L+T	
5	Grosser Aletsch	17.10.		4914 - 4927	5	L+T	4) 5)
		17.10.		4928 - 4939	6	L+T	
		17.10.		4940 - 4949	7	L+T	
			2. 9.	5305 - 5312	1	L+T	
			2. 9.	5293 - 5302	2	L+T	
			2. 9.	5315 - 5328	5	L+T	
			2. 9.	5329 - 5338	6	L+T	
			9. 9.	5441 - 5454	7	L+T	
H1	Hohlicht	16.10.		4923 - 4938	17	V+D	6) 7)
		16.10.		4861 - 4881	18	V+D	
			2. 9.	9486 - 9501	17	V+D	6) 7)
			12. 9.	5309 - 5327	18	V+D	
10	Schwarzberg		12. 9.	5387 - 5392	4	V+D	
47	Sex Rouge	17.10.		4883 - 4899	15	L+T	8)
48	Prapio		9. 9.	5421 - 5431	15	L+T	
55	Trift (Gadmen)	28. 8.		4133 - 4141	11	L+T	
			10. 9.	5515 - 5520	11	L+T	
56	Rosenlauri	17.10.		4910 - 4913	10	L+T	
			10. 9.	5503 - 5506	10	L+T	
57	Oberer Grindelwald	28. 8.		4142 - 4148	9	L+T	
			10. 9.	5475 - 5484	9	L+T	
			10. 9.	5485 - 5494	9	L+T	
58	Unterer Grindelwald	28. 8.		4149 - 4153	8	L+T	
			10. 9.	5495 - 5502	8	L+T	
61	Gamchi	17.10.		4872 - 4882	2	L+T	9)
64	Blümlisalpe		9. 9.	5372 - 5382	2	L+T	
104	Basodino	17.10.		4849 - 4855	14	L+T	
			10. 9.	5536 - 5542	14	L+T	

Bemerkungen zu den Fussnoten siehe Seite 47 - Remarques ou notes explicatives voir page 47.

Tabelle 2.1: Fortsetzung 1

Tableau 2.1: Continuation 1

- Beobachtungsnetz "Gefährliche Gletscher" - Réseau "Glaciers dangereux":

No. <sup>1)</sup>	Glacier	Date du levé		Clichés numéros	Ligne de vol no.	Levé par <sup>2)</sup>	Note expl.
		1984	1985				
Mö	Mönch (Südflanke)	17.10.		4904 - 4909	4	L+T	10)
			9. 9.	5357 - 5364	4	L+T	10)
Rb	Rotblatt	16.10.		4837 - 4849	9	V+D	11)
Rt	Rottal VS		12. 9.	5367 - 5378	9	V+D	11)
Hb	Hohlaub	16.10.		4784 - 4810	5	V+D	12)
13	Fee		12. 9.	5328 - 5350	5	V+D	12)
Hm	Hohbalm						
Tr	Tälli (Fletschhorn)	16.10.		4824 - 4836	8	V+D	13)
Ht	Hohletrift		12. 9.	5356 - 5366	8	V+D	13)
Bi	Bider	16.10.		4780 - 4783	10	V+D	
			12. 9.	5351 - 5354	10	V+D	
Gr	Gruben (Grüebu)	16.10.		4770 - 4779	6	V+D	
			2. 9.	9444 - 9454	6	V+D	
Ki	Kin	16.10.		4850 - 4860	12	V+D	14)
Fi	Festi		2. 9.	9476 - 9485	12	V+D	14)
Hg	Hohberg						
107	Bis (siehe Hohlicht)						
Dg	Distlig		10. 9.	5570 - 5616	16	L+T	15)
St	Stammbach						
Bh	Birch						
Ne	Nest						
49	Pierredar (siehe Sex Rouge/Prapio)						
Hf	Hochfirn (Jungfrau)	17.10.		4900 - 4903	3	L+T	10)+16)
			9. 9.	5365 - 5371	3	L+T	10)+16)
Si	Sillen	17.10.		4856 - 4872	1	L+T	17)
Ba	Balmhorn		9. 9.	5383 - 5400	1	L+T	17)
Al	Altels		24.10.	5966 - 5978	1	V+D	
Al	Altels (tiefe Fluglinie)		9. 9.	5466 - 5477	1a	L+T	
			24.10.	5955 - 5965	1a	V+D	
105	Rossboden	2. 8.		4512 - 4522	7	V+D	
		2. 8.		4504 - 4511	7a	V+D	18)
			12. 9.	5394 - 5403	7	V+D	18)
			12. 9.	5379 - 5386	7a	V+D	

Tabelle 2.1: Fortsetzung 2

Tableau 2.1: Continuation 2

- Untersuchungsobjekte der VAW/ETHZ - *Glaciers étudiés par les VAW/EPFZ:*

No. <sup>1)</sup> Glacier	Date du levé		Clichés numéros	Ligne de vol no.	Levé par <sup>2)</sup>	Note expl.
	1984	1985				
11 Allalin	16.10.		4738 - 4747	1	V+D	19)
	16.10.		4748 - 4757	2	V+D	
		23. 9.	5492 - 5507	1	V+D	19)
		23. 9.	5508 - 5517	2	V+D	
		23. 9.	5538 - 5547	2	V+D	
		16.10.	5883 - 5892	2	V+D	
19 Turtmann Di	16.10.		4908 - 4922	14	V+D	20)
		2. 9.	9509 - 9523	14	V+D	20)
TB Tournelon Blanc	17.10.		5009 - 5014	24	V+D	21)
		2. 9.	9533 - 9539	24	V+D	21)
37 Giétro	17.10.		5034 - 5045	22	V+D	
		17.10.	5015 - 5033	23	V+D	
		2. 9.	9560 - 9572	22	V+D	
		2. 9.	9540 - 9559	23	V+D	
		2. 9.	9524 - 9532	25	V+D	22)
		27. 9.	6259 - 6269	22	V+D	
		27. 9.	6238 - 6253	23	V+D	
		27. 9.	6280 - 6289	25	V+D	22)

b) Mehrjährlich wiederholte Aufnahmen - *Levés à intervalles pluriannuels*- Beobachtungsnetz der Gletscherkommission - *Réseau de la Commission des glaciers:*

Nr. <sup>1)</sup> Gletscher	Aufnahmedatum		Luftbildnummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch <sup>2)</sup>	Fussnote
	1984	1985				
53 Stein		10. 9.	5521 - 5531	1	L+T	
54 Steinlimmi						
63 Lämmern		9. 9.	5432 - 5440	32	L+T	
Wi Wildstrubel		10. 9.	5559 - 5569	32	L+T	
Wi Wildstrubel		10. 9.	5543 - 5558	31	L+T	
111 Ammertten						
65 Rätzli						
112 Dungen		9. 9.	5401 - 5406	33	L+T	
113 Gelten		9. 9.	5407 - 5420	33	L+T	
72 Brunni	16.10.		4770 - 4777	39	L+T	23)
		13. 9.	5948 - 5955	39	L+T	23)
73 Hüfi	20. 9.		4707 - 4718	39	L+T	24)
		11. 9.	5641 - 5651	39	L+T	24)

Tabelle 2.1: Fortsetzung 3

Tableau 2.1: Continuation 3

No. <sup>1)</sup>	Glacier	Date du levé		Clichés numéros	Ligne de vol no.	Levé par <sup>2)</sup>	Note expl.
		1984	1985				
74	Griess UR	16.10.		4805 - 4813	38G	L+T	25)
				12. 9.	5805 - 5814	38	L+T
77	Biferten	20. 9.		4719 - 4725	40	L+T	26)
77	Biferten		12. 9.	5784 - 5794	40	L+T	26)
83	Punteglias		12. 9.	5913 - 5924	40	L+T	26)
Cl	Clariden	16.10.		4795 - 4804	42	L+T	27)
				11. 9.	5630 - 5640	42	
78	Limmern	20. 9.		4726 - 4737	41	L+T	28)
114	Plattalva		12. 9.	5795 - 5804	41	L+T	28)
81	Pizol	16.10.		4750 - 4755	35	L+T	
				12. 9.	5933 - 5936	35	
Ma	Maighels	16.10.		4778 - 4783	40	L+T	29)
				13. 9.	5956 - 5961	40	L+T
Mc	Medel	16.10.		4784 - 4794	41	L+T	30)
82	Lavaz		13. 9.	5963 - 5973	41	L+T	30)
85	Vorab	16.10.		4763 - 4769	34	L+T	
				13. 9.	6057 - 6061	34	
115	Scaletta		20. 9.	6083 - 6092	46	L+T	
Gh	Grialetsch						
88	Porchabella		20. 9.	6073 - 6082	47	L+T	
89	Verstankla		13. 9.	6031 - 6048	37	L+T	31)
96	Tiatscha						
90	Silvretta		13. 9.	6012 - 6030	36	L+T	32)
91	Sardona	16.10.		4756 - 4762	36	L+T	
				12. 9.	5925 - 5932	36	
92	Roseg		11. 9.	5729 - 5737	39	L+T	
93	Tschierva						
94	Morteratsch		15. 8.	A 103 - 112	S	V+D	IR
				11. 9.	5738 - 5748	40	
95	Calderas		11. 9.	5662 - 5673	38	L+T	34)
97	Sesvenna		23. 9.	6096 - 6102	34	L+T	
98	Lischana		13. 9.	6049 - 6056	35	L+T	35)

Tabelle 2.1: Fortsetzung 4

Tableau 2.1: Continuation 4

Nr. <sup>1)</sup>	Gletscher	Aufnahmedatum		Luftbildnummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch <sup>2)</sup>	Fussnote
		1984	1985				
99	Cambrena		11. 9.	5749 - 5762	37	L+T	36)
100	Palü						
101	Paradisino (Camp)		11. 9.	5763 - 5768	43	L+T	37)
102	Forno		11. 9.	5701 - 5712	41	L+T	
116	Albigna		11. 9.	5713 - 5728	42	L+T	38)

## - Untersuchungsobjekte der VAW/ETHZ - Glaciers étudiés par les VAW/EPFZ:

No. <sup>1)</sup>	Glacier	Date du levé		Clichés numéros	Ligne de vol no.	Levé par <sup>2)</sup>	Note expl.
		1984	1985				
16	Findelen	16.10.		4882 - 4907	19	V+D	
			17.10.		4999 - 5005	19a	
			2. 9.	9455 - 9475	19	V+D	
			2. 9.	9502 - 9508	19a	V+D	
Ti	Titlis (Galtiberg)		23. 9.	5483 - 5490	A	V+D	39)
VB	Val Bercla		22. 8.	4704 - 4706	31	L+T	
Mu	Val Muragl		26. 9.	9588 - 9592	29	V+D	40)

1 In Abbildung 3.1a bzw. 3.2a sind die Gletscher des Beobachtungsnetzes (s. Tab. 3.3) mit ihrer Nummer, die anderen mit ihren Initialen bezeichnet. - Dans les figures 3.1a et 3.2a, les glaciers du réseau d'observations (v. tabl. 3.3) sont indiqués par leur numéro, les autres par leurs initiales.

2 Die Flüge sind ausgeführt worden durch - Les vols ont été effectués par:

L+T: Bundesamt für Landestopographie - Office fédéral de la topographie

V+D: Eidgenössische Vermessungsdirektion - Direction fédérale des mensurations cadastrales

3 - 40 Zusätzlich erfasste Gletscher - Autres glaciers saisis par le vol:

3	Gersten	14	Weingarten	29	Fuorcla
4	Mittelaletsch	15	Lauibach, Augstkummen, Hangend	30	Uffiern, Puzetta, Valdraus, Sut
5	Schönbühl, Wannenhorn, Mittelaletsch	16	Kühlauen, Giessen, Rottal (Jungfrau)	31	Vernela, Las Maisas
6	Schali	17	Rinderhorn, Schwarz, Tatlishorn,	32	Ochsentaler, Klostertaler
7	Ross, Schmal		Faulen, Doldenhorn	33	Pers, Prievelus, Boval
8	Dard, Mauvais, Culan	18	Griessenen, Bodmer	34	Err, Agnel, Traunter Ovas, Laviner
9	Gspaltenhorn, Bütlassen, Vorderer Blüemlisalp, Oeschinen, Fründen, Doldenhorn	19	Kessjen (Chessjen)	35	Rims
		20	Brunegg (Turmann Ost)	36	Arlas, Varuna
		21	Bocheresse	37	Valnera, Campo
10	Eiger, Guggi	22	Cheillon, Luette, Lire Rose	38	Forno, Castello, Cantone
11	Hohkraut (Trift), Mellig (Mälliga)	23	Stalden, Bächen	39	Firnalmeli (West)
12	Fall, Kessjen (Chessjen, Westteil: Felskinn)	24	Ober Hüfi, Hälsi, Ruchen (Süd)	40	Vadret, Muragl
		25	Ruchen (Nord), im Griess		
13	Hohkraut (Trift), Trift (Hohlaub, Lagginhorn), Laquin (Laggin), Weissmies, Zibelenfluh (Sibilufue)	26	Hinterröti		
		27	Spitzalmeli, Lang (Fiseten)	IR	Infrarot-Farbdiapositive
		28	Selbsanft, Frisal		



## 3. LÄNGENÄNDERUNG DER GLETSCHER

### 3.1 EINLEITUNG

Die Ergebnisse der Beobachtungen am Netz der GK/SANW sind in Tabelle 3.1 für das erste, in Tabelle 3.2 für das zweite der beiden Berichtsjahre zusammengefasst. Die Kartenskizzen der Abbildungen 3.1b und 3.2b geben eine Uebersicht der Einzelergebnisse, die in Tabelle 3.3 zusammengestellt und grossenteils durch besondere in Kapitel 3.4 zusammengefasste Bemerkungen der Beobachter kommentiert sind. In Abbildung 3.3 sind die Hauptergebnisse der 106 Berichtsjahre seit 1880 zusammenfassend dargestellt durch die jährlichen Angaben über a) die Zahl der klassierten und der für die Berechnung der mittleren Längenänderung berücksichtigten Gletscher, b) den Prozentanteil der wachsenden und der schwindenden Gletscher sowie c) den Wert der durchschnittlichen Längenänderung. Die Zahlengrundlagen dazu sind im Anhang des Jubiläumsjahrbuchs (99./100. Gletscherbericht [Kasser et al., 1986], Kap. 6B.3, Tab. 35) für die Beobachtungsjahre 1879/80 bis 1978/79 veröffentlicht und im 101. - 106. Gletscherbericht ergänzt.

### **3.2 ERGEBNISSE DES 105. BEOBACHTUNGSJAHRES (1983/84)**

Im Berichtsjahr hat sich die Zahl der wachsenden Gletscher um 7 auf 53 erhöht, wobei auch die mittlere Längenänderung deutlich (von -1.6 auf 2.5 m) zugenommen hat. Folglich dürfte man annehmen, dass sich die nachlassende Vorstosstendenz der Vorjahre neuerdings wieder verstärkt hat. Dem ist entgegenzuhalten, dass an fast allen auf verschiedenen Gletschern unterhaltenen Messstellen erneut eine weitere Verlangsamung der Gletscherbewegung festgestellt wurde. Der entsprechend verminderten Eiszufuhr zum Gletscherende hat andererseits die Abschmelzung im Sommer 1984 weit weniger entgegengewirkt als in den vorangehenden Jahren. Demnach ist das Ergebnis des Berichtsjahrs bei den Längenänderungen wie auch bei den Massenbilanzen gewissermassen als Spareffekt zu betrachten. Im Gegensatz dazu kann beispielsweise das vergleichbare Ergebnis des Jahres 1980/81 erklärt werden als Überschusseffekt, der aus dem Ungleichgewicht zwischen stark überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen und normaler Abschmelzung bei den Massenbilanzen, zwischen stark erhöhter Eiszufuhr (infolge beschleunigter Gletscherbewegung) und normaler Abschmelzung bei den Längenänderungen entstanden ist.

Im einzelnen ist darauf hinzuweisen, dass bei einigen grossen und flachen Gletscherzungen (**Fiescher, Ried, Zinal**) im Berichtsjahr erstmals ein Längenzuwachs zu verzeichnen war. Bei anderen (**Mortersatsch, Roseg**) ist das Zungenende in den randlichen Partien mit typischen Merkmalen des Vorstossens (aufgewölbter Eisrand, aufgeschobener Moränenwall) vorgerückt, gesamthaft jedoch zurückgegangen. Die Zunge des **Grossen Aletschgletschers** dagegen ist erneut stark verkürzt worden. Sie hat sich deutlich abgesetzt von der Schlucht des Oberaletschbachs, die nur noch von einer abgetrennten Toteismasse überbrückt wird. Noch stärker geschwunden ist die Zunge des **Allalingletschers**, dessen Vorstoss bereits im Vorjahr praktisch zum Stillstand gekommen war.

### 3.3 ERGEBNISSE DES 106. BEOBACHTUNGSJAHRES (1984/85)

Im Berichtsjahr haben sich - wie erwartet - mit der Zunahme der zählbaren Ergebnisse (von 86 auf 117) die Zahlen der vorstossenden (um 4 auf 57), der stationären (um 4 auf 9) und der schwindenden Gletscher (um 23 auf 51) ungleichmässig erhöht. Die stärkere Zunahme der schwindenden Gletscher ist wie die entsprechend stärkere Verminderung dieser Gruppe im Vorjahr in erster Linie dadurch bedingt, dass bei den ungünstigen Schneeverhältnissen im Herbst 1984 der Gletscherrand schwieriger zu orten war als bei den vorstossenden. Die Schwankung der Prozentzahlen der letzten Jahre ist also weitgehend durch den Zufall der Auswahl bestimmt. Lässt man die Ergebnisse des Vorjahres ausser Betracht, ist deutlicher zu erkennen, dass sich die generelle Tendenz in den letzten Jahren nur wenig und eher im Sinne vermehrten Wachstums verändert hat, indem sich im Vergleich mit den schwindenden die schwache Minderheit der wachsenden Gletscher in eine schwache Mehrheit gewandelt hat.

Bei den Ergebnissen der einzelnen Gletscher in Tabelle 3.2 ist festzustellen, dass von den grossen und flachen Gletschern, die im Vorjahr vorzustossen begonnen haben, **Ried** und **Zinal** weiter vorgerückt, der **Fiescher** dagegen erneut zurückgeschmolzen ist. Erstmals auf der ganzen Breite vorgestossen ist als grösster Gletscher der Bündner Alpen auch der **Morteratsch**. In andern Fällen scheint eine mehrjährige Wachstumsphase bereits durch eine Schwundphase abgelöst worden zu sein, beispielsweise bei **Turtmann**, **Brunegg** und **Giétro**. Der beträchtliche Längenzuwachs ist beim Allalin vorwiegend durch eine Zungenrutschung zustande gekommen, während die **Nordzunge des Feegletschers** in den letzten fünf Jahren regelmässig um Beträge zwischen 40 und 65 m vorgerückt ist.

Im Rückblick auf die Entwicklung der klimatischen Gegebenheiten und ihre Auswirkungen auf den Massenhaushalt, die Fliessgeschwindigkeit und das Längenwachstum der Gletscher während der letzten zehn Jahre ist unverkennbar, dass der jüngste Gletschervorstoss in den Schweizer Alpen seinen Höhepunkt zu Beginn dieses Jahrzehnts erreicht hat und sich derzeit bereits in seiner Endphase befindet.

### 3. VARIATION DE LONGUEUR DES GLACIERS

#### 3.1 INTRODUCTION

*Les résultats des observations faites sur le réseau CG/SHSN sont résumés dans les tableaux 3.1 et 3.2 pour chacune des années du rapport. Ils sont présentés in extenso sur les figures 3.1b et 3.2b ainsi que dans le tableau 3.3. Pour la plupart des glaciers, le résultat est commenté par l'observateur dans une note explicative que l'on trouve dans le chapitre 3.4. La figure 3.3 montre les résultats principaux des observations s'étendant sur 106 ans, soit de 1879/80 jusqu'à 1984/85, par les données suivantes: a) nombre de glaciers observés et nombre de valeurs comprises dans la moyenne de la variation en longueur, b) pourcentages des glaciers en crue et des glaciers en décrue, c) variation moyenne en longueur. Les chiffres, sur lesquels se fonde cette figure, sont publiés dans l'annexe du volume jubilaire (99<sup>e</sup>/100<sup>e</sup> rapports [Kasser et al., 1986], chap. 6B.3, tabl. 35) pour la série centenaire de 1879/80 à 1978/79 ainsi que dans les 101<sup>e</sup> à 106<sup>e</sup> rapports glaciologiques.*

#### 3.2 RÉSULTATS DU 105<sup>e</sup> EXERCICE (1983/84)

*Durant cet exercice, le nombre des glaciers en crue a augmenté de 7 unités et s'est élevé à 53; la variation moyenne de longueur s'est aussi modifiée de façon appréciable en passant de - 1.6 à 2.5 m. On pourrait donc en conclure que la tendance à la crue, qui s'était affaiblie ces dernières années, a repris. Il faut cependant tenir compte du fait que l'on a constaté, à presque tous les points de mesures glaciologiques, un nouveau ralentissement du mouvement de la glace. De plus, l'afflux amoindri de glace qui en découle à l'extrémité du glacier, s'est moins opposé à l'ablation, en été 1984, que pendant les années précédentes. Il en résulte donc un effet d'économie, dans le bilan de cet exercice, qui se fait sentir tant sur la variation de longueur des glaciers que sur leurs bilans de masse. On peut opposer à ce résultat celui de l'année 1980/81, qui s'explique par un effet d'abondance, car il est déterminé, pour les bilans de masse, par un déséquilibre entre une pluviosité très excédentaire et une ablation normale; pour la variation de la longueur des langues glaciaires, c'est la conséquence d'une disproportion entre un afflux renforcé, dû à un mouvement accéléré de la glace, et une fusion normale.*

*Citons encore, en particulier, l'accroissement de longueur observée pour la première fois sur quelques vastes glaciers peu inclinés (glaciers de Fiesch, de Ried et de Zinal). Pour d'autres (Morteratsch et Roseg), leur langue a montré, malgré un recul global, des signes caractéristiques de crue dans ses parties latérales (gonflement du bord du glacier, compression de la moraine). En revanche, l'extrémité du grand glacier d'Aletsch s'est de nouveau considérablement raccourcie. Elle s'est complètement retirée de la gorge du torrent de l'Oberaletsch, dans laquelle ne subsiste plus qu'une masse isolée de glace morte. En outre, la langue du glacier de l'Allalin, dont la crue avait pratiquement cessé l'année précédente, s'est retirée dans des proportions encore plus grandes.*

### 3.3 RÉSULTATS DU 106<sup>e</sup> EXERCICE (1984/85)

*Comme l'on pouvait s'y attendre, l'augmentation de 86 à 117 des données chiffrées, mentionnées dans ce rapport, s'est traduite par un accroissement inégal du nombre des glaciers en crue (de 4 sur 57), des glaciers stationnaires (de 4 sur 9) et des glaciers en décrue (de 23 à 51). Tant la forte augmentation de ceux-ci cette année que sa diminution marquée l'an dernier s'expliquent en premier lieu par les conditions défavorables d'enneigement de l'automne 1984; elles ont, en effet, rendu l'observation des fronts glaciaires plus difficile pour les glaciers en décrue que pour ceux en crue. Les variations récentes de pourcentages afférant à ces trois groupes sont donc souvent affectées par le hasard qui préside à leur choix. Si l'on exclut les résultats de l'année précédente, on reconnaît une faible modification de la tendance générale vers un accroissement, la forte minorité des glaciers en crue par rapport à ceux en décrue s'étant muée en une faible majorité. Les chiffres du tableau 3.2, concernant chaque glacier individuellement, montrent que, parmi les grands glaciers à pente faible qui ont commencé à croître l'année précédente, seuls ceux de Ried et de Zinal ont continué de progresser, tandis que celui de Fiesch s'est remis à décroître. Pour la première fois, le glacier de Morteratsch, le plus étendu des Alpes grisonnes, a avancé sur toute sa largeur. Dans d'autres cas, pour les glaciers de Tourtemagne, de Brunegg et de Giétro, par exemple, la phase de croissance semble faire place à une période de retrait. L'allongement important du glacier de l'Allalin est surtout dû à un éboulement de sa langue terminale, tandis que la langue nord du glacier de Fee a progressé régulièrement depuis cinq ans de 40 à 65 m.*

*Si l'on considère l'évolution des conditions climatiques de cette décennie et leur influence sur le bilan de masse, la vitesse d'écoulement et l'accroissement des glaciers, il est évident que la récente crue glaciaire dans les Alpes suisses a atteint son maximum au début des années huitante et qu'elle se trouve maintenant dans sa phase terminale.*

Tabelle 3.1: Längenänderung der Gletscher 1983/84 - Zusammenfassungen

Gebiet	Netz n <sup>1)</sup>	Anzahl Gletscher n der Stichprobe und Prozentanteil p der Klassen						
		Stichprobe (p = 100%) n <sup>2)</sup>	wachsend		stationär		schwindend	
			n <sup>3)</sup>	p [%]	n <sup>4)</sup>	p [%]	n <sup>5)</sup>	p [%]
<b>a) Einzugsgebiete der Hauptflüsse der Schweiz</b>								
Rhone (II)	52	38	26		1		11	
Aare (Ia)	21	19	11		4		4	
Reuss (Ib)	11	5	5		0		0	
Linth/Limmat (Ic)	6	4	3		0		1	
Rhein/ Bodensee (Id)	11	7	3		0		4	
Inn (V)	7	7	1		0		6	
Adda (IV)	5	3	2		0		1	
Tessin (III)	7	3	2		0		1	
Schweiz insgesamt	120	86	53		5		28	
<b>b) Gebirgsregionen der Schweizer Alpen</b>								
nördliche Hauptkette	56	42	25	59.5	4	9.5	13	31.0
- Nordseite (extern)	42	32	21		4		7	
- Südseite (intern)	14	10	4		0		6	
südliche Hauptkette	64	44	28	63.6	1	2.3	15	34.1
- Nordseite (intern)	52	38	24		1		13	
- Südseite (extern)	12	6	4		0		2	
externe Gebiete	54	38	25	65.8	4	10.5	9	23.7
interne Gebiete	66	48	28	58.3	1	2.1	19	39.6
Schweizer Alpen	120	86	53	61.6	5	5.8	28	32.6
Durchschnittliche Längenänderung:		75 <sup>6)</sup>	+ 2.3 Meter / Gletscher					

- In den nachstehenden Aufzählungen sind die Gletscher des Beobachtungsnetzes mit ihrer Nummer (1-120) aus Tabelle 3.3 bezeichnet. Ihre Zuordnung zu den Flusseinzugsgebieten (I-V) ist aus der gleichen Tabelle oder aus Abbildung 3.1a ersichtlich. Die Grenze zwischen den Hauptketten folgt den Tal- oder Passfurchen auf der Linie Col de Balme - Rhone - Furka - Urseren - Oberalp - Vorderrhein - Schanfigg - Flüela - unteres Inntal.
- In der Stichprobe nicht erfasst sind 34 Gletscher aus folgenden Gründen:
  - nicht beobachtet: 8, 9, 12, 21, 29, 30, 32, 34, 35, 36, 46, 66, 67, 75, 76, 80, 103, 108, 110, 115, 116, 117, 118, 120
  - nicht messbar (eingeschneit): 33, 49, 72, 74, 81, 82, 85, 91, 101, 113.
- Wachsende Gletscher: 2, 3, 4, 7, 10, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 50, 53, 54, 56, 59, 60, 61, 63, 64, 68, 69, 70, 71, 73, 78, 79, 87, 89, 90, 93, 99, 100, 104, 105, 107, 109, 112, 114.
- Stationäre Gletscher: 23, 52, 55, 57, 111.
- Schwindende Gletscher: 1, 5, 6, 11, 14, 15, 31, 39, 47, 48, 51, 58, 62, 65, 77, 83, 84, 86, 88, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 102, 106, 119.
- Für die Berechnung der mittleren Längenänderung ist das Ergebnis von 11 Gletschern aus folgenden Gründen nicht berücksichtigt:
  - Beeinflussung durch künstlichen See: 50
  - Wert für mehrere Jahre oder ungenau: 13, 64, 100
  - keine Zahlenangabe: 55, 56, 58, 99, 106, 107, 112.

Tableau 3.2: Variation de longueur des glaciers en 1984/85 - Récapitulations

Région	réseau n <sup>1)</sup>	Nombre des glaciers n des ensemble et part relative p des classes classes de l'échantillon						
		échantillon (p = 100%) n <sup>2)</sup>	en crue		stationnaires		en décrue	
			n <sup>3)</sup>	p [%]	n <sup>4)</sup>	p [%]	n <sup>5)</sup>	p [%]
<b>a) Bassins versants principaux de la Suisse</b>								
Rhône (II)	52	50	22		2		26	
Aare (Ia)	21	20	12		5		3	
Reuss (Ib)	11	11	6		0		5	
Linth/Limmat (Ic)	6	6	2		1		3	
Rhin/ Bodan (Id)	11	11	4		0		7	
Inn (V)	7	7	3		1		3	
Adda (IV)	5	5	2		0		3	
Tessin (III)	7	7	6		0		1	
total suisse	120	117	57		9		51	
<b>b) Régions orographiques des Alpes suisses</b>								
chaînes septentrionales	56	54	25	46.3	7	13.0	22	40.7
- versant nord (externe)	42	40	20		7		13	
- versant sud (interne)	14	14	5		0		9	
chaînes méridionales	64	63	32	50.8	2	3.2	29	46.0
- versant nord (interne)	52	51	24		2		25	
- versant sud (externe)	12	12	8		0		4	
régions externes	54	52	28	53.8	7	13.5	17	32.7
régions internes	66	65	29	44.6	2	3.1	34	52.3
Alpes suisses	120	117	57	48.7	9	7.7	51	43.6
Variations moyenne de longueur		74 <sup>6)</sup>	+ 1.4 mètres / glacier					

1 Dans les listes suivantes, les glaciers du réseau d'observations sont cités par leur numéro (1-120) du tableau 3.3. Leur répartition sur les bassins versants (I-V) est indiquée dans le même tableau ou dans la figure 3.2a. La limite entre les chaînes principales suit le sillon des vallées ou cols suivants: Col de Balme - Rhône - Furka - Urseren - Oberalp - Rhin antérieur - Schanfigg - Flüela - vallée basse de l'Inn.

2 Pour la raison suivante, 3 glaciers ne sont pas compris dans l'échantillon:

- non observés: 46, 108, 110.

3 Glaciers en crue: 2, 9, 11, 13, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 38, 40, 41, 42, 43, 49, 50, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 77, 81, 87, 89, 90, 91, 93, 94, 96, 99, 100, 103, 104, 105, 107, 109, 112, 113, 117, 118, 120.

4 Glaciers stationnaires: 39, 47, 52, 54, 55, 63, 65, 78, 97.

5 Glaciers en décrue: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 19, 20, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 44, 45, 48, 51, 62, 66, 72, 73, 74, 76, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 92, 95, 98, 101, 102, 106, 111, 114, 115, 116, 119.

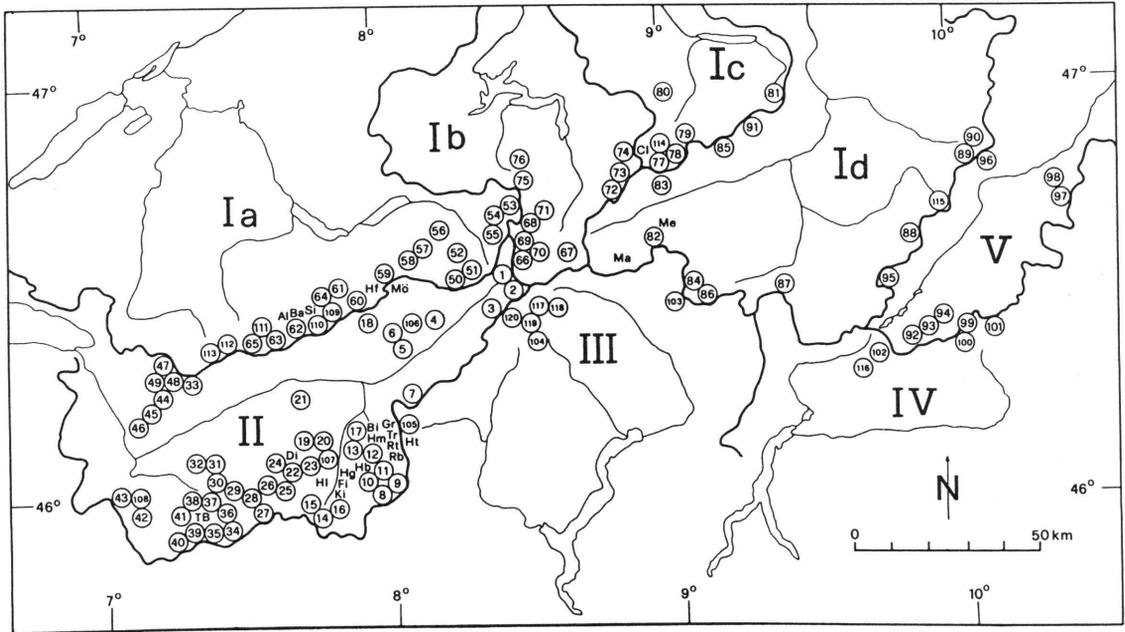
6 Pour le calcul de la variation moyenne de longueur, on a omis les résultats de 43 glaciers pour les raisons suivantes:

- valeur valable pour plusieurs années: 8, 9, 12, 13, 14, 21, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 66, 67, 74, 75, 76, 80, 81, 82, 85, 91, 99, 101, 103, 106, 117, 118, 120

- valeur non chiffrée: 3, 49, 55, 56, 58, 64, 72, 90, 107, 112, 113, 115, 116.

Abbildung 3.1: Die Gletscher der Schweizer Alpen - Beobachtungsnetz 1984

a) Beobachtungen im Jahre 1984



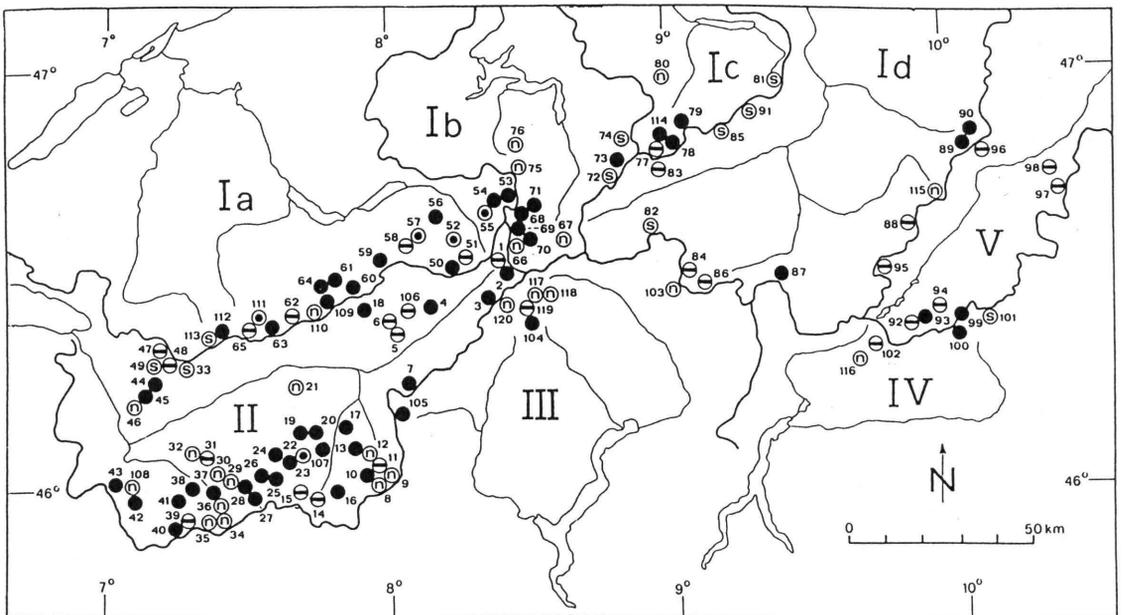
Legende:

1-120: Beobachtungsnetz (Tab. 3.1+3.3)

Al-Tr: andere Gletscher (Tab. 2.1)

I-V: Flusseinzugsgebiete (Tab. 3.3)

b) Längenänderung der Gletscher 1984



Legende:

● Vorstoss

○ stationär

⊖ Rückzug

⊕ unbestimmt (eingeschnitten)

⊘ nicht beobachtet



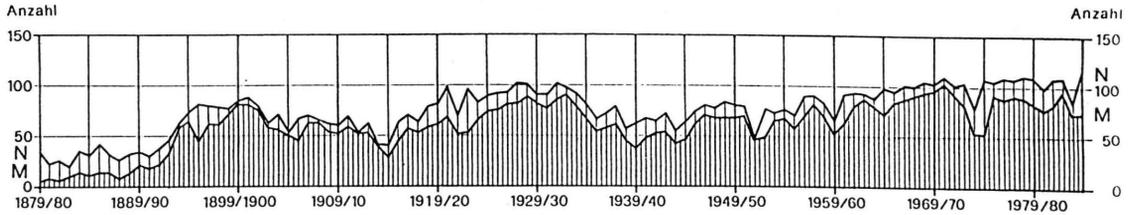
Abbildung 3.3: Längenänderung der Gletscher in den Schweizer Alpen - Hauptergebnisse der Jahre 1879/80 bis 1984/85

Figure 3.3: Variation de longueur des glaciers dans les Alpes suisses - Résultats principaux des années 1879/80 à 1984/85

a) Jährliche Stichproben - Echantillons annuels

N = Anzahl klassierte Gletscher (Abb. 3.3b) - Nombre de glaciers classés (fig. 3.3b)

M = Anzahl gemittelte Werte (Abb. 3.3c) - Nombre de valeurs comprises dans la moyenne (fig. 3.3c)

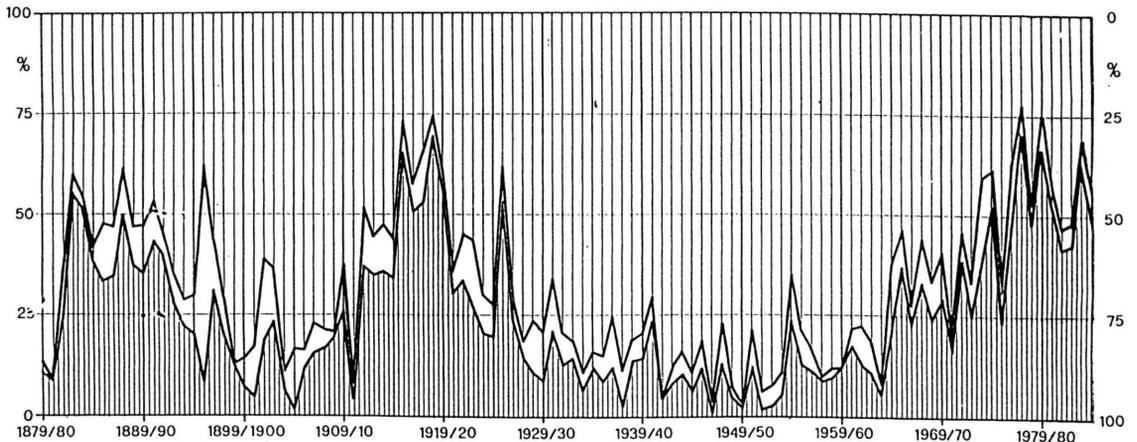


b) Prozentanteile der wachsenden, stationären und schwindenden Gletscher - Pourcentages des glaciers en crue, stationnaires ou en décrue

wachsend  
en crue

stationär  
stationnaire

schwindend  
en décrue



c) Mittlere Längenänderung (in Metern) - Variation moyenne de longueur (en mètres)

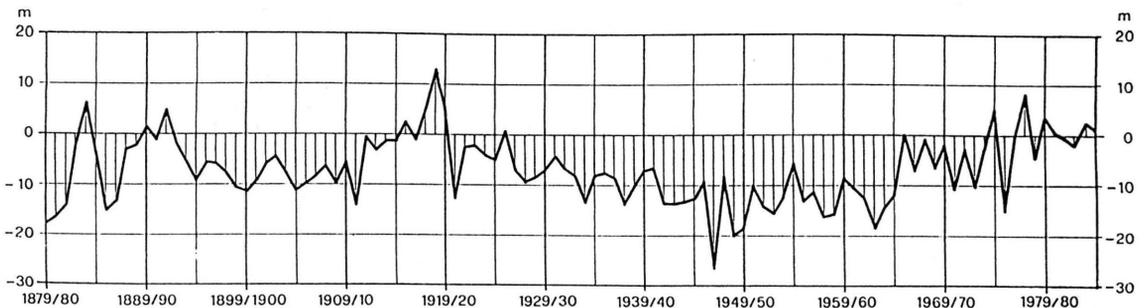


Tabelle 3.3: Längenänderung der Gletscher in den Jahren 1983/84 und 1984/85

Tableau 3.3: Variation de longueur des glaciers en 1983/84 et 1984/85

Nr. a)	Gletscher	Kt. b)	Längenänderung c)		Höhe d) [m ü.M.] 1985	Messdatum [Tag, Monat]		
			1983/84	1984/85		1983	1984	1985
<b>Einzugsgebiet der Rhone - Bassin du Rhône (II)</b>								
1 <sup>e</sup>	Rhone	VS	- 1.5	- 1.2	2124	14. 9.	30. 8.	11.10.
2	Mutt	VS	+18	+ 12	2582	19. 8.	30. 8.	13. 8.
3 <sup>e</sup>	Gries (Aegina)	VS	+ 6.0	- x	2384	27. 9.	26. 9.	29.10.
4 <sup>e</sup>	Fiescher	VS	+ 3.7	- 5.4	1665.0	22. 9.	7.10.	29. 8.
5 <sup>e</sup>	Grosser Aletsch	VS	- 46.3	- 45.6	1548.4	21. 9.	9.10.	29.10.
106 <sup>e</sup>	Mittelaletsch	VS	- x	- 13.6 <sup>2a</sup>	2151.8	21. 9.	17.10.	1.10.
6	Oberaletsch	VS	- 5.7	- 9.5	2140.4	6.11.	8.10.	27.10.
7 <sup>e</sup>	Kaltwasser	VS	+ 1.7	- 3.7	2640	22. 9.	28. 9.	11. 9.
8	Tälliboden	VS	n	- 9.0 <sup>2a</sup>	2628.7	30. 9.	n	3.10.
9	Ofental	VS	n	+ 10.7 <sup>2a</sup>	2640.4	30. 9.	n	3.10.
10 <sup>e</sup>	Schwarzberg	VS	+ 2.7	- 1.5	2648.9	28. 9.	1.10.	4.10.
11 <sup>e</sup>	Allalin	VS	- 59.1	+ 44.3	2158.5	7.10.	16.10.	16.10.
12	Kessjen	VS	n	- 5.1 <sup>2a</sup>	2853.0	27. 9.	n	1.10.
13 <sup>e</sup>	Fee (Nord)	VS	+40 ca.	+ 92.5 <sup>2a</sup>	1919.0	11.10.	17.10.	5.11.
14 <sup>e</sup>	Gorner	VS	- 8	- 42.7 <sup>2a</sup>	2078	7.10.	14.10.	23.10.
15 <sup>e</sup>	Zmutt	VS	- 6	- 4	2242	18. 8.	29. 8.	1. 8.
16 <sup>e</sup>	Findelen	VS	+ 16.1	+ 27.7	2480 ca.	7.10.	29.10.	2. 9.
107 <sup>e</sup>	Bis	VS	+ x	+ x	2000 ca.	19. 9.	16.10.	12. 9.
17 <sup>e</sup>	Ried	VS	+ 1.3	+ 2.5	2056.2	1.10.	29. 9.	2.10.
18 <sup>e</sup>	Lang	VS	+ 13	+ 23	2048	27. 9.	26. 9.	18.10.
19 <sup>e</sup>	Turtmann (West)	VS	+ 18.2	- 14.6	2261	12.10.	12.10.	17. 9.
20 <sup>e</sup>	Brunegg (Turtmann-Ost)	VS	+ 48.7	- 6.8	2453	12.10.	12.10.	17. 9.
21 <sup>e</sup>	Bella Tola	VS	n	+ 1.0 <sup>2a</sup>	-	28. 9.	n	11. 9.
22 <sup>e</sup>	Zinal	VS	+ 22.7	+ 16	2030 <sup>84</sup>	2.10.	18. 9.	23. 9.
23 <sup>e</sup>	Moming	VS	+ 0.7	+ 3.3	2370	2.10.	18. 9.	23. 9.
24	Moiry	VS	+ 9	+ 3	2390 <sup>83</sup>	28. 9.	21.10.	19.10.
25 <sup>e</sup>	Ferpècle	VS	+ 15	+ 16	2095 <sup>83</sup>	15.10.	16.10.	17.10.
26	Mont Miné	VS	+ 5	+ 9	1963 <sup>83</sup>	15.10.	15.10.	15.10.
27	Arolla (M. Collon)	VS	+ 7.6	+ 14.4	2135 <sup>83</sup>	15.10.	17.10.	17.10.
28	Tsidjiore Nouve	VS	+ 26	+ 21	2205 <sup>83</sup>	15.10.	17.10.	17.10.
29	Cheillon	VS	n	- 2.6 <sup>2a</sup>	2630 <sup>83</sup>	29. 9.	n	21. 9.
30	En Darrey	VS	n	- 21.8 <sup>2a</sup>	2490 <sup>83</sup>	24. 9.	n	22. 9.
31	Grand Désert	VS	- 1.8	- 21.1	2755 <sup>83</sup>	? . 9.	12. 9.	10.10.
32	Mont Fort (Tortin)	VS	n	- 20.0 <sup>2a</sup>	2695 <sup>83</sup>	? . 9.	n	6.10.
33 <sup>e</sup>	Tsanfleuron	VS	sn	- 32 <sup>2a</sup>	2417 <sup>69</sup>	27. 9.	16.10.	24./26.9.
34 <sup>e</sup>	Otemma	VS	n	- 101.5 <sup>2a</sup>	2430 <sup>83</sup>	24. 9.	n	28. 9.
35 <sup>e</sup>	Mont Durand	VS	n	- 4 <sup>2a</sup>	2260 <sup>83</sup>	25. 9.	n	29. 9.
36 <sup>e</sup>	Breney	VS	n	- 14.5 <sup>2a</sup>	2575 <sup>82</sup>	24. 9.	n	28. 9.
37 <sup>e</sup>	Giétro	VS	+ 1.4	- 10.2	2480 ca.	23. 9.	17.10.	27. 9.
38 <sup>e</sup>	Corbassière	VS	+ 7	+ 18	2171.5	31. 8.	14. 9.	6. 9.

a-e Bemerkungen zu den Fussnoten und Legende der Abkürzungen siehe Seite 62 - *Remarques ou notes explicatives et légende des abréviations voir page 62.*

Tabelle 3.3: Fortsetzung 1

Tableau 3.3: Continuation 1

No. <sup>a)</sup>	Glacier	Cl. <sup>b)</sup>	Variation de longueur <sup>c)</sup>		Altitude <sup>d)</sup> [m s.m.] 1985	Date des mesures [jour, mois]		
			1983/84	1984/85		1983	1984	1985
39 <sup>e</sup>	Valsorey	VS	-11.0	- 0	2395	8. 9.	11. 9.	10. 9.
40	Tseudet	VS	+ 2.0	+ 3.0	2423	8. 9.	11. 9.	10. 9.
41 <sup>e</sup>	Boveyre	VS	+ 2.0	+ 4.0	2597	8. 9.	11. 9.	10. 9.
42	Saleina	VS	+ 8.0	+ 1.5	1697.5	8. 9.	12. 9.	13. 9.
108	Omy	VS	n	n	2645 <sup>82</sup>	n	n	n
43 <sup>e</sup>	Trient	VS	+ 8	+10	1754	12. 8.	15.10.	17.10.
44 <sup>e</sup>	Paneyrosse	VD	+22.4	- 17.3	-	29. 9.	3.11.	19. 9.
45 <sup>e</sup>	Grand Plan Névé	VD	+17.2	- 27.8	-	29. 9.	3.11.	19. 9.
46	Martinets	VD	n	n	-	n	n	n
47 <sup>e</sup>	Sex Rouge	VD	- 2.5	- 0.8	-	25. 9.	12. 9.	7.10.
48 <sup>e</sup>	Prapio	VD	- 4.3	- 3.5	-	25. 9.	7.10.	9.11.
49 <sup>e</sup>	Pierredar	VD	sn	+ x <sup>2a</sup>	-	15. 9.	17.10.	9. 9.
<b>Einzugsgebiet der Aare - Bassin de l'Aar (Ia)</b>								
50 <sup>e</sup>	Oberaar	BE	+10	+ 5.2	2302.2	15. 9.	17.10.	30. 8.
51 <sup>e</sup>	Unteraar	BE	- 17.9	- 17.2	1908.8	15. 9.	17.10.	30. 8.
52	Gauli	BE	0	0	2150 <sup>77</sup>	30. 9.	16.10.	26. 9.
53 <sup>e</sup>	Stein	BE	+20	+ 2	1934	30. 9.	14.10.	28. 9.
54	Steinlimmi	BE	+ 4.5	0	2092	30. 9.	14.10.	28. 9.
55 <sup>e</sup>	Trift (Gadmen)	BE	st	st	1670 <sup>80</sup>	19. 9.	28. 8.	10. 9.
56 <sup>e</sup>	Rosenloui	BE	+ x	+ x	1860 ca.	23. 9.	17.10.	10. 9.
57 <sup>e</sup>	Oberer Grindelwald	BE	0	+25	1225 ca.	5.11.	31.10.	24.10.
58 <sup>e</sup>	Unterer Grindelwald	BE	- x	+ x	1090 ca.	15. 8.	20.10.	24.10.
59 <sup>e</sup>	Eiger	BE	+ 6.3	+ 1.7	2115	29. 9.	20. 9.	26. 9.
60 <sup>e</sup>	Tschingel	BE	+ 5.6	+ 4.6	2265	30. 9.	21. 9.	27. 9.
61 <sup>e</sup>	Gamchi	BE	+ 6.5	+ 2.4	1990	28. 9.	11.10.	14. 9.
109 <sup>e</sup>	Alpetli (Kanderfim)	BE	+ 5.4	+ 9.4	2250	15. 9.	16.10.	18. 9.
110	Lötschberg	BE	n	n	-	n	n	n
62 <sup>e</sup>	Schwarz	VS	- 3.6	- 2.5	2215	6. 9.	1.10.	23. 9.
63 <sup>e</sup>	Lämmern	VS	+ 3.9	- 0.6	2520	7. 9.	2.10.	24. 9.
64 <sup>e</sup>	Blümlisalp	BE	+ 5 ca.	+ x	2197 <sup>80</sup>	18. 8.	17.10.	9. 9.
111 <sup>e</sup>	Ammerten	BE	- 0.5	- 1.4	2345 ca.	25. 9.	30. 9.	29. 9.
65 <sup>e</sup>	Rätzli	BE	- 3.5	- 0.8	2370	27. 9.	18.10.	21. 9.
112 <sup>e</sup>	Dungel	BE	+ x	+ x <sup>11a</sup>	2465	n	1. 9.	9. 9.
113 <sup>e</sup>	Gelten	BE	sn	+ x <sup>11a</sup>	2295 <sup>69</sup>	n	1. 9.	9. 9.
<b>Einzugsgebiet der Reuss - Bassin de la Reuss (Ib)</b>								
66 <sup>e</sup>	Tiefen	UR	n	- 4.0 <sup>2a</sup>	2490 <sup>75</sup>	21. 9.	n	27. 9.
67 <sup>e</sup>	Sankt Anna	UR	n	+ 1.5 <sup>2a</sup>	2565 <sup>75</sup>	14. 9.	n	24. 9.
68 <sup>e</sup>	Kehlen	UR	+18.4	+ 5.0	2080	21. 9.	19.10.	12. 9.
69 <sup>e</sup>	Rotfim (Nord)	UR	+ 2.0	+ 4.0	2031	20. 9.	19.10.	12. 9.
70 <sup>e</sup>	Damma	UR	+14.5	+19.5	2044 <sup>64</sup>	21. 9.	18.10.	11. 9.
71 <sup>e</sup>	Wallenbur	UR	+11.0	+ 3.0	2234	22./27.9.	23.10.	2. 9.
72 <sup>e</sup>	Brunni	UR	sn	- x <sup>6a</sup>	2335 ca.	27.10.	16.10.	13. 9.
73 <sup>e</sup>	Hüfi	UR	+ 6.0	- 6.0	1640	23. 9.	18.10.	16.10.
74 <sup>e</sup>	Griess (Unterschächen)	UR	sn	- 22.0 <sup>2a</sup>	2218	15. 9.	3.11.	12. 9.
75 <sup>e</sup>	Firnelpeli	OW	n	+ 4 <sup>3a</sup>	2160	n	n	19. 9.
76 <sup>e</sup>	Griessen (Obwalden)	OW	n	- 3.5 <sup>2a</sup>	-	29. 9.	n	1.10.

Tabelle 3.3: Fortsetzung 2

Tableau 3.3: Continuation 2

Nr. <sup>a)</sup>	Gletscher	Kt. <sup>b)</sup>	Längenänderung <sup>c)</sup>		Höhe <sup>d)</sup> [m ü.M.]	Messdatum [Tag, Monat]		
			1983/84	1984/85		1983	1984	1985
<b>Einzugsgebiet der Linth/Limmat - Bassin de la Linth/Limmat (Ic)</b>								
77 <sup>e</sup>	Biferten	GL	- 3.0	+ 3.5	1891.6	5. 9.	22. 8.	29./30.8.
78 <sup>e</sup>	Limmern	GL	+ 6.7	+ 0.8	-	25. 8.	27. 8.	11.10.
114 <sup>e</sup>	Plattalva	GL	+ 2.3	- 2.1	-	27. 8.	29. 8.	11. 9.
79 <sup>e</sup>	Sulz	GL	+13.1	- 6.6	1788	10.10.	25.10.	21.10.
80 <sup>e</sup>	Glärnisch	GL	n	- 2.2 <sup>2a</sup>	2294	9. 9.	n	19. 9.
81 <sup>e</sup>	Pizol	SG	sn	+44.2 <sup>2a</sup>	2550	21. 9.	16.10.	24. 9.
<b>Einzugsgebiet des Rheins/Bodensee - Bassin du Rhin/Bodan (Id)</b>								
82 <sup>e</sup>	Lavaz	GR	sn	- 33.2 <sup>2a</sup>	-	22. 9.	16.10.	10. 9.
83 <sup>e</sup>	Punteglias	GR	-34	- 17	2350	30. 9.	13.10.	28. 9.
84 <sup>e</sup>	Lenta	GR	- 2.0	- 9.5	2300	29. 9.	22.10.	1.10.
85 <sup>e</sup>	Vorab	GR	sn	- 10.6 <sup>2a</sup>	-	8. 9.	16.10.	12. 9.
86 <sup>e</sup>	Paradies	GR	- 5.3	- 16.9	2398.6	7.10.	28. 9.	23. 9.
87 <sup>e</sup>	Suretta	GR	+14.8	+33.3	2185	14. 9.	13. 9.	10. 9.
115 <sup>e</sup>	Scaletta	GR	n	- x <sup>6a</sup>	-	n	n	20. 9.
88 <sup>e</sup>	Porchabella	GR	- 8.5	- 6.5	2636.5	20. 9.	17.10.	8.10.
89 <sup>e</sup>	Verstankla	GR	+ 2	+11.1	2390	28. 8.	29. 8.	3. 9.
90 <sup>e</sup>	Silvretta	GR	+ 2.9	+ x	2429.2 <sup>83</sup>	14. 9.	16. 9.	13. 9.
91 <sup>e</sup>	Sardona	SG	sn	+ 4.8 <sup>2a</sup>	2500	20. 9.	16.10.	20. 9.
<b>Einzugsgebiet des Inns - Bassin de l'Inn (V)</b>								
92 <sup>e</sup>	Roseg	GR	- 4.9	- 9.9	2175	24.10.	29.10.	28. 9.
93 <sup>e</sup>	Tschierva	GR	+11.0	+ 3.6	2140	24.10.	29.10.	28. 9.
94 <sup>e</sup>	Morteratsch	GR	- 4.6	+ 8.4	2000	13.10.	5.10.	26. 9.
95 <sup>e</sup>	Calderas	GR	- 3.6	- 7.1	2720	10.10.	30.10.	4.10.
96 <sup>e</sup>	Tiatscha	GR	- 8	+14	2500	1.10.	14.10.	3.10.
97 <sup>e</sup>	Sesvenna	GR	- 1.9	- 0.9	2745	19. 8.	15. 9.	20. 9.
98 <sup>e</sup>	Lischana	GR	- 5.1	- 3.1	2800	7. 9.	1. 9.	21. 9.
<b>Einzugsgebiet der Adda - Bassin de l'Adda (IV)</b>								
99 <sup>e</sup>	Cambrena	GR	+ x	+ 11 <sup>2a</sup>	2518	18. 9.	27.10.	6.10.
100 <sup>e</sup>	Palü	GR	+32.0 <sup>3a</sup>	+ 6	2350	n	2.11.	3.10.
101 <sup>e</sup>	Paradisino (Campo)	GR	sn	- 15 <sup>2a</sup>	-	25. 9.	30. 9.	7. 9.
102 <sup>e</sup>	Forno	GR	- 13	- 16.2	2225	19.10.	10.10.	8.10.
116 <sup>e</sup>	Albigna	GR	n	- x <sup>6a</sup>	2163	n	n	11. 9.
<b>Einzugsgebiet des Tessins - Bassin du Tessin (III)</b>								
120 <sup>e</sup>	Como	TI	n	+ 2.1 <sup>2a</sup>	2570	31. 8.	n	12. 9.
117 <sup>e</sup>	Valleggia	TI	n	+ 8.0 <sup>2a</sup>	2420	23. 8.	n	10. 9.
118 <sup>e</sup>	Val Torta	TI	n	+ 21.8 <sup>2a</sup>	2520	23. 8.	n	10. 9.
103 <sup>e</sup>	Bresciana	TI	n	+ 17.5 <sup>2a</sup>	2720	15. 9.	n	10. 9.
119 <sup>e</sup>	Cavagnoli	TI	- 9.5	- 1.0	2560	21. 9.	12. 9.	25. 9.
104 <sup>e</sup>	Basodino	TI	+ 2.7	+ 2.8	2520	20. 9.	12. 9.	24. 9.
105 <sup>e</sup>	Rossboden	VS	+ 8.3	+ 9.0	1950	26. 9.	14.11.	16. 9.

a-e Bemerkungen zu den Fussnoten und Legende der Abkürzungen siehe Seite 62 - Remarques ou notes explicatives et légende des abréviations voir page 62.

Tabelle 3.3: Legende und Bemerkungen

Tableau 3.3: Légende et remarques

**Abkürzungen:**

n	nicht beobachtet
sn	eingeschneit
+	im Vorstoss
st	stationär
-	im Rückzug
ca.	ungefährer Wert
x	Betrag nicht bestimmt

**Abréviations:**

n	<i>non observé</i>
sn	<i>sous la neige</i>
+	<i>en crue</i>
st	<i>stationnaire</i>
-	<i>en décroue</i>
ca.	<i>valeur approximative</i>
x	<i>valeur non déterminée</i>

**Bemerkungen zu allen oder mehreren Gletschern - Remarques concernant plusieurs ou tous les glaciers**

- a Identifikationsnummer der Gletscher im Beobachtungsnetz der GK/SANW (vgl. Tab. 2.1, 3.1 und 3.2 wie auch Abb. 3.1 und 3.2).  
*Numéro d'identification des glaciers du réseau d'observation de la CGIASSN (cf. tabl. 2.1, 3.1 et 3.2 ainsi que fig. 3.1 et 3.2).*
- b Liegt ein Gletscher auf dem Gebiet mehr als eines Kantons, ist der Kanton angegeben, in dem sich das beobachtete Zungenende befindet. Für die Zuteilung zu den Flussgebieten (I-V) sind die oberirdischen Wasserscheiden berücksichtigt.  
*Si un glacier s'étend sur le territoire de plusieurs cantons, on a mentionné le canton dans lequel se trouve la langue terminale observée. Les bassins versants (I-V) sont définis par les partages superficiels des eaux.*
- c Gilt die Angabe für eine mehrjährige Zeitspanne, ist die Zahl der Jahre folgenderweise angezeigt: + 87<sup>4a</sup> = Vorstoss um 87 Meter in 4 Jahren.  
*Si la valeur indiquée est valable pour un intervalle de plusieurs années, le nombre d'années est indiqué comme il suit: + 87<sup>4a</sup> = avance de 87 mètres en 4 ans.*
- d Ist die verzeichnete Höhenkote des Gletscherendes oder des Gletschertors nicht im Jahr 1985 gemessen, ist das Jahr der Messung folgenderweise angegeben: 2326.2<sup>80</sup> = Meereshöhe 2326.2 m, bestimmt im Jahr 1980.  
*Si l'altitude indiquée de la langue terminale ou du portail glaciaire n'a pas été déterminée en 1985, l'année de la mesure est indiquée comme il suit: 2326.2<sup>88</sup> = cote 2326.2 m, déterminée en 1980.*
- e Siehe Kapitel 3.4: Bemerkungen zu einzelnen Gletschern.  
*Voir chapitre 3.4: Remarques valables pour un seul glacier.*

### 3.4 BEMERKUNGEN ZU EINZELNEN GLETSCHERN

#### 3.4 REMARQUES VALABLES POUR UN SEUL GLACIER

Die Bemerkungen sind mit der Nummer des Gletschers bezeichnet (vgl. Tab. 3.3).

*Les remarques portent le numéro du glacier (cf. tabl. 3.3).*

#### 1 Rhone

**1985:** Du 14 août au 10 octobre 1985, le front du glacier a reculé en moyenne de 1.8 m (P. Mercier).

#### 3 Gries (Aegina)

**1984:** Die angegebene Höhenkote entspricht der geschätzten mittleren Höhe des Fusses der Eisfront. Das Zungenende ist nach dem Messdatum im Herbst 1983 durch Kalbungen in den vollgestauten See um rund 10 m verkürzt worden. Im Sommer 1984 hat der Wasserspiegel das Eis 6 - 7 m unter dem Stauziel so knapp erreicht, dass Kalbungen ausgeblieben sind. Bei verhältnismässig kleinen Umsatzmengen hat sich für die Massenänderung eine ausgeglichene Bilanz ergeben. Vom Messdatum bis zum Einschneien im Herbst 1983 sind in knapp 2 Monaten noch 0.3 bis 0.5 m Eis abgeschmolzen. Ende Mai wies die Schneedecke im Gletschervorfeld eine stark unterdurchschnittliche Mächtigkeit von gut 1 m auf. Nach den Schneefällen vom 4. bis 6. Juni, die einen Zuwachs von 1 bis 1.5 m brachten, war die normale Mächtigkeit nahezu erreicht. Im zu kalten und zu kurzen Sommer ist der Winterschnee auf dem Gletscher bis gegen 2900 m ü.M. weggeschmolzen. Am 5. September hat auf dem ganzen Gletscher bereits der Aufbau der neuen Winterschneedecke begonnen, die bis zum Monatsende im Zungengebiet eine Mächtigkeit von 0.5 - 1 m erreichte. Die Gletscherbewegung hat sich an den meisten Messstellen seit dem Vorjahr weiter verlangsamt (VAW - H. Siegenthaler).

**1985:** Die Kalbungsfront ist im Berichtsjahr wieder hinter den Stand von 1983 zurückgeschmolzen. Auf den Seiten und in der Mitte liegt ihre Basis über der Uferlinie, sogar bei hohem Wasserstand im Stausee. In den Buchten zwischen der Mitte und den Seiten, wo der See den Gletscher kräftig unterspült hat, ist sie als bogenförmiges, stark überhängendes und weit gespanntes Gewölbe ausgebildet (VAW - M. Aellen).

#### 4 Fiescher

**1984:** Die Aufwölbung der Zunge nähert sich dem schuttbedeckten Zungenende, das auf der Westseite rund 15 m vor dem Minimalstand von 1977 und 1982 liegt. Im Bereich des Gletschertores, das sich seit 1982 von der Ostseite gegen die Talmitte zu verlagert hat, liegt der Eisrand frei, rund 5 m hinter dem Vorjahresstand. Am Tag der Messung ist vom östlichen Talhang ein Felssturz auf den vordersten Teil der Gletscherzunge niedergelangen (VAW - M. Aellen).

## 5 Grosser Aletsch

**1984:** Die Zunge endet jetzt auf einer Felsterrasse neben der schmalen Schlucht des Oberaletschbachs, die durch eine vom Gletscher abgetrennte, in die Schlucht eingekeilte Eismasse überbrückt wird (VAW - M. Aellen).

## 7 Kaltwasser

**1984:** Unter der Neuschneedecke sind Mächtigkeit und Ausdehnung der in den letzten Jahren gebildeten Gletscherteile nicht überall eindeutig erfassbar. Dennoch ist offensichtlich, dass sie merklich zugenommen haben (M. Borter).

**1985:** Auf den einzelnen Messlinien sind die mittlerweile verfirnten oder vereisten Schneeanlagen aus früheren Jahren um 1.3 bis 7.5 m zurückgeschmolzen (M. Borter).

## 10 Schwarzberg

**1984:** Vom Zungenende, das sich über eine Felsstufe hinausschiebt, stürzen von Zeit zu Zeit Eislawinen ins Vorfeld ab. Dadurch wird vorderhand ein weiteres Vorstossen dieses Gletschers verhindert (VAW - W. Schmid).

**1985:** Die Gletscherzunge bricht über eine Felskante ins Vorgelände ab. Die Längenänderung ist an der Abbruchfront bestimmt worden, die für geraume Zeit annähernd stationär bleiben wird (VAW - W. Schmid).

## 11 Allalin

**1984:** Vermessungsflug am 16.10.1984 im Auftrag der Kraftwerke Mattmark (KWM), ausgewertet durch die VAW am Autographen des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ. Zum Zeitpunkt des Aufnahmedatums war bereits der ganze Gletscher verhältnismässig stark verschneit. Dieser Umstand hat bei der photogrammetrischen Auswertung vor allem das Einpassen der Luftbilder im Autographen und die Kartierung des südlichen Zungenrandes erschwert. Die Eissturzkegel unterhalb der Zunge sind in die Berechnung der Längenänderung nicht einbezogen (VAW - W. Schmid).

**1985:** Vermessungsflüge für KWM am 23.9. und 16.10.1985, photogrammetrisch ausgewertet durch die VAW. Die Gletscherzunge wird zusätzlich am Boden mittels automatischer Kamera seit August 1983 im Sommer täglich, im Winter jeden zweiten Tag photographiert, um die einzelnen Phasen im Bewegungsablauf der periodisch auftretenden Rutschungen zu erfassen. Im Berichtsjahr hat sich die Lage des Zungenendes während des Winters und bis zum Beginn der Rutschung um Mitte August nur wenig verändert. Im Verlauf der Rutschung, die bis anfangs November andauert hat, sind auf den Felsbändern vor der Abbruchfront auf der rechten (südlichen) Flanke ausgedehnte Sturzkegel aufgeschüttet worden, die in der Berechnung der Längenänderung nicht berücksichtigt sind. Ab Mitte September hat sich die Gletscherzunge deutlich vorgeschoben, besonders in der Mitte, bis sie im November ebenfalls auf den Felsstufen im oberen Teil des steilen Vorgeländes zum Stillstand gekommen ist (VAW - W. Schmid).

### 13 Fee (Nordzunge)

**1984:** Ungünstige Schnee- und Wetterverhältnisse an den vorgesehenen Terminen verhinderten die Messung im Gelände. Der Gletscher ist in ähnlicher Masse vorgestossen wie in den letzten Jahren (A. Bodenmann). - Der Vergleich der Luftbilder vom 17.10.1984 mit den Aufnahmen der Vorjahre bestätigt, dass die aufgewölbte Zungenstirn im Berichtsjahr erneut kräftig vorgerückt ist, jedoch etwas weniger weit als im Vorjahr (VAW - M. Aellen).

**1985:** Wegen der dauernden Gefährdung durch herunterfallende Steine wurde die Zungenfront nur an zwei Stellen eingemessen (A. Bodenmann). - Der Vergleich der Luftbilder vom 12.9.1985 mit den früheren Aufnahmen zeigt, dass der Gletscher im Berichtsjahr etwa gleich weit vorgerückt ist wie im Vorjahr (VAW - M. Aellen). - Anlässlich einer Kontrolle der Farbmarken, die 1982 im Vorgelände als Passpunkte für die gelegentliche Auswertung der Luftbilder aufgemalt worden sind, ist auch das Gletscherende eingemessen worden. Hieraus ergibt sich für die Periode vom 4.11.1982 bis 5.10.1985 im vermessenen Bereich von 154 m Breite ein durchschnittlicher Vorstoss um 129 m in drei Jahren, im jährlichen Mittel also um 43 m (VAW - W. Schmid).

### 14 Gorner

**1985:** Das Gletscherende ist seit der letzten Messung im Herbst 1983 auf den einzelnen Messlinien um 31 bis 56 m zurückgeschmolzen (A. Bodenmann). - Herrn Y. Biner, Zermatt, verdanken wir die folgenden zusätzlichen Angaben über die Längenänderung in den letzten Jahren, die er aus persönlichem Interesse mit eigenen Messungen ermittelt hat:

13.6.1982	0 m	(Markierung der Messstelle)
Ende Oktober 1982	- 13 m	(Schwund seit der letzten Messung)
24.10.1983	- 6 m	(Schwund seit der letzten Messung)
14.10.1984	- 8 m	(Schwund seit der letzten Messung)
13.10.1985	- 18 m	(Schwund seit der letzten Messung)

Infolge der starken Abschmelzung kommt die schluchtartige Talverengung im Bereich des heutigen Gletscherendes immer deutlicher zum Vorschein. Damit ist die ehemals mächtige, als "Bodengletscher" auch besonders benannte Zunge des Gornergletschers praktisch vollständig verschwunden. Die nachstehenden Angaben über die natürliche Entleerung des Gornersees vom 12. bis 14.7.1985 verdanken wir Herrn A. Bezinge von der Grande Dixence S.A. in Sitten. Die Entleerung hat am Abend des 12. begonnen und am Morgen des 14. eine erste Hochwasserwelle in der Gornera mit einem Spitzenabfluss von 41 m<sup>3</sup>/s verursacht. Eine zweite Welle von rund 35 m<sup>3</sup>/s folgte am frühen Nachmittag. Bei einem mittleren täglichen Schmelzwasserabfluss von 17 m<sup>3</sup>/s und einer abgeflossenen Wassermenge von insgesamt 5.9 Millionen m<sup>3</sup> innert der drei vollen Tage ergibt sich für den Zufluss aus dem See ein Volumen von 1.5 Millionen m<sup>3</sup>. Da sich der See vollständig entleert hat, entspricht dieser Wert auch seinem Rauminhalt. Bei den seit 1968 erfassten und bis 1981 jährlich aufgetretenen Entleerungen ist einerseits nur in den Jahren 1978 bis 1980 ein kleineres Seevolumen, andererseits jedoch nur in den Jahren 1969, 1971, 1973 und 1974 ein höheres Abflussmaximum beobachtet worden (VAW - M. Aellen).

### 15 Zmutt

**1985:** Après une longue période de recul, le front du glacier semble s'approcher d'un état plus ou moins stable (P. Mercier).

## 16 Findelen

**1984:** Die Vorstosseschwindigkeit hat im Berichtsjahr weniger stark abgenommen als im Vorjahr (R. Zimmermann).

**1985:** Vermessungsflüge am 16.10.1984 und 2.9.1985, photogrammetrisch ausgewertet durch W. Schmid, VAW. Die Längenänderung wurde auf dem Plan längs der üblicherweise im Gelände vermessenen Achsen abgegriffen. Besondere Untersuchungen in Bohrlöchern, ausgeführt von Mitarbeitern der VAW unter Leitung von Frau A. Iken, haben gezeigt, dass die Bewegung der Gletscherzunge hauptsächlich (zu etwa 80 %) auf das Gleiten des Eises am Gletscherbett, in untergeordneter Masse (zu etwa 20 %) auch auf die Verformung des Eiskörpers zurückzuführen ist (VAW - M. Aellen).

## 17 Ried

**1984:** Erstmals seit Beginn der Messungen im Herbst 1956 ist der Gletscher vorgestossen, nachdem sich sein Zungenende bereits 1982 deutlich aufgewölbt hatte (VAW - W. Schmid).

## 18 Lang

**1984:** Die Längenänderung wurde an der vorstossenden Zungenfront bestimmt. Die schuttbedeckten Zungenreste, die im letzten Jahr auf dem nördlichen Ufer der Lonza vor dem vermessenen Zungenende zum Vorschein gekommen waren, sind noch vorhanden (M. Borter / F. Godi).

**1985:** Die Längenänderung wurde wie in den Vorjahren an der vorstossenden Zungenfront gemessen, welche sich über die schuttbedeckte Toteiszunge auf dem Nordufer der Lonza vorschiebt (M. Borter).

## 19 Turtmann

**1984:** Bei Messpunkt 1, wo noch Lawinenschnee liegt, schiebt der Gletscher viel Schutt vor sich her (A. Tscherrig).

**1985:** Nachdem im Winter 1984/85 keine Lawinen auf die Westseite des Gletschers niedergegangen sind, ist der Gletscherrand auf den beiden westlichen Messlinien um rund 20 bis 30 m zurückgeschmolzen. Auf der östlichsten ist er stationär geblieben. Die Zungenmessungen am Turtmanngletscher sind 1885 begonnen worden (A. Tscherrig). - Die Gletscherkommission dankt dem Beobachter, seinem Vater und allen früheren Beobachtern für ihre gewissenhafte Mitarbeit und stellt mit Hochachtung fest, dass die Messungen mit einer einzigen Ausnahme (1905) in jedem Jahr stattgefunden haben (VAW - M. Aellen).

## 20 Brunegg

**1984:** Die Gletscherzunge ist sehr weit vorgestossen, hat jedoch in der Dicke stark abgenommen (A. Tscherrig).

**1985:** Zur Verkürzung der Messstrecke ist 140 m gletscherwärts vom alten ein neuer Basispunkt eingerichtet worden. Die Messung konnte unter sehr guten Verhältnissen durchgeführt werden (A. Tscherrig).

**21 Bella Tola**

1985: Auf Messlinie 1 konnte nicht gemessen werden, weil der Basispunkt mit Firnschnee überdeckt war. Abgesehen davon waren die Messverhältnisse ideal (A. Tscherrig).

**22 Zinal**

1985: Wegen abweichender Angaben bei den Bezugsdistanzen ist der Betrag der Längenänderung als vorläufiges Ergebnis zu betrachten (V. Bregy).

**23 Moming**

1984: Die Längenänderung ist an der mit Gestein vermischten, durch Eisstürze im Talgrund aufgeschütteten Gletscherzunge bestimmt worden. Die direkte Messung im Gelände ist wegen des Eisschlages mit hohem Gefahrenrisiko verbunden (V. Bregy / T. Mahrer).

**25 Ferpècle**

1984: Le glacier se termine environ 10 m devant l'ancien point repère, qui a disparu sous la glace. La distance de l'avance est indiquée par une valeur approximative estimée (M. Torrent).

**33 Tsanfleuron**

1984: Une forte couche de neige fraîche a empêché de faire des mesures, lors des visites au glacier, le 16 octobre et le 5 novembre 1984. Le point repère, installé en 1984, ne fournira des chiffres qu'après la comparaison avec le nouveau point, en 1985 (M. Pitteloud).

**34 Otemma**

1985: Le glacier s'est fortement retiré sur sa rive gauche. Un nouveau point de repère (9/85) a été établi dans la ligne du point 6/82. Le petit glacier d'Epicoun est de nouveau en recul accentué après quelques années de crue. Le glacier régénéré devant le front du glacier n'est plus alimenté, car le glacier principal se termine en lame mince au lieu de la falaise de glace haute de 20 à 25 m des années passées (J.-L. Blanc).

**35 Mont Durand**

1985: Le glacier est en recul atténué. Le point 3/83, exposé au chutes de pierres, a été remplacé par le nouveau point 4/85, situé 11 m plus loin du front glaciaire (J.-L. Blanc).

**36 Breney**

1985: Le recul du glacier s'est atténué depuis 1983. Le terrain devant le front est devenu très compliqué avec ses lacs morainiques, ses torrents en plusieurs bras et ses restes de glace morte recouverts d'amas morainiques. Le contrôle du glacier ne peut se faire que tôt le matin, lorsque le débit du torrent est faible (J.-L. Blanc).

### 37 Giétro

**1984:** Vermessungsflug am 17.10.1984 im Auftrag der Kraftwerke Mauvoisin (FMM), photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro H. Leupin, Bern. Die Abbruchfront über der Schlucht ist in der Mitte um durchschnittlich 15 m vorgerückt, auf der Südseite etwa gleich viel zurückgewichen. In den übrigen Teilen hat sich der Gletscherrand trotz unterdurchschnittlicher Abschmelzung wenig verlagert, da sich die Gletscherbewegung weiter verlangsamt und somit weniger Eis nachgeliefert hat (VAW - M. Aellen).

**1985:** Vermessungsflüge am 2. und 27.9.1985 für FMM, ausgewertet durch Leupin. Der Gletscherrand wurde durch Eisabbrüche oder Schmelzung durchwegs mehr oder weniger zurückversetzt. Die Gletscherbewegung hat sich gegenüber dem Vorjahr wenig beschleunigt, die Abschmelzung war vor allem im Spätsommer und Herbst wesentlich stärker wirksam als normalerweise (VAW - M. Aellen).

### 38 Corbassière

**1984:** En générale, l'évolution de l'année précédente s'est poursuivie. Le glacier a épaissi au profil supérieur, tandis qu'il a diminué en épaisseur, nettement au ressaut entre les profils et légèrement au profil inférieur. Son front terminal a avancé. Le mouvement glaciaire s'est encore ralenti, de 4 à 5 % au profils et de 12 % au ressaut, par rapport à l'année précédente (Ch. Wuilloud). - Le tableau suivant résume les résultats principaux des mensurations terrestres, effectuées à la demande des forces motrices de Mauvoisin (FMM) par l'inspecteur forestier Ch. Wuilloud, Saillon (VAW - M. Aellen).

**1985:** Le glacier a augmenté en volume durant l'année du rapport et il a épaissi surtout dans sa partie frontale. Depuis deux ans, le point de mesure situé sur le ressaut près de la Cabane de Panossière est entouré de larges crevasses. Durant son avance des dernières années, le front glaciaire est devenu de plus en plus raide. Aujourd'hui, il a la forme d'une paroi de glace, verticale sur 8 m de hauteur, ensuite inclinée à 110 % sur 20 m environ. La langue latérale droite, également en crue évidente (quoique non mesurée), se développe en patte de fauve. A l'état actuel, ceci n'est pas le cas de la langue principale, encastrée entre deux barrières rocheuses (Ch. Wuilloud) - Le tableau suivant résume les résultats principaux des mensurations terrestres, effectuées pour FMM par Wuilloud (VAW - M. Aellen).

Profil Profil	Höhe altitude [m s.m.]	Mittlere Dickenänderung Variation moyenne de l'épaisseur			Mittlere Fliessgeschwindigkeit Vitesse moyenne du mouvement		
		1983/84 [m]	1984/85 [m]	1967/85 [m]	1983/84 [m/an]	1984/85 [m/an]	1967/85 [m/an]
Tsessette	2500	-0.2	+2.1	+9.7	44.6	42.6	39.4
Ressaut	2640	-0.8	+0.4	—	34.6	43.4	—
Panossière	2660	+1.0	+0.2	+6.0	45.0	47.5	45.4

### 39 Valsorey

**1985:** Le point de repère 78/2 a été remplacé par le nouveau point 85, situé plus près du glacier, à une distance de 32 m et dans la direction azimuth 232<sup>g</sup> par rapport à l'ancien repère (M. May).

#### 41 Boveyre

**1984:** La poussée sur le flanc droit continue. Le portail est recouvert de blocs morainiques et le torrent jaillit à une distance de 20 m plus loin (M. May).

**1985:** L'ancien point de repère, situé à 10 m derrière le front, a été remplacé par un nouveau repère, marqué sur le rocher gauche, à la hauteur du front glaciaire (M. May).

#### 43 Trient

**1984:** En somme de l'été 1984, le front du glacier est resté stationnaire: du 9 juillet au 15 octobre il n'a varié que de -0.2 m, en moyenne (P. Mercier).

**1985:** Du 16 août au 17 octobre 1985, le front du glacier a reculé en moyenne de 0.4 m et (à une distance de 30 m derrière le front) l'épaisseur de la glace a diminué de 2 à 3 m (P. Mercier).

#### 44 Paneyrosse

**1984:** En 1984, la fonte des glaciers a commencé très tard, en juin, et s'est arrêtée extrêmement tôt, dès les premiers jours de septembre. Les chutes de neige, déposant 40 cm à 2000 m s.m., le 5 septembre, et 1 m à 2200 m, les 13/14 septembre, ont marqué l'arrivée la plus précoce du manteau neigeux hivernal depuis les 35 ans que j'effectue les contrôles glaciaires. J'ai visité les glaciers à 4 reprises, les 11 et 20 septembre, le 18 octobre et le 3 novembre. Ce n'est qu'à la dernière visite que j'ai pu faire les mesures sur une seule ligne à Paneyrosse et sur deux lignes à Plan-Névé. La limite temporaire de la neige se trouvait alors entre 1800 et 2000 m s.m (J.-P. Marlétaz).

**1985:** Après l'enneigement faible de l'hiver 1984/85 et la fonte très forte, qui s'est prolongée jusque vers la mi-octobre, les mesures ont été effectuées dans des conditions idéales (J.-P. Marlétaz).

#### 45 Grand Plan Névé

**1984:** Limite temporaire de la neige vers 1900 m s.m. Autres remarques voir ci-devant sous 44 Paneyrosse (J.-P. Marlétaz).

**1985:** (voir ci-devant Paneyrosse).

#### 47 Sex Rouge

**1984:** La couche de neige fraîche, épaisse de 20 à 40 cm, n'a permis de localiser le bord du glacier qu'au mètre près (J.-P. Besençon).

**1985:** Les limites de la glace sont absolument nettes et il est facile de les mesurer au décimètre près. Le recul est insignifiant, mais l'épaisseur de la partie inférieure du glacier, à vue d'oeil, doit avoir fortement diminué. Les crevasses ont été plus ouvertes que les années précédentes et tous les névés avoisinants ont fondu (J.-P. Besençon).

#### 48 Prapio

**1984:** La mesure a été faite dans des mauvaises conditions (temps vilain froid, beaucoup de neige récemment tombée, crevasses pontées), où il a été difficile de trouver le bord de la glace. Sa précision n'est pas garantie à 1 ou 2 m près, mais son résultat conforte l'impression subjective, que le glacier a encore reculé un peu, tant sur l'embranchement latéral du côté nord, que sur la langue principale, au sud (J.-P. Besençon).

**1985:** La diminution en longueur est accompagnée d'une diminution évidente en épaisseur. Vu les conditions hivernales avec neige fraîche, temps couvert et froid, l'accès au glacier s'est fait par le refuge de Pierredar, la descente par le Sex Rouge étant trop dangereuse (J.-P. Besençon).

#### 49 Pierredar

**1984:** Vermessungsflug am 17.10.1984. Der Gletscher liegt wie das Umgelände unter einer geschlossenen Neuschneedecke, die bis etwa 2100 m ü.M. hinunterreicht (VAW - M. Aellen).

**1985:** Der Vergleich der Luftbilder vom 9.9.1985 mit den Aufnahmen vom 15.9.1983 zeigt, dass sich in der Zwischenzeit die seitliche Zunge des Gletschers wie auch die regenerierte Zunge vor der Abbruchfront und die hauptsächlich von Schneelawinen abgelagerten Firnfelder im Vorfeld weiter ausgedehnt haben (VAW - M. Aellen).

#### 50 Oberaar

**1984:** Durch Eisabbrüche aus der Stirnwand, die nahezu stationär geblieben ist, hat sich der Gletscher über eine Fläche von 3088 m<sup>2</sup> ausgebreitet. Der höchste Punkt der Abbruchkante hat sich um 0.8 m auf eine Höhe von 2323.1 m ü.M. abgesenkt. Infolge des Pumpbetriebes schwankt die Spiegelhöhe des Oberaarsees sehr stark, weshalb die Dauer des Einstaus des Gletscherendes nicht genau bekannt ist. Das Wasser stand im Berichtsjahr vom 15. September bis etwa Ende Oktober 1983 und von Anfang September bis 17. Oktober 1984 während ungefähr 90 Tagen am Gletscher, etwa 20 Tage weniger lang als im Vorjahr. Aus den nachstehend angegebenen Verschiebungen der Höhenkurven wurde für den Bereich zwischen Zungenende und Querprofil 14 ein Zuwachs von 2000 m<sup>3</sup> Eis berechnet (A. Flotron). - Vermessungsflug vom 17.10.1984 im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli (KWO), photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro A. Flotron, Meiringen. Die Höhenangabe in der Tabelle 3.3 entspricht der Spiegelkote des Stausees am Aufnahmedatum (VAW - M. Aellen).

**1985:** Das Gletscherende ist im Berichtsjahr über eine Fläche von 1500 m<sup>2</sup> vorgestossen. Dabei ist im Gegensatz zum Vorjahr nicht nur der Fuss, sondern auch die Oberkante der sehr steilen, am Aufnahmedatum stellenweise überhängenden Abbruchfront vorgerückt. Der dadurch bewirkte Volumen- und Massenzuwachs wird annähernd ausgeglichen durch den Schmelzabtrag im vordersten Zungenbereich (siehe nachstehende Tabelle), wo sich die Gletscheroberfläche um durchschnittlich 0.8 m abgesenkt hat. Demzufolge ergibt sich aus den Verschiebungen der Höhenkurven zwischen dem Zungenende und dem Querprofil ein bescheidener Zuwachs von 1000 m<sup>3</sup> Eis. Durch die Abschmelzung hat die Höhe der Abbruchwand um etwa 4 m abgenommen. An der höchsten Stelle beträgt sie noch rund 28 m. Der Fuss der Wand lag in der Berichtsperiode während nur 24 Tagen (Vorjahr: 66), vom 17. bis 29. Oktober 1984 und vom 18. bis 30. August 1985, unter dem Wasserspiegel des Stausees (A. Flotron). - Vermessungsflug am 30.8.1985 für KWO, ausgewertet durch Flotron. Die Höhenangabe in Tabelle 3.3 entspricht der Spiegelkote des Stausees am Aufnahmedatum (VAW - M. Aellen).

Höhenkurve [m ü.M.]	2310	2320	2330	2340	2350	2360
Flächenänderung 1984 [m <sup>2</sup> ]	-20	-592	-566	+108	+44	-224
Flächenänderung 1985 [m <sup>2</sup> ]	+1764	+544	-1252	-900	-288	-292
mittlere Verschiebung 1984 [m]	-0.1	-1.7	-1.6	+0.3	+0.2	-1.3
mittlere Verschiebung 1985 [m]	+6.3	+1.6	-3.6	-3.6	-1.2	-1.2
mittlere Höhenänderung 1985 [m]	(in Abbruchfront)		-1.2	-0.9	-0.3	-

## 51 Unteraar

**1984:** Der Gletscher hat am Zungenende eine Fläche von 9835 m<sup>2</sup> frei gegeben, hauptsächlich durch das Abschmelzen des Eissporns neben der Mitte, der um 50 m kürzer und auf der Südflanke nun 30 m schmaler geworden ist. In der Mitte ist das Zungenende über eine Breite von 150 m stationär geblieben, auf der linken Seite durchschnittlich um 5 m zurückgeschmolzen. Auf der rechten Seite liegt zwischen den vom Gletscherbach eingeschnittenen Rinnen eine kegelförmige Eismasse, die mit dem Gletscher durch einen schmalen Eistrücken verbunden ist. Dieser ist im Berichtsjahr wesentlich schmaler geworden, wogegen das vordere Ende des Eiskegels sich kaum verändert hat. Der Seespiegel hat das Zungenende nicht erreicht, das Wasser hat die Abschmelzung somit nicht beeinflusst. Die Verminderung des Zungenvolumens zwischen Gletscherende und Querprofil 1, die aus den nachstehend angegebenen Verschiebungen der Höhenkurven berechnet worden wurde, beträgt 362 000 m<sup>3</sup> (A. Flotron). - Vermessungsflug und Auswertung wie Oberaar (VAW - M. Aellen).

**1985:** Das Zungenende ist im Berichtsjahr über eine Fläche von 9460 m<sup>2</sup> zurückgeschmolzen. Der Eisrand hat sich auf der linken Seite des Gletschers im Bereich des Moränenhangs wenig verändert, am Hangfuss über eine Strecke von etwa 100 m ziemlich gleichmässig um rund 10 m rückwärts verlagert. Dieser Schwund wird teilweise ausgeglichen durch lokales Vorstossen um 10 bis 30 m in der Gletschermitte. Auf der rechten Seite ist die blanke Eiswand beim Gletschertor um rund 20 m zurückgeschmolzen, wodurch der vorgeschobene Eiskegel vom Gletscher abgetrennt wurde. Weil der nunmehr isolierte Kegel als Toteis der Schwundmasse des Gletschers zugerechnet ist, ergibt sich für die mittlere Längenänderung ein starker Schwund (17.2 m), der sich auf etwa 6 m vermindert, wenn dieser Kegel zum Bestand der aktiven Gletscherzunge gezählt wird. Das Gletscherende wird auch bei Vollstau des Sees nicht mehr von Seewasser benetzt. Hingegen dürfte der starke Schwund im Bereich des Gletschertors teilweise auf die Schmelzwirkung des Aarewassers zurückzuführen sein. Aus den nachstehend angegebenen Verschiebungen der Höhenkurven ist für den Bereich zwischen Gletscherende und Querprofil 1 eine Verminderung des Eisvolumens um 421 000 m<sup>3</sup> berechnet worden (A. Flotron). - Vermessungsflug und Auswertung wie Oberaar (VAW - M. Aellen).

Höhenkurve [m ü.M.]	1920	1930	1940	1950	1960	1970
Flächenabnahme 1984 [m <sup>2</sup> ]	5848	6208	7344	7276	3892	6864
Flächenabnahme 1985 [m <sup>2</sup> ]	8824	6684	7032	6780	4288	5340
mittlerer Rückzug 1984 [m]	13.9	13.2	13.9	12.8	9.5	18.6
mittlerer Rückzug 1985 [m]	21.0	14.2	13.3	15.1	11.1	15.7

## 53 Stein

**1984:** Das Zungenende ist innerhalb der 3 letzten Jahre insgesamt um durchschnittlich 80 m, auf der rechten Seite um mehr als 100 m vorgestossen (R. Straub).

## **55 Trift (Gadmen)**

**1984 und 1985:** Der Vergleich der Luftbilder vom 28.8.1984 und jener vom 10.9.1985 mit den Aufnahmen vom 19.9.1983 zeigt eine praktisch unveränderte Lage des Gletscherrandes (VAW - M. Aellen).

## **56 Rosenloui**

**1984 und 1985:** Vermessungsflüge am 17.10.1984 und 10.9.1985. Die Zunge im Talgrund auf der Dossenseite stösst mit aufgewölbter Stirn stetig vor. Der stark zerspaltene Zungenrand in der Mitte hat sich gesamthaft wenig verändert. Vor den Abbruchfronten auf der Wellhornseite, die sich 1984 stellenweise etwas vorgeschoben und 1985 wenig verändert haben, liegt mehr abgestürztes Eis als im Herbst 1983 (VAW - M. Aellen).

## **57 Oberer Grindelwald**

**1984:** Das Zungenende im Gletschersand ist im Vergleich zum Stand 1983 praktisch unverändert. Auf dem Nollen und am Fuss des Wetterhorns dagegen ist der Gletscher sichtlich vorgerückt und dicker geworden (H. Boss, jun.).

**1985:** Die Stirn der aufgewölbten Zungentatze ist anscheinend im kompakten Eis der kegelförmigen, aus den abgestürzten Eistrümmern regenerierten Zunge steckengeblieben. Diese hat sich vor allem auf den Seiten weiter ausgedehnt und endet in der Mitte in einem niedrigen und flachen Gletschertor, an dem das Mass für die Längenänderung genommen worden ist (H. Boss).

## **58 Unterer Grindelwald**

**1984:** Die Luftbilder vom 25.8.1984 und die Standardphotos, die H. Boss sen. am 20.10.1984 am Boden aufgenommen hat, lassen erkennen, dass das Gletscherende im vordersten Teil, der aus angelagertem verstücktem Eis besteht, etwas weniger stark abgeschmolzen ist als im Vorjahr, während der rückwärtige, aus massigem Gletschereis bestehende Teil bei wenig veränderter Lage des Gletscherrandes an Dicke weiterhin zugenommen hat (VAW - M. Aellen).

**1985:** Anhand der Luftbilder vom 10.9.1985 lassen sich im Vergleich zum Vorjahr keine namhaften Veränderungen erkennen. Die Aufnahmen, die H. Boss, Zweilütschinen, am 24.10.1985 vom üblichen Standort am Boden aufgenommen hat, zeigen grosse, frisch geschüttete Sturzkegel auf und vor dem Zungenende. Durch die Anlagerung dieser vom Kallifirn durch die Schlosslauen abgestürzten Eismassen ergibt sich in der Schlucht ein beträchtlicher Längenzuwachs, der sich nicht genau beziffern lässt. Das Zungenende hat sich wie in den Vorjahren lagemässig kaum verändert, obwohl seine Dicke sichtlich zugenommen hat (VAW - M. Aellen).

## **59 Eiger**

**1984:** Der Gletscher ist auf seiner rechten Seite etwas stärker vorgestossen als auf der Linken. Im übrigen sind keine grossen Veränderungen festzustellen (R. Zumstein).

**1985:** Das Zungenende ist nordseits stellenweise bis 16 m vorgestossen, auf der Südseite bis 4 m zurückgeschmolzen. Bei Messpunkt 3 ist ein neues Gletschertor entstanden. Dem alten Tor zwischen den Punkten 6 und 7 entfließt praktisch kein Wasser mehr. Auffallende Erscheinungen

sind die hohen Wälle der Vorstossmoränen und einzelne, vom Gletscher abgetrennte schollenförmige Eismassen, die vor allem im Schwundbereich vorkommen und vermutlich durch ungleichmässige Abschmelzung oder durch Einbrechen der verbindenden Eisbrücken isoliert worden sind (R. Zumstein).

#### 60 Tschingel

**1984:** Der Gletscher ist ohne auffällige Veränderungen in ähnlichem Masse vorgestossen wie in den Vorjahren (R. Zumstein).

**1985:** Die Messlinien C, F und H sind durch neue Basispunkte verlängert worden. Linie G dagegen konnte weder verlängert noch nachgemessen werden, weil sie die Lütschine quert und weil der alte Messpunkt verschüttet war. Südlich der Lütschine treten mehrere weitere Bäche aus dem Gletscher, der auf der linken Seite bis 9 m vorgestossen, in der Mitte stellenweise stationär geblieben oder leicht zurückgeschmolzen ist. Der Vorstosswall ist an einigen Stellen 5 m hoch (R. Zumstein).

#### 61 Gamchi

**1985:** Der Vorstoss des Gletschers hat sich verlangsamt. Auf der östlichsten Messlinie ist der Gletscherrand halb so weit (gut 7 m) vorgerückt wie im Vorjahr. Auf der westlichsten Linie, nahe am Gletschertor über der Schlucht, ist er um die knappe Hälfte (7.5 m) seines letztjährigen Vorstosses zurückgeschmolzen (F. Zurbrügg).

#### 62 Schwarz

**1984:** Die Gletscherzunge, die stellenweise eingefallen ist, hat sich weiter abgeflacht. Am linken Rand hat sich der Eisrand von den Felsen abgesetzt, was auf zusätzliche Abschmelzung durch Abstrahlung schliessen lässt (J. Wenger / R. Zumstein).

**1985:** Die Gletscherzunge ist auffallend flach, wenig mächtig und stellenweise tunnelartig unterhöhlt. Sie ist auf der linken Seite, z.T. wohl infolge Wärmeabstrahlung von den umliegenden Felsen, so stark abgeschmolzen, dass Messlinie B den Gletscherrand tangential erreicht. Deshalb ist der auf dieser Linie gemessene Schwund von rund 50 m in der Berechnung der mittleren Längenänderung nicht berücksichtigt (J. Wenger / R. Zumstein).

#### 63 Lämmern

**1984:** Im knietiefen, frischen Schnee bereiteten das Auffinden der Messpunkte und die Durchführung der Messung grosse Mühe. Der Gletscher wies keine besonderen Veränderungen auf (J. Wenger / R. Zumstein).

#### 64 Blümlisalp

**1984:** Die Längenänderung wurde anhand der Luftbilder vom 17.10.1984 wie in den Vorjahren beim Gletschertor am vordersten Zungenende näherungsweise bestimmt. An anderen Stellen, vor allem auf der linken Seite ist der Gletscherrand wesentlich weiter vorgerückt (VAW - M. Aellen).

**1985:** Vor dem Zungenende sind am 26.9.1985 vier Messpunkte eingerichtet und die Messungen am Boden wieder aufgenommen worden (U. Fuhrer / K. Ogi). - Vermessungsflug am 9.9.1985. Das Zungenende ist im Berichtsjahr eindeutig und in ähnlichem Masse wie in den Vorjahren weiter vorgestossen. Die Messungen am Boden sind 1960 eingestellt worden, nachdem das Gletscherende als Kalbungsfrent in einem See von 1958 an unzugänglich war (VAW - M. Aellen).

#### 65 Rätzli

**1984:** Messlinie C unterhalb des Gletscherabbruchs ist nicht mehr messbar. Bei Messpunkt D ist der meterhoch mit Neuschnee überdeckte Gletscherrand in 1.5 m Tiefe aufzufinden (K. Steiner).

#### 66 Tiefen

**1985:** Der Gletscherrand ist auf der linken (nördlichen) Seite stärker abgeschmolzen, auf der rechten Seite stationär geblieben. Driftblock 71 ist seit 1983 noch 4 m auf dem Eis gefahren und liegt jetzt auf dem aperen Boden. Block 73 ist in 2 Jahren 7 m weit gedriftet. Neben den Schuttbändern der drei Mittelmoränen ist das Eis ziemlich blank. Der Bach entströmt dem Gletscher ohne Tor (J. Marx / K. Oechslin).

#### 67 St. Anna

**1985:** Am Gletscherende ist das Eis weitgehend aper, nicht sehr dick und in verschiedenen Richtungen von Spalten durchzogen. Das Zungenende pendelt seit 1959 vor und zurück ohne grosse Veränderungen (J. Marx / K. Oechslin).

#### 68 Kehlen

**1984:** Im ganzen Bereich, wo der Rand des blanken Eises sichtbar ist, stösst die Zunge weiter vor. Ihre linke Flanke ist immer noch mit Schutt überdeckt. Die Reuss führt zur Zeit der Messung mäsig viel Wasser (J. Aschwanden / K. Oechslin).

**1985:** Die massige, mit mehreren Schuttbändern belegte Gletscherzunge ist auf beiden Messlinien vorgestossen, um 8 m auf der östlichen, um 2 m auf der westlichen. Die aufgewölbte Eisfront ist von Schmelzrinnen durchfurcht. Die Kehlenreuss fliesst in der Zungenmitte direkt unter dem Eis hervor. Seit 1968 ist der Gletscher ohne Unterbruch und um insgesamt 233 m vorgestossen (J. Aschwanden / M. Gisler / K. Oechslin).

#### 69 Rotfirn

**1984:** Der Gletscher ist weniger weit vorgestossen als im Vorjahr. Seine Zunge ist flacher und niedriger geworden: die Steigung der Visurlinie aus 20 m Entfernung vom Eisrand auf die höchste Kuppe der Stirnwölbung hat von 70 auf 42 % abgenommen. Da sich der Gletscher jetzt wieder eher talauswärts als quer zum Tal zu bewegen scheint, ist in dieser Richtung ein neuer Messpunkt eingerichtet worden. Seit 1959 ist der Gletscher in 5 Jahren um insgesamt 32,5 m zurückgeschmolzen, in den übrigen Jahren um insgesamt 146 m vorgestossen (J. Aschwanden / K. Oechslin).

**1985:** Der Gletscher fährt quer durch das Kehlenalptal immer weiter auf das Ostufer der Reuss hinauf. Im Berichtsjahr ist er ostwärts (quer zur Reuss) um 2 m, talauswärts (längs der Reuss) jedoch um 4 m vorgerückt. Der Gletscherbach fliesst unter dem Eis in die Reuss, die den Gletscher unterquert (J. Aschwanden / M. Gisler / K. Oechslin).

## 70 Damma

**1984:** Der Gletscher ist auf beiden Messlinien fast gleich weit vorgestossen, wobei die Messpunkte GL 75 und A 1981 durch Eis bzw. durch den vom Gletscher aufgeschobenen Schutt überdeckt wurden. Am Messdatum liegt im Vorgelände 10 cm hoch Schnee, die Reuss kann überall problemlos überquert werden (K. Oechslin).

**1985:** Die Eisfront schiebt einen meterhohen Schuttwall vor sich her. Sie ist nicht mehr terrassenartig gestuft, sondern glatt und frei vom Schutt, der die mächtige Zunge überdeckt. Der Gletscherbach tritt ohne Tor unter dem Eis hervor. Die Messlinien sind durch 3 neue Messpunkte verlängert worden. Seit 1971 ist der Gletscher andauernd vorgestossen um insgesamt 166 m (K. Oechslin).

## 71 Wallenbur

**1984:** Der Gletscher ist auf der ganzen Breite vorgestossen. Nach wechselndem Vorstossen und Rückschmelzen von 1973 bis 1980 ist er in den letzten 4 Jahren stetig um insgesamt 46 m vorgerückt. Am Messdatum fliesst in der Reuss nicht viel Wasser (M. Gisler / K. Oechslin).

**1985:** Das Zungenende ist auf der rechten (westlichen) Seite um 2 m zurückgeschmolzen, in der Mitte um 8 bis 3 m vorgestossen und auf der rechten Seite, wo es von Lawinenschnee überdeckt ist, nicht messbar. Die Zunge ist durchgehend mit kleinem Geröll bedeckt. Nur ihre steile Front trägt kein Geröll, ist jedoch geschwärzt von Sand und Staub. Die Voralpreuss tritt ohne Tor zutage. Seit 1980 ist der Gletscher ohne Unterbruch um insgesamt 49 m vorgestossen (M. Gisler / K. Oechslin).

## 72 Brunni

**1984:** Die Luftbilder vom 16.10.1984 zeigen eine Winterlandschaft mit geschlossener Neuschneedecke auf dem Gletscher und im Vorgelände, welche im Brunnital bis unter 2000 m ü.M. hinabreicht (VAW - M. Aellen).

**1985:** Die Luftbilder vom 13.9.1985 zeigen im Vergleich mit den Aufnahmen vom 13.9.1979 im Bereich der Abbruchfront, abgesehen vom Oeffnungsgrad der grossen Spalte an der Steilkante, keine augenfälligen Veränderungen. Die abgetrennte, aus abgestürztem Eis aufgeschüttete Zunge dagegen ist sichtlich kleiner geworden (VAW - M. Aellen).

## 73 Hüfi

**1984:** Am Gletscherende, das im Vorjahr einen geschlossenen Eisrand aufwies, hat sich wieder ein Tor geöffnet. Vor der hohen Eiswand in der Mitte des Zungenrandes liegt verstürztes Eis (W. Tresch / K. Oechslin).

**1985:** Die Eisfront ist nach wie vor stark zerrissen, obwohl sie - aus grösserem Abstand betrachtet - geschlossen erscheint als in den Vorjahren. In der Mitte hat sich wieder ein grosses Tor geöffnet. Zwischen der Eisfront und dem See liegt eine schmale Sandbank. Der Seeausfluss liess sich am

Messdatum ohne Schwierigkeiten überschreiten. Der Gletscher ist von 1977 bis 1984 um 89 m vorgestossen, im jährlichen Durchschnitt also etwa doppelt so weit, wie er im Berichtsjahr zurückgegangen ist (W. Tresch / K. Oechslin).

#### **74 Griess (Unterschächen)**

**1984:** Nach dem frühen Schneefall im September ist der Gletscher nicht mehr ausgeapert, weshalb die flach auslaufende Zunge am Beobachtungsdatum nicht eingemessen werden konnte (E. Gisler / K. Oechslin). - Auf den Luftbildern vom 16.10.1984 ist der Gletscherrand ebenfalls nicht auszumachen, da die Neuschneedecke über das Zungenende hinaus bis etwa 1900 m ü.M. hinabreicht (VAW - M. Aellen).

**1985:** Die Gletscherzunge besteht aus einem dünnen, mit kiesigem Geröll völlig überdeckten Eisschild, dessen Rand nur im mittleren Teil auf einer Breite von rund 35 m sichtbar, sonst aber durchwegs unter der Schuttdecke verborgen ist. Der Gletscherbach tritt flach unter dem Eis hervor, das er stellenweise offensichtlich so unterspült hat, dass eine rund 10 m breite Randscholle an einer kleinen Bruchkante abgesackt ist. Der Gletscher ist seit 1977 in einem einzigen Jahr um 1 m vorgestossen, sonst stets zurückgegangen, insgesamt um 67 m (E. Gisler / K. Oechslin).

#### **75 Firnalpeli (Ost)**

**1985:** Der Gletscherrand ist in den drei Jahren seit der letzten Messung auf der Messlinie 2 um 7 m zurückgeschmolzen, auf den 7 anderen Linien um 2 bis 10 m vorgerückt. Vor dem Gletscher war kein Firnschnee mehr vorhanden und die Messbedingungen waren auch sonst ideal (R. Imfeld).

#### **76 Griessen (Obwalden)**

**1985:** Der Gletscherrand ist auf allen 6 Messlinien ziemlich gleichmässig um 2 bis 5 m zurückgeschmolzen. Die Messpunkte liegen auf einer Felsrippe, die quer zur Fliessrichtung des Gletschers von tiefen Rinnen durchzogen ist. In diesen Rinnen lag sichtlich weniger Eis als bei der letzten Messung im Herbst 1983. Bei diesem südwestexponierten Gletscher haben der relativ schneearme Winter 1984/85 und der warme Sommer 1985 stärkeres Abschmelzen bewirkt als beim nordexponierten Firnalpeli (R. Imfeld).

#### **77 Biferten**

**1984:** Der grossenteils durch die Abbruchfront gebildete Gletscherrand ist bei beiden Wasserfassungen trotz der Steilheit des Felsuntergrunds beträchtlich vorgerückt. Abbrechende, bis 15 m hohe Eistürme stürzen bei Fassung 1 zu allen Tageszeiten gegen das Bauwerk herunter. Am westlichen Zungenrand ist das Eis längs der Seitenmoräne stark zurückgeschmolzen. Der Gletscher war bis auf eine Höhe von 2800 m ausgeapert und im Tentiwang war der Altschnee verschwunden. Die Visur von der neuen über die alte Fridolinshütte auf die Oberfläche der Gletscherzunge zeigt eine Hebung um 1.8 m an. Der Hintere Rötifirn ist in starkem Schwund begriffen (W. Wild).

**1985:** Bei den seitlichen Messpunkten (E, F und G) hat sich der Gletscherrand wenig verändert. Oberhalb der Wasserfassung 1 ist die Eisfront stellenweise bis 35 m über das steile Vorgelände (100 - 150 % Gefälle) vorgerückt. Wegen der häufigen Eisabbrüche sind die Zugänge zur Wasserfassung und von dieser zur Fridolinshütte nur unter grosser Gefahr begehbar. Bei der Fassung 2 ist der Gletscher um 21 m, d.h. um ebensoviel über das Bauwerk hinaus in die Schlucht, in der das sehr steile Zungenende eingekellt ist, vorgestossen. Wegen der dauernd vom Gletscher herunterfallenden Steine ist der Messpunkt auf dem Helikopter-Landeplatz aufgegeben und durch zwei gün-

stiger gelegene Punkte (H und J) ersetzt worden. Von den neuen Punkten aus kann die Zungenfront an mehreren Stellen eingeschnitten werden. Im ausgesprengten Eisstollen, durch den das Wasser in die Fassung geleitet wird, sind im Juli und August tägliche Eisbewegungen um 7 bis 8 cm beobachtet worden. Das Wasser floss von anfangs Juli bis zum 26. August nur zu einem geringen Teil auf diesem Weg ab. Der Hauptbach floss weiter östlich hinter einer Felsrippe an der Wasserfassung vorbei. Vom 26. August an folgte er wieder dem alten Weg in die Fassung. Die Schneedecke ist im Juli und August rasch und bis auf einige Lawinenreste im Scheibenruns vollständig abgeschmolzen. Der Gletscher ist zusehends stärker zerschrundet. Auf der Visurlinie von der neuen über die alte Fridolinshütte zum Gletscher hat sich die Höhe der Eisoberfläche gegenüber dem Stand im Vorjahr nicht geändert (W. Wild).

## 78 Limmern

**1984:** Der Längenzuwachs ergibt sich hauptsächlich durch Anlagerung verfirmt Altschnees am Gletscherende, das im Herbst 1983 nach der Messung noch etwas zurückgeschmolzen sein dürfte. Die Winterschneedecke, deren Mächtigkeit Ende April noch 10-15 % unter dem Durchschnitt lag, erhielt im Mai einen Zuwachs von rund 1 m Neuschnee. Ende August war sie auf dem Gletscher grösstenteils abgeschmolzen. Am 5. September wurde das Gebiet bereits wieder dauernd eingeschneit und Ende des Monats lag es unter einer rund 1 m mächtigen Schneedecke. Bei den Bojenpegeln haben die Eisdicke (um 0.1 bis 1.7 m) und die Fliessgeschwindigkeit des Eises (um 3 bis 15 %) abgenommen (VAW - H. Siegenthaler).

**1985:** Die Zungenmessung haben E. Kleber und H. Reifler vom Institut für Kristallographie und Petrographie der ETHZ ausgeführt. Auf den einzelnen Messlinien ist der apere, stellenweise mit Schutt leicht überdeckte Gletscherrand im Berichtsjahr teils vorgestossen (bis 4 m), teils zurückgeschmolzen (bis 2 m). Das Pegelnetz auf dem Gletscher hat H. Siegenthaler mit L. Braun und K. Rohrer vom Geographischen Institut der ETHZ am 11.9.1985 teilweise abgelesen. Tags darauf ist der Gletscher in Luftbildern erfasst worden. Zu diesem Zeitpunkt war seine Oberfläche grösstenteils (rund 2/3) noch von Winterschnee bedeckt, so dass sich für die Messperiode mit Beginn am 1.9.1984 ein mässiger Massenzuwachs ergab, der im weiteren Verlauf der bis Ende Oktober andauernden Schmelzperiode vollständig aufgezehrt worden sein dürfte (VAW - M. Aellen).

## 79 Sulz

**1984:** Der Eisrand ist beim sehr kleinen und geschlossenen Gletschertor in der Mitte um den in der Tabelle angegebenen Betrag vorgestossen, auf der Ostseite um 4 m zurückgeschmolzen (B. Zweifel / J.D. Parolini).

## 80 Glärnisch

**1985:** Das Gletscherende ist in den zwei Jahren seit der letzten Messung grösstenteils ziemlich gleichmässig um wenige Meter zurückgeschmolzen, stellenweise aber auch um mehrere Meter vorgeückt. Der angelagerte Lawinenschnee des letzten Winters auf der linken (südöstlichen) Seite ist nicht zum Gletscher gerechnet worden. Das Seelein auf der Nordwestseite hat sich vergrössert. Ein Gletschertor ist nicht vorhanden. Die Messungen konnten bei ungewohnt starker Ausaperung und ausgezeichnet schönem Herbstwetter vorgenommen werden (W. Wild).

## 81 Pizol

**1984:** Nach dem Schneefall anfangs September ist der Gletscherrand trotz vielen schönen Herbsttagen nicht mehr zum Vorschein gekommen (A. Hartmann). - Die Luftbilder vom 16.10.1984 geben keinen Aufschluss über die Lage des Gletscherendes unter der Neuschneedecke, die sich bis unter 2000 m ü.M. in die Täler hinabzieht (VAW - M. Aellen).

**1985:** Die Vermessung ist wiederum von der Basislinie B aus erfolgt. Bei sehr schönem und warmem Wetter sind alle Basispunkte problemlos gefunden worden. Der Gletscherrand besteht überall aus einer recht dünnen Firnzunge, deren Ausdehnung stark abhängig ist vom jährlichen und jahreszeitlichen Verlauf der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse. Er liegt durchwegs zwischen rund 25 und 71 m weiter vorn als im Herbst 1983. Das damals zwischen den Punkten 3A und 5A vorhandene Toteisfeld ist von einer recht grossen Firnzunge überdeckt, die hinter Punkt 6B vom Gletscher abzweigt (A. Hartmann).

## 82 Lavaz

**1984:** Die Luftbilder vom 16.10.1984 zeigen den Gletscher unter einer geschlossenen, bis in den Talgrund hinabreichenden Neuschneedecke (VAW - M. Aellen).

## 83 Punteglias

**1984:** Der starke Schwund ergibt sich aus der nunmehr ganz vollzogenen Abtrennung des rechten Zungenlappens. In den übrigen Teilen jedoch hat sich der Gletscherrand wenig verschoben. Seine Ortung, wegen starker Schuttüberdeckung auch bei aperem Boden nicht immer leicht, ist zusätzlich erschwert worden durch die 0.5 - 0.7 m mächtige Schneelage, die das Gletscherende und das ganze Vorgelände überdeckte (H. Klöti).

**1985:** Trotz optimalen Aufnahmeverhältnissen ist die genaue Lage des Zungenrandes wegen der stellenweise meterhohen Schuttüberdeckung vor allem auf der linken Talseite nie ganz eindeutig auszumachen. Dennoch steht fest, dass der Längenschwund auf der ganzen Messbreite in unvermindertem Masse weitergegangen ist wie auch der Dickenschwund, der im östlichen Zungenlappen begleitet ist von dolinenartigen Eintiefungen in der Gletscheroberfläche. Im Vorgelände unterhalb des Tors am Hauptabfluss des Gletschers finden sich Anzeichen eines Wasserausbruchs: die früher vorhandenen Schuttmassen sind auf grosser Breite auch ausserhalb des normalen Bachbetts bis auf den anstehenden Fels weggespült durch eine Hochwasserflut (H. Klöti).

## 84 Lenta

**1984:** Das Zungenende ist in der Mitte um 5 m, auf den seitlichen Messlinien, wo kleinere Eisabbrüche erfolgt waren, jedoch nur geringfügig zurückgeschmolzen. Eine 30 - 40 cm hohe Neuschneedecke hat die Messung erschwert (B. Parolini).

**1985:** Der Gletscherrand ist auf den einzelnen Messlinien um rund 4 bis 14 m zurückgeschmolzen. Weil die nächstgelegenen Messpunkte B9 und C8 mit Moränenmaterial überschüttet waren, ist die Messung von den früheren Messmarken B8 und C7 aus vorgenommen worden (B. Parolini).

#### 85 Vorab

**1984:** Der Rand der flach auskeilenden Gletscherzunge konnte wegen ständiger Schneebedeckung zu keiner Zeit ausgemacht werden (R. Danuser). - Die Luftbilder vom 16.10.1984 bestätigen den Befund des Beobachters: am Aufnahmedatum erstreckte sich die Neuschneedecke weit über das Vorfeld und die Stirnmoränen der historischen Maximalstände des Gletschers hinaus (VAW - M. Aellen).

#### 86 Paradies

**1984:** Der Gletscher war am Messtag eingeschneit. Vorgelagerte abgetrennte Eisreste sind bei der Messung nicht berücksichtigt. Die Eismasse im Einzugsgebiet hat erstmals wieder zugenommen (O. Hugentobler).

**1985:** Am Messtag war es sehr heiss. Dementsprechend war der Schmelzprozess noch voll im Gang. Die Eismasse hat eindeutig weiter abgenommen (O. Hugentobler).

#### 87 Suretta

**1984:** Der Gletscher war am Messtag eingeschneit. Seit dem Vorjahr hat nebst der Zungenlänge auch die Gletschermasse im Einzugsbereich des Gletschers zugenommen (O. Hugentobler).

**1985:** Die Gletscherzunge wird wie in den Vorjahren von Lawinenschnee gebildet. Im Gesamteindruck erscheint der Gletscher am Beobachtungsdatum im Vergleich zum Vorjahr unverändert. Danach ist jedoch eine lange Wärmeperiode ohne Niederschlag eingetreten, die etwelche Veränderungen bewirkt haben dürfte (O. Hugentobler).

#### 88 Porchabella

**1984:** Nach den andauernden Schneefällen im September war das Auffinden des Gletscherendes erschwert. Dank der Ortskenntnis des mitwirkenden früheren Beobachters (a. Kreisförster F. Juvalta) war dennoch eine Messung möglich. Sie ergab im Bereich östlich des Gletschertores einen geringeren Schwund als westlich davon, was auf die unterschiedliche Natur des Vorgeländes zurückzuführen ist (Chr. Barandun).

**1985:** Der Gletscherrand konnte im Gegensatz zum Vorjahr überall eindeutig geortet und genau vermessen werden, namentlich auch im Bereich des Gletschertors, wo dies 1984 wegen des vielen Schnees besonders grosse Mühe bereitet hatte (Chr. Barandun).

#### 89 Verstankla

**1984:** Am Messdatum war im untersten Drittel des Gletschers das Eis aper, in den höheren Lagen waren über ausgedehnte Flächen ältere Firnschichten freigelegt. Trotz der verhältnismässig starken Abschmelzung ist der aper Eisansrand am Zungenende um durchschnittlich 2 m vorgestossen. Die Felsnase mit Messpunkt 0 vor der Zungenmitte wirkt als Keil, an dem sich die Zunge in zwei spornförmige Lappen teilt. Der nördliche Sporn schiebt reichlich Moränenschutt auf die Felsnase, wobei der Messpunkt überschüttet worden ist. Der südliche Lappen, der das haufenförmige Moränen- und Bergsturzmaterial auf seinem Rücken mittlerweile ans Gletscherende verfrachtet hat, ist um 20 m über den Messpunkt 2 vorgestossen. Beim Gletschertor hat sich, dem geringfügigen Vorstossen des Gletschers entsprechend, seit dem Vorjahr kaum etwas verändert (J. Stahel).

**1985:** Nach dem eisig-kalten, aber schneearmen Winter liess der Frühling auf sich warten und noch im Juni schneite es wiederholt bis zur Waldgrenze. Erst die Monate Juli und August brachten ausgiebig sommerliche Wärme. Am Messdatum, am Ende einer mehrtägigen Föhnlage, war der Gletscher auf etwa einem Drittel seiner Oberfläche ausgeapert. Der Gletscherrand lag auf der nördlichen Seite 2 m hinter dem letztjährigen Stand, wobei das Eis auf der Felsnase zwischen den Messpunkten 0 und P 1 an Mächtigkeit zugenommen hatte. Auf den beiden südlichen Messlinien lag er 15 bzw. 35 m weiter vorn. Hier dürfte - abgesehen von der schwächeren Besonnung im Schattenwurf der Verstanklakette - die Sonneneinwirkung zusätzlich abgeschwächt worden sein durch die Moräne aus Bergsturzmaterial, die mittlerweile das Gletscherende erreicht hat (J. Stahel).

## **90 Silvretta**

**1984:** Am Messtag lag der Gletscher, der am 5. September ganz und dauernd eingeschneit worden war, unter einer etwa 0.5 m hohen Schneedecke, deren Mächtigkeit bis zum 20. auf gut 1 m anwuchs. Infolge der ungünstigen Schnee- und Wetterverhältnisse wurde das Zungenende nicht, wie üblich, durch einen Polygonzug aufgenommen, sondern an 5 einzelnen Punkten eingemessen. Der Massenzuwachs von fast 1 Million m<sup>3</sup> Eis, der einer mittleren Dickenzunahme von rund 30 cm entspricht, ergibt sich etwa zur Hälfte aus den Schneefällen im September. Bei den Bojenpegeln ist der Gletscher um 0.3 bis 1.2 m dicker geworden, wobei seine Fliessgeschwindigkeit bei den oberen Messstellen abgenommen, bei der untersten leicht zugenommen hat (VAW - H. Siegenthaler).

**1985:** Zur Zeit des Vermessungsflugs am 13.9.1985 war der Gletscher erst auf etwa einem Fünftel seiner Oberfläche ausgeapert. Somit ergibt sich für die Messperiode mit Beginn am 12.9.1984 ein beträchtlicher Massenzuwachs, der allerdings in den folgenden 6 Wochen bis zum Ende der Schmelzperiode grösstenteils - wenn nicht ganz - dahingeschmolzen sein dürfte. Die Angabe für die Längenänderung beruht auf dem Vergleich der Luftbilder mit den Aufnahmen vom 22.9.1978 (VAW - M. Aellen).

## **91 Sardona**

**1984:** Siehe Bemerkungen zu 81 Pizol (VAW - M. Aellen).

**1985:** Ausgehend von den gleichen Messpunkten wie im Vorjahr, wurde die Vermessung bei sehr schönem und warmem Wetter mit wenig Neuschnee auf dem Gletscher durchgeführt. Der Gletscherrand ist bei den Messpunkten 1 bis 5 ziemlich hoch und steil. Im vorderen Teil dieser Strecke ist er als Abbruchfront ausgebildet, von der laufend kleinere oder grössere Eis- und Felsstürze abgehen. Bei Punkt 6 besteht er aus Firn wie auch die rund 100 m lange Zunge, die sich zwischen den Punkten 5 und 6 hinunterzieht. Er liegt durchwegs um 1 bis 8 m weiter vorn als vor zwei Jahren. Bei Messpunkt 2 ist die neue Markierung von 1982 bereits wieder überschüttet oder sogar abgestürzt. Eine Erneuerung der Marke ist wenig sinnvoll, eine Verlegung kaum möglich, solange das Eis an dieser Stelle in starker Bewegung bleibt (A. Hartmann).

## **92 Roseg**

**1984:** Die Gletscherzunge endet am (natürlichen) See mit einer mehrere Meter hohen Kalbungsfront, die im Berichtsjahr an einer Stelle neben der Mitte um 4 m vorgerückt, sonst aber um 4 - 24 m zurückgegangen ist. Am und auf dem Westufer ist der Gletscherrand deutlich (bis 20 m) vorgerückt, wobei er stellenweise einen meterhohen Moränenwall aufgeschoben hat. Am Messdatum reichte der neue, bereits hartgefrorene Schnee auf dem Gletscher als geschlossene Schneedecke bis ans Zungenende. Im Vorgelände und an den Talflanken war er grösstenteils abgeschmolzen. Die dünne, mit zahlreichen Eisbergen durchsetzte Eisdecke auf dem See war noch nicht tragfähig (C. Mengelt / M. Aellen).

**1985:** Im Gegensatz zu den Vorjahren ist der Gletscherrand gut erkennbar und leicht zu messen. Die grossen, mit Schutt beladenen Einbuchtungen in der Gletscheroberfläche hinter der Mitte der Kalbungsfront sind verschwunden, die Begrenzung des Gletschers ist klar und eindeutig geworden. Die Kalbungsfront ist durchgehend um Beträge zwischen 2 und 47 m zurückgewichen. Auf den Ufern dagegen ist der Gletscher erneut deutlich, um 13 m ostseits und um 32 m westseits vorgestossen (C. Mengelt).

### 93 Tschierva

**1984:** Die steile Gletscherstirn schiebt einen stellenweise meterhohen Schuttwall vor sich her. Sie ist im mittleren Bereich bis 10 m, auf der Ostseite bis 17 m und auf der schuttbedeckten Westseite bis 22 m vorgestossen. Am Messdatum trug der Gletscher eine bis ans Zungenende geschlossene neue Schneedecke, der gefrorene Boden des aperen Vorgeländes taute im Laufe des sonnigen Herbsttages nur oberflächlich auf (C. Mengelt / M. Aellen).

**1985:** Der Bach tritt an zwei Stellen aus dem schneefreien und gut messbaren Gletscher, der beim alten Bachaustritt um 1 bis 5, auf Messlinie 60 um 19 m zurückgeschmolzen, auf den übrigen neun Messlinien um Beträge zwischen 1 und 11 m vorgestossen ist (C. Mengelt).

### 94 Morteratsch

**1984:** Der Gletscherrand konnte auf allen Messlinien eindeutig erfasst werden. Er ist in der Mitte bis 33 m zurückgeschmolzen. Auf der Westseite, wo er stellenweise bis 4 m vorgerückt, andernorts bis 11 m zurückgegangen ist, hat er sich gesamthaft wenig verändert. Auf der Ostseite mit Schwund bis 17 m und Vorstoss bis 20 m ist er durchschnittlich um rund 4 m vorgestossen (C. Mengelt).

**1985:** Das Gletscherende ist schneefrei und konnte überall eindeutig bestimmt werden. Der Bachaustritt hat sich seit dem Vorjahr ohne eigentliche Torbildung um mehr als 60 m westwärts verlagert. Neben dem neuen Bachaustritt ist der Gletscherrand eingebrochen und um 21 bis 26 m zurückgegangen, auf der Ostseite der Messstrecke um 2 m zurückgeschmolzen, sonst aber durchwegs um Beträge zwischen 1 und 48 m vorgestossen (C. Mengelt).

### 95 Calderas

**1984:** Weil der Gletscher und das Vorfeld mit Schnee bedeckt waren, konnte der Eisrand nicht sehr genau erfasst werden (C. Mengelt).

**1985:** Das schneefreie und gut messbare Gletscherende ist in der Mitte um 1 m vorgerückt, auf den Seiten bis 16 m zurückgeschmolzen. Der Bach tritt etwa 15 m weiter westlich aus dem Gletscher als im Vorjahr (C. Mengelt).

### 96 Tiatscha

**1984:** Eisabbrüche im westlichen Teil der Gletscherzunge und der reichlich vorhandene, im September gefallene Schnee verhindern eine genaue Aufnahme des Zungenendes, das leicht zurückgegangen ist (J. Könz).

**1985:** Die frische Stirnmoräne zeigt an, dass die Gletscherzunge im Frühling weiter vorgerückt war und im Laufe des Sommers wieder etwas zurückgeschmolzen ist. Der Wasserabfluss am Beobachtungsdatum ist bedeutend grösser als in anderen Jahren (J. Könz).

## 97 Sesvenna

**1984:** Der westliche Teil des Gletschers bleibt stationär. Im östlichen Abschnitt dagegen ist ein bedeutender Rückzug des Gletscherrandes und eine weitere Abnahme in der Mächtigkeit des Eises festzustellen (L. Rauch).

**1985:** Der Gletscherrand ist trotz der Wärme des Sommers nur geringfügig zurückgegangen: bei Messlinie 6, wo der Schwund wegen der geringeren Eismächtigkeit des östlichen Gletscherteils wie gewöhnlich am grössten ist, hat er knapp 2 m erreicht. Das kleine Gletschertor ist nicht mehr sichtbar. Die Schuttbedeckung des mittleren Zungenabschnitts dehnt sich immer weiter aus (L. Rauch).

## 98 Lischana

**1984:** Der Gletscherrand war gut erkennbar und konnte genau erfasst werden. Er ist auf einer Messlinie vorgerückt, im Durchschnitt aber um rund 5 m zurückgeschmolzen, in den Randzonen mehr als in der Mitte (L. Rauch).

**1985:** Der Gletscherrand ist auf vier Messlinien um 7 bis 12 m zurückgeschmolzen, auf der fünften von altem Firnschnee überdeckt und schätzungsweise um 5 m vorgerückt. Er weist meist nur eine geringe Eismächtigkeit auf und ist teilweise auch mit Moränenmaterial überdeckt (L. Rauch).

## 99 Cambrena

**1984:** Der Gletscher konnte wegen des steilen, durch ungünstige Schneebedingungen erschwerten Zugangs nicht an Ort und Stelle besucht, sondern nur aus Distanz beobachtet werden (A. Godenzi).

**1985:** Die Zunge ist flacher geworden und spaltenfrei. Die steile Stirnwölbung der letzten Jahre ist nicht mehr vorhanden. Rechts hat sich ein kleiner Moränenwall gebildet. Links stürzt der Gletscher über die Steilstufe ab und hat im Tälchen unterhalb der Felswand viel Eis aufgeschüttet (A. Godenzi).

## 100 Palü

**1984:** Auffallend ist der starke Vorstoss der Gletscherzunge, wie auch die offensichtliche Dickenzunahme des Gletschers, vor allem im mittleren Teil (A. Colombo).

**1985:** Auf der südlichen Flanke wurden vor der Gletscherzunge zwei grosse Moränenwälle aufgeschüttet. Am Tag der Messung führt der Bach sehr viel Wasser (A. Colombo).

## 101 Paradisino ("Vedreit da Camp")

**1984:** Da der Schnee vom 6. September an den Nordhängen nicht mehr wegschmolz, musste die Begehung bei den Plattenzügen unterhalb des Gletschers abgebrochen werden (A. Godenzi).

**1985:** Die Zunge, die am Messdatum völlig schneefrei war, wird auf ihrer linken Seite zunehmend mit Schutt bedeckt, der zur Hauptsache durch einen Bergsturz vom Corno di Campo auf den Gletscher gelangt ist. Demzufolge war der verschüttete Eisrand auf Messlinie 6 unzugänglich (A. Godenzi).

## 102 Forno

1984: Die Zone mit schuttbedecktem Toteis am Westrand des Zungenendes, wo der Gletscherrand bereits im Vorjahr nicht eindeutig erfasst werden konnte, ist bei der Messung ausgelassen worden (C. Mengelt).

1985: Der Zungenrand des schneefreien Gletschers ist gut messbar bis auf den westlichen Teil, der wegen der starken Schuttbedeckung nach wie vor nur mit Mühe zu erfassen ist. Am Messdatum ist der Schmelzwasserabfluss verhältnismässig gross (C. Mengelt).

## 103 Bresciana

1985: Il ghiacciaio è avanzato ma il suo spessore verso il fronte sembra ridursi continuamente. La parte destra risulta ricoperta di neve vecchia, quella sinistra è invece ghiaccio vivo. Il punto 12 è quasi raggiunto dal materiale che frana dalla morena; il 30 settembre abbiamo perciò definito e marcato nella roccia 5 nuovi punti per le prossime misurazioni (F. Viviani).

## 104 Basodino

1984: Durante i rilievi il fronte del ghiaccio era ricoperto da un lieve strato di neve fresca caduta nei giorni precedenti alle misurazioni (C. Valeggia).

1985: Il fronte del ghiacciaio che era ben visibile è avanzato quasi dappertutto, l'estremità sinistra esclusa (C. Valeggia).

## 105 Rossboden

1984: Infolge der frühen Schneefälle konnte nur die Messung an der schuttbedeckten inaktiven Zunge wiederholt werden. Der Eiswulst, der über den rückwärtigen Teil der Zunge vorstösst, zeigt weiterhin grosse Aktivität (M. Borter). - Im Rahmen einer Studie der VAW und von Diplomarbeiten der Ingenieurschule beider Basel [Budmiger und Sperb, unpubl.] sind durch Direktvergleich der Luftbilder 1983 und 1984 (2.8.1984) im Stereoaerographen Höhenänderungen der Oberfläche und Verschiebungsvektoren im Zungenbereich bestimmt worden. Die Ergebnisse bestätigen im wesentlichen das Vorrücken des Eiswulstes über die schuttbedeckte Zunge, die mittlerweile - wie das Ergebnis der Zungenmessung von M. Borter anzeigt - reaktiviert worden ist (VAW - W. Schmid / M. Aellen).

1985: Der vorderste, von grobblockigem Schutt meterhoch überdeckte Teil der Zunge ist auf allen drei Messlinien ziemlich gleichmässig (um 7 - 11 m) vorgestossen. Nach einjährigem Unterbruch sind auch der vorstossende Eiswulst und die markierten Blöcke auf dem schuttbedeckten unterliegenden Teil der Zunge wieder vermessen worden. Seit 1983 ist der Eiswulst um 90 m vorgerückt, die Blöcke haben sich um Strecken zwischen 66.8 und 91.5 m fortbewegt (M. Borter).

## 106 Mittelaletsch

1984: Vermessungsflug am 17.10.1984. Die steile Zungenfront auf der oberen Terrasse (ca. 2320 m ü.M.) hat sich wenig verändert. Der schuttbedeckte Zungenlappen, der sich auf der Südwestseite zum Gletschertor hinzieht, ist kürzer und dünner geworden (VAW - M. Aellen).

### **107 Bis**

**1984:** Vermessungsflug am 16.10.1984. Der Gletscher ist offensichtlich auf der ganzen Breite seiner Front im Vorstoss, wobei sich die randlichen Zungenlappen in den steilen Bachrunsen immer weiter vorschieben und die Sturzkegel unter den Abbruchfronten in der Mitte, vor allem nördlich des Mittelgrotzen, deutlich vergrössern (VAW - M. Aellen).

**1985:** Vermessungsflüge am 2. und 12.9.1985. Die aufgewölbten seitlichen Zungen haben sich weiter vorgeschoben, die Sturzkegel vor der Abbruchfront sind zurückgeschmolzen (VAW - M. Aellen).

### **109 Alpetli**

**1984:** Der Gletscher hat in der Dicke weiter zugenommen (U. Fuhrer / K. Ogi).

**1985:** Bei Punkt A, der vom Eis überfahren ist, konnte nicht gemessen werden. Bei Punkt B hat das Eis am Gletscherrand in der Dicke zugenommen (U. Fuhrer / K. Ogi).

### **111 Ammerten**

**1984:** Bei schönem Wetter, aber winterlichen Schneeverhältnissen musste das Gletscherende unter einer 60-70 cm dicken Schicht schweren Neuschnees auffindig gemacht werden. Bei Messpunkt 1 ist der Eisrand unter angelagertem Winterschnee stationär geblieben, bei den anderen Messpunkten ist er um 0.4 bzw. 1 m zurückgeschmolzen. Die Schneewächte am Albristhorn hat die Schmelzperiode 1984, die mit verspätetem Beginn (nach Ende Mai) und verfrühtem Ende (anfangs September) rund 2 Monate kürzer war als in normalen Jahren, ohne weiteres überdauert (E. Hodel).

**1985:** Während der grossen Schneefälle im Hochwinter sind die Berghänge durch Lawinen in ungewöhnlich starkem Masse abgeräumt worden. Dabei sind auch verschiedene alte, an vermeintlich sicherer Stelle erbaute Alphütten weggefegt worden. Die Schmelzung kam im Hochgebirge erst anfangs Juli richtig in Gang, war dann jedoch sehr intensiv und bis weit in den Oktober hinein wirksam, so dass verschiedene mehrjährige Firnfelder und beispielsweise auch die Gwächte am Albristhorn verschwunden sind. Am Gletscherende ist ausser den Schneeanlagerungen der Vorjahre auch altes Gletschereis geschmolzen, wobei hinter den Messlinien 2 und 3 kleine Felsinseln zum Vorschein gekommen sind (E. Hodel).

### **112 Dungal**

**1984:** Der Gletscher stösst mit stark aufgewölbtem, zerspaltenem Zungenrand vor (VAW - M. Aellen).

**1985:** Vermessungsflug am 9.9.1985. Vergleichbare Luftbilder liegen vor vom 7.9.1973 und 13.8.1974. Seitdem ist der Gletscher deutlich vorgerückt (VAW - M. Aellen).

### **113 Gelten**

**1984:** Das Zungenende ist fast durchgehend mit Winterschnee umsäumt (VAW - M. Aellen).

**1985:** Vermessungsflüge und Veränderung wie bei 112 Dungal (VAW - M. Aellen).

#### 114 Plattalva

**1984:** Der Längenzuwachs ergibt sich aus der Anlagerung verfirnten Winterschnees am Gletscherende, das im Herbst 1983 nach der Messung noch zurückgeschmolzen sein dürfte. Im bescheidenen Massenzuwachs, der einer mittleren Dickenzunahme von 8 cm Eis entspricht, ist der Schneezuwachs im September nicht inbegriffen. Beim Bojenpegel hat sich die Gletscherdicke nicht verändert, die Bewegung um rund 8 % verlangsamt (VAW - H. Siegenthaler).

**1985:** Zungenende und Pegelnetz sind am 11.9.1985 am Boden gemessen worden durch L. Braun und M. Rohrer, Geographisches Institut der ETHZ, unter der kundigen Anleitung des früheren Beobachters H. Siegenthaler. Nach den tags darauf aufgenommenen Luftbildern ist der Gletscher erst auf rund einem Siebentel seiner Oberfläche ausgeapert. Dementsprechend ergibt sich für das Haushaltsjahr mit Beginn am 1.9.1984 ein beträchtlicher Massenzuwachs, der im weiteren Verlauf der bis Ende Oktober andauernden Schmelzperiode weitgehend dahingeschmolzen sein dürfte (VAW - M. Aellen).

#### 115 Scaletta

**1985:** Vermessungsflug am 20.9.1985. Der Gletscher ist grösstenteils noch mit einer geschlossenen Altschneedecke überzogen, die sich stellenweise bis gegen 2600 m ü.M. herunterzieht. Er ist somit etwas stärker ausgeapert als bei den Vergleichsaufnahmen vom 13.9.1979. Das Zungenende aus angelagerten mehrjährigen Firnschichten ist ebenfalls mehrheitlich noch von Winterschnee, teilweise auch von Gehängeschutt überdeckt. Es erstreckt sich nur noch etwa halb so weit talauswärts wie vor 6 Jahren (VAW - M. Aellen).

#### 116 Albigna

**1985:** Vermessungsflug am 11.9.1985. Die Kalbungsfront liegt eindeutig weiter hinten als bei der Vergleichsaufnahme vom 17.9.1979. Am 13.10.1985 lag sie bei Vollstau des Sees auf mehr als der halben Breite im Wasser, mit einem kleineren torartigen Gewölbe vor der schuttbedeckten östlichen Zungenhälfte und einer bogenförmigen senkrechten Abbruchfront vor der westlichen Zungenhälfte, welche ausser drei Mittelmoränen wenig Schutt trägt. Die Gletscher am östlichen Talhang sind offensichtlich im Vorstossen begriffen. Die steile Zunge des Castello Nord reicht wieder durchgehend bis zum Talgletscher herab (VAW - M. Aellen).

#### 117 Valleggia

**1985:** L'aumento notevole dai punti base a, b, A non è da attribuire ad un spostamento del fronte del ghiacciaio, ma bensì ad un nevaio-ghiacciaio di scarso spessore (C. Valeggia).

#### 118 Val Torta

**1985:** La misurazione di questo ghiacciaio è resa difficile dall'impossibilità d'intravedere il fronte del ghiacciaio. Questo è coperto di un nevaio-ghiacciaio che veramente è meno grande di quello del anno 1983. La coltre nevosa rende difficile il confronto, c'è stato un aumento di circa 22 m (C. Valeggia).

### **119 Cavagnoli**

**1984:** Dallo schizzo si può notare un certo ritiro medio di m 9,5; questo è dovuto alla frattura netta e precisa del fronte del ghiacciaio che quest'anno si è potuto intravedere. Avanti ad essa esiste un masso di ghiaccio che si posa contro la roccia esistente alla fine della conca tra i punti (a) e (d). Per cui il fronte misurato è da considerare come tale (C. Valeggia).

**1985:** Il ritiro medio risulta dall'aumento particolare in mezzo fronte (8 e 10 m) e dalla diminuzione quasi generale (1 - 5 m) in oltre parte. La variazione rispetto all'anno precedente è dovuta dalle eccezionali condizioni avute durante i mesi estivi e dal poco spessore di ghiaccio che si trova in questa conca dove il ghiacciaio termina (C. Valeggia).

### **120 Corno**

**1985:** Il fronte del ghiacciaio si trova su una pendenza assai ripida. Il rilievo è stato reso facile dalla bella stagione estiva e dalla riduzione del nevaio-ghiacciaio che si trova davanti al fronte (C. Valeggia).

## 4. BILDTEIL

### 4.1 BILDFOLGE DES 105. BERICHTS (1983/84)

#### Bildlegenden

#### **Bilder 1 und 2: Altsgletscher in den Jahren 1983 und 1984**

Aufnahmen: W. Schmid, VAW.

- 1 Altsgletscher im September 1983.
- 2 Zunge am 1. September 1984. Die bogenförmige Abrissnische einer früheren Rutschung (links oben) ist mit Schnee verfüllt.

#### **Bild 3: Oberer Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher) am 2. September 1984**

Aufnahme: M. Aellen, VAW.

Von der Hundeschlittenbahn im Vordergrund führt die Fussspur zum oberen Mönchsjoch quer durch das Ablagerungsgebiet der Eislawine vom 5. Juli 1984. Längs der horizontalen Spur in der Bildmitte wird das Oberflächenprofil jährlich vermessen.

#### **Bild 4: Hängegletscher in der Nordflanke des Lyskamms im April 1978**

Aufnahme: W. Haeberli, VAW.

Die senkrechte Abbruchfront durchschneidet die jährlichen Zuwachsschichten des Firms, die durch die waagrechte Bänderung angezeigt werden.

#### **Bilder 5 bis 7: Steingletscher am Sustenpass in den Jahren 1968 und 1984**

Aufnahmen: M. Aellen, VAW (5) und P. Müller, VAW (6, 7).

- 5 Die Aufnahme vom 10. Oktober 1968 zeigt den letzten Minimalstand des Gletschers, rund 250 m hinter dem Seeufer.
- 6 Die Vergleichsaufnahme vom 10. September 1984 zeigt die aufgewölbte Zungenstirn hart am Seeufer.
- 7 Zungenende mit aufgeschobenem Schuttwall (Stirnmoräne) am 10. September 1984.

**Bilder 8 und 9: Tschiervagletscher am 28. August 1984**

Aufnahmen: P. Müller, VAW.

- 8 Zungenende mit Schmelzfront oberhalb des Gletschertors im Bereich des schuttbedeckten südlichen Teils, mit aufgewölbter Stirn im schutfreien nördlichen Teil des Gletschers.
- 9 Die Nahaufnahme zeigt rechts den grobblockigen Vorstosswall neben dem Gletschertor, links anschliessend ein helles Band überfahrenen Winterschnees.

**Bilder 10 und 11: Roseggletscher am 28. August 1984**

Aufnahmen: P. Müller, VAW.

- 10 Vor rund 30 Jahren trennte sich der Roseg- vom Tschiervagletscher. Bis 1979 schmolz er, beschleunigt durch die Bildung eines kilometerlangen Sees, sehr rasch zurück. Seither ist er nahezu stationär. Die sommerliche Erwärmung des Seewassers verstärkt die Schmelzung am Zungenende und verhindert dadurch das Vorstossen des Gletschers im Bereich der Kalbungsfront.
- 11 Auf dem Westufer des Sees stösst der Gletscher vor. Der aufgeschobene Vorstosswall (links) überschüttet die junge Vegetation.

**Bilder 12 und 13: Glacier d'Epicoune (Val de Bagnes) in den Jahren 1968 und 1983**

Aufnahmen: H. Röthlisberger, VAW.

- 12 Ansicht von der Pointe d'Otemma am 13. August 1968. Der Kargletscher, der sich über eine Fläche von rund 1.2 km<sup>2</sup> ausdehnt, ist bereits seit einigen Jahren wieder im Vorstoss. Seine Zunge hat bis anfangs der 1950er Jahre über die steile Felsstufe hinunter zum Otemmagletscher gereicht.
- 13 Die Ansicht aus dem Helikopter zeigt am 2. September 1983 ein frühes Stadium der Rutschung mit durchgehend abgerissenem, noch kompaktem Zungenende, das im östlichen Teil (links) erst wenig, im westlichen Teil bereits über eine Strecke von mehreren Dekametern abgeglitten ist.

## 4. ILLUSTRATIONS PHOTOGRAPHIQUES

### 4.1 ILLUSTRATIONS DU 105<sup>e</sup> RAPPORT (1983/84)

#### *Légendes des illustrations*

#### **Photos 1 et 2: Glacier de l'Altels en 1983 et 1984**

Clichés: W. Schmid, VAW.

- 1 *Le glacier de l'Altels en septembre 1983.*
- 2 *Langue du glacier de l'Altels le 1er septembre 1984. A gauche en haut, on distingue la niche d'arrachement, de forme arquée et remplie de neige, d'un ancien éboulement.*

#### **Photo 3: Glacier supérieur de la Jungfrau (grand glacier d'Aletsch) le 20 septembre 1984**

Cliché: M. Aellen, VAW.

*Partant de la piste des traîneaux à chiens visible au premier plan, la trace conduit au col supérieur du Mönch, à travers la zone de dépôt de l'avalanche de glace du 5 juillet 1984. C'est le long du tracé horizontal, visible au centre de la photo, que l'on mesure chaque année le profil de la surface du névé.*

#### **Photo 4: Glacier suspendu de la paroi nord du Lyskamm en avril 1978**

Cliché: W. Haerberli, VAW.

*Le front d'arrachement vertical montre en coupe les bandes horizontales formées par les couches annuelles d'accroissement du glacier.*

#### **Photos 5 à 7: Glacier de Stein près du col du Susten en 1968 et 1984**

Clichés: M. Aellen, VAW (5) et P. Müller, VAW (6, 7).

- 5 *Cette photographie du 10 octobre 1968 montre la dernière phase de retrait maximum de ce glacier, à 250 m en amont du bord du lac.*
- 6 *Cette prise de vue du 10 septembre 1984 montre, par comparaison avec l'illustration précédente, le gonflement et l'avance du front glaciaire jusqu'à proximité immédiate de la rive du lac.*
- 7 *L'extrémité de la langue glaciaire et sa levée de débris pierreux (moraine frontale), le 10 septembre 1984.*

**Photos 8 et 9: Glacier de Tschierva le 28 août 1984**

Clichés: P. Müller, VAW.

- 8 *Front d'ablation à l'extrémité de la langue du glacier, au-dessus du portail glaciaire. La zone méridionale est recouverte de cailloux, tandis que la partie septentrionale, libre de débris rocheux, présente un gonflement caractéristique.*
- 9 *Cette photographie de détail montre la levée de débris rocheux grossiers à proximité du portail glaciaire. La bande claire, visible à gauche, révèle la présence du manteau neigeux hivernal écrasé par l'avance du glacier.*

**Photos 10 et 11: Glacier de Roseg le 28 août 1984**

Clichés: P. Müller, VAW.

- 10 *Il y a 30 ans environ, le glacier de Roseg s'est séparé de celui de Tschierva. Il s'est retiré très rapidement jusqu'en 1979, sa fusion étant accélérée par la formation d'un lac long d'un kilomètre. Depuis ce moment-là, il est presque stationnaire, car le réchauffement estival de l'eau du lac augmente la fusion à l'extrémité de la langue et empêche l'avance du glacier dans la zone de vêlage.*
- 11 *Le glacier avance le long de la rive occidentale du lac. A gauche, la levée de cailloux, poussée par le glacier, ensevelit la jeune végétation.*

**Photos 12 et 13: Glacier d'Epicoune (Val de Bagnes) en 1968 et 1983**

Clichés: H. Röthlisberger, VAW.

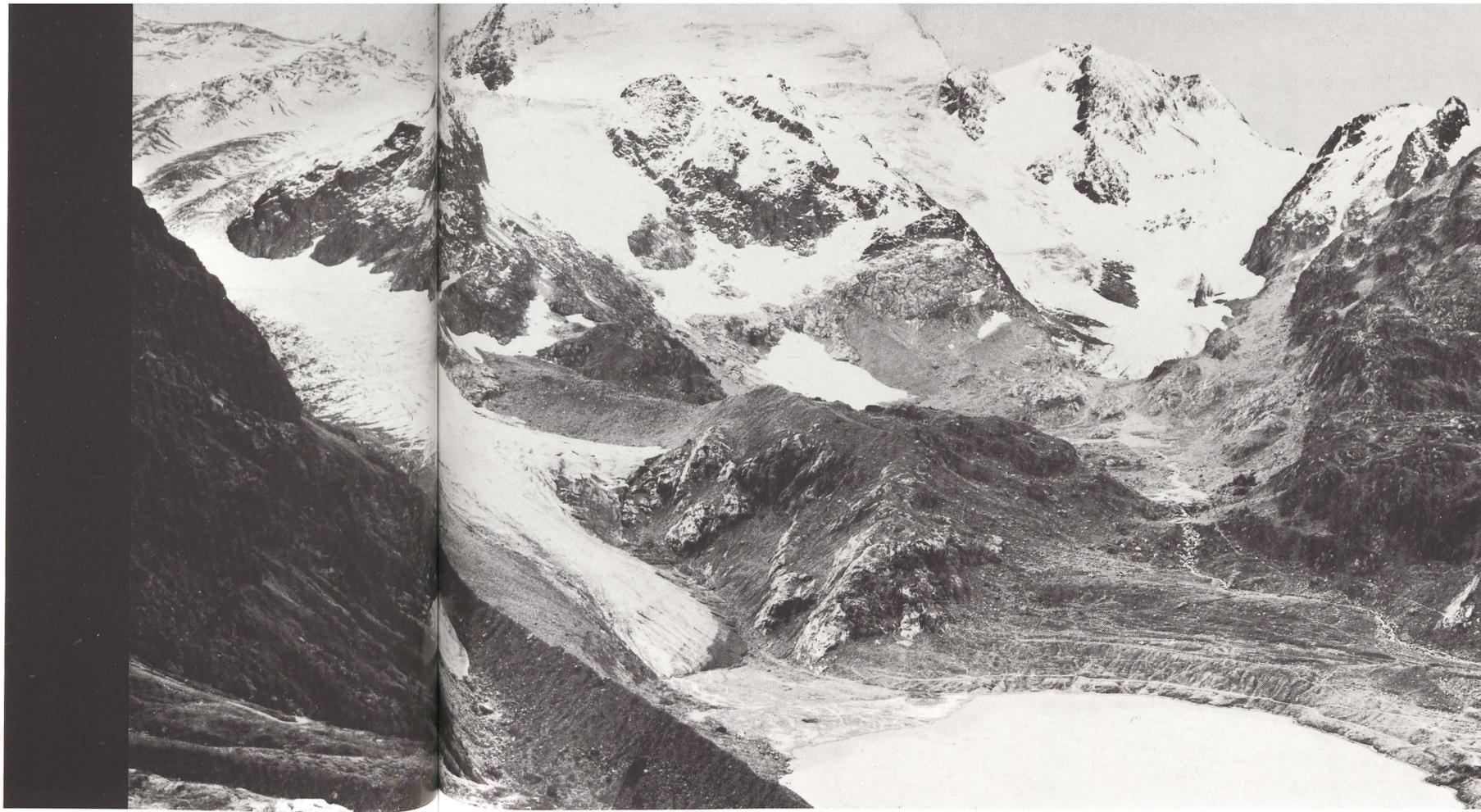
- 12 *Le glacier, vu de la Pointe d'Otemma. le 13 août 1968. Ce glacier de cirque, qui s'étend sur une surface de 1.2 km<sup>2</sup> environ, est de nouveau en crue depuis quelques années. Jusqu'au début des années cinquante, sa langue recouvrait le gradin rocheux abrupt (qu'il surplombe actuellement) et rejoignait le glacier d'Otemma.*
- 13 *Cette photographie, prise d'un hélicoptère, le 2 septembre 1983, montre un stade précoce d'éboulement. La partie de la langue qui s'est détachée est encore compacte. Elle a glissé quelque peu dans sa section orientale (à gauche), et déjà sur plusieurs dizaines de mètres dans sa section occidentale.*

1



3





5

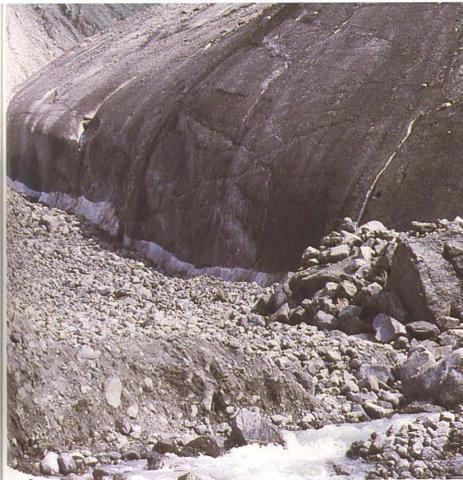


7



6

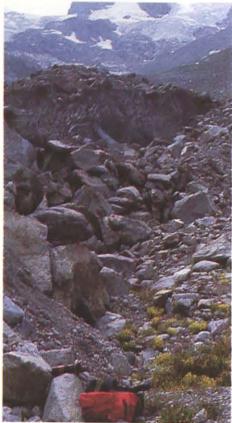
8



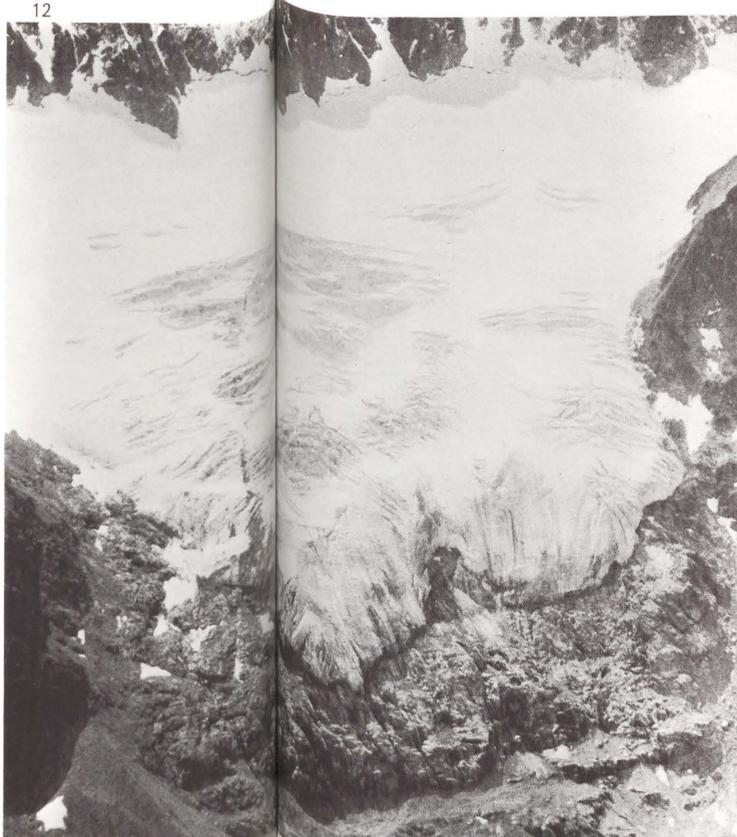
9



10



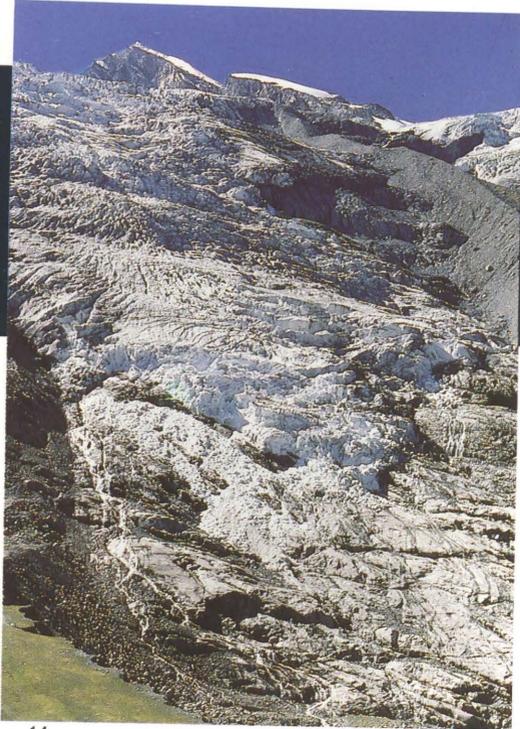
11



12



13



14



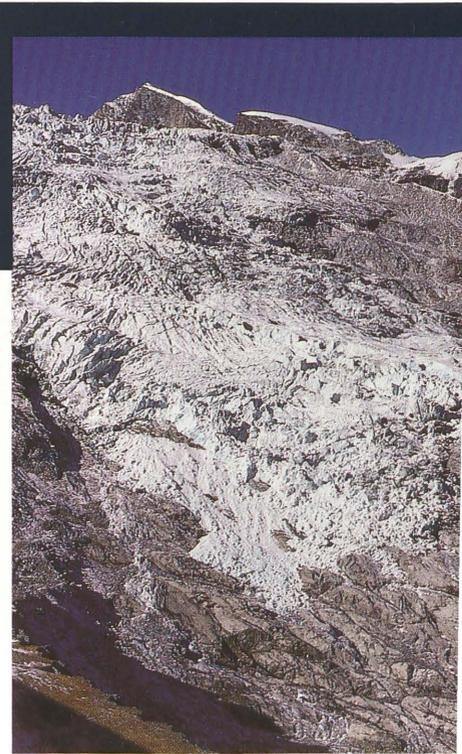
15



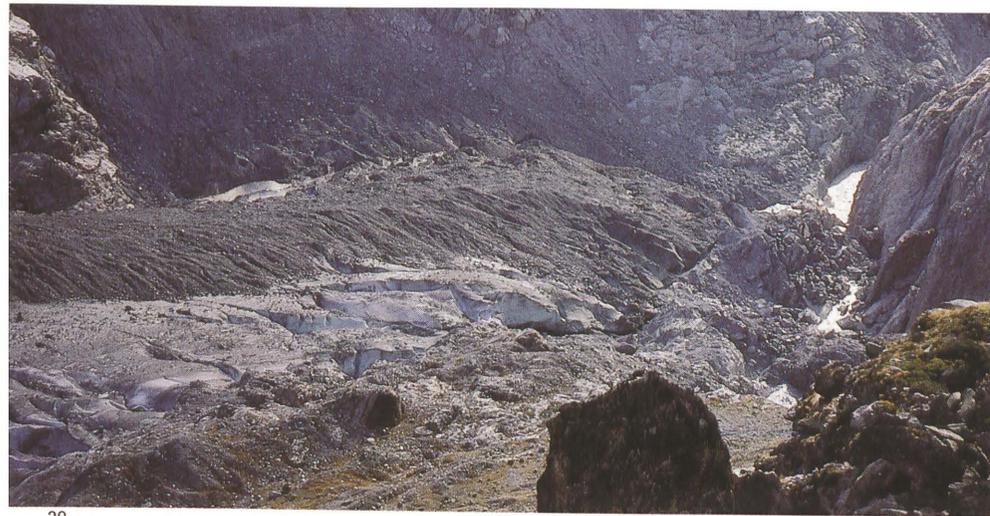
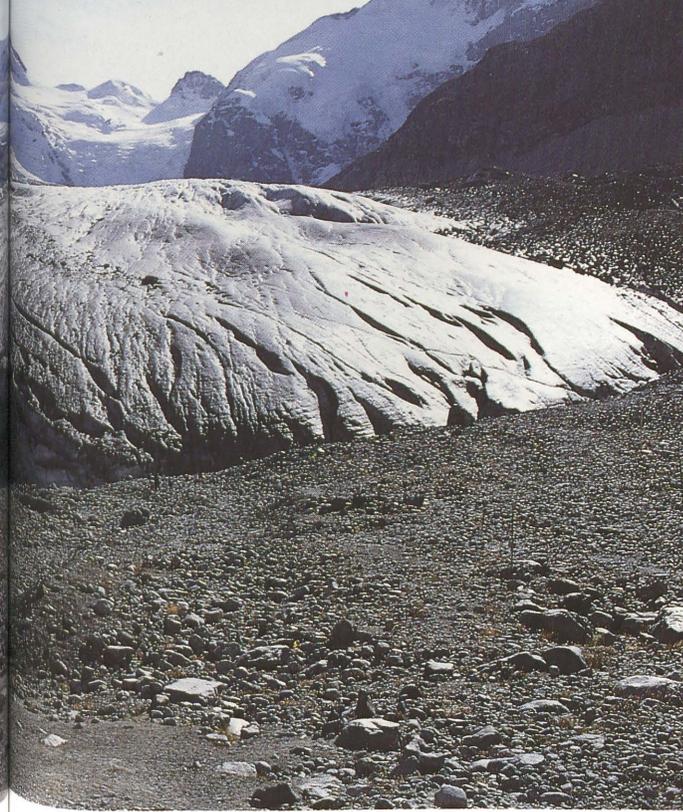
16



17



18





## 4.2 BILDFOLGE DES 106. BERICHTS (1984/85)

### Bildlegenden

#### **Bilder 14 bis 18: Zungenrutschungen des Allalingletschers 1984 und 1985**

Bildaufnahmen mittels automatischer Kamera.

Aufnahmen: W. Schmid, VAW.

- 14 Endphase der schwachen Rutschung 1984, am 13. November, mit aufgebrochenem Zungenende und mässig grossen Sturzkegeln vor der Abbruchfront.
- 15 Normales Bewegungsverhalten während des Winters und Frühjahrs. Von der stationären Abbruchfront abgestürztes Gletschereis hat in Schneelawinen den Hangfuss erreicht. Aufnahme vom 1. April 1985.
- 16 Der Stand am 12. Juli mit kompaktem Zungenende und fast restlos abgeschmolzenen Sturzkegeln bezeugt, dass auch im Frühsommer keine ungewöhnlichen Bewegungsvorgänge stattgefunden haben.
- 17 Anfangsphase der starken Rutschung 1985, die um Mitte August in Gang gekommen ist und am 17. September etwa das Ausmass des vorjährigen Endstandes erreicht hat.
- 18 Endphase der Rutschung 1985 mit deutlich vorgeschobenem Zungenende und stark angewachsenen Sturzkegeln vor der Abbruchfront, am 4. November.

#### **Bild 19: Morteratschgletscher am 12. Oktober 1985**

Aufnahme: H. Röthlisberger, VAW.

Seit 1912 stösst der Morteratschgletscher erstmals wieder vor.

#### **Bilder 20 und 21: Grosser Aletschgletscher am 27. Oktober 1985**

Aufnahmen: M. Aellen, VAW.

- 20 Blick vom Fussweg nach Driest talwärts auf das Zungenende, das sich innert der letzten drei Jahre vom Eingang der Massaschlucht mit der Einmündung des Oberaletschbachs rechts im Bild um rund 200 m zurückgezogen hat.
- 21 Gletscherbach neben der Mittelmoräne: Ende Oktober war die Schmelzung auf diesem gut besonnten Gletscher noch kräftig wirksam.

#### **Bild 22: Albignagletscher am 13. Oktober 1985**

Aufnahme: H. Röthlisberger, VAW.

Blick von Cacciabella auf das Zungenende des Albignagletschers mit Kalbungsfront am gefüllten Stausee.

**Bilder 23 und 24: Griesgletscher (Aegina) am 28. Oktober 1985**

Aufnahmen: M. Aellen, VAW.

- 23 Schmelzpfannen und büsserschneeähnliche Oberflächenformen im Nährgebiet: unter der schützenden Neuschneedecke der ersten Septemberhälfte ist bis zu einem halben Meter weniger Firn abgeschmolzen als an den Stellen, wo die dunklere staubbedeckte Firnoberfläche mit wesentlich geringerem Rückstrahlungsvermögen nochmals ausgeapert ist.
- 24 Zungenende mit Kalbungsfront bei nahezu gefülltem Stausee. Die beiden Gewölbe der bogenförmigen Front sind abgestützt auf Felsrippen, die in der Mitte und an den seitlichen Ufern über der Wasserlinie zutage treten.

## 4.2 ILLUSTRATIONS DU 106<sup>e</sup> RAPPORT (1984/85)

### *Légendes des illustrations*

#### **Photos 14 à 18: Glissements de la langue du glacier de l'Allalin en 1984 et 1985**

*Photos prises au moyen d'une caméra automatique.*

*Clichés: W. Schmid, VAW.*

- 14 Phase finale du glissement modéré de 1984. Le 13 novembre, l'extrémité de la langue glaciaire est brisée, et l'on distingue des cônes de débris devant la falaise frontale.*
- 15 Mouvement normal du glacier pendant l'hiver et le printemps. La glace qui s'est détachée de la falaise frontale a été emportée au bas de la pente par des avalanches de neige. Photographie du 1er avril 1985.*
- 16 Le 12 juillet, l'extrémité de la langue est compacte et les cônes de débris ont fondu presque entièrement. Cette situation ne témoigne d'aucun mouvement inhabituel du glacier pendant le début de l'été.*
- 17 L'important glissement de 1985 a débuté au milieu d'août et, le 17 septembre, il avait déjà l'importance de celui de 1984 dans sa phase finale.*
- 18 Phase finale de l'éboulement de 1985. Le 4 novembre, l'extrémité de la langue glaciaire est proéminente, et les cônes de débris se sont fortement développés devant la falaise frontale.*

#### **Photo 19: Glacier de Morteratsch le 12 octobre 1985**

*Cliché: H. Röthlisberger, VAW.*

*Ce glacier a avancé pour la première fois depuis 1912.*

#### **Photos 20 et 21: Grand glacier d'Aletsch le 27 octobre 1985**

*Clichés: M. Aellen, VAW.*

- 20 Vue de la langue glaciaire (prise en direction de la vallée) du sentier conduisant à Driest. Ces trois dernières années, elle s'est retirée de l'entrée de la gorge de la Massa et du confluent du torrent du glacier supérieur d'Aletsch, à droite sur 200 m environ.*
- 21 Torrent glaciaire longeant la moraine médiane. Son débit montre que l'ablation était encore très active à la fin d'octobre sur ce glacier bien exposé au soleil.*

#### **Photo 22: Glacier d'Albigna le 13 octobre 1985**

*Cliché: H. Röthlisberger, VAW.*

*Vue de Cacciabella sur le glacier d'Albigna, dont le front de vêlage surplombe le lac de barrage complètement rempli.*

**Photos 23 et 24: Glacier de Gries (Aegina) le 28 octobre 1985**

*Clichés: M. Aellen, VAW.*

- 23 Dolines de fusion et pénétrations de neige ornant la surface de la zone d'alimentation du glacier. La couche de neige fraîche, tombée pendant la première quinzaine de septembre, a protégé le névé. La fonte (un demi-mètre environ) y fut nettement moins importante qu'aux endroits où, la neige ayant disparu, la surface (recouverte d'impuretés de couleur sombre) présentait un albédo beaucoup plus faible.
- 24 Langue glaciaire aboutissant dans le lac de barrage presque rempli. Les deux voûtes du front de vêlage s'appuient sur des arêtes rocheuses qui dépassent la surface de l'eau au milieu du lac et sur ses deux rives.

## 5. MASSENHAUSHALT

### 5.1 EINLEITUNG

In Tabelle 5.1 sind die von der VAW für die Gletscher in 4 Flusseinzugsgebieten bestimmten Haushaltszahlen der Berichtsjahre zusammengestellt. Die gesamte Massenänderung entspricht dem Gewinn oder Verlust an Eisvolumen in der Messperiode, die spezifische Massenänderung der Dicke der Schicht, die sich ergäbe, wenn dieser Gewinn oder Verlust als Wasser gleichmässig über den ganzen Gletscher verteilt würde. Als spezifische Massenänderung sind die Ergebnisse der Haushaltsbestimmungen an verschiedenen Gletschern direkt vergleichbar. Dies gilt in der Regel selbst dann, wenn die Messperioden nicht genau übereinstimmen.

In Tabelle 5.2 sind die Massenänderungen der Gletscher in drei verschieden grossen und in unterschiedlichem Ausmass vergletscherten Einzugsgebieten dargestellt als Teilgrössen des natürlichen Wasserhaushaltes in den betreffenden Abflussbecken. Dabei werden die beiden Hauptkomponenten Niederschlag und Abfluss (bei Gries: Reservenänderung und Abfluss) anhand von Messungen geschätzt, um daraus unter Annahme eines invarianten Verdunstungsbetrags die Reservenänderung (bei Gries den Niederschlag) als weitere Hauptkomponente zu ermitteln. Andere Komponenten werden in dieser vereinfachten Haushaltsrechnung nicht in Betracht gezogen.

Abbildung 5.1 gibt einen Einblick in den zeitlichen Verlauf des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet der Massa während der Haushaltsjahre 1983/84 und 1984/85. Ausgehend von den publizierten Werten der täglich gemessenen Niederschlags- und Abflussmengen [SMA, 1983-85b; LHG, 1983-85] sind für dieselben Jahre auch Tagesbilanzen berechnet. Dabei ist die invariant angenommene Verdunstungsrate ( $210 \text{ kg/m}^2$ ) gleichmässig auf die Monate verteilt und innerhalb der Monate in gleichgrossen Tagesraten (je  $1 \text{ kg/m}^2$ ) den niederschlagsärmsten Tagen zugewiesen. Aus den Extremwerten, welche die fortlaufende Summe der täglichen Reservenänderungen im Frühjahr (Maximum) und im Herbst (Minimum) erreicht, ergibt sich die Gliederung in klimabedingte Haushaltsperioden, die nicht an feste Kalenderdaten gebunden sind. In Abbildung 5.1 sind die Mittelwerte, Standardabweichungen und Extremwerte angezeigt, die aus den Monatswerten der Periode 1930/78 berechnet sind.

Die Angaben über den Jahresgang der Aenderung der Wasserreserven im Einzugsgebiet der Rhone oberhalb des Genfersees sind aufgrund von Monatswerten in der Abbildung 5.2 graphisch dargestellt. Die Grundlagen dazu sind in Kapitel 6.2 des 97./98. Gletscherberichts (Jahrbuch 1975/76 und 1976/77) mit entsprechenden Angaben für die Jahre 1955/56 bis 1979/80 erläutert.

Für die **Gletscher Gries, Limmern, Plattalva** und **Silvretta** ist die höhenmässige Verteilung der Massenänderung in den Haushaltsperioden 1983/84 und 1984/85 als Wasserwert der gesamten und der spezifischen Aenderung in jeder Höhenstufe (Tab. 5.3 - 5.5) angegeben. Die entsprechende räumliche Verteilung am Schluss der Haushaltsperiode 1983/84 ist dargestellt in den Abbildungen 5.3 bis 5.5. Im Rahmen der Sparmassnahmen der Bundesverwaltung ist die von H. Siegenthaler besetzte Stelle an der VAW mit dessen Rücktritt im Frühjahr 1985 aufgehoben worden. Infolgedessen haben die Pegelmessun-

gen im Herbst nur teilweise stattgefunden (auf Gries, Limmern und Plattalva) und werden seither nur noch in beschränktem Umfang (10 Pegel pro Gletscher) weitergeführt (auf Gries und Silvretta). Dementsprechend sind notwendigerweise auch die Berechnungsverfahren der Massenbilanz angepasst worden [Aellen und Funk, 1988]. Eine zusammenfassende Uebersicht über die Messreihen dieser Gletscher ist im Anhang früherer Jahrbücher enthalten (95. - 100. Gletscherbericht, 1973/74 - 1978/79).

Die luftphotogrammetrisch bestimmten jährlichen Veränderungen der **Aaregletscher** (Kap. 5.4) vom Herbst 1983 bis zum Spätsommer 1985 sind in den Tabellen 5.6 und 5.7 zusammengefasst.

Kapitel 5.5 mit den Tabellen 5.8 bis 5.13 enthält die Ergebnisse der Beobachtungen, die in den Jahren 1983/84 und 1984/85 über den Firnzuwachs auf den **Gletschern Clariden, Silvretta, Jungfraufirn** und im Engadin gemacht worden sind. Diese Beobachtungen sind z.T. seit 1913 im Gang. Ihre Ergebnisse sind für die Jahre 1913/14 bis 1976/77 in besonderen Berichten (sog. Firnberichte) jährlich veröffentlicht, die als Kapitel 5.5 des Jahrbuchs teilweise weitergeführt sind.

## 5.2 MASSENÄNDERUNG IM HAUSHALTSJAHR 1983/84

Im Haushaltsjahr 1983/84 hat sich der klimabedingte Jahreszyklus in einer extrem kurzen Zeitspanne abgespielt. Die Akkumulationsperiode begann allgemein etwa 8 Wochen nach dem Normaltermin und dauerte rund 200 statt der durchschnittlichen 250 Tage. Die Ablationsperiode begann um den 10. Juni nahe am normalen Zeitpunkt, endete jedoch nach einer Dauer von rund 90 statt 115 Tagen fast 4 Wochen zu früh. Bei mehrheitlich normalen Niederschlagsmengen im Alpengebiet (vgl. Abb. 1.3) und überall deutlich unternormalen Abschmelzbeträgen ist im Berichtsjahr wesentlich weniger Gletschermasse umgesetzt worden als in den vorangehenden 7 Jahren. Den Niederschlagsverhältnissen entsprechend ergaben sich bei den einzelnen Gletschern gebietsweise leicht negative bis deutlich positive Massenbilanzen für das hydrologische Jahr, stärker negative oder weniger positive für die wesentlich kürzere Bilanzperiode des klimabedingten Jahreszyklus, in der die ergiebige Niederschlagsperiode des Septembers 1984 nicht enthalten ist. Die kurze Dauer der Schmelzperiode, die durch Kälteeinbrüche mehrmals unterbrochen und zusätzlich verkürzt wurde, führte dazu, dass in manchen wasserwirtschaftlich genutzten hochalpinen Einzugsgebieten zu wenig Schmelzwasser anfiel, um die Jahresspeicher der Kraftwerke zu füllen.

Bei den Zahlenangaben der Tabelle 5.1 ist die unterschiedliche Zeitspanne der Bilanzperiode bei den verschiedenen Gletschern zu beachten, namentlich wenn die Ergebnisse des Berichtsjahrs miteinander verglichen werden. Anstelle des deutlichen Schwundes im September normaler Jahre brachte der September 1984 allen Gletschern einen spürbaren Zuwachs, der in den dargestellten Bilanzergebnissen unterschiedlich erfasst ist: er ist nicht erfasst bei **Limmern** und **Plattalva**, etwa zur Hälfte erfasst bei **Silvretta**, grösstenteils bei **Gries** und ganz bei **Aletsch**. Im letzten Fall vermindert sich beispielsweise die Gletschermasse im September durchschnittlich um rund  $240 \text{ kg/m}^2$ . Im September 1984 dagegen nahm sie um rund  $180 \text{ kg/m}^2$  zu.

Im Talbereich der **Aaregletscher**, der jedes Jahr luftphotogrammetrisch vermessen wird, hat die gesamte Eismenge von Mitte September 1983 bis Mitte Oktober 1984 um 3.9 Millionen  $\text{m}^3$  zugenommen. Dieser Zunahme entspricht eine mittlere Hebung der Gletscheroberfläche im vermessenen Bereich um 0.3 m. Damit ist der Schwund des Vorjahres nur zu einem kleinen Teil ausgeglichen worden. Auch bei den Aaregletschern ist seit einigen Jahren eine Umkehr von Schwund- zu Wachstumstendenz festzustellen: im Messbereich verringerte sich die Eismasse von 1969 bis 1977 um durchschnittlich 14 Millionen  $\text{m}^3$  pro Jahr, seither hat sie sich jährlich im Durchschnitt um 1 Million  $\text{m}^3$  vermehrt.

### 5.3 MASSENÄNDERUNG IM HAUSHALTSJAHR 1984/85

Im Haushaltsjahr 1984/85 hat sich der klimabedingte Jahreszyklus - in ausgleichendem Gegensatz zum Vorjahr - über eine extrem lange Zeitspanne von rund 420 Tagen hingezogen. Die Akkumulationsperiode begann allgemein bereits mit den Schneefällen vom 5./6. September 1984 und dauerte etwa 42 statt der durchschnittlichen 35 Wochen. Die Ablationsperiode begann um den 26. Juni 1985, gut drei Wochen nach dem Normaltermin, und endete nach einer Dauer von rund 125 statt 115 Tagen erst anfangs November. Der ungewöhnliche Zuwachs im September 1984 und der überdurchschnittliche Schwund im Oktober 1985 dürften sich weitgehend ausgeglichen haben. Aufgrund der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse, die in Abbildung 1.4 für das hydrologische Jahr dargestellt sind, ist in den meisten Gebieten bei vorwiegend normalen Niederschlagsmengen und überdurchschnittlich starker Abschmelzung mit einer mässigen Verminderung, in den niederschlagsreichen Gebieten bei normaler Abschmelzung mit einer mässigen Vermehrung der Gletschermasse zu rechnen. Die Zahlen der Tabelle 5.1 passen nur zum Teil in dieses schematische Bild, da sie für abweichende Haushaltsperioden bestimmt worden sind (vgl. Kap. 5.2). Bei den besonderen Verhältnissen am Anfang und am Ende des klimabedingten Haushaltszyklus war dieser Umstand für das Bilanzergebnis von Bedeutung.

Im Talbereich der **Aaregletscher**, der wie jedes Jahr im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli durch das Vermessungsbüro Flotron luftphotogrammetrisch vermessen worden ist, hat das Eisvolumen um rund 7 Millionen m<sup>3</sup> abgenommen. Diese Abnahme entspricht einer mittleren Absenkung der Gletscheroberfläche um 0.5 m. In den einzelnen Querprofilen sind durchschnittliche Höhenänderungen zwischen - 2.0 m im Zungenbereich des **Unteraargletschers** und +1.9 m im obersten Querprofil am **Finsteraargletscher** (2658 m ü.M.) ermittelt worden. Im vermessenen Bereich dieser Gletscher halten sich Zuwachs und Schwund der Jahre 1977-1985 die Waage. Im Berichtsjahr dürfte die Gesamtbilanz der Aaregletscher einschliesslich der nicht vermessenen Firngebiete ebenfalls nahezu ausgeglichen gewesen sein.

## 5. BILANS DE MASSE

### 5.1 INTRODUCTION

*Le tableau 5.1 contient les résultats des bilans de masse établis par les VAW pour les glaciers de 4 bassins versants. Le bilan total indique le gain ou la perte en volume de glace. Le bilan spécifique représente l'épaisseur de la couche d'eau que produirait ce gain ou cette perte réparti sur la surface totale du glacier. Le bilan spécifique permet de comparer directement les résultats obtenus pour les différents glaciers, même dans des cas, où les périodes de bilan ne sont pas strictement indentiques.*

*Le tableau 5.2 donne les bilans hydrologiques, établis pour trois bassins versants de différentes surface totale et part englacée. Les bilans sont calculés en dérivant l'une des composantes, la variation de la masse glaciaire (pour Gries: les précipitations), à partir des mesures du débit et des précipitations (pour Gries: du débit et des variations de la masse glaciaire), en admettant une valeur invariable de l'évaporation et en négligeant d'autres composantes. Il s'agit donc de calculs d'estimation utilisant des modèles rigoureusement simplifiés, où seules les composantes élémentaires du régime hydrologique sont considérées.*

*L'évolution du régime hydrologique au cours des années de bilan 1983/84 et 1984/85 est représentée par les graphiques de la figure 5.1, qui révèlent les fluctuations des réserves en eau dans le bassin versant de la Massa. Les valeurs journalières publiées des débits et des précipitations ont permis d'établir des bilans quotidiens, qui sont représentés par les sommes cumulatives. Dans ces bilans, l'évaporation est supposée être invariable de l'ordre de  $210 \text{ kg/m}^2$  par an, soit de 17 ou  $18 \text{ kg/m}^2$  par mois. Ces mensualités ont été réparties en quote-parts égales de  $1 \text{ kg/m}^2$  sur les jours sans précipitations ou de pluviosité faible. En cumulant les variations journalières des réserves d'eau, on obtient les valeurs extrêmes maximale (au printemps) et minimale (en automne), qui marquent le début ou la fin des périodes de bilan indépendantes des dates fixes du calendrier, car elles sont définies suivant le cycle annuel des conditions climatiques. A titre de comparaison, on a indiqué dans la figure 5.1 les valeurs moyennes, les écarts standardisés et les valeurs extrêmes, qui ont été déterminées à partir des données mensuelles de la période 1930/78.*

*Le régime du bassin versant du Rhône à l'amont du Lac Léman est documenté par la figure 5.2, qui reflète les fluctuations mensuelles des réserves en eau que l'on a déterminé selon la méthode décrite dans le chapitre 6.2 des 97e/98e rapports (annuaire 1975/76 et 1976/77 [Kasser, 1983]).*

*Pour les glaciers de Gries, Limmern, Plattalva et Silvretta, on a établi les bilans de masse total et spécifique en fonction de l'altitude. Les résultats obtenus pour les années 1983/84 et 1984/85 dans les intervalles équidistants sont indiqués par leur valeur équivalente en eau (tabl. 5.3 - 5.5). La répartition spatiale du bilan spécifique à la fin de l'année 1983/84 est représentée dans les figures 5.3 - 5.5. Les efforts gouvernementaux pour économiser les frais de l'administration fédérale ont touché aux observations glaciologiques, en tant que le poste que H. Siegenthaler avait occupé auprès des VAW jusqu'à sa retraite en printemps 1985 a été suspendu. Par conséquent, les mensurations sur les réseaux de balises n'ont été effectuées qu'en partie (sur les glaciers de Gries, Limmern et Plattalva) et, dès lors, ne sont*

*poursuivies que sur un petit choix de balises (réseaux au nombre de 10 balises installés aux glaciers de Gries et de Silvretta). Pour cette raison, il a été nécessaire de modifier également les méthodes utilisées à calculer les bilans de masse [Aellen et Funk, 1988].*

*Les variations annuelles des glaciers de l'Aar, déterminées par restitutions aérophotogrammétriques, sont résumées dans les tableaux 5.6 et 5.7 pour la période de l'automne 1983 jusqu'à la fin de l'été 1985.*

*Dans le chapitre 5.5 avec les tableaux 5.8 à 5.13 nous présentons les résultats des observations faites, en 1983/84 et 1984/85, sur l'accumulation aux névés des glaciers de Clariden, de Silvretta, du Jungfraufirn et dans l'Engadine. En partie, ces observations ont commencé en 1913 déjà. Les résultats des années 1913/14 à 1976/77 ont été publiés dans des rapports annuels spéciaux (dits "Firnberichte"), qui sont poursuivis, en partie, par le chapitre 5.5 de l'annuaire.*

## 5.2 BILAN ANNUEL DE MASSE EN 1983/84

*A cause de l'évolution météorologique, le bilan de l'année 1983/84 s'est réalisé sur une période raccourcie à l'extrême. La période d'accumulation a généralement débuté 8 semaines après la date habituelle; elle a duré 200 jours environ, au lieu des 250 de la norme. Quant à la phase d'ablation, elle a commencé vers le 10 juin, à peu près à la date habituelle, mais elle s'est terminée presque 4 semaines trop tôt, après une durée de 90 jours au lieu de 115. Durant cet exercice, caractérisé par une pluviosité normale en général sur le massif alpin (cf. figure 1.3) et une ablation trop faible partout, le régime glaciaire a été notablement moins important que pendant les 7 années précédentes. Selon les conditions locales de pluviosité, l'année hydrologique présente des bilans de masse faiblement négatifs à nettement positifs, mais ils sont décalés vers le côté négatif s'ils sont calculés sur le cycle climatique plus court, qui ne contient pas les précipitations abondantes de septembre 1984. La brève période de fonte a été interrompue, à plusieurs reprises, par des retours offensifs du froid, ce qui l'a raccourcie encore. Il en résulte que l'hydraulicité de plusieurs bassins versants des hautes Alpes, exploités par des sociétés de forces motrices, a été insuffisante pour remplir leurs bassins d'accumulation au niveau habituel.*

*Les données chiffrées du tableau 5.1 doivent être interprétées en tenant compte des durées inégales des périodes de bilan, propres à chaque glacier, surtout si l'on compare ces résultats entre eux. Septembre 1984 a apporté à tous les glaciers un gain sensible au lieu de la perte habituelle, assez importante à ce moment de l'année. Il apparaît de façon différenciée dans les résultats des bilans: il n'est pas compris pour les glaciers de Limmern et de Plattalva; il est compté pour moitié à peu près pour celui de la Silvretta, en majeure partie pour celui de Gries et dans sa totalité pour celui d'Aletsch. Dans ce dernier cas, le gain de  $180 \text{ kg/m}^2$  de septembre 1984 s'oppose à la perte moyenne habituelle estimée à  $240 \text{ kg/m}^2$  environ pour ce mois.*

*D'après les restitutions photogrammétriques annuelles, la partie basse des glaciers de l'Aar a subi un gain de volume de 3.9 millions de m<sup>3</sup> de la mi-septembre 1983 à la mi-octobre 1984, ce qui correspond à une élévation moyenne de la surface du glacier de 0.3 m. La décrue de l'année précédente n'est donc compensée qu'en faible partie. Depuis quelques années, les glaciers de l'Aar présentent, eux aussi, une inversion de tendance, de la décrue à la crue. C'est ainsi que, dans la partie mesurée de ces glaciers, la masse de glace a diminué annuellement de 14 millions de m<sup>3</sup> entre 1969 et 1977, et a augmenté, en moyenne annuelle, d'un million de m<sup>3</sup> depuis lors.*

### **5.3 BILAN ANNUEL DE MASSE EN 1984/85**

*A cause de l'évolution météorologique, le bilan de l'année 1984/85 s'est réalisé sur une période très longue de 420 jours, faisant équilibre à celle, extrêmement courte, de l'année précédente. La période d'accumulation a débuté, en général, avec les chutes de neige des 5 et 6 septembre déjà, et a duré 42 semaines environ, au lieu des 36 habituelles. La phase d'ablation a commencé avec deux à trois semaines de retard, vers le 26 juin et ne s'est terminée qu'au début de novembre, après une durée de 125 jours au lieu de 115. L'accroissement inhabituel de septembre 1984 a probablement été compensé par la fusion inaccoutumée d'octobre 1985. Les conditions pluviométriques et thermiques de l'année hydrologique, reportées sur la figure 1.4, permettent de conclure à une diminution modérée de la masse glaciaire dans les régions à pluviosité normale et à ablation supérieure à la moyenne, ainsi qu'à une augmentation modeste de celle-ci dans les contrées très humides et à ablation normale. Les données chiffrées du tableau 5.1 ne correspondent que partiellement à cette représentation schématique, car elles se rapportent à des durées inégales des périodes de bilan (cf. chap. 5.2). Cette circonstance a une signification particulière cette année, au vu des conditions météorologiques inusitées qui ont marqué le début et la fin du cycle climatique.*

*D'après les restitutions photogrammétriques annuelles livrées par le bureau Flotron, à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli, la partie basse des glaciers de l'Aar a subi une perte de volume de 7 millions de m<sup>3</sup>. Cette décrue correspond à un abaissement moyen de la surface du glacier de 0.6 m. Les profils transversaux montrent une variation moyenne de hauteur oscillant entre une baisse de 2 m, mesurée dans la langue du glacier inférieur de l'Aar, et une hausse de 1.9 m, relevée le long du profil le plus élevé du glacier de Finsteraar (vers 2658 m). Il en résulte, dans la partie mesurée de ces glaciers, un équilibre entre les crues et les décrues survenues entre 1977 et 1985. On suppose un bilan total presque nul des glaciers de l'Aar, y compris les névés non mesurés, pour ce dernier exercice.*

Tabelle 5.1: Massenänderung einiger Gletscher in den Jahren 1983/84 und 1984/85

Tableau 5.1: Bilans de masse de quelques glaciers en 1983/84 et 1984/85

Gletscher	Haushaltjahr oder Messperiode		Gletscherfläche [km <sup>2</sup> ]	jährliche Massenänderung		Gleichgewichtslinie [m ü.M.]
	vom	bis		gesamt <sup>1)</sup> B <sub>a</sub> * [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	spezifisch <sup>2)</sup> b <sub>a</sub> [mm]	
Gries	23. 9.83	27. 9.84	6.322 <sup>3a)</sup>	- 0.023	- 3	2865
	27. 9.84	28.10.85	6.320 <sup>3b)</sup>	- 4.677 <sup>4)</sup>	-666 <sup>4)</sup>	3070 <sup>4)</sup>
Aletsch	1.10.83	30. 9.84	127.74 <sup>5a)</sup>	+ 113.15	+ 797	2870 <sup>6)</sup>
	1.10.84	30. 9.85	127.62 <sup>5b)</sup>	+ 23.58	+ 166	2929 <sup>6)</sup>
Limmern	31. 8.83	1. 9.84	2.52 <sup>7)</sup>	- 0.933	- 333	2820
	1. 9.84	11. 9.85	2.52 <sup>7)</sup>	+ 0.701	+ 250	2665 <sup>8)</sup>
Plattalva	31. 8.83	1. 9.84	0.86 <sup>7)</sup>	+ 0.070	+ 74	2770
	1. 9.84	11. 9.85	0.86 <sup>7)</sup>	+ 0.382	+ 400	2655 <sup>8)</sup>
Silvretta	10. 9.83	12. 9.84	3.15 <sup>9)</sup>	+ 0.982	+ 281	2690
	12. 9.84	13. 9.85	3.15 <sup>9)</sup>	+ 1.785	+ 510	2650 <sup>8)</sup>
<i>Glacier</i>	<i>Année de bilan ou intervalle</i>		<i>Surface glaciaire</i>	<i>Bilan de masse total<sup>1)</sup> spécifique<sup>2)</sup></i>		<i>Ligne d'équilibre</i>
	<i>du</i>	<i>au</i>	[km <sup>2</sup> ]	B <sub>a</sub> * [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	b <sub>a</sub> [mm]	[m s.m.]

- Gesamter Zuwachs oder Abtrag, berechnet für Aletsch aus der hydrologischen Bilanz des Einzugsgebietes Massa/Blatten bei Naters (Tab. 5.2), für die übrigen Gletscher nach Zonen gleicher Massenänderung mit einer angenommenen Dichte des Eises von 0.9g/cm<sup>3</sup>. - Gain (ou perte) de masse total(e), exprimé(e) en volume de glace à densité moyenne de 0.9 g/cm<sup>3</sup>, dérivé(e) du bilan hydrologique du bassin versant de la Massa/Blatten bei Naters pour Aletsch (tabl. 5.2), déterminé(e) par intégration des zones à bilans spécifiques égaux pour les autres glaciers.
- Gleichmässig über den Gletscher verteilter Zuwachs oder Abtrag. Der Eismenge 1 kg/m<sup>2</sup> entspricht eine Wassersäule von 1 mm Höhe. - Gain (ou perte) total(e) réparti(e) sur la surface entière du glacier. Une masse de glace de 1 kg/m<sup>2</sup> équivaut à 1 mm en hauteur d'eau.
- Geschätzte Fläche für a) 26.9.1984 und b) 28.10.1985. - Surface estimée pour a) 26.9.1984 et b) 28.10.1985.
- Mittels statistischer Verfahren aus den Messungen am Pegelnetz und nach der in Fussnote 8 angegebenen Methode ermittelte Werte. Für die Periode vom 1.10.84 bis 30.9.85 ergeben sich aus der hydrologischen Bilanz des Einzugsgebietes Aegina/Griessee folgende Werte:  
Valeurs déterminées par calculs statistiques à partir des mesures effectuées sur le réseau des balises et selon la méthode indiquée dans la remarque 8. Pour la période du 1.10.84 au 30.9.85, les valeurs suivantes ont été obtenues des données du bilan hydrologique du bassin versant Aegina/Griessee:  
Massenänderung - Bilan de masse: gesamt - total - 2.352·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, spezifisch - spécifique - 335 mm  
Gleichgewichtslinie: 2885 m ü.M. - Ligne d'équilibre: 2885 m s.m.
- Geschätzte Fläche für a) 9.10.1984 und b) 29.10.1985. - Surface estimée pour a) 9.10.1984 et b) 29.10.1985.
- Aus den Pegelmessungen auf dem Jungfraufirn interpolierte Werte. - Valeurs obtenues par interpolation des données collectées au Jungfraufirn.
- Flächen vom 15.9.1977 - Surface du 15.9.1977.
- Mittels statistischer Verfahren aus dem Flächenverhältnis des Nährgebiets zur Gletscherfläche und der Beziehung zwischen der Massenänderung und der Höhe der Gleichgewichtslinie ermittelte Werte. Die Abgrenzung des Nährgebiets beruht auf den Messungen am Pegelnetz (Gries 28.10.85, Limmern und Plattalva 11.9.85) und/oder auf den Luftbildern (Limmern und Plattalva 12.9.85, Silvretta 13.9.85).  
Valeurs déterminées par calculs statistiques à partir de la proportionnalité des surfaces partielle du névé et totale du glacier et à partir des relations entre le bilan de masse et l'altitude de la ligne d'équilibre. Les limites du névé ont été définies par interpolation des données collectées sur le glacier (Gries 28.10.85, Limmern et Plattalva 11.9.85) et/ou restituées à l'aide des clichés aériens (Limmern et Plattalva 12.9.85, Silvretta 13.9.85).
- Flächen vom 12.9.1973 - Surface du 12.9.1973.

Tabelle 5.2: Hydrologische Bilanz einiger vergletscherter Einzugsgebiete in den Jahren 1983/84 und 1984/85

Tableau 5.2: Bilan hydrologique de quelques bassins versants englacés en 1983/84 et 1984/85

## Gebietsflächen und -höhen - Surfaces et altitudes des bassins:

Einzugsgebiet	a) Aegina	b) Massa	c) Rhone	Bassin versant
Gesamtfläche [km <sup>2</sup> ]	10.4	194.7	5220.0	Surface totale [km <sup>2</sup> ]
Gletscherfläche [km <sup>2</sup> ]	6.3	127.6	746.6	Surface englacée [km <sup>2</sup> ]
mittlere Meereshöhe [m]	2820.0	2950.0	2130.0	Altitude moyenne [m]
Abflussmessstation	Griessee	Blatten/Naters	Porte du Scex	Station limnigraphique
Meereshöhe [m]	2337.0	1446.0	374.0	Altitude [m]
Höchster Punkt	Blinnenhom	Aletschhorn	Dufourspitze	Point culminant
Meereshöhe [m]	3373.8	4195.0	4634.0	Altitude [m]

a) Einzugsgebiet Aegina (Griesgletscher) - Bassin de l'Aegina (glacier de Gries) <sup>1)</sup>

Bilanzperiode		Abfluss <i>Écoulement</i> [kg/m <sup>2</sup> ] <sup>2)</sup>	Verdunstung <i>Évaporation</i> [kg/m <sup>2</sup> ] <sup>3)</sup>	Reserven- änderung <i>Variation des réserves</i> [kg/m <sup>2</sup> ] <sup>4)</sup>	Niederschlag	
<i>Période du bilan</i> vom/du	bis/au				Gebietsmittel <i>Précipitations moyennes</i> [kg/m <sup>2</sup> ] <sup>5)</sup>	Totalisator <i>totalisateur</i> [kg/m <sup>2</sup> ] <sup>6)</sup>
23.9.83	27.9.84	1585	200	- 2	1783	1620
27.9.84	30.9.85	2034	200	-204	2030	1498
Mittelwert (24 Jahre) - <i>Valeur moyenne (24 années)</i> 1961/62 - 1984/85		1892	200	- 73	2019	(21 J./21 a.) 1708 (64/85)

1 Ergänzt Tabelle 5.2a des vorangehenden Jahrbuchs - *Complète le tableau 5.2a de l'annuaire précédent.*2 Durch das Kraftwerk für das hydrologische Jahr vom 1. Oktober bis 30. September bestimmte Werte (s. Bemerkungen zu Tab. 16 des 93./94. Gletscherberichts). - *Valeurs déterminées par les forces motrices, valables pour l'année hydrologique du 1<sup>er</sup> octobre au 30 septembre (v. remarques du tabl. 16 des 93e/94e rapports glaciologiques).*3 Invarianter Schätzwert - *Valeur estimée (invariable).*4 Aus der Massenänderung des Gletschers abgeleitete Werte (vgl. Tab. 5.1 und 5.3). - *Valeurs dérivées du bilan de masse du glacier (cf. tabl. 5.1 et 5.3).*5 Aus Abfluss, Verdunstung und Reservenänderung berechnete Werte - *Valeurs calculées à partir de l'écoulement, de l'évaporation et de la variation des réserves.*6 Im Totalisator Comopass gesammelte Jahresmenge - *Précipitations annuelles collectées dans le totalisateur du Col de Corno (Koordinaten / Coordonnées: 672.34 / 145.8 km / 2510 m).*

Tabelle 5.2: Fortsetzung

Tableau 5.2: Continuation

b) Einzugsgebiet Massa (Aletschgletscher) - Bassin de la Massa (glaciers d'Aletsch) <sup>1)</sup>

Bilanzjahr <i>Année du bilan</i>	Niederschlag <i>Précipitations N<sup>2)</sup></i>	Verdunstung <i>Evaporation V<sup>3)</sup></i>	Abfluss <i>Ecoulement A<sup>4)</sup></i>	Reserven- änderung <i>Variation des réserves R<sup>5)</sup></i>	Gletscher- fläche <i>Surface glaciaire G<sup>6)</sup></i>	Spezifische Massenänderung <i>Bilan de masse spécifique B<sup>7)</sup></i>
1.10. - 30.9.	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
1983/84	2389	210	1656	+ 523	127.74	+ 797
1984/85	2263	210	1944	+ 109	127.62	+ 166
Mittelwert (55 Jahre) - Valeur moyenne (55 années) 1930/85	2216	210	2069	- 63	130.97	- 93

- 1 Ergänzt Tabelle 5.2b des vorangehenden Jahrbuchs - *Complète le tableau 5.2b de l'annuaire précédent.*
- 2 Schätzwerte berechnet aus den Niederschlagsmessungen der SMA an den Stationen Grindelwald (1040 m), Fiesch (1060 m) und Ried/Lötschental (1480 m). - *Valeurs estimées, calculées à partir des précipitations mesurées par l'ISM aux stations de Grindelwald (1040 m), Fiesch (1060 m) et Ried/Lötschental (1480 m).*
- 3 Invarianter Schätzwert - *Valeur estimée (invariable).*
- 4 Durch die Landeshydrologie an der Limnigraphenstation Blatten bei Naters registrierte Abflüsse (vgl. Abb. 5.1a) - *Débits enregistrés par le Service hydrologique fédéral à la station limnigraphique de Blatten bei Naters (cf. fig. 5.1a).*
- 5 Schätzwerte, berechnet nach der Formel - *Valeurs estimées, calculées selon la formule: R = N - A - V.*
- 6 Schätzwerte, abgeleitet aus der jährlichen Längenänderung des Grossen Aletschgletschers (s. Tab. 5.1, Fussnote 4, und vgl. Tab. 21 des 95./96. Gletscherberichts). - *Valeurs estimées, dérivées de la variation annuelle en longueur du Grand glacier d'Aletsch (v. tabl. 5.1, remarque 4, et cf. tabl. 21 des 95<sup>e</sup>/96<sup>e</sup> rapports glaciologiques).*
- 7 Schätzwerte, berechnet nach der Formel - *Valeurs estimées, calculées selon la formule: B = F • R / G (F = 194.7 km<sup>2</sup>).*

Tabelle 5.2: Fortsetzung

Tableau 5.2: Continuation

c) Einzugsgebiet Rhone (ob Genfersee) - Bassin du Rhône (à l'amont du Léman) <sup>1)</sup>

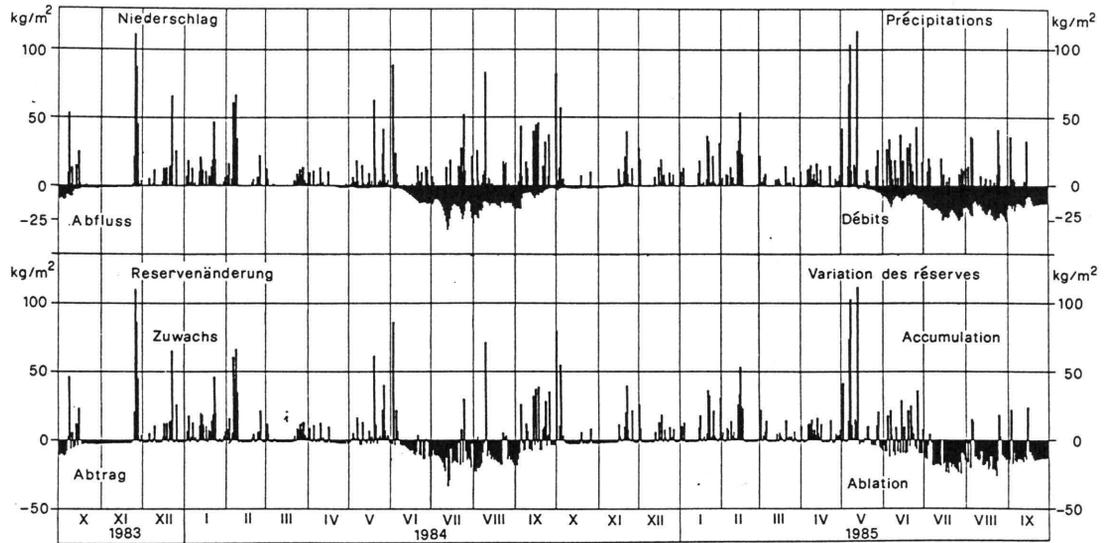
Bilanzjahr <i>Année du bilan</i>	Nieder- schlag <i>Précipitations</i> N <sup>2)</sup>	Verdun- stung <i>Evapora- tion</i>	Abfluss				Reserven- änderung <i>Variation</i> d. réserves R <sup>8)</sup>
			gemessen <i>mesuré</i> Ag <sup>4)</sup>	umgeleitet <i>détourné</i> AA-AE <sup>5)</sup>	gespeichert <i>retenu</i> S <sup>6)</sup>	berechnet <i>restitué</i> A <sup>7)</sup>	
1.10. - 30.9.	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
1983/84	1425	300	1026	- 6	- 6	1014	+ 111
1984/85	1357	300	1132	- 9	+11	1134	- 77
Mittelwert (25 Jahre) - <i>Valeur moyenne (25 années)</i>							
1955/80	1361	300	1032	2	7	1041	+ 20
Mittelwert (30 Jahre) - <i>Valeur moyenne (30 années)</i>							
1955/85	1386	300	1062	0	7	1069	+ 17

- 1 Ergänzt Tabelle 5.2c des vorangehenden Jahrbuchs - *Complète le tableau 5.2c de l'annuaire précédent.*
- 2 Nähere Angaben siehe Kapitel 6.22 des 97./98. Gletscherberichts (1975/76-1976/77). - *Voir chapitre 6.22 des 97e/98e rapports glaciologiques (1975/76-1976/77).*
- 3 Invarianter Schätzwert (vgl. Kap. 6.23 und 6.25 des 97./98. Gletscherberichts). - *Valeur estimée, invariable (cf. chap. 6.23 et 6.25 des rapports cités).*
- 4 Ergebnisse der Abflussmessungen in Porte du Scex (vgl. Kap. 6.22 des 97./98. Gletscherberichts). - *Débits mesurés à Porte du Scex (cf. chap. 6.22 des rapports cités).*
- 5 Überleitung von Wasser über die Grenzen des Einzugsgebiets:  
- Ableitung (A<sub>A</sub>) ins Einzugsgebiet des Tessins (vom Aeginental nach Alpe Cruina),  
- Zuleitung (A<sub>E</sub>) aus dem Einzugsgebiet der Arve (durch den "collecteur sud" nach Emosson).  
*Volumes d'eau dérivés ou amenés à travers les partages naturelles des eaux:*  
- *dérivation (A<sub>A</sub>) dans le bassin du Tessin (du Val de l'Aegina à l'Alpe Cruina),*  
- *adduction (A<sub>E</sub>) du bassin de l'Arve (par le collecteur sud à Emosson).*
- 6 Aenderung der Stauhaltung in den Speicherbecken der Wasserkraftwerke: Rückhalt (+) im Sommer, Abgabe (-) im Winter. - *Variation des volumes d'eau dans les bassins d'accumulation des forces motrices: retenus (+) en été, relâchés (-) en hiver.*
- 7 Rekonstruierter (natürlicher) Abfluss in Porte du Scex - *Débits (naturels) restitués à Porte du Scex:*  
A = A<sub>g</sub> + (A<sub>A</sub> - A<sub>E</sub>) + S.
- 8 Aenderung der (natürlichen) Wasserreserven im Einzugsgebiet - *Variation des réserves (naturelles) en eau:*  
R = N - A - V.

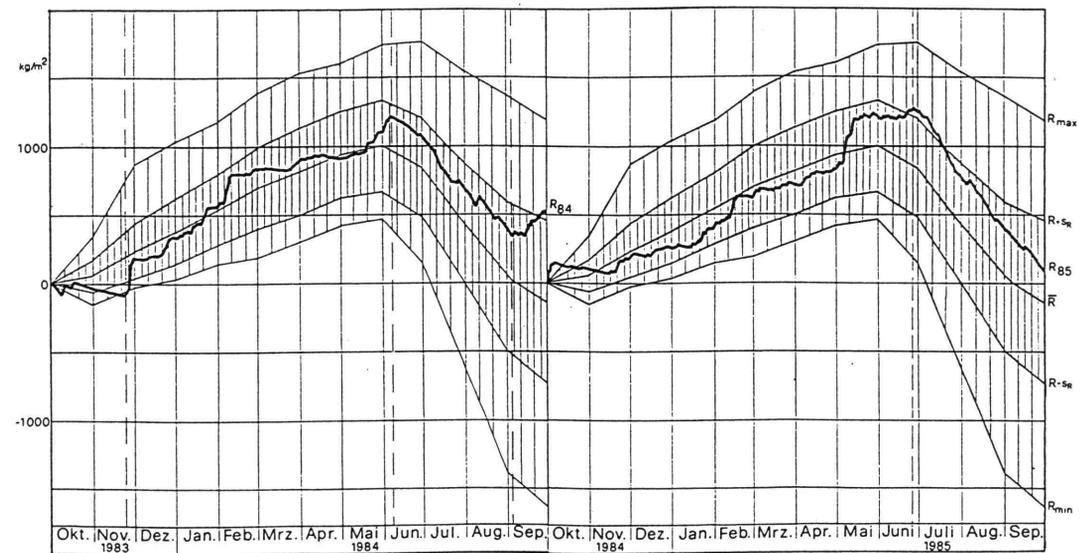
Abbildung 5.1: Einzugsgebiet Massa (Aletschgletscher) - Hydrologische Tagesbilanzen 1983/84 und 1984/85

Figure 5.1: Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques quotidiens en 1983/84 et 1984/85

a) Tageswerte von Niederschlag, Abfluss und Reservenänderung - *Précipitations, débits et variation des réserves quotidiennes*



b) Jahrgang der Reservenänderung, mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1930/78  
*Evolution des réserves en eau, comparée aux valeurs statistiques de la période 1930/78*



Reservenänderung der Berichtsjahre - *Variation des réserves en eau des années du rapport:*

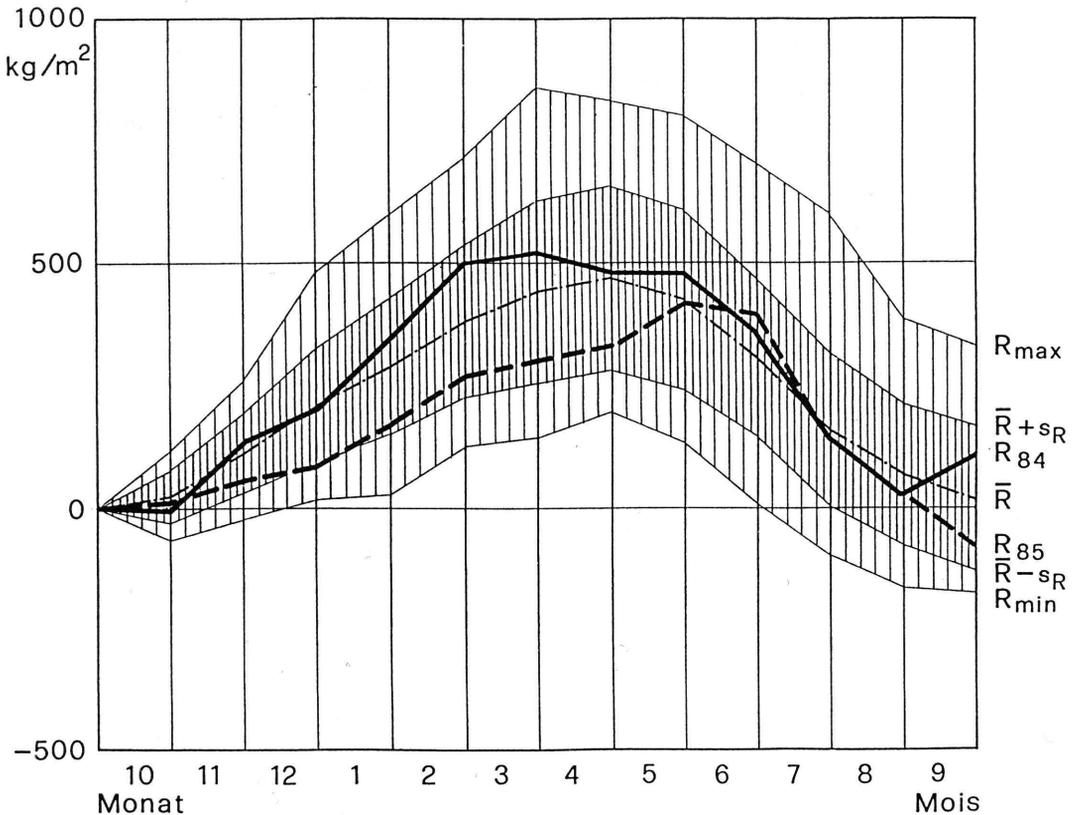
R<sub>84</sub>, R<sub>85</sub> = summierte Tageswerte - *valeurs quotidiennes cumulées.*

Statistische Vergleichswerte (Monatswerte) 1930/78 - *Valeurs statistiques (mensuelles) 1930/78:*

$\bar{R}$  = Mittelwert - *moyenne*;  $\sigma_R$  = Standardabweichung - *écart-type*;  $R_{\max}$ ,  $R_{\min}$  = Extremwerte - *valeurs extrêmes.*

Abbildung 5.2: Einzugsgebiet Rhone-Porte du Scex - Jahrgang der Reservenänderung 1983/84 und 1984/85, mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1955/80

Figure 5.2: Bassin versant du Rhône-Porte du Scex - Evolution des réserves en eau 1983/84 et 1984/85, comparée aux valeurs statistiques de la période 1955/80



Reservenänderung der Berichtsjahre - Variation des réserves en eau des années du rapport:

$R_{84}, R_{85}$  = summierte Monatswerte - valeurs mensuelles cumulées

Statistische Vergleichswerte 1955/80 - Valeurs statistiques de la période 1955/80:

$\bar{R}$  = Mittelwert - moyenne;  $s_R$  = Standardabweichung - écart-type;  $R_{\max}, R_{\min}$  = Extremwerte - valeurs extrêmes.

Statistische Zahlen der Summenwerte - Paramètres statistiques des valeurs cumulées:

Grösse Paramètre	Zahlenwerte am Ende des Monats - Valeurs moyenne et écart-type à la fin du mois												
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mittelwert und Standardabweichung 1955/80 - Valeurs moyenne et écart-type 1955/80													
$\bar{R}$	27.4	116.3	213.1	291.0	381.5	441.9	469.8	425.3	309.2	161.1	69.0	20.1	
$s_R$	54.4	81.3	116.9	138.0	155.5	185.3	187.4	183.2	160.2	156.7	143.9	147.9	
Normierte Abweichungen <sup>1)</sup> - Déviation standardisée <sup>1)</sup>													
$\tilde{R}/\omega_R$	1983/84	-0.8	0.4	-0.1	0.6	1.1	0.6	0.1	0.4	0.5	-0.1	-0.4	0.9
$\tilde{R}/\omega_R$	1984/85	-0.4	-1.1	-1.6	-1.3	-1.1	-1.1	-1.1	-0.0	0.8	-0.2	-0.4	-1.0

1 vgl. Tabelle 5.4 des 103/104. Berichtes (1981/82 - 1982/83) - cf. tableau 5.5 des 103e/104e rapports (1981/82 - 1982/83).

Tabelle 5.3: Griesgletscher (Aegina) - Massenänderung 1983/84 und 1984/85 in Höhenstufen

Tableau 5.3: Glacier de Gries (Aegina) - Bilans de masse 1983/84 et 1984/85 en fonction de l'altitude

Messperioden - *Années de bilan*: 23.9.1983 - 27.9.1984; 27.9.1984 - 28.10.1985.

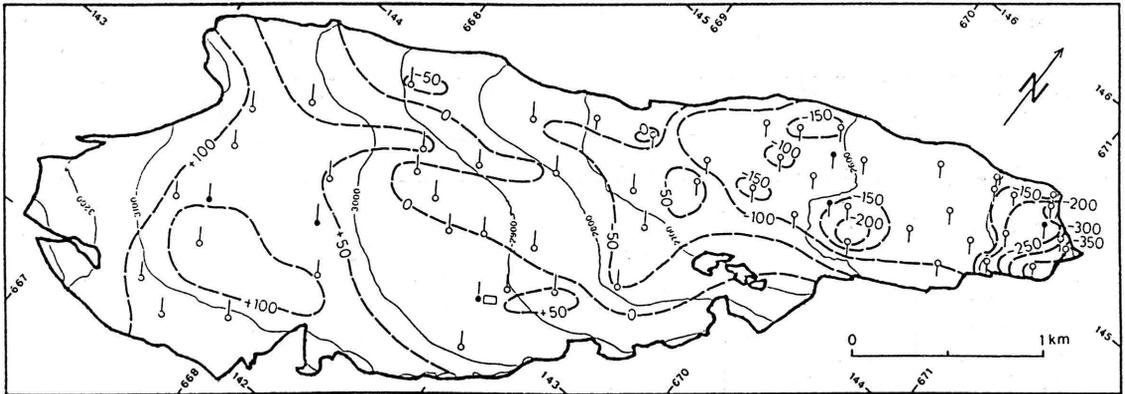
Höhenstufe [m ü.M.] Altitude [m s.m.]	Fläche <i>Surface</i> [km <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	Massenänderung - <i>Bilan de masse</i>			
		1983/84		1984/85	
		gesamt [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	spezifisch [mm]	<i>total</i> [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	<i>spécifique</i> [mm]
2380 - 2500	0.173/0.171 <sup>2)</sup>	- 0.365	- 2110	- 0.425	- 2485
2500 - 2600	0.608	- 0.763	- 1255	- 1.164	- 1915
2600 - 2700	0.984	- 0.811	- 824	- 1.396	- 1419
2700 - 2800	0.543	- 0.188	- 346	- 0.534	- 983
2800 - 2900	0.726	- 0.013	- 18	- 0.442	- 609
2900 - 3000	1.004	+ 0.150	+ 149	- 0.297	- 296
3000 - 3100	1.597	+ 1.249	+ 782	- 0.069	- 43
3100 - 3200	0.547	+ 0.546	+ 998	+ 0.082	+ 149
3200 - 3300	0.130	+ 0.162	+ 1246	+ 0.036	+ 279
3300 - 3400	0.010	+ 0.012	+ 1200	+ 0.003	+ 349
2380 - 3400	6.322/6.320 <sup>2)</sup>	- 0.021	- 3	- 4.206	- 666

1 Flächen am 15.8.1979 (Ausnahmen s. Fussnote 2) - *Surfaces du 15.8.1979 (exceptions voir note 2).*

2 Flächen am 26.9.1984 / 28.10.1985, berechnet aus dem Flächenschwund am Zungenende (Einwirkung des Stausees). - *Surfaces des 26.9.1984 / 28.10.1985, déterminées en tenant compte des pertes de surface dans les parties terminales (dues à l'influence du lac artificiel).*

Abbildung 5.3: Griesgletscher (Aegina) - Massenhaushalt 1983/84: Zonen gleicher Massenänderung

Figure 5.3: Glacier de Gries (Aegina) - Bilan de masse 1983/84: Equisomptuaires du bilan spécifique



Legende:

- Höhenlinie
- - - Linie gleicher Massenänderung, Wasserwert [cm]
- ! Firmpiegel (Nährgebiet)
- ? Ablationspegel (Zehrgebiet)
- jedes Jahr in die Ausgangslage zurückgesetzter Pegel
- Schneeschacht (Dichtebestimmung)

Légende:

- Courbe de niveau
- - - Equisomptuaire du bilan spécifique, hauteur d'eau [cm]
- ! Balise d'accumulation (névé du glacier)
- ? Balise d'ablation (langue du glacier)
- Balise remplacée chaque année au point de départ
- Puits de sondage (mesures de densité)

Tabelle 5.4: Limmern- und Plattalvagletscher - Massenänderung 1983/84 und 1984/85 in Höhenstufen

Tableau 5.4: Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilans de masse 1983/84 et 1984/85 en fonction de l'altitude

Messperioden - *Années de bilan*: 1.9.1983 - 30.8.1984; 30.8.1984 - 31.8.1985.

a) Limmern

Höhenstufe [m ü.M.] Altitude [m s.m.]	Fläche Surface [km <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	Massenänderung - <i>Bilan de masse</i>			
		1983/84		1984/85	
		gesamt [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	spezifisch [mm]	total [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	spécifique [mm]
2100 - 2200	0.032	- 0.040	- 1250	- 0.009	- 284
2200 - 2300	0.085	- 0.104	- 1224	- 0.052	- 609
2300 - 2400	0.101	- 0.143	- 1416	- 0.112	- 1113
2400 - 2500	0.177	- 0.258	- 1458	- 0.117	- 660
2500 - 2600	0.211	- 0.141	- 668	- 0.069	- 327
2600 - 2700	0.380	- 0.081	- 213	+ 0.071	+ 187
2700 - 2800	0.623	+ 0.039	+ 63	+ 0.379	+ 608
2800 - 2900	0.427	- 0.120	- 281	+ 0.235	+ 550
2900 - 3000	0.277	- 0.081	- 292	+ 0.085	+ 307
3000 - 3100	0.100	+ 0.018	+ 180	+ 0.071	+ 707
3100 - 3200	0.017	+ 0.004	+ 235	+ 0.017	+ 1003
3200 - 3300	0.034	+ 0.022	+ 647	+ 0.041	+ 1210
3300 - 3400	0.060	+ 0.045	+ 750	+ 0.091	+ 1537
2100 - 3400	2.524	- 0.840	- 333	+ 0.631	+ 250

1 Flächen am 15.9.1977 - *Surfaces du 15.9.1977*.

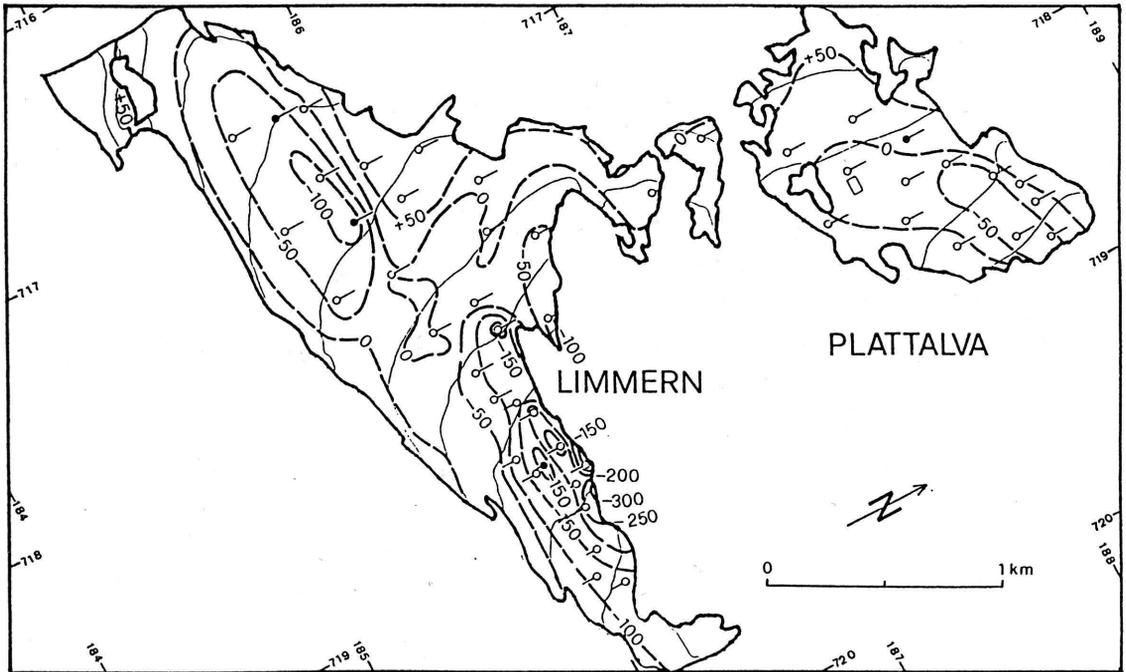
b) Plattalva

Höhenstufe [m ü.M.] Altitude [m s.m.]	Fläche Surface [km <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	Massenänderung - <i>Bilan de masse</i>			
		1983/84		1984/85	
		gesamt [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	spezifisch [mm]	total [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	spécifique [mm]
2500 - 2600	0.048	- 0.013	- 271	- 0.002	- 30
2600 - 2700	0.168	- 0.026	- 155	+ 0.006	+ 35
2700 - 2800	0.348	- 0.026	- 75	+ 0.117	+ 336
2800 - 2900	0.202	+ 0.065	+ 322	+ 0.130	+ 646
2900 - 3000	0.090	+ 0.061	+ 678	+ 0.088	+ 976
3000 - 3100	0.004	+ 0.003	+ 750	+ 0.005	+ 1126
2500 - 3100	0.860	+ 0.064	+ 74	+ 0.344	+ 400

1 Flächen am 15.9.1977 - *Surfaces du 15.9.1977*.

Abbildung 5.4: Limmern- und Plattalvagletscher - Massenhaushalt 1983/84: Zonen gleicher Massenänderung

Figure 5.4: Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilan de masse 1983/84: Equisomptuaires du bilan spécifique



Legende:

- Höhenlinie
- - - Linie gleicher Massenänderung, Wasserwert [cm]
- ⊕ Firnpegel (Nährgebiet)
- ⊖ Ablationspegel (Zehrgebiet)
- jedes Jahr in die Ausgangslage zurückgesetzter Pegel
- Schneeschacht (Dichtebestimmung)

Légende:

- Courbe de niveau
- - - Equisomptuaire du bilan spécifique, hauteur d'eau [cm]
- ⊕ Balise d'accumulation (névé du glacier)
- ⊖ Balise d'ablation (langue du glacier)
- Balise remplacée chaque année au point de départ
- Puits de sondage (mesures de densité)

Tabelle 5.5: **Silvrettagletscher - Massenänderung 1983/84 und 1984/85 in Höhenstufen**  
 Tableau 5.5: **Glacier de Silvretta - Bilans de masse 1983/84 et 1984/85 en fonction de l'altitude**

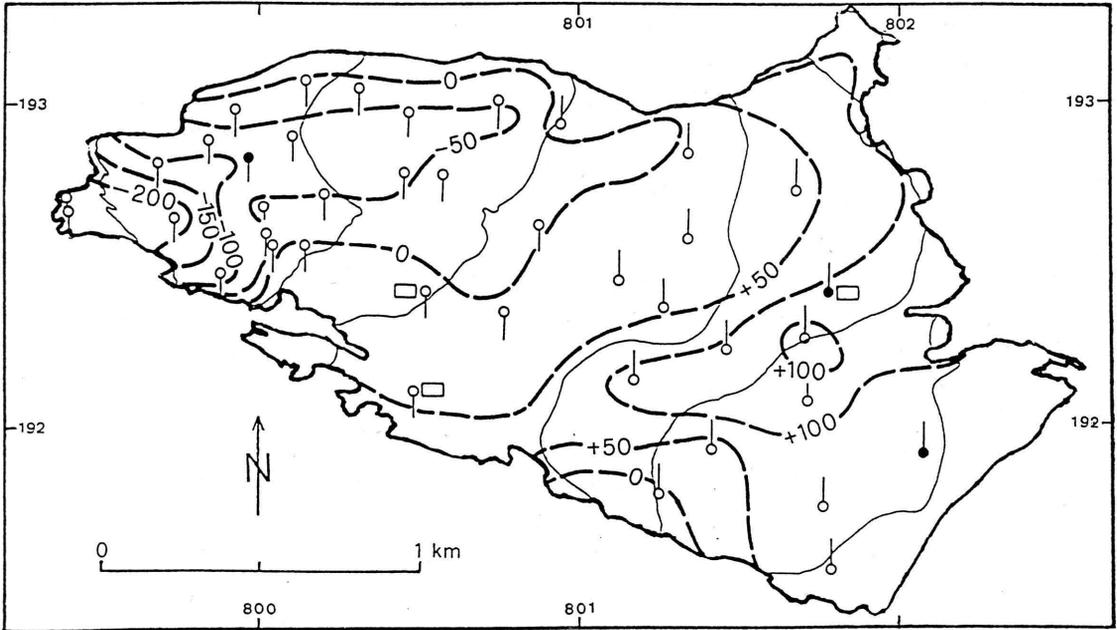
Messperioden - *Années de bilan*: 12.9.1983 - 11.9.1984; 11.9.1984 - 10.9.1985.

Höhenstufe [m ü.M.] <i>Altitude</i> [m s.m.]	Fläche <i>Surface</i> [km <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	Massenänderung - <i>Bilan de masse</i>			
		1983/84		1984/85	
		gesamt [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	spezifisch [mm]	total [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	<i>spécifique</i> [mm]
2400 - 2500	0.031	- 0.065	- 2097	- 0.071	- 2297
2500 - 2600	0.385	- 0.310	- 805	- 0.243	- 630
2600 - 2700	0.498	- 0.101	- 203	+ 0.040	+ 15
2700 - 2800	0.789	+ 0.247	+ 313	+ 0.459	+ 582
2800 - 2900	0.628	+ 0.465	+ 740	+ 0.580	+ 924
2900 - 3000	0.577	+ 0.466	+ 808	+ 0.611	+ 1059
3000 - 3150	0.242	+ 0.182	+ 752	+ 0.262	+ 1084
2400 - 3150	3.150	+ 0.884	+ 281	+ 1.607	+ 510

1 Flächen am 12.9.1973 - *Surfaces du 12.9.1973.*

Abbildung 5.5: Silvrettagletscher - Massenhaushalt 1983/84: Zonen gleicher Massenänderung

Figure 5.5: Glacier de Silvretta - Bilan de masse 1983/84: Equisomptuaires du bilan spécifique



Legende:

- Höhenlinie
- - - Linie gleicher Massenänderung, Wasserwert [cm]
- ⊥ Firnpegel (Nährgebiet)
- ⊥ Ablationspegel (Zehrgebiet)
- jedes Jahr in die Ausgangslage zurückgesetzter Pegel
- Schneeschacht (Dichtbestimmung)

Légende:

- Courbe de niveau
- - - Equisomptuaire du bilan spécifique, hauteur d'eau [cm]
- ⊥ Balise d'accumulation (névé du glacier)
- ⊥ Balise d'ablation (langue du glacier)
- Balise remplacée chaque année au point de départ
- Puits de sondage (mesures de densité)

## 5.4 MESSUNGEN AN DEN AAREGLETSCHERN

### Bemerkungen

Das langjährige Messprogramm an den Aaregletschern ist im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli durch das Vermessungsbüro A. Flotron in Meiringen weitergeführt worden. Die Hauptergebnisse der beiden Berichtsjahre sind in den Tabellen 5.6 und 5.7 zusammengefasst. In der gegenüberstehenden Lageskizze (Abb. 5.6) sind die luftphotogrammetrisch vermessenen Querprofile und die zugehörigen Passpunkte eingezeichnet. Ausführliche Angaben über das Messprogramm mit einem Verzeichnis der Koordinaten aller Fixpunkte und mit Angaben über die Dauer der Beobachtungen an den einzelnen Messstellen sind im 90. Gletscherbericht (1968/69) enthalten.

Die Gletscherbewegung war 1984 infolge des frühen Einwinterns nicht erfassbar und 1985 nur im Zungenbereich des unteren Gletschers als Zweijahreswert bestimmbar, weitere Angaben sind in den Kapiteln 3.2 bis 3.4 zu finden.

## 5.4 MENSURATIONS AUX GLACIERS DE L'AAAR

### Remarques

*Le programme de mensurations aux glacier de l'Aar a été poursuivi à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli et par les soins du bureau de mensurations A. Flotron à Meiringen. Les résultats principaux des années du rapport sont résumés dans les tableau 5.6 et 5.7. La situation des profils transversaux, contrôlés par levés aérophotogrammétriques annuels, est représentée dans le croquis suivant (fig. 5.6). Le programme de mensurations a été défini dans notre 90e rapport (1968/69), qui contient une liste des coordonnées des points de repérage et renseigne sur la durée des observations aux divers sites.*

*Le mouvement glaciaire, non mesurable à la suite de l'enneigement précoce en 1984, n'a été déterminé, en 1985, que sur la langue du glacier inférieur et pour une période biennale. Les résultats sont commentés, en outre, dans les chapitres 3.2 à 3.4.*

Abbildung 5.6: Aaregletscher - Lage der Querprofile

Figure 5.6: Glaciers de l'Aar - Situation des profils transversaux

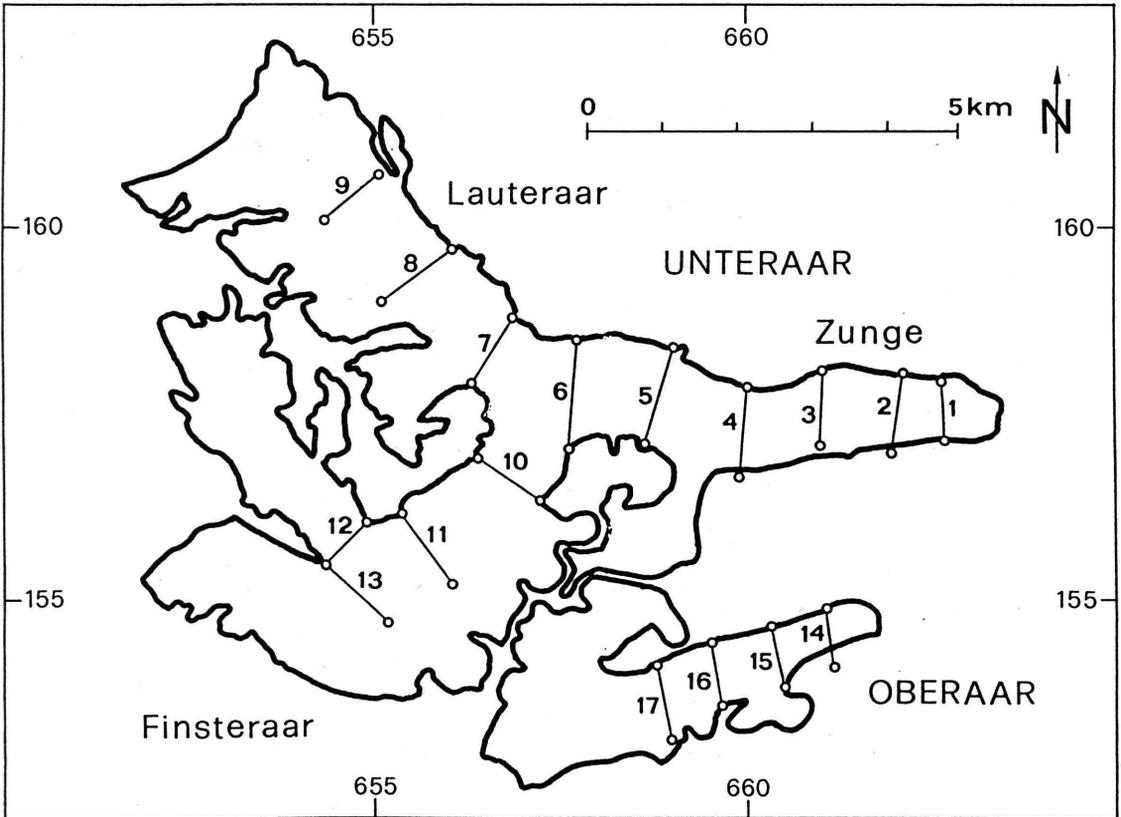


Tabelle 5.6: Aaregletscher - Hauptergebnisse 1983/84 <sup>1)</sup>

Messperiode: 15.9.1983 - 17.10.1984.

a) Höhenänderung und Bewegung

Gletscher	Profil (vgl. Abb. 5.6)	Gletscheroberfläche			Gletscherbewegung <sup>2)</sup>			
		Mittlere Höhe 1983 [m ü.M.]	1984 [m ü.M.]	Höhen- änderung [m]	Verschiebung		Geschwindigkeit	
					Mittel [m]	Maximum [m]	Mittel [m/Jahr]	Änderung [m/Jahr]
Unteraar:	z Zungenende 1983							
	1	1965.2	1963.2	- 2.0				
	2 Obere Brandlamm	2032.3	2030.9	- 1.4				
	3	2128.0	2127.1	- 0.9				
	4 Pavillon Dollfus	2215.6	2215.1	- 0.5				
	5	2287.4	2287.6	+ 0.2				
6 Micselenegg	2362.6	2363.1	+ 0.5					
Lauteraar	7	2430.4	2431.6	+ 1.2				
	8 Wildläger	2518.0	2519.5	+ 1.5				
	9	2648.4	2648.3	- 0.1				
Finsteraar	10	2452.4	2453.3	+ 0.9				
	11 Grunerhorn	2564.8	2564.9	+ 0.1				
	12 Strahlegg	2630.4	2630.2	- 0.2				
	13 Finsteraar	2656.3	2656.6	+ 0.3				
Oberaar	z Zungenende 1983							
	14 Mittleres Profil	2361.9	2362.2	+ 0.3				
	15 Oberes Profil	2488.1	2488.7	+ 0.6				
	16 Oberstes Profil	2566.3	2567.2	+ 0.9				
	17	2678.1	2678.6	+ 0.5				

1 Vermessungen im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli, ausgeführt durch das Vermessungsbüro A. Flotron, Meiringen.

2 Nicht messbar (Gletscher mit Neuschnee bedeckt am Aufnahmedatum 1984). - *Non mesurable (glacier recouvert de neige fraîche à la date du levé en 1984).*

b) Flächen- und Volumenänderung

Begrenzungs- profile	Flächen- änderung [m <sup>2</sup> ]	Volumen- änderung [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]	Begrenzungs- profile	Flächen- änderung [m <sup>2</sup> ]	Volumen- änderung [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]
Unteraar	- 9835	- 362 - 719 - 1060 - 639 - 202 + 483	Finsteraar	+ 3008	+ 821 + 730 + 95  + 2808   + 2 + 196 + 449 + 414  + 1061
			6 - 10		
			10 - 11		
			11 - 12/13		
			z - 9/12/13		
			Oberaar		
Lauteraar		+ 811 + 1966 + 880	z - 14		
			14 - 15		
			15 - 16		
			16 - 17		
			z - 17		

Tableau 5.7: *Glaciers de l'Aar - Résultats principaux 1984/85* <sup>1)</sup>

Période d'observation: 17.10.1984 - 30.8.1985.

a) *Variation de l'altitude et du mouvement*

Glacier	Profil (cf. fig. 5.6)	Niveau de la surface			Mouvement du glacier			
		Altitude moyenne		Variation	Déplacement		Vitesse	
		1984	1985		moyen	maximal	moyenne	Variation
		[m s.m.]	[m s.m.]	[m]	[m]	[m]	[m/an]	[m/an]
Unteraar:	z Front en 1984							
	1	1963.2	1961.2	- 2.0				
	2 Obere Brandlamm	2030.9	2028.9	- 2.0	5.7 <sup>2)</sup>	9.0 <sup>2)</sup>	2.9	-0.4
	3	2127.1	2126.5	- 0.6	31.1 <sup>2)</sup>	41.4 <sup>2)</sup>	15.9	-0.3
	4 Pavillon Dolfus	2215.1	2214.6	- 0.5	39.8 <sup>2)</sup>	56.0 <sup>2)</sup>	20.3	-0.4
	5	2287.6	2287.5	- 0.1	52.4 <sup>2)</sup>	70.8 <sup>2)</sup>	26.8	+0.4
6 Mieselenegg	2363.1	2363.4	+0.3	62.9 <sup>2)</sup>	86.9 <sup>2)</sup>	32.1	+0.5	
Lauteraar	7	2431.6	2431.1	- 0.5	3)			
	8 Wildläger	2519.5	2517.9	- 1.6	3)			
	9	2648.3	2647.4	- 0.9	3)			
Finsteraar	10	2453.3	2452.6	- 0.7	3)			
	11 Grunerhorn	2564.9	2564.7	- 0.2	3)			
	12 Strahlegg	2630.2	2630.2	0.0	3)			
	13 Finsteraar	2656.6	2658.5	+1.9	3)			
Oberaar	z Front en 1984							
	14 Profil médian	2362.2	2362.0	- 0.2	3)			
	15 Profil supérieur	2488.7	2487.6	- 1.1	3)			
	16 Profil suprême	2567.2	2567.1	- 0.1	3)			
17	2678.6	2678.4	- 0.2	3)				

1 Mesurations effectuées à la demande des forces motrices de l'Oberhasli par le bureau A. Flotron, Meiringen.

2 Valeur unique pour deux ans. - Wert für 2 Jahre.

3 Non mesurable (glacier recouvert de neige fraîche à la date du levé en 1984). - Nicht messbar (Gletscher mit Neuschnee bedeckt am Aufnahmedatum 1984).

b) *Variations de surface et du volume*

Profils-limitants	Variation de la surface [m <sup>2</sup> ]	Variation du volume [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]	Profils limitants	Variation de la surface [m <sup>2</sup> ]	Variation du volume [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]
Unteraar	- 9460	- 421	Finsteraar		- 234
		- 841			- 656
		- 1195			+ 1157
		- 501			
		- 404			
		+ 138			
Lauteraar		- 95	Oberaar	- 1500	+ 1
		- 1526			- 282
		- 1567			- 358
					- 89
			z - 17		- 728

## **5.5 DER FIRNZUWACHS IN EINIGEN FIRNGEBIETEN**

### **5.5.1 Einleitung**

Jährliche Berichte über Niederschlags-, Schnee- und Firnakkumulationsmessungen, die seit 1913 im Claridengebiet, seit 1914 im Silvrettagebiet, seit 1915 im Parsenengebiet und seit 1918 im Aletschgebiet durchgeführt werden, sind durch verschiedene Institutionen und Privatpersonen verfasst und herausgegeben worden. Ein Verzeichnis der publizierten Berichte und ihrer Verfasser befindet sich im Kapitel 5.51 des 99./100. Gletscherberichts (Jahrbuch 1977/78 und 1978/79).

### **5.5.2 Clariden**

Das gegenwärtige Messprogramm der jährlichen, seit 1913 laufenden Erhebungen über den Firnzuwachs und den Niederschlag im Claridengebiet ist im 99./100. Gletscherbericht (1977/78 und 1978/79) beschrieben. Die Hauptmessungen im Frühjahr und Herbst der Berichtsjahre hat G. Kappenberger durchgeführt. B. Marti hat die Pegel wie bisher mehrmals zwischen den Hauptterminen abgelesen. Nachstehend sind die Berichte von G. Kappenberger wiedergegeben, dem wir auch die Zusammenstellung der wichtigsten, in den Tabellen 5.8 und 5.9 enthaltenen Ergebnisse verdanken.

Vergleichswerte für den Firnzuwachs in der Periode 1914 - 1984 [Müller und Kappenberger, 1991] sind im Kapitel 6 dieses Jahrbuchs als Kurzfassung zu finden.

### **Beobachtungen 1984**

Die Frühjahrmessung am 27. Mai ergab ausser den Werten in Tabelle 5.8 folgende Schneehöhen: am Hüttenpegel 275 cm, beim oberen Pegel 500 cm an der Stange und 504 cm im Schneeschacht. Die Schneeschmelze war noch nicht im Gang, denn die Schneetemperatur lag unter  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Die Herbstbegehung erfolgte am 28. Oktober, nachdem schon reichlich Neuschnee gefallen war, am Hüttenpegel lagen z.B. 50 cm. Am unteren Pegel ergab die Ablesung an der Stange 275 cm Schneezuwachs und im Schneeschacht wurden 298 cm gemessen. Beim oberen Pegel war die Schneedecke an der Stange 480 cm und im Schneeschacht 471 cm dick. Die Sondierungen in der Umgebung lieferten infolge ungünstiger Verhältnisse bei beiden Pegeln keine verlässlichen Werte.

**Beobachtungen 1985**

Bei der Frühjahrmessung am 25. Mai war kein Neuschnee vorhanden, das Schmelzwasser hatte erst die obersten 1-2 m der Schneedecke durchnässt. Seit der Herbstmessung am 28.10.1984 sind bei der Hütte 320 cm, beim unteren Pegel 375 cm Schnee abgelagert worden. Der obere Pegel zeigte 370 cm Zuwachs an, der Schneeschacht 403 cm. Die Differenz von 33 cm entspricht etwa der Setzung der Schneeschicht unterhalb der Ockerlage, die Mitte November eingeschneit wurde. Einschliesslich des Wasserwerts (67 cm) dieser Schicht ergibt sich für die gesamte Schneedecke über dem Sommerhorizont 1984 ein Wasserwert von 236 cm.

Bei der Herbstbegehung am 6. Oktober lag der Ocker beim unteren Pegel an der Oberfläche, die Stange selbst zeigte 20 cm Abtrag an. Die Grabung bis zur gut erkennbaren Schmutzlage des Sommerhorizonts 1984, ergab 108 cm Firnzuwachs mit einem Raumgewicht von  $0.523 \text{ g/cm}^3$  und einem Wasserwert von 57 cm. Der obere Pegel zeigte 110 cm Zuwachs an, der Schneeschacht 143 cm (entsprechend der im Mai festgestellten Schichtsetzung um 33 cm). In Tabelle 5.9 ist das mittlere Raumgewicht  $0.545 \text{ g/cm}^3$  sowie der Wasserwert (78 cm) und die Schneehöhe für die gesamte Firnschicht über dem Sommerhorizont 1984 angegeben.

Tabelle 5.8: Claridenfirn - Hauptergebnisse 1983/84.

Messperiode: 8.9.1983 - 28.10.1984.

a) Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung des Gletschers

Messperiode		Messstellen		Schnee- oder Firnzuwachs			Dicken- änderung [m]	Horizontal- bewegung [m]
vom	bis	Pegel	Höhe [m ü.M.]	Höhe [cm] <sup>1)</sup>	Wasserwert [cm] <sup>1)</sup>	Raumgewicht [g/cm <sup>3</sup> ] <sup>1)</sup>		
Winterschneedecke:								
8.9.83	27.5.84	unterer	2700	430				
8.9.83	27.5.84	oberer	2900	504 (450)	217 (214)	0.430 (0.476)		
Firnzuwachs:								
8.9.83	28.10.84	unterer	2700	298 (162)	141 (89)	0.473 (0.549)	+ 1.7	4.5
8.9.83	28.10.84	oberer	2900	471 (295)	226 (159)	0.480 (0.539)	+ 2.1	16.0

1 Werte in Klammer: Neuschnee nicht eingerechnet. - Valeurs entre paranthèses: sans neige fraîche.

b) Saison- und Jahresniederschlag in Totalisatoren und an Niederschlagsmessstationen

Station	Höhe [m ü.M.]	Niederschlag der Messperioden			Niederschlag im hydrolog. Jahr Summe [cm] <sup>1)</sup>	Abweichung vom Normalwert [%]	
		Winter [cm]	Sommer [cm]	Jahr [cm]		[cm] <sup>2)</sup>	[%]
Totalisatoren:							
Claridenhütte	2480	118	91	209	185	+ 3	+ 2
Geissbützistock	2710	143	81	224	199	-120	-38
Stationen mit täglicher Niederschlagsmessung							
Tierfeld	820	76	91	167	171	+ 2	+ 1
Elm	962	64	94	158	160	+ 6	+ 4
Disentis	1173	48	60	108	108	- 17	-14
Braunwald	1190	107	105	212	214	+ 27	+14
Umerboden	1350	69	111	180	181	+ 20	+12

1 Für die Totalisatoren ist der gemessene Jahresniederschlag nach den Ergebnissen der täglichen Beobachtungen an den Vergleichsstationen reduziert worden.

2 Der Normalwert entspricht dem Mittelwert folgender Perioden [SMA, 1985]:

- 1901/60 Vergleichsstationen
- 1941/70 Totalisator Geissbützistock: 319 cm
- 1961/70 Totalisator Claridenhütte: 202 cm
- 1971/80 Totalisator Claridenhütte: 182 cm.

Tableau 5.9: *Glacier de Clariden - Résultats principaux 1984/85*

Période d'observation: 28.10.1984 - 6.10.1985.

**a) Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier**

Période de mesure		Site de mesure		Accumulation nette			Variation	Déplacement
du	au	balise	altitude	hauteur de neige	équivalent en eau	densité	d'épaisseur	horizontal
			[m s.m.]	[cm]	[cm]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[m]	[m]
<i>Accumulation hivernale</i>								
28.10.84	25.5.85	infér.	2700	375				
28.10.84	25.5.85	supér.	2900	403	169	0.420		
été 84	25.5.85 <sup>1)</sup>	supér.	2900		236			
<i>Accumulation annuelle</i>								
28.10.84	6.10.85	infér.	2700	- 20	neg.	neg.	- 1.7	3.2
28.10.84	6.10.85	supér.	2900	143	78	0.545	- 1.6	13.0
été 84	6.10.85 <sup>1)</sup>	infér.	2700	108	57	0.523		

1 cf. texte du chapitre 5.5.2 - vgl. Text Kapitel 5.5.2.

**b) Précipitations saisonnières et annuelle observées aux totalisateurs et aux stations pluviométriques**

Station	Altitude	Précipitations des périodes de mesure			Précipitations de l'année hydrologique		
		hiver	été	année	somme	déviaton de la norme	
	[m s.m.]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm] <sup>1)</sup>	[cm] <sup>2)</sup>	[%]
<i>Totalisateurs</i>							
Cabane de Clariden	2480	76	86	162	173	- 9	- 5
Geissbüztistock	2710	93	74	167	179	-140	-44
<i>Stations pluviométriques (observations quotidiennes)</i>							
Tierfehd	820	66	80	146	164	- 5	- 3
Elm	962	74	72	146	147	- 7	- 5
Disentis	1173	51	45	96	97	- 28	-22
Braunwald	1190	98	81	179	180	- 7	- 4
Urnerboden	1350	75	94	169	171	+ 10	+ 6

1 Les valeurs annuelles observées aux totalisateurs ont été réduites à l'année hydrologique d'après les résultats des observations quotidiennes aux stations pluviométriques.

2 La norme (valeur normale ou moyenne) se réfère aux périodes suivantes [SMA, 1985]:

1901/60 Stations pluviométriques

1941/70 Totalisateur Geissbüztistock: 319 cm

1961/70 Totalisateur Cabane de Clariden: 202 cm

1971/80 Totalisateur Cabane de Clariden: 182 cm.

### **5.5.3 Silvretta und Engadin**

Im Silvrettagebiet sind die Beobachtungen in den Berichtsjahren durch das EISLF weitergeführt worden. Die Angaben für Tabelle 5.10 verdanken wir E. Beck (EISLF). Die Messungen am Pegelnetz der VAW (vgl. Kap. 6.3 des 95./96. Gletscherberichts, 1973/74 und 1974/75), sind 1984 durch H. Siegenthaler (VAW) im gewohnten Umfang weitergeführt und aufbereitet und nach einjährigem Unterbruch ab 1986 in reduziertem Umfang und mit angepassten Aufbereitungsverfahren durch M. Funk weitergeführt worden. Auf die Verfahren zur Rekonstruktion der Werte 1984/85 ist in Fussnote 8 der Tabelle 5.1 hingewiesen (vgl. auch Tab. 5.5 und Abb. 5.5).

Die Ergebnisse seiner vorwiegend telemetrischen Beobachtungen im Berninagebiet kommentiert G. Gensler (SMA) in den nachstehenden Berichten.

#### **Beobachtungen 1984**

Die Winterschneedecke ist bis zum grossen Schneefall anfangs September 1984 in normalem Masse abgebaut worden. Zu diesem Zeitpunkt war sie auf den Gletschern etwa gleich weit zurückgeschmolzen wie in 4 früheren Jahren (1972, 1971, 1967, 1957), im umgebenden Gelände ebensoweit wie in den vorgenannten und 2 weiteren Jahren (1965, 1953). Stärker ausgeapert als 1984 war das vergletscherte Gebiet in 22, das unvergletscherte in 21 Jahren, weniger stark ausgeapert als 1984 in 23 bzw. 22 Jahren der Vergleichsperiode 1935 - 1983.

Der mehrjährige Firnzuwachs wurde anhand der sommerlichen Schmelzhorizonte ermittelt, die als Schmutzbänder in Bruchflächen (z.B. an Spalten, in Gletscherbrüchen usw.) zum Vorschein kommen und durch Vergleichen der Schichtprofile näherungsweise datierbar sind. Die beobachteten Stellen befinden sich im Persgletscher (Firnbruch unterhalb der Fuorcla Pers-Palü), am Mittelgipfel des Piz Palü (Abbruchwand der Firnkuppe) und am Piz Morteratsch (Firnabbruch) in N-, NW- bzw. N/NE-Exposition (ungefähre Koordinaten: 794.7/140.8, 793.8/139.5 bzw. 789.6/142.5 km).

#### **Beobachtungen 1985**

Für das Abschmelzen der Winterschneedecke, deren Ausdehnung Mitte-Ende September 1985 sowie am Sommerende der vorangegangenen 50 Jahre von Samedan aus in einer Geländeskizze festgehalten wurde, ergibt sich auf vergletschertem Boden etwa das gleiche Bild wie in 8 Jahren (1981, 1974, 1972, 1967, 1946, 1942, 1941, 1937) auf unvergletschertem Boden wie in 7 Jahren (1981, 1974, 1969, 1967, 1957, 1952, 1937). Stärkere Ausaperung war auf den Gletschern in 20, in ihrer Umgebung in 21 Jahren, geringere Ausaperung beidenorts in 22 Jahren der Vergleichsperiode 1935-1984 festgestellt worden.

Tabelle 5.10: Silvretta Tagletscher - Jährlicher Firnzuwachs 1983/84 und 1984/85

Tableau 5.10: Glacier de Silvretta - Accumulation nette annuelle en 1983/84 et 1984/85

Messperiode <i>Période de mesure</i> vom/du bis/au		Messstelle <i>Site de mesure</i>	Höhe <i>Altitude</i> [m ü.M./m s.m.]	Schneehöhe <i>Hauteur de neige</i> [cm]	Wasserwert <i>Equivalent en eau</i> [cm]	Raumgewicht <i>Densité</i> [g/cm <sup>3</sup> ]
Jährlicher Firnzuwachs - <i>Accumulation nette annuelle</i>						
28.9.83	10.10.84	Firnpegel	2750	169 (63) <sup>1)</sup>	72 (34) <sup>1)</sup>	0.427 (0.541) <sup>1)</sup>
10.10.84	15. 9.85	Firnpegel	2750	211	108	0.512

1 Werte in Klammer: Neuschnee nicht eingerechnet - *Valeurs entre parenthèses: sans neige fraîche.*

Tabelle 5.11: Berninagebiet

Tableau 5.11: Massif de la Bernina

a) Höhenänderung der Firnoberfläche und jährlicher Firnzuwachs 1983/84 und 1984/85  
- *Variation du niveau de la surface glaciaire et accumulation nette annuelle en 1983/84 et 1984/85*

Messdatum <i>Date de mesure</i>		Höhenänderung der Firnoberfläche <sup>1)</sup> <i>Variation du niveau de la surface glaciaire</i>		Firnzuwachs <sup>2)</sup> <i>Accumulation nette</i>
Jahr/année	Datum/date	Piz Misaun (3010 m) [m]	Piz Rosatsch (3100 m) [m]	Piz Palü (3850 m) [m]
1983/84	1.1.84	+ 0.8	+ 0.9	+ 1.5
	5.3.84	+ 1.6	+ 1.9	+ 4.5
	22.7.84	+ 0.5	+ 0.7	+ 1.75
	3.9.84	+ 0.1 <sup>3)</sup>	0.0	+ 2.5
	11.9.84	+ 0.6	—	+ 4
1984/85	26.3.85	+ 1.8	+ 1.5	+ 2.5
	27.6.85	+ 0.2	+ 1.4	+ 5.5
	12.9.85	- 1.5	+ 0.5	+ 4
	29.9.85	- 0.5	+ 0.2	—

1 Änderung seit Mitte August 1983, bzw. seit dem 3.9.1984. - *Variation à partir de la mi-août 1983, resp. du 3.9.1984.*

2 Zuwachs seit Herbst 1983, bzw. 1984 - *Accumulation à partir de l'automne 1983, resp. 1984.*

3 interpolierter Wert - *valeur interpolée.*

b) Mehrjahreswerte des Firnzuwachses - *Valeurs pluriannuelles d'accumulation nivale*

	Firnzuwachs [m] seit Herbst - <i>Accumulation nivale [m] depuis l'automne</i>										
	1983	1982	1981	1979	1977	1975	1972	1968	1964	1961	1958
<b>1984 (3./11.9.)</b>											
Pers (3200-3250 m)	1.5 <sup>1)</sup>	3		8.5							
Piz Morteratsch (3450 m)	1.5 <sup>1)</sup>			4	6.5	9	10.5				
Palü (3800-3850 m)		4	5	8	13	16	22	26			
<b>1985 (12./29.9.)</b>											
Pers (3200-3250 m)	2			5.5 <sup>2)</sup>	9 <sup>3)</sup>	11 <sup>3)</sup>		16 <sup>3)</sup>	20 <sup>3)</sup>		
Piz Morteratsch (3450 m)	1.5			3.75	7.25		11.25	13.5			
Palü (3800-3850 m)	5.5			10.5	17.25 <sup>3)</sup>		19.5 <sup>2)</sup>	25 <sup>2)</sup>	28	31.5	35

1 Etwa zur Hälfte Neuschnee - *env. à moitié neige fraîche*

2 ± 0.5 m

3 ± 1 m

#### **5.5.4 Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher)**

Auf dem Jungfraufirn des Grossen Aletschgletschers hat die Abteilung für Glaziologie der VAW, unterstützt durch das Personal der Hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch (HFS) mit monatlichen Fernrohrablesungen, das Messprogramm am Pegelnetz unter der Leitung von M. Aellen im Rahmen der Vorjahre weitergeführt. Ein Teil der Ergebnisse ist zusammengefasst in Tabelle 5.12 für das erste, in Tabelle 5.13 für das zweite Berichtsjahr.

Die hydrologische Bilanz des Massengebiets (Tab. 5.2b) ergibt für die Gesamtheit der Aletschgletscher einen Massenzuwachs in beiden Jahren (Tab. 5.1). Aus dem Jahresgang der Reservenänderung (Abb. 5.1b) ist ersichtlich, wie durch intensivere Abschmelzung im zweiten Jahr aus einem grösseren Ueberschuss des Winterzuwachses ein kleinerer Jahreszuwachs entstand als im ersten Jahr. Diese Unterschiede zeigen sich ebenso im Firnzuwachs bei den Pegeln (Tab. 5.12), wo die Jahreswerte für 1983/84 deutlich über, jene für 1984/85 knapp unter dem langjährigen Durchschnitt liegen. Bei ähnlich hohen Fliessgeschwindigkeiten wie in den Vorjahren ( $10 \pm 5\%$  über dem Mittel) hat sich die Gletscherdicke wenig verändert. Die Zunahme bei den oberen Pegeln im einen Jahr ist im anderen um  $1/3$  vermindert worden.

Tabelle 5.12: Jungfraufirn - Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung im Jahre 1983/84

Messperiode		Messstelle		Schnee- oder Firnzuwachs			Dicken-	Horizontal-
vom	bis	Pegel	Höhe [m ü.M.] <sup>1)</sup>	Höhe [cm] <sup>2)</sup>	Wasserwert [cm]	Raumgewicht [g/cm <sup>3</sup> ]	änderung [m] <sup>3)</sup>	bewegung [m]
Winterschneedecke			a)					
19.9.83	11.6.84	P 9	2929.7	3.35				
15.9.83	11.6.84	P 3	3348.1	4.60				
15.9.83	11.6.84	P 5	3504.5	5.20				
Firnzuwachs			b)					
19.9.83	21.9.84	P 9	2919.8	0.85	40 <sup>4)</sup>	—	- 0.1	119.7
15.9.83	20.9.84	P 3	3345.3	4.90	261	0.533	+ 0.3	38.5
15.9.83	20.9.84	P 5	—	6.10	329	0.522	+ 0.9	—

- 1 Oberflächenkote a) zu Beginn und b) am Schluss der Messperiode, d.h. am Anfangs- und am Endpunkt der Verschiebungsbahn des Pegels.
- 2 Am Pegel gemessene Werte.
- 3 Änderung der Oberflächenkote am (stets gleichen) Ausgangspunkt der Pegel P 3 und P 5, Mittelwert aus 10 Messungen im Querprofil durch den Ausgangspunkt des Pegels P 9.
- 4 Schätzwert - *valeur estimée*.

Tableau 5.13: Jungfraufirn - Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier en 1984/85

Période de mesure		Site de mesure		Accumulation nette			Variation	Déplacement
du	au	balise	altitude [m s.m.] <sup>1)</sup>	hauteur de neige [cm] <sup>2)</sup>	équivalent en eau [cm]	densité [g/cm <sup>3</sup> ]	d'épaisseur [m] <sup>3)</sup>	horizontal [m]
Accumulation hivernale			a)					
21.9.84	—	P 9	2929.6	—				
20.9.84	21.6.85	P 3	3348.5	5.00				
20.9.84	21.6.85	P 5	3505.4	6.35				
Accumulation annuelle			b)					
21.9.84	29.9.85	P 9	2919.4	0.20	18	—	- 0.4	120.8
20.9.84	28.9.85	P 3	3345.6	3.70	192	0.519	- 0.1	35.8
20.9.84	28.9.85	P 5	—	5.60	290	0.513	- 0.3	—

- 1 Cotes d'altitude déterminées a) au début et b) à la fin de l'exercice, soit aux points de départ et d'arrivée du chemin parcouru par la balise.
- 2 Valeurs maximales observées (par lectures télémétriques).
- 3 Variation de l'altitude aux points de départ des balises P 3 et P 5, valeur moyenne de 10 observations faites sur le profil transversal passant par le point de départ de la balise P 9.

### 5.5.5 Accumulation nivale sur quelques glaciers

#### Aperçu du chapitre 5.5

#### **Introduction**

*Les rapports annuels (dits "Firnberichte") sur l'accumulation nivale observée aux glaciers de Clariden (dès 1913), de Silvretta (dès 1914) et d'Aletsch (dès 1918) ainsi que dans la région de Parsenn (dès 1915) ont été édités par les institutions et les personnes qui sont citées dans le chapitre 5.51 de l'annuaire des 99e et 100e rapports (1977/78 et 1978/79).*

#### **Clariden**

*Les observations dans la région du glacier de Clariden ont été poursuivies, en 1984 et en 1985, par G. Kappenberger, qui a rédigé les rapports et les tableaux 5.8 et 5.9 y relatifs.*

*Les résultats de la série comprenant les 70 années d'observations de 1914 à 1984 [Müller et Kappenberger, 1991] sont résumés dans le chapitre 6 de cet annuaire.*

#### **Silvretta et Engadine**

*Les observations faites dans les environs du glacier de Silvretta par le personnel de l'IFENA ont porté, en 1984 et 1985, comme ces dernières années sur une balise et trois totalisateurs. Les données nivologiques collectées par E. Beck sont résumées dans le tableau 5.10. Les données que H. Siegenthaler a collectées en 1984 sur le réseau de balises des VAW (cf. chap. 6.3 des 95e/96e rapports (1973/74 et 1974/75) sont présentées, en partie, dans les chapitres précédents (cf. chap. 5.2 et 5.3, tabl. 5.1 et 5.5, fig. 5.5). Les mensurations, omises en 1985, ont été reprises, en 1986, par M. Funk.*

*Les résultats des observations télémétriques que G. Gensler a effectuées, en 1984 et 1985, dans le massif de la Bernina, sont résumés dans le tableau 5.11 et commentés par lui-même.*

#### **Jungfraufirn (Grand Glacier d'Aletsch)**

*Sur les névés du Grand glacier d'Aletsch, la Section de glaciologie des VAW a poursuivi ses relevés annuels sur le réseau de balises sous la direction de l'auteur et avec l'assistance du personnel de la station scientifique du Jungfraujoch. Les données collectées au Jungfraufirn sont présentées, en partie, dans les tableaux 5.12 et 5.13.*

## 6. CLARIDENFIRN - MESSUNGEN 1914 - 1984

Hans Müller und Giovanni Kappenberger

### 6.1 ZUSAMMENFASSUNG

Auf dem Claridenfirn in den Glarner Alpen sind glaziologisch-klimatologische Messungen seit 1914 im Gang. Dabei wird die Massenänderung des Gletschers an zwei Plateau-Standorten in 2700 und 2900 m Meereshöhe erfasst, indem im Herbst der jährliche Firnzuwachs oder -abtrag und (seit 1957) im Frühling der Winterschneezuwachs ermittelt wird. Abstichmessungen an den Pegelstangen, Ausgraben der im Herbst an der Oberfläche ausgestreuten Ockerlage und (ebenfalls seit 1957) Bestimmen der Dichte der Zuwachsschicht sind die Hauptpunkte im glaziologischen Messprogramm. Periodisch durch den Hüttenwart oder gelegentlich durch Touristen ausgeführte Pegelablesungen liefern zusätzliche Werte. Eine eingehende Datenauswertung zur Homogenisierung und Analyse der jährlich veröffentlichten Messergebnisse ist im Gang und - soweit abgeschlossen - in der vorliegenden Arbeit dargestellt als Kurzfassung des veröffentlichten Hauptberichts [Müller und Kappenberger, 1991].

Die abgeschlossene erste Phase der Datenauswertung hatte zum Ziel, die Beobachtungen von 1914 bis 1984 soweit aufzubereiten, wie es für die Homogenisierung der Massenhaushaltsreihen erforderlich war, d.h. alle Messwerte über Firn- und Schneezuwachs zusammenzustellen, zweifelhafte zu verwerfen und fehlende zu rekonstruieren. Dabei wurde besonderes Gewicht gelegt einerseits auf die Korrektur systematischer Fehler (wie Setzung der Schicht zwischen Ockerlage und Stangenfuss, Ablation nach der Herbstmessung, Perkulationsverluste im Frühling), andererseits auf die Bestimmung der Dichte in Fällen ohne Messung. Fehlende Werte des Firnzuwachses am einen Pegel sind soweit möglich anhand der Messungen am anderen Pegel rekonstruiert, fehlende Werte des Winterschneezuwachses z.T. aufgrund der Niederschlagsmessungen an Talstationen berechnet worden. Als Hauptergebnis sind bereinigte Datensätze der Frühlings- und Herbstmessungen dargestellt als Zeitreihen (Tab. 6.1 und 6.2.), in denen u.a. die Winter- und die Jahreswerte der Massenänderung an beiden Messpunkten für alle 70 Haushaltsjahre von 1914 - 1984 angegeben sind (Abb. 6.1 und 6.2).

Die Clariden-Messreihen sind einmalig in ihrer Länge. Sie bilden wichtige Grundlagen, um langfristige Schwankungen im Massenhaushalt der Gletscher und Gletscher-Klima-Beziehungen zu untersuchen oder damit verknüpfte Themen zu behandeln, z.B. die Niederschlagsverhältnisse in der Gletscherregion oder die Beziehungen zwischen Abschmelzung und Klimafaktoren. Solche Untersuchungen, einschliesslich der Aufbereitung der klimatologischen Messdaten (u.a. Niederschlagsmessung in zwei Totalisatoren am Gletscherufer) sind als weitere Schritte in der Bearbeitung der Clariden-Messreihe vorgesehen.

## **6.2 EINLEITUNG**

### **6.2.1 Ziel**

Seit 1914 werden auf dem Claridenfirn glaziologische und in seiner nächsten Umgebung klimatologische Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in jährlichen Berichten veröffentlicht. Kuhn [1950, 1953] führte eine kurze Bearbeitung der damals 35 Jahre umfassenden Beobachtungsreihen durch. Weitergehende Auswertungen unterblieben jedoch und fehlten je länger, desto mehr, als die Messreihen zu einmaliger Länge anwuchsen. Das 70-jährige Jubiläum des Messbeginns gab den Anstoss, mit dem Schliessen dieser Lücke zu beginnen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war, die Claridenfirn-Messdaten von 1914 bis 1984 in einem ersten Schritt soweit aufzubereiten, wie es für die Darstellung der Massenhaushaltsdaten als lückenlose homogene Zeitreihen erforderlich war, d.h. alle den Firn- bzw. Schneezuwachs auf dem Gletscher betreffenden Messwerte zusammenzustellen, zweifelhafte zu verwerfen und fehlende zu rekonstruieren. Die eigentliche Bearbeitung der Messergebnisse, die Analyse und Interpretation der homogenisierten Massenhaushaltsreihen, ist wie die Aufbereitung der klimatologischen Messdaten in weiteren Schritten vorgesehen.

### **6.2.2 Geographischer Ueberblick**

Der Claridenfirn liegt in den Glarner Alpen im Quellgebiet der Linth (Abb. 6.1), ist ostexponiert und rund 5.6 km<sup>2</sup> gross [Müller et al., 1976].

Die glaziologischen Messungen werden an zwei mit Pegelstangen markierten Standorten durchgeführt. Der untere Pegel ist in 2700 m, der obere in 2900 m ü.M. auf einem Firnplateau aufgestellt. Ein gemessener Wert (z.B. der Schneehöhe) gilt also nicht für den Messpunkt allein, sondern darf als repräsentativer Mittelwert angesehen werden für einen bestimmten Umkreis im gleichen Höhenbereich des Claridenfirns. Dies ist in Bezug auf den Winterschneezuwachs verschiedentlich durch Sondierungen überprüft und bestätigt worden.

### **6.2.3 Geschichtlicher Ueberblick**

Ein geschichtlicher Ueberblick ist im Jahrbuch der Gletscherkommission [Kasser et al., 1986] wie auch im Hauptbericht [Müller und Kappenberger, 1991] zu finden.

### **6.2.4 Messtechnischer Ueberblick**

Das Programm zum Bestimmen der Massenänderung umfasst seit mehreren Jahren folgende Messungen: Im Herbst, möglichst nahe am Zeitpunkt der minimalen Schneehöhe, etwa Ende September, steckt man auf dem unteren und auf dem oberen Messplatz den durch Geländevisuren festgelegten Pegelstandort ab,

bohrt an diesem ein 9 - 10 m langes Anticorodal-Rohr etwa 3 m tief ein, misst daran den Abstich, d.h. den Abstand der Pegelspitze von der Gletscheroberfläche, und streut in der Nähe eine dünne Ockerschicht aus. Ist die Gletscheroberfläche als Schmelzhorizont natürlicherweise stark verschmutzt, verzichtet man meistens auf das Ockern. Gegebenenfalls misst man die Tiefe der Neuschneedecke, d.h. den Abstand zwischen der Ockerlage an der Oberfläche und dem eingeschneiten Schmelzhorizont.

Im Frühling, möglichst nahe am Zeitpunkt der maximalen Schneehöhe, etwa Ende Mai, misst man am oberen Messort den Abstich am Pegel, gräbt einen Schacht bis zum Ocker, bestimmt dessen Tiefe, die Neuschneehöhe und die Lage der Perkulationsfront (Vernässungsgrenze) und nimmt ein Dichteprofil der Zuwachsschicht auf (mittels Schneezylinder und Federwaage). Ist die Herbstoberfläche - wie in den meisten Fällen - als harte Schicht ausgebildet, ermittelt man ihre Tiefe durch Sondieren (mittels Tiefen- oder Lawinensonde) in einem Umkreis von etwa 10 m Radius, bei besonders günstigen Verhältnissen ausnahmsweise auch auf längeren Profilstrecken. Am unteren Messort misst man den Abstich am Pegel und führt Sondierungen durch.

Im Herbst misst man an beiden Orten den Abstich am Pegel, gräbt - falls der Ocker unter Schnee liegt - die Schneedecke bis zum Ockerhorizont auf, misst im Schacht die Tiefe und nimmt das Dichteprofil auf. Schliesslich versetzt man den Pegel an den abgesteckten ursprünglichen Standort zurück und leitet damit den nächsten Messzyklus ein.

Messprogramm und Messgerät haben im Laufe der Zeit einige Veränderungen erfahren, die bei der Datenaufbereitung zu beachten sind. Anfänglich wurden 3 - 4 m lange Metallrohre mit Fussgestell als Pegel aufgestellt und bei Bedarf verlängert. Ab Herbst 1917 wurden 6 - 7 m lange Holzstangen etwa 1.5 m tief eingegraben. Anticorodal-Rohre sind seit Herbst 1967 in Gebrauch. Die Dicke der Schicht zwischen Oberfläche und Ockerhorizont wurde anfänglich nicht durch Grabungen, sondern durch Bohrungen (mittels eines Church'schen Bohrers) bestimmt. Die Frühlingsbegehungen werden wie die Dichtemessungen und die Sondierungen seit 1957 regelmässig durchgeführt. Die wesentlichsten dieser Änderungen brachten somit eine Erweiterung des Messprogramms. Das Grundprogramm jedoch blieb praktisch unverändert, womit eine wichtige Voraussetzung für eine homogene Datenreihe erfüllt ist.

## 6.3 JÄHRLICHER FIRNZUWACHS

### 6.3.1 Datengrundlage

Die Herbstmessungen ergeben - im günstigen Fall für beide Pegel - in der Regel folgende Daten:

- **Pegelwert:** aus den Abstichen am Pegel ermittelte Schichtdicke des Firnzuwachses oder -abtrags seit der Herbstbegehung im Vorjahr. Als Abstich wird die sichtbare Länge des Pegels gemessen.
- **Ockerwert:** Dicke der Zuwachsschicht, gemessen als Vertikaldistanz zwischen der aktuellen und der vorjährigen, mit Ocker markierten Oberfläche. Im Falle von Abtrag hinfallige Grösse.
- **Dichte:** mittleres Raumgewicht der Zuwachsschicht. Im Falle von Abtrag nicht erfassbar.
- **Neuschneehöhe:** Dicke der wenige Tage oder Wochen alten obersten Schneeschicht, gemessen als Distanz zwischen der Oberfläche und dem Schmelzhorizont.

Pegelwert, Ockerwert und Neuschneehöhe werden seit Beginn der Messungen erhoben, einzelne Lücken bestehen aus verschiedenen, im Hauptbericht genannten Gründen. Der Ockerwert wurde in den ersten Jahren durch Bohrungen, später meistens durch Grabungen, gelegentlich auch Sondierungen ermittelt. Dichtemessungen im Schneeschacht mit den heute üblichen Zylindern werden seit 1957 vorgenommen.

Die Daten sind in jährlichen Berichten veröffentlicht. Ein Verzeichnis der Berichte ist im Jahrbuch der Gletscherkommission [Kasser et al., 1986]) oder im Hauptbericht [Müller und Kappenberger, 1991] zu finden. Neben diesen Berichten sind auch die sehr ausführlichen Feldbücher im Original und in der Reinschrift vorhanden. Die vorliegende Arbeit stützt sich grundsätzlich auf die veröffentlichten Daten. Auf die Feldbücher wurde nur in Zweifelsfällen zurückgegriffen.

### 6.3.2 Systematische Fehler

Messungen sind oft mit nennenswerten systematischen Fehlern behaftet, deren Grösse sich nachträglich nicht mehr genau bestimmen lässt. Falls die Messwerte nicht fehlerhaft belassen oder verworfen werden sollen, bleibt einzig die Möglichkeit, sie mit behelfsmässigen Verfahren zu bereinigen. Auch wenn die Korrekturverfahren zwangsläufig auf vielen Annahmen und Vereinfachungen beruhen und deshalb einer strengen Kritik nicht immer standzuhalten vermögen, vermindern sie in der Regel die systematischen Fehler und führen damit zu einer Verbesserung des Datenmaterials. Die vorliegende Arbeit ist durchgeführt im Bestreben, systematische Fehler in diesem Sinn zu korrigieren.

Die Schichtdicke des jährlichen Firnzuwachses auf dem Claridenfirn wird in der oben beschriebenen Weise durch zwei grundsätzlich unabhängige Messungen ermittelt: als Ockerwert und als Pegelwert. Diese Werte weichen oft voneinander ab. Abgesehen von Messfehlern und Manipulationen an den Pegeln (z.B. durch Touristen), können folgende Einflüsse zu solchen Abweichungen führen:

1. Schiefstehen der Stange
2. Einsinken der Stange
3. Setzung der Schicht zwischen Ockerhorizont und Stangenfuss
4. Ablation nach der Herbstbegehung

Die beiden erstgenannten Einflüsse führen dazu, dass der Pegelwert grösser wird als der Ockerwert. Die andern bewirken das Gegenteil. Ein Schiefstehen der Stange ist im allgemeinen im Feldbuch vermerkt. Es wirkt sich oft weniger stark aus, als man auf den ersten Blick vermutet, da die Stange meistens nicht auf ihrer ganzen Länge so schief steht wie im sichtbaren Teil. In krassen Fällen muss man den Pegelwert verwerfen, da eine Korrektur zumeist mangels hinreichender Angaben kaum möglich ist. Das Einsinken der Stange ist sehr wahrscheinlich von untergeordneter Bedeutung. In Einzelfällen ist ein Einfluss zu vermuten, jedoch nicht erfassbar, eine Korrektur also praktisch ausgeschlossen. Im Gegensatz dazu sind die Einflüsse 3 und 4 erfassbar und führen zu systematischen Fehlern, die sich näherungsweise berechnen lassen. Die verwendeten Korrekturverfahren sind im Hauptbericht ausführlich beschrieben.

### 6.3.3 Dichte

Sind die Dicke und die Dichte der Zuwachsschicht gemessen und ausserdem die systematischen Fehler korrigiert, ist die Massenänderung als Wasserwert des Firnzuwachses leicht zu berechnen. Ist nur die Dicke gemessen, muss zunächst die Dichte geschätzt werden. Das verwendete Schätzverfahren beruht auf der Unterteilung der Zuwachsschicht in Neuschnee- und Altschneelagen bzw. der abgetragenen Schicht in Firn- und Eislagen. Für deren unterschiedliche Dichte werden Erfahrungswerte eingesetzt, die aus den Messungen auf dem Claridenfirn ermittelt sind.

Der Begriff "Neuschnee" bezeichnet in der vorliegenden Arbeit (vom meteorologischen Sprachgebrauch abweichend) den Schnee, der in den letzten Tagen oder Wochen vor der Beobachtung gefallen ist, sich in seiner Beschaffenheit vom unterliegenden Altschnee klar unterscheidet und über dem Schmelzhorizont liegt. Aus 18 Messungen in den Jahren 1963 bis 1984 ergibt sich als Richtwert für solchen Neuschnee eine Dichte von  $320 \text{ kg/m}^3$ .

Der Begriff "Altschnee" bezeichnet in dieser Arbeit den Schnee zwischen dem Schmelzhorizont und dem Ockerhorizont des Vorjahres. Nach Messungen aus den Jahren 1957 bis 1984 beträgt die mittlere Dichte von Altschnee beim unteren Pegel  $545 \text{ kg/m}^3$  ( $n = 19$ ), beim oberen Pegel  $549 \text{ kg/m}^3$  ( $n = 18$ ). Die Standardabweichung ist mit 32, bzw.  $30 \text{ kg/m}^3$  gering, zwischen Dichte und Schneehöhe besteht kein nachweisbarer Zusammenhang. Somit kann für Altschnee eine Dichte von  $550 \text{ kg/m}^3$  in guter Näherung als einheitlicher Richtwert für beide Messstellen verwendet werden.

Der Begriff "Firn" bezeichnet hier den Schnee unter dem Ockerhorizont des Vorjahres. Die Dichte von Firn (gelegentlich auch von Eis) wird benötigt, um in Fällen negativer Massenänderung den Wasserwert des Abtrags zu berechnen. Aufgrund der wenigen vom Claridenfirn vorliegenden Messungen wurden folgende Werte eingesetzt: für nulljährigen Firn (einjährigen Schnee)  $600 \text{ kg/m}^3$ , für ein- und mehrjährigen Firn (z.T. mit Eis)  $650 - 750 \text{ kg/m}^3$ .

### **6.3.4 Bestimmung der Massenänderung**

Die Massenänderung ist als Wasserwert des Firnzuwachses oder -abtrags berechnet aus den bereinigten, d.h. bezüglich der systematischen Fehler korrigierten Werten der Dicke (Pegelwert, Ockerwert) und aus den gemessenen oder geschätzten Werten der Dichte. Im Hauptbericht ist das Verfahren, obwohl es ein ziemlich einfaches ist, ausführlich beschrieben, um alle Schritte des Vorgehens genau zu dokumentieren.

### **6.3.5 Ergänzung fehlender Werte**

Fehlende Werte der Massenänderung wurden grundsätzlich - soweit möglich - aufgrund glaziologischer Daten rekonstruiert. Auf klimatologische Daten wurde nur in Ausnahmefällen zurückgegriffen, um die Beziehungen zwischen Gletscherdaten und Klimadaten, die später untersucht werden sollen, so wenig wie möglich zu beeinflussen.

Von den in Tabelle 6.1 aufgeführten Ockerwerten, Pegelwerten und Neuschneehöhen sind einige teilweise, andere gänzlich rekonstruiert nach den im Hauptbericht beschriebenen und fallweise angezeigten Verfahren. Hier ist dazu festzuhalten, dass die Rekonstruktion in den meisten Fällen wenig problematisch war. Bei weitem am unsichersten ist sie im Fall der Ockerwerte für 1948, die mit Hilfe der Daten vom Silvrettagletscher berechnet sind. Rekonstruierte Daten sind in Kapitel 6.3.4 in der gleichen Weise behandelt wie beobachtete. So erhielt man in jedem Jahr einen Wert für die Massenänderung an mindestens einer Messstelle.

Die Massenänderung ist in 58 Jahren an beiden Messstellen bestimmt worden. Eine Regressionsanalyse dieser Stichprobe ergab, dass die Werte der einen mit den Werten der andern Messstelle ziemlich eng verbunden sind (Korrelationskoeffizient  $r = 0.915$ ). Das Verfahren, fehlende Werte der einen Reihe mittels der Regressionsgleichung aus den vorhandenen Werten der anderen Reihe zu berechnen, erschien also zulässig. Es ist beim unteren Pegel in einem Fall, beim oberen in zehn Fällen angewandt worden.

### **6.3.6 Bereinigter Datensatz**

Die Ergebnisse der vorstehend beschriebenen Auswertungen sind als bereinigter Datensatz des jährlichen Firnzuwachses in Tabelle 6.1 zusammengestellt. Einigen Daten ist eine Kommentarnummer beigelegt. Sie verweist auf den zugehörigen Kommentar im Hauptbericht, wo alle Abweichungen von den früher veröffentlichten Werten nebst anderen Hinweisen vermerkt und im besonderen die Bereinigung oder die Elimination und Rekonstruktion eines Wertes beschrieben und begründet sind. Als Endprodukt dieses Teils der Datenbearbeitung sind in Abbildung 6.2 die homogenisierten Zeitreihen der jährlichen Massenänderung beim unteren und beim oberen Pegel auf dem Claridenfirn dargestellt. Beide Reihen umfassen die 70 Haushaltsjahre vom Herbst 1914 bis zum Herbst 1984.

## 6.4 WINTERSCHNEEDECKE

### 6.4.1 Datengrundlage

Vom Frühlingstermin liegen - im günstigen Fall für beide Pegel - die gleichen Messwerte vor wie vom Herbsttermin: Pegelwert, Ockerwert, Neuschneehöhe und Dichte der Schicht zwischen der Oberfläche und dem Ockerhorizont. Vor 1957 haben keine besonderen Frühlingsbegehungen stattgefunden. Da die zusätzlichen Pegelablesungen durch den Hüttenwart oder Touristen zum Teil wie die meisten späteren Frühlingsbegehungen in den Monaten Mai und Juni erfolgten, liegen auch aus manchen früheren Jahren zumindest Pegelwerte vor. Seit 1957 werden bei der Frühlingsbegehung ausser dem Pegelwert auch der Ockerwert, die Neuschneehöhe und die Dichte programmgemäss jedes Jahr und in gleicher Weise wie bei der Herbstbegehung gemessen. Ab 1965 hat man beim unteren Pegel die Grabungen und Dichtemessungen ausgelassen, den Ockerwert durch Sondierungen bestimmt.

Die Daten über den Winterschneezuwachs stammen aus den gleichen Quellen wie die Daten über den jährlichen Firnzuwachs (s. Kap. 6.3.1).

### 6.4.2 Systematische Fehler

Die grundsätzlichen Überlegungen in Kapitel 6.3.2 zum Auftreten systematischer Fehler und deren Korrektur beim Erfassen des jährlichen Firnzuwachses gelten vollumfänglich auch in Bezug auf den Winterschneezuwachs. Unterschiede zwischen Ocker- und Pegelwert sind bei den Frühlingsmessungen ebenso festzustellen wie bei den Herbstmessungen. Als zusätzlich möglicher systematischer Fehler ist im Frühling der Perkulationsverlust zu beachten, der nachstehend kurz besprochen ist.

Die Schicht zwischen Oberfläche und Ockerhorizont entspricht dem gesamten, z.T. durch Windverfrachtung in der Zeitspanne zwischen Herbstminimum und Frühlingsbegehung abgelagerten Niederschlag, solange aus dieser Schicht kein Wasser ausfliesst, d.h. nur dann, wenn Regen- oder Schmelzwasser vor der Frühlingsmessung nicht tiefer als bis zum Ockerhorizont versickert. Der Wasserwert der Winterschneedecke ist mit den in der gleichen Zeitspanne an Talstationen oder in Totalisatoren gemessenen Niederschlagsmengen also nur dann vergleichbar, wenn der Perkulationsverlust null oder als Korrekturgrösse erfassbar ist. Um diese Grösse näherungsweise zu berechnen, ist ein einfaches Verfahren entwickelt worden, das mit der beschränkten Auswahl an verfügbaren Daten auskommt.

Die Entwicklung der Schneedecke lässt sich in stark vereinfachender Modellvorstellung wie folgt beschreiben: Vor Beginn der Schmelzperiode ist die Schneedecke durchgehend trocken und kalt, d.h. sie enthält kein Wasser in flüssiger Form und weist Temperaturen unter 0 °C auf. Sobald warme Witterung einsetzt, wird die Schneedecke von oben her allmählich umgewandelt. Schmelzwasser und Regen sickern ein, gefrieren in kalten Schichten, setzen dabei Schmelzwärme frei und erwärmen dadurch den Schnee in zunehmend tieferen Lagen, bis die Schneedecke durchgehend temperiert ist, d.h. die Schmelztemperatur von 0 °C erreicht. Die temperierte Schneedecke speichert einsickerndes Wasser, bis sie gesättigt ist, d.h. soviel Wasser in flüssiger Form enthält, wie sie in ihren Porenhohlräumen

zurückzuhalten vermag. Erst danach dringt das Wasser in tiefere Schichten vor, bis es an einer undurchlässigen Eisschicht gestaut und zum Abfliessen gebracht wird.

Das Umsetzen dieser Modellvorstellung in Gleichungen und das daraus abgeleitete Verfahren zum Berechnen der Perkolationsverluste sind im Hauptbericht beschrieben.

### **6.4.3 Dichte**

Die Ausführungen in Kapitel 6.3.3 bezüglich der Dichtebestimmung beim jährlichen Firnzuwachs gelten sinngemäss auch beim Winterschneezuwachs. Das Schätzverfahren zum Erzeugen fehlender Messwerte beruht ebenfalls auf einem Schichtmodell, das entsprechend angepasst ist.

Aufgrund der Ueberlegungen in Kapitel 6.4.2 lässt sich die Winterschneedecke zwischen Oberfläche und Ockerhorizont unterteilen in drei Schichten, die aus Neuschnee (in unserem Sinn), wassergesättigtem temperiertem Altschnee oder trockenem kaltem Altschnee bestehen. Aus den Messungen haben sich für deren Dichte folgende Mittelwerte ergeben:  $300 \text{ kg/m}^3$ ,  $540 \text{ kg/m}^3$  bzw.  $440 \text{ kg/m}^3$ .

### **6.4.4 Bestimmung der Massenänderung**

Bei den Frühlingmessungen wird die Winterschneedecke samt ihrem Wasserwert erfasst, um die Massenänderung während der Akkumulationsperiode, den Winterschneezuwachs, als Bilanzgrösse im Massenhaushalt des Gletschers zu bestimmen. Deren Vergleich mit Niederschlagsdaten ist von besonderem Interesse im Hinblick auf die Erfassung des Winterniederschlags im vergletscherten Hochgebirge. Aus diesem Grund ist hier die Massenänderung berechnet für die Zeitspanne zwischen dem Herbstminimum und der Frühlingsbegehung, die von der Zeitspanne zwischen Herbst- und Frühlingsbegehung mehr oder weniger abweichen kann. Dabei wird als Schichtdicke der Ockerwert unverändert eingesetzt oder der Pegelwert, der auf den Ockerwert umgerechnet wird gemäss den Ausführungen in Kapitel 6.3.2 und dem im Hauptbericht beschriebenen Vorgehen.

### **6.4.5 Ergänzung fehlender Werte**

Zum Rekonstruieren der fehlenden Werte vor 1957 wurde von mehreren möglichen Verfahren fallweise jenes benutzt, von dem das beste Ergebnis zu erwarten war. Dieses Vorgehen erforderte verschiedene Verfahren, die nachstehend skizziert und im Hauptbericht ausführlich beschrieben sind. Anhand der Kommentarnummern lassen sich rekonstruierte Werte von beobachteten Werten unterscheiden oder für getrennte Behandlung bei weitergehenden Untersuchungen aussondern.

Zunächst wurden alle Fälle behandelt, in denen der Pegelwert zumindest teilweise aus den zusätzlichen Ablesungen rekonstruierbar ist. Das Vorgehen im Einzelfall ist im Hauptbericht beschrieben. Zum Berechnen der Massenänderung gemäss Kapitel 6.4.4 wurden so ergänzte Pegelwerte gleich behandelt wie beobachtete.

Sodann wurden von den restlichen Fällen jene behandelt, in denen sich aufgrund der entsprechenden Regressionsanalysen ein fehlender Wert der Massenänderung beim einen Pegel berechnen liess aus dem vom anderen Pegel vorliegenden gemessenen oder im ersten Schritt rekonstruierten Wert. Dieses Verfahren wurde beim unteren Pegel in vier, beim oberen in zwei Fällen angewandt.

Schliesslich wurden die verbleibenden Lücken geschlossen, indem die Massenänderung bei beiden Pegeln aus den Niederschlagswerten der Referenzstationen Elm, Ilanz, Sedrun und Altdorf rekonstruiert wurde aufgrund der diesbezüglichen Regressionsanalysen. Das Verfahren, das wie alle andern im Hauptbericht eingehend erläutert ist, lieferte in 26 Fällen Werte, die für weitergehende Untersuchungen über die Niederschlagsverhältnisse und die Gletscher-Klima-Beziehungen nicht oder nur bedingt verwendbar sind.

#### **6.4.6 Bereinigter Datensatz**

Die Ergebnisse dieser Bearbeitung sind als bereinigter Datensatz des Winterschneezuwachses in Tabelle 6.2 zusammengestellt und z.T. mit einer Kommentarnummer versehen. Der zugehörige Kommentar im Hauptbericht gibt Auskunft über Abweichungen von den ursprünglich veröffentlichten Werten und über das Verfahren, mit dem der vorliegende Wert erzeugt wurde. Als Endprodukt dieses Teils der Datenbearbeitung sind in Abbildung 6.3 die homogenisierten Zeitreihen des Winterschneezuwachses beim unteren und beim oberen Pegel auf dem Claridenfirn dargestellt durch ihren Wasserwert. Beide Reihen erstrecken sich über 70 Winter (1914/15 - 1983/84).

## 6.5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

In seinem ersten Bericht über die Untersuchungen der Zürcher Gletscher-Kommission im Claridengebiet schrieb F. Rutgers [1914] u.a.: "Fragt man nach dem Zweck solcher Beobachtungen überhaupt, so wäre zu bemerken, dass erstens die Meteorologie grosses Interesse daran hat. Bis jetzt sind die Kenntnisse über die Niederschläge in der eigentlichen Firnregion äusserst spärlich." Heute, 75 Jahre später, ist die Situation praktisch unverändert: Die Niederschlagsmessung im Hochgebirge ist auch mit den modernen Instrumenten noch keineswegs befriedigend gelöst, die Erfassung der Schneedecke an geeigneten Standorten bleibt nach wie vor eine der besten Methoden zum Bestimmen des Winterniederschlags.

Aus dieser Sicht verdienen die Claridenfirn-Messungen besondere Beachtung. Die Messungen über den Firnzuwachs, 1914 an zwei Plateau-Standorten auf 2700 und 2900 m ü. M. begonnen, sind mittlerweile zu Beobachtungsreihen von einmaliger Länge und Vollständigkeit angewachsen. Als längste aller laufenden Beobachtungsreihen über Firn- und Schneezuwachs bilden sie eine wertvolle Grundlage zur Erforschung längerfristiger Schwankungen im Massenhaushalt der Gletscher oder zum Erfassen des Winterniederschlags im Hochgebirge und sind für verschiedene andere Untersuchungen nutzbar, beispielsweise solche über Beziehungen zwischen Abschmelzung und Klimafaktoren, die für die modellmässige Berechnung des Abflusses aus vergletscherten Gebieten massgebend sind.

Die Ergebnisse der Claridenfirn-Messungen sind in jährlichen Berichten veröffentlicht. Eine eingehende und umfassende Auswertung, die - abgesehen von Kuhns zitierten Arbeiten - bisher fehlte, ist mit der vorliegenden Arbeit eingeleitet worden. In diesem ersten Schritt sind die glaziologischen Daten verarbeitet worden zu homogenen Beobachtungsreihen über den Firn- und Schneezuwachs auf dem Claridenfirn in den 70 Haushaltsjahren 1914/15 - 1983/84.

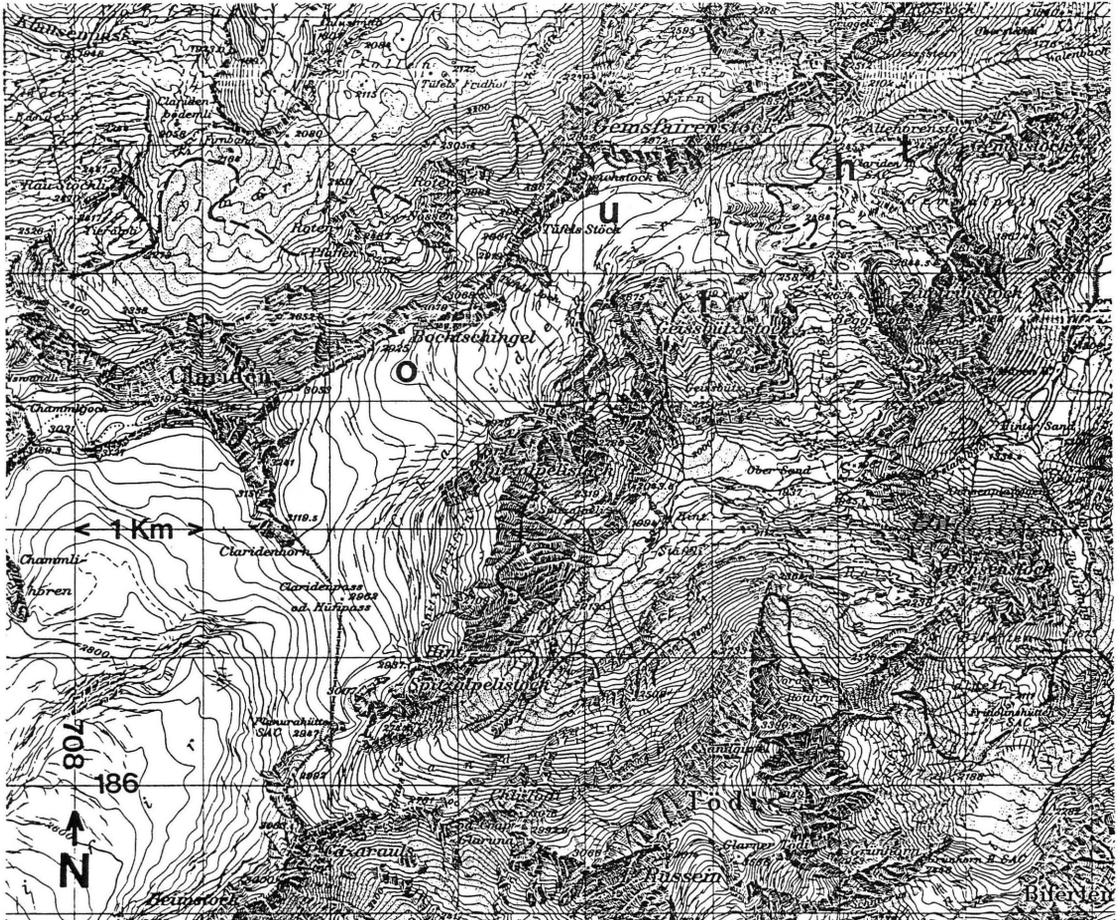
Im Hinblick auf den hohen Wert der Claridenfirn-Messungen schien es gerechtfertigt und sinnvoll, die Aufbereitung sehr gründlich durchzuführen und den methodischen Fragen besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Am meisten Gewicht hatten dabei die Korrektur systematischer Fehler beim Erfassen der Dicke und die Bestimmung der Dichte in Fällen ohne Messung. Zum Rekonstruieren fehlender Werte der Massenänderung wurde fallweise von mehreren möglichen Verfahren jeweils jenes benutzt, von dem das beste Ergebnis zu erwarten war. Dieses Vorgehen erforderte mehrere verschiedene Verfahren, die wie alle anderen Arbeitsgänge im Hauptbericht ausführlich beschrieben sind.

Als Hauptergebnisse der vorliegenden Arbeit sind in den Tabellen 6.1 und 6.2 bereinigte Datensätze der Herbst- und Frühlingmessungen vorgelegt. Diese sollen als Grundlage dienen für die eigentliche Bearbeitung der Clariden-Messreihe, insbesondere für Analysen und Interpretationen aus glaziologischer und klimatologischer Sicht. Dazu eignen sich vor allem die Jahres- und Winterwerte der Massenänderung, die als hauptsächliches Endprodukt dieser Arbeit für jedes der 70 Jahre von 1914 bis 1984 berechnet und als Zeitreihen in den Abbildungen 6.2 und 6.3 dargestellt sind.

Zu den weiteren Schritten der Bearbeitung gehört vorab die Aufbereitung der klimatologischen Daten, die als Teil des regulären Clariden-Programmes im Hinblick auf dessen eingangs zitierte Zielsetzungen ebenfalls seit 1914 erhoben werden (u.a. Niederschlagsmessungen in zwei Totalisatoren am Gletscherufer).

Abbildung 6.1: Claridenfirn - Messnetz

Figure 6.1: Glacier de Clariden - Réseau d'observations



Legende:

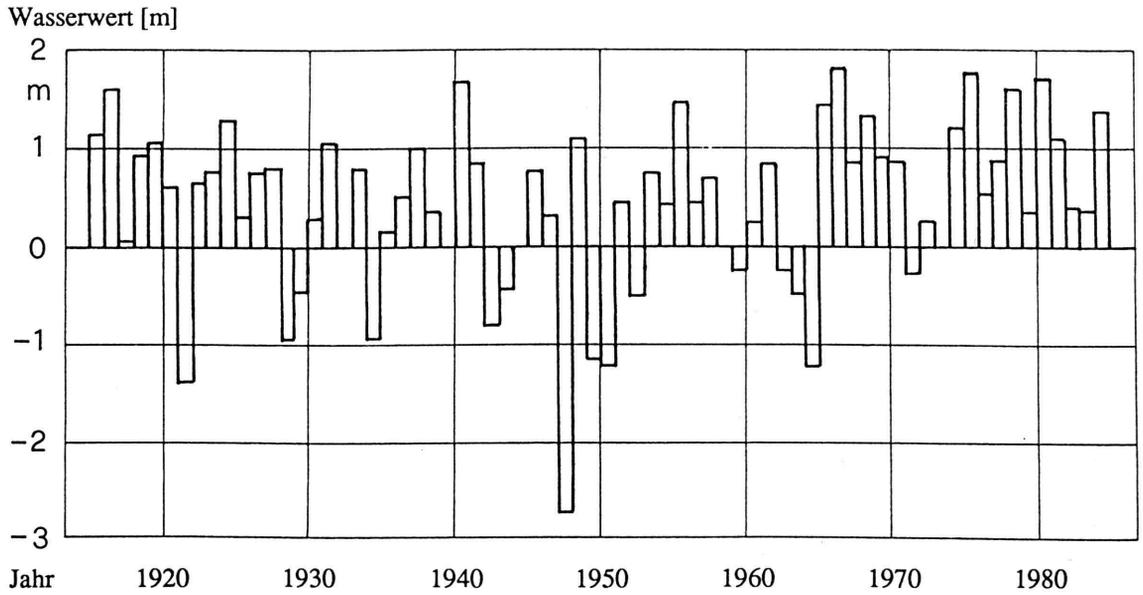
- o oberer Firnpegel (2900 m)
- u unterer Firnpegel (2700 m)
- h Schneepegel Claridenhütte
- t Niederschlagstotalisatoren Altenorenstock (2480 m) und Geissbützstock (2710 m)
- Gletscherstand um die Jahrhundertwende (n. Siegfried-Atlas, Bl. 404, Tödi, 1930)

Ausschnitt aus der Landeskarte (LK 1:50'000, Bl. 246, Klausenpass), reproduziert mit Bewilligung der L+T vom 15.9.1988.

Abbildung 6.2: Claridenfirn - Jährlicher Firnzuwachs 1914/15 - 1983/84

Figure 6.2: Glacier de Clariden - Accumulation annuelle 1914/15 - 1983/84

a) Beim unteren Pegel (2700 m ü.M.) - Balise inférieure (2700 m s.m.)



b) Beim oberen Pegel (2900 m ü.M.) - Balise supérieure (2900 m s.m.)

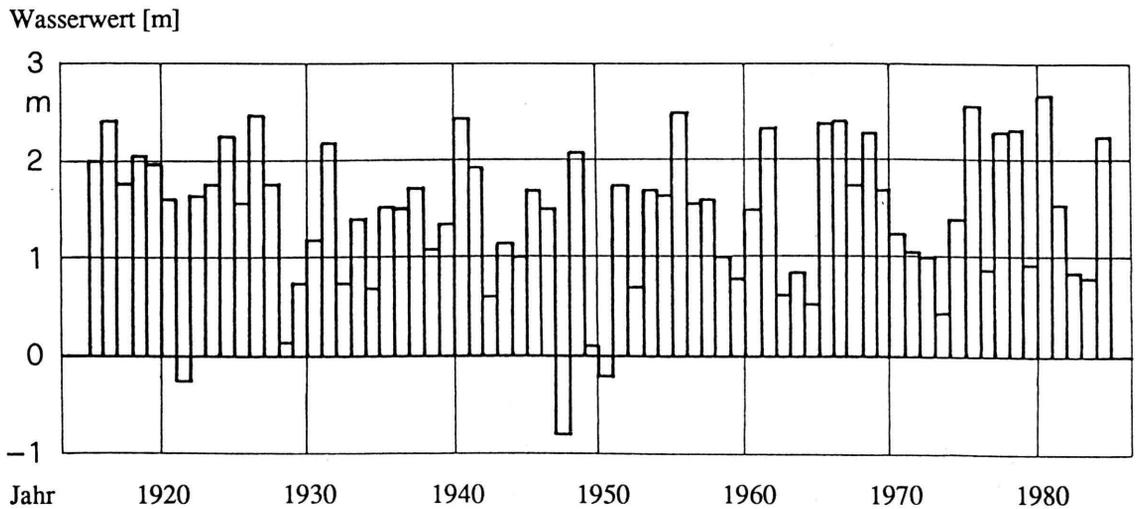
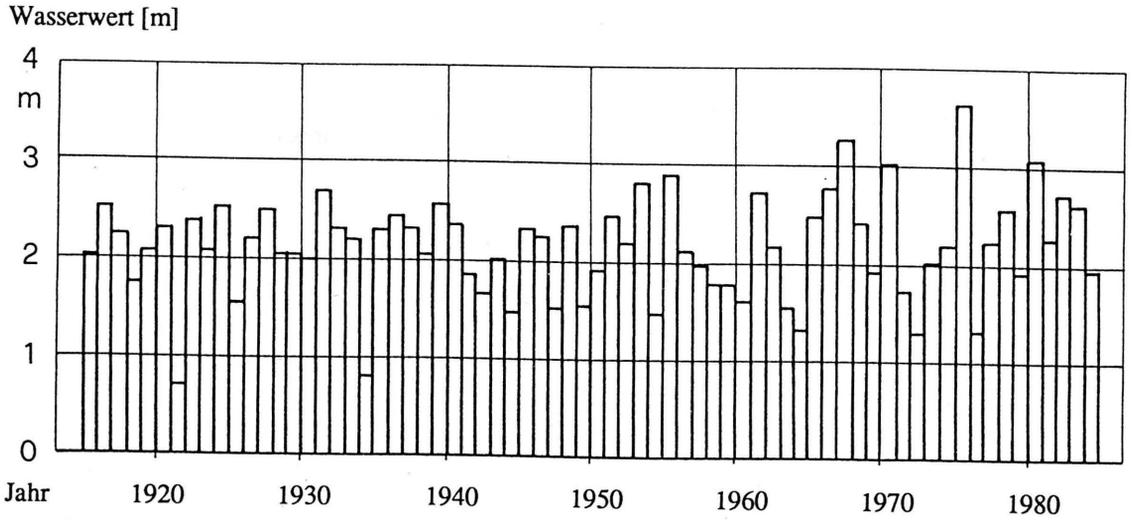


Abbildung 6.3: Claridenfirn - Winterschneedecke 1914/15 - 1983/84

Figure 6.3: *Glacier de Clariden - Accumulation hivernale 1914/15 - 1983/84*

a) Beim unteren Pegel (2700 m ü.M.) - *Balise inférieure (2700 m s.m.)*



b) Beim oberen Pegel (2900 m ü.M.) - *Balise supérieure (2900 m s.m.)*

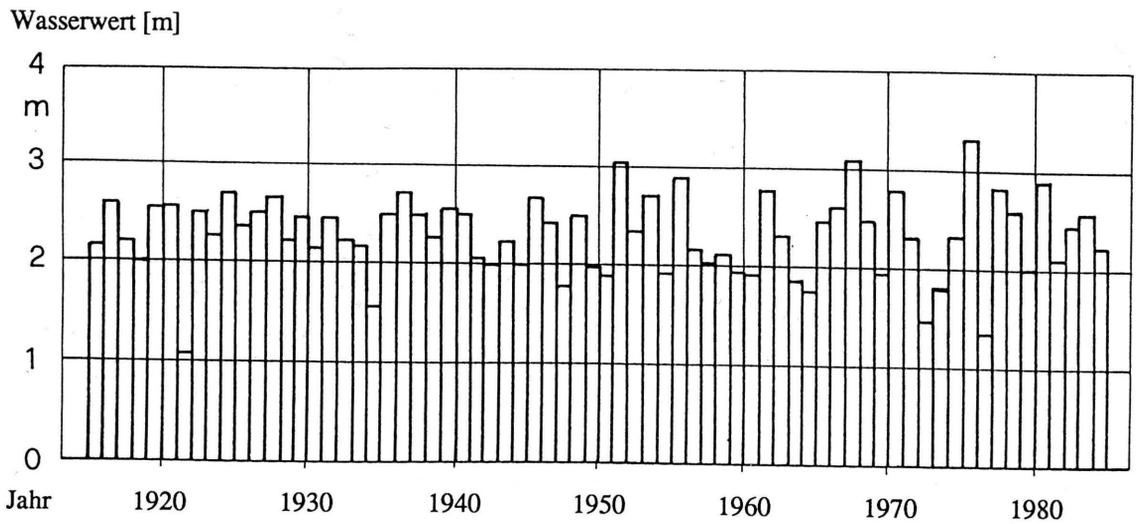


Tabelle 6.1: Claridenfirn - Jährlicher Firnzuwachs 1914/15 - 1983/84

Tableau 6.1: Glacier de Clariden - Accumulation annuelle 1914/15 - 1983/84

a) Beim unteren Pegel (2700 m ü.M.) - Balise inférieure (2700 m s.m.)

Anfangsdatum	Enddatum	OCKER	PEGEL	SCHNEE	DIFFOP	Datum Min.	AB-LAT	RHO	H	WE
14 9 28	15 8 8	2.10	1.80	.00	-9.99 112	9 28	.00		2.02	1.16
15 8 8	16 8 15	-9.99	-9.99	.00	-9.99	8 13	.20		2.76 126	1.64 127
16 8 15	17 9 26	-9.99	.05	.00	-9.99	8 17	.08		.05	.07
17 9 26	18 9 18	1.92	1.80	.00	.12	10 5	.29		1.60	.93
18 9 18	19 9 17	2.00 120	-9.99	.00	-9.99	9 20	.06		1.87	1.07
19 9 17	20 9 25	1.40	-9.99	.51 104	-9.99	9 19	.06		1.27	.63
20 9 25	21 9 15	-9.99	-2.35 099	.00	-9.99	10 12	.43		-2.35	-1.36
21 9 15	22 9 25	2.40 107	1.40	.75	1.00	10 14	1.10		1.43	.66
22 9 25	23 9 12	1.45 093	-9.99	.00	-9.99	9 29	.06		1.00	.77
23 9 12	24 9 17	2.63	-9.99 109	.50	-9.99	9 15	.09		2.47	1.29
24 9 17	25 9 1	.90	.40	.23 103	-9.99 112	9 23	.28		.38	.32
25 9 1	26 9 11	1.39 123	-9.99	.00	-9.99	9 2	.02		1.19	.76
26 9 11	27 9 23	1.94	1.45	.16 103	.49	9 22	.47		1.48	.82
27 9 23	28 9 12	-9.99	-1.72	.00	-9.99	9 23	.00		-1.72	-.94
28 9 12	29 9 15	-9.99	-.75	.00	-9.99	9 16	.11		-.75	-.43
29 9 15	30 9 26	.80	-9.99	.25	-9.99	9 20	.21		.55	.29
30 9 26	31 9 16	2.10	2.22	.40 103	-9.99 111	9 26	.00		1.91	1.06
31 9 16	32 9 15	.00	-2.20	.00	-9.99 112	9 17	.00		-2.25	.00
32 9 15	33 9 12	1.70	1.05	.00	.65	9 21	.29		1.38	.81
33 9 12	34 9 19	-9.99	-1.55	.20 103	-9.99	9 13	.02		-1.55	-.94
34 9 19	35 9 16	.65	.30	.00	.35	10 4	.42		.15	.17
35 9 16	36 9 20	.95	.70	.00	.25	9 16	.00		.87	.52
36 9 20	37 9 20	-9.99	2.00	.62	-9.99	9 25	.19		2.00	1.00
37 9 20	38 9 14	.68	.50	.10	-9.99 112	9 20	.00		.34	.35
38 9 14	39 9 24	.40	.00	.20	.40	9 30	.48		-3.11	-.04
39 9 24	40 9 25	-9.99	3.15 119	.65	-9.99	9 24	.00		3.15	1.68
40 9 25	41 9 18	1.73	1.70	.50 103	-9.99 112	9 25	.00		1.37	.84
41 9 18	42 9 13	-9.99	-1.45	.00	-9.99	9 26	.30		-1.45	-.80
42 9 13	43 9 17	-9.99	-.80	.00	-9.99	9 22	.24		-.80	-.43
43 9 17	44 9 14	.08	-9.99	.02	-9.99	9 20	.08		-0.07	.00
44 9 14	45 9 12	1.60	1.95	.14 103	-9.99 111	9 20	.21		1.34	.76
45 9 12	46 9 11	.83	.50	.00	.33	9 19	.30		.45	.32
46 9 11	47 9 12	-9.99	-3.91 095	.00	-9.99	10 4	.80		-3.91	-2.68
47 9 12	48 10 3	2.55 128	-9.99	.00	-9.99	9 22	.64		1.95	1.12
48 10 3	49 9 20	-9.99	-2.00	.00	-9.99	10 4	.02		-2.00	-1.15
49 9 20	50 9 14	-9.99	-1.67 096	.00	-9.99	10 9	.81		-1.67	-1.19
50 9 14	51 9 12	.87	.87	.00	.00	9 15	.02		.77	.47
51 9 12	52 8 28	-9.99	-.90	.00	-9.99	9 26	.38		-.90	-.49
52 8 28	53 9 18	-9.99	1.30	.00	-9.99	8 31	.18		1.30	.76
53 9 18	54 9 4	-9.99	.80	.30	-9.99	10 4	.36		.80	.42
54 9 4	55 9 18	3.10	2.40	.42 103	.70	9 12	.31		2.64	1.47
55 9 18	56 9 17	.97	.70	.00	-9.99 112	9 26	.21		.54	.44
56 9 17	57 9 10	1.67	1.60	.00	-9.99 116	9 26	.39	515	1.27	.69
57 9 10	58 9 10	-9.99	-.05	.00	-9.99	9 11	.02		-.05	.02
58 9 10	59 9 8	-9.99	-.47	.00	-9.99	9 22	.46		-.47	-.23
59 9 8	60 8 27	1.10 117	-9.99	-9.99	-9.99	9 27	.83	550 118	.35	.24
60 8 27	61 9 13	-9.99	1.45	.00	-9.99	8 30	.06	550 118	1.45	.84
61 9 13	62 9 13	.51	-.52	.00	1.03	10 1	1.13	491	-.48	-.25
62 9 13	63 9 18	-9.99	-.79	.00	.10 106	9 16	.13		-.79	-.46
63 9 18	64 9 29	-9.99	-1.51	.31	.27 106	9 25	.25		-1.51	-1.20
64 9 29	65 9 16	3.09	2.93	.78	.16	10 6	.20	501	2.72	1.46
65 9 16	66 9 22	3.13	-9.99	.00	-9.99	9 18	.06	591	2.67	1.82
66 9 22	67 9 15	2.35	1.75	.44	.60	10 12	.70	498	1.71	.86
67 9 15	68 9 14	2.82	2.18	.20	-9.99 112	9 30	.47	550	2.18	1.34
68 9 14	69 9 12	1.76	1.74	.23	.02	9 14	.00	518	1.59	.91
69 9 12	70 9 22	2.48	1.49 100	.00	.99	10 23	1.18	560	1.35	.87
70 9 22	71 9 27	-9.99	-.51	.00	-9.99	9 30	.20		-.51	-.26
71 9 27	72 9 23	.69	1.10	.34	-9.99 111	9 27	.00	382	.61	.26
72 9 23	73 10 11	.50	-.09	.50	-9.99 112	10 20	.22	191	-.09	.00
73 10 11	74 9 14	2.03	1.52	.00	-9.99 112	10 13	.00	593	1.74	1.20
74 9 14	75 9 20	3.19	-9.99	.00	-9.99	9 20	.26	583	2.90	1.75
75 9 20	76 9 25	1.00	.66	.46	.34	9 26	.18	387	.77	.31
76 9 25	77 10 15	1.87	1.30	.16 103	-9.99 112	9 29	.15	496	1.47	.86
77 10 15	78 9 15	3.21	3.22	.00	-9.99 111	10 24	.34	547	2.79	1.61
78 9 15	79 9 16	.85	.40	.00	.45	9 26	.24	536	.57	.35
79 9 16	80 9 23	3.15	3.15	.00	.00	9 21	.16	568	2.94	1.72
80 9 23	81 9 30	2.49	-9.99	.58	-9.99	10 2	.18	470	2.26	1.09
81 9 30	82 9 14	.74	.20	.00	-9.99 112	10 2	.03	541	.39	.39
82 9 14	83 9 8	1.04	1.40	.00	-9.99 111	9 22	.43	548	.61	.38
83 9 8	84 10 28	2.98	2.75	1.36	.23	9 11	.09	473	2.82	1.37

## b) Beim oberen Pegel (2900 m ü.M.) - Balise supérieure (2900 m s.m.)

Anfangs- datum	End- datum	OCKER	PEGEL	SCHNEE	DIFFOP	Datum Min.	AB- LAT	RHO	H	WE
14	9 28	15 8 8	-9.99	-9.99	.00	-9.99	9 28	.00	3.63 126	2.01 127
15	8 8	16 8 15	-9.99	4.27	.00	-9.99	8 13	.15	4.27	2.39
16	8 15	17 9 26	3.30	-9.99 113	.00	-9.99	8 17	.06	3.17	1.79
17	9 26	18 9 18	3.87	4.00	.00	-9.99 111	10 5	.21	3.62	2.04
18	9 18	19 9 17	-9.99	-9.99	.00	-9.99	9 20	.05	3.50 126	1.95 127
19	9 17	20 9 25	-9.99	-9.99	.80	-9.99	9 19	.05	2.99 126	1.60 127
20	9 25	21 9 15	-9.99	-.65	.00	-9.99	10 12	.32	-.65	-.25
21	9 15	22 9 25	-9.99	-9.99	1.10 104	-9.99	10 14	.84	3.13 126	1.63 127
22	9 25	23 9 12	-9.99	-9.99	.00	-9.99	9 29	.03	2.76 126	1.71 127
23	9 12	24 9 17	4.50	4.50	1.00	.00	9 15	.06	4.37	2.22
24	9 17	25 9 1	3.20	2.94	.50 103	-9.99 112	9 23	.22	2.52	1.55
25	9 1	26 9 11	-9.99	4.15	.00	-9.99	9 2	.01	4.15	2.44
26	9 11	27 9 23	-9.99	-9.99	.50	-9.99	9 22	.36	3.17 126	1.75 127
27	9 23	28 9 12	.26 090	.28 090	.00	-9.99 111	9 23	.00	-.03	.14
28	9 12	29 9 15	1.50	-9.99	.00	-9.99	9 16	.07	1.36	.79
29	9 15	30 9 26	2.50	2.15	.50	.35	9 20	.17	2.28	1.19
30	9 26	31 9 16	-9.99	3.85	.45 103	-9.99	9 26	.00	3.85	2.18
31	9 16	32 9 15	1.40	1.20	.00	-9.99 112	9 17	.00	1.13	.77
32	9 15	33 9 12	2.75	2.50	.00	.25	9 21	.23	2.48	1.41
33	9 12	34 9 19	1.44	1.49	.23 103	-9.99 111	9 13	.01	1.35	.73
34	9 19	35 9 16	-9.99	2.70	.00	-9.99	10 4	.30	2.70	1.53
35	9 16	36 9 20	-9.99	-9.99	.00	-9.99	9 16	.00	2.64 126	1.51 127
36	9 20	37 9 20	-9.99	3.50	1.10	-9.99	9 25	.14	3.50	1.72
37	9 20	38 9 14	2.20 091	1.70 091	.42 103	-9.99 112	9 20	.00	1.66	1.11
38	9 14	39 9 24	2.90	2.75	.38	-9.99 112	9 30	.34	2.37	1.36
39	9 24	40 9 25	-9.99	-9.99	1.10	-9.99	9 24	.00	4.60 126	2.42 127
40	9 25	41 9 18	-9.99	3.20 092	.60 103	-9.99	9 25	.00	3.20	1.92
41	9 18	42 9 13	1.30	1.00	.00	-9.99 112	9 26	.22	.79	.62
42	9 13	43 9 17	2.25	2.00	.00	.25	9 22	.16	2.04	1.17
43	9 17	44 9 14	1.87	1.80	.10 103	.07	9 20	.06	1.74	.98
44	9 14	45 9 12	-9.99	-9.99 122	.37 103	-9.99	9 20	.15	3.05 126	1.70 127
45	9 12	46 9 11	-9.99	2.65	.00	-9.99	9 19	.24	2.65	1.51
46	9 11	47 9 12	-9.99	-1.40	.00	-9.99	10 4	.60	-1.40	-.79
47	9 12	48 10 3	4.20 128	-9.99	.00	-9.99	9 22	.55	3.68	2.07
48	10 3	49 9 20	.20	.20	.00	.00	10 4	.01	-.11	-.11
49	9 20	50 9 14	-9.99	-.40	.00	-9.99	10 9	.63	-.40	-.19
50	9 14	51 9 12	-9.99	3.10	.00	-9.99	9 15	.01	3.10	1.75
51	9 12	52 8 28	-9.99	1.25	.00	-9.99	9 26	.29	1.25	.73
52	8 28	53 9 18	-9.99	-9.99 121	.00	-9.99	8 31	.15	3.02 126	1.70 127
53	9 18	54 9 4	-9.99	3.15	.60	-9.99	10 4	.24	3.15	1.64
54	9 4	55 9 18	-9.99	4.50	.50	-9.99	9 12	.23	4.50	2.47
55	9 18	56 9 17	-9.99	2.63	.00	-9.99	9 26	.14	2.63	1.56
56	9 17	57 9 10	3.12	2.93	.00	.19	9 26	.30	2.80	1.58
57	9 10	58 9 10	1.93	1.74	.00	.19	9 11	.01	534 1.84	1.03
58	9 10	59 9 8	1.57	1.10	.00	.47	9 22	.35	599 1.21	.79
59	9 8	60 8 27	-9.99	2.63	-9.99	.63 106	9 27	.64	2.63	1.49
60	8 27	61 9 13	4.25	-9.99	.00	-9.99	8 30	.04	550 053 4.13	2.32
61	9 13	62 9 13	1.83	1.27	.00	-9.99 116	10 1	.95	574 .99	.63
62	9 13	63 9 17	1.78	1.68	.36	.10	9 16	.10	515 1.62	.87
63	9 17	64 9 29	1.39	1.02	.39	.37	9 25	.22	448 .98	.53
64	9 29	65 9 17	4.73	4.63	1.31	-9.99 112	10 6	.14	513 4.37	2.36
65	9 17	66 9 20	4.23	4.11	.18 103	-9.99 112	9 18	.01	563 3.59	2.38
66	9 20	67 9 18	4.01	3.76	.55 103	.25	10 12	.56	496 3.40	1.74
67	9 18	68 9 19	4.70	4.17	.37 103	-9.99 112	9 30	.38	517 4.08	2.26
68	9 19	69 9 11	3.19	3.46	.61 103	-9.99 111	9 19	.00	533 2.95	1.70
69	9 11	70 9 24	3.00	-9.99 114	.05	-9.99	10 23	.88	548 1.96	1.26
70	9 24	71 9 27	2.09	1.90	.11	.19	9 30	.12	535 1.89	1.07
71	9 27	72 9 22	2.23	2.20	.40	.03	9 27	.00	459 2.10	1.02
72	9 22	73 10 11	1.36	1.24	.81	-9.99 112	10 20	.13	367 1.00	.44
73	10 11	74 9 12	3.38	-9.99 109	.00	-9.99	10 13	.00	565 2.96	1.91
74	9 12	75 9 19	4.62	-9.99 109	.00	-9.99	9 20	.32	578 4.28	2.53
75	9 19	76 9 24	2.24	1.93	.55	.31	9 26	.17	430 2.02	.89
76	9 24	77 10 14	4.51	4.06	.24 103	-9.99 112	9 29	.15	518 4.08	2.27
77	10 14	78 9 15	4.14	3.94	.00	.20	10 24	.30	582 3.72	2.28
78	9 15	79 9 16	1.86	1.47	.00	.39	9 26	.17	541 1.64	.93
79	9 16	80 9 23	4.59	4.50	.00	.09	9 21	.12	588 4.41	2.65
80	9 23	81 9 30	3.34	3.19	.68	.15	10 2	.10	474 3.18	1.54
81	9 30	82 9 14	1.52	1.30	.00	-9.99 112	10 2	.02	553 1.14	.83
82	9 14	83 9 8	1.68	1.30	.00	.38	9 22	.35	565 1.32	.80
83	9 8	84 10 28	4.71	4.65	1.76	.06	9 11	.08	480 4.56	2.23

Legende siehe S. 144.

Tabelle 6.2: Claridenfirn - Winterschneedecke 1914/15 - 1983/84

Tableau 6.2: Glacier de Clariden - Accumulation hivernale 1914/15 - 1983/84

a) Beim unteren Pegel (2700 m ü.M.) - Balise inférieure (2700 m s.m.)

Begeh.- datum	OCKER	PEGEL	RHO	OCK	ABL	RE- GEN	SCH- WE	RHOC	VER	WE
15 5 16		4.25		4.33	.06	.01	.02	466	-.18	2.02 133
16 5 25					.09	.04	.01		-.17 137	2.53 137
17 5 25		4.00		4.15	.23	.02	.01	538	.01	2.23 133
18 5 25					.15	.02	.02		-.02 137	1.74 137
19 5 25					.00	.00	.05		-.27 137	2.08 137
20 5 25					.29	.04	.01		.08 137	2.29 137
21 5 25					.23	.03	.00		.18 137	.71 137
22 5 25					.18	.00	.01		-.09 137	2.39 137
23 5 25					.13	.01	.06		-.09 137	2.07 137
24 5 25					.22	.08	.10		.04 137	2.54 137
25 6 6		2.35		2.87	.28	.02	.01	537	.14	1.54 133
26 5 25					.07	.00	.06		-.20 137	2.22 137
27 5 25					.12	.01	.11		-.16 137	2.51 137
28 5 25					.05	.01	.22		-.17 137	2.06 137
29 5 25					.07	.00	.04		-.18 137	2.03 137
30 5 31					.07	.00	.03		-.17 135	1.99 135
31 6 26		4.81 142		5.00	.81	.19	.03	535	.72	2.68 133
32 6 13		4.15		4.40	.22	.02	.04	530	-.01	2.33 133
33 6 5		4.45 141		4.77	.08	.00	.09	460	-.18	2.19 133
34 5 25		1.40		1.50	.23	.02	.01	535	.16	.80 133
35 5 25					.03	.00	.07		-.26 137	2.29 137
36 5 25					.05	.01	.06		-.24 137	2.42 137
37 5 25					.08	.02	.07		-.17 137	2.32 137
38 6 4		4.15		4.49	.06	.02	.15	455	-.15	2.04 133
39 6 11					.26	.01	.01		-.01 135	2.59 135
40 5 25					.04	.00	.08		-.25 137	2.36 137
41 5 25					.00	.00	.13		-.23 137	1.85 137
42 5 16		3.25 143		3.78	.01	.00	.09	433	-.19	1.64 133
43 5 25					.19	.01	.11		-.01 137	2.03 137
44 5 25					.03	.01	.08		-.17 137	1.74 137
45 5 25					.43	.03	.13		-.22 137	2.33 137
46 5 25					.15	.02	.06		-.08 137	2.24 137
47 5 25					.27	.05	.06		.17 137	1.49 137
48 5 25					.21	.02	.00		-.03 137	2.37 137
49 6 6		2.90		3.00	.26	.05	.11	511	.16	1.53 133
50 5 20		3.40		4.13	.06	.00	.02	463	-.18	1.91 133
51 6 15		4.50		4.60	.24	.09	.03	535	.07	2.46 133
52 5 25					.09	.03	.06		-.13 137	2.18 137
53 5 24		5.00		5.23	.24	.05	.01	535	-.01	2.80 133
54 6 7		2.65		3.02	.10	.01	.12	484	-.04	1.46 133
55 5 25					.08	.01	.07		-.26 137	2.87 137
56 5 27		4.10		4.53	.08	.01	.11	463	-.15	2.10 133
57 5 18	4.27		456	4.27	.02	.00	.06	442	-.22	1.95
58 6 2	3.55		499	3.55	.39	.08	.06	526	.28	1.77
59 5 17	3.85		456	3.85	.12	.01	.05	492	-.08	1.76
60 5 28	3.47		462	3.47	.16	.02	.10	516	.00	1.60
61 5 25					.04	.00	.11		-.29 137	2.72 137
62 4 28	4.80		448	4.80	.04	.00	.01	453	-.24	2.15
63 5 25	3.50		439 056	3.50	.02	.00	.02	447	-.18	1.54
64 5 20	2.99		436	2.99	.12	.05	.10	513	.02	1.30
65 6 4	5.14 130			5.14	.05	.02	.13	452	-.20	2.46 134
66 6 15		4.70		5.16	.47	.04	.00	540	.21	2.75 134
67 6 21	6.34 129			6.34	.21	.02	.12	494	-.11	3.23 134
68 5 25	5.18 129			5.18	.16	.01	.12	486	-.11	2.39 134
69 5 18		3.82		3.99	.20	.01	.12	516	.00	1.90 134
70 6 17	5.40 129			5.40	.22	.05	.02	524	-.04	2.99 134
71 6 24		3.18		3.42	.39	.04	.19	496	.27	1.72 134
72 5 27	2.88 130			2.88	.02	.00	.08	439	-.13	1.28 134
73 5 26		3.81		4.21	.11	.02	.02	491	-.11	2.00 134
74 5 29		4.40 131		4.69	.02	.00	.14	433	-.22	2.18 134
75 6 29					.44	.06	.02		.12 135	3.58 135
76 5 29	2.67 130			2.67	.16	.02	.09	513	.04	1.29 134
77 5 7		4.95		5.35	.01	.01	.15	433	-.26	2.32 133
78 6 21	4.60 130			4.60	.21	.08	.06	530	.03	2.60 134
79 5 28	4.24 130			4.24	.09	.01	.13	466	-.12	1.89 134
80 6 8					.05	.01	.19		-.30 135	3.04 135
81 5 15	5.10 130			5.10	.09	.00	.03	468	-.20	2.25 134
82 5 26	5.28 132			5.28	.12	.02	.07	480	-.15	2.69 134
83 6 5	5.10 130			5.10	.17	.04	.00	511	-.09	2.58 134
84 5 27		4.30		4.46	.01	.00	.11	432	-.23	1.93 134

## b) Beim oberen Pegel (2900 m ü.M.) - Balise supérieure (2900 m s.m.)

Begeh.- datum	OCKER	PEGEL	RHO	OCK	ABL	RE- GEN	SCH- WE	RHOC	VER	WE
15 5 16					.02	.00	▲.02		- .26 135	2.15 135
16 5 25					.04	.02	.03		- .26 138	2.59 138
17 5 25		4.30		4.43	.13	.02	.01	497	- .11	2.20 133
18 5 25					.08	.01	.03		- .15 138	1.99 138
19 5 25					.00	.00	.05		- .33 138	2.56 138
20 5 25					.19	.03	.02		- .07 138	2.57 138
21 5 25					.15	.03	.01		.07 138	1.06 138
22 5 25					.12	.00	.01		- .18 138	2.50 138
23 5 25					.08	.00	.07		- .19 138	2.26 138
24 5 25					.15	.04	.13		- .11 138	2.71 138
25 6 6		3.99 140		4.67	.18	.01	.02	508	- .08	2.37 133
26 5 25					.04	.00	.06		- .27 138	2.48 138
27 5 25					.06	.00	.12		- .26 138	2.66 138
28 5 25					.02	.00	.23		- .24 138	2.24 138
29 5 25					.03	.00	.05		- .28 138	2.47 138
30 5 31		4.50		4.72	.04	.00	.03	452	- .23	2.13 133
31 6 26		4.30		4.59	.63	.18	.04	533	.55	2.45 133
32 6 13		4.20		4.47	.15	.01	.05	496	- .09	2.22 133
33 6 5		4.60		4.87	.04	.00	.10	445	- .22	2.17 133
34 5 25		2.94		3.03	.12	.01	.01	512	- .04	1.55 133
35 5 25					.01	.00	.07		- .31 138	2.50 138
36 5 25					.01	.00	.07		- .34 138	2.71 138
37 5 25					.03	.01	.08		- .27 138	2.49 138
38 6 4		4.54 091		5.08	.03	.02	.16	442	- .21	2.25 133
39 6 11		4.50		5.03	.18	.01	.01	504	- .10	2.54 133
40 5 25					.02	.00	.08		- .29 138	2.50 138
41 5 25					.00	.00	.14		- .25 138	2.07 138
42 5 16		4.10		4.61	.00	.00	.10	430	- .25	1.98 133
43 5 25					.11	.00	.12		- .14 138	2.23 138
44 5 25					.01	.00	.08		- .24 138	1.99 138
45 5 25					.32	.01	.16		.06 138	2.67 138
46 5 25					.05	.00	.07		- .25 138	2.41 138
47 5 25					.15	.02	.07		- .01 138	1.76 138
48 5 25					.12	.01	.00		- .17 138	2.49 138
49 6 6		3.90		3.99	.14	.02	.13	494	- .05	1.97 133
50 5 20		3.60		4.19	.02	.00	.02	446	- .22	1.87 133
51 6 15		6.11 136		6.20	.15	.06	.05	495	- .14	3.07 133
52 5 25					.02	.01	.07		- .26 138	2.33 138
53 5 24			139		.17	.04	.02		- .09 135	2.68 135
54 6 7		4.00		4.28	.04	.00	.13	442	- .18	1.89 133
55 5 25					.04	.01	.07		- .31 138	2.89 138
56 5 27		4.50		4.91	.03	.00	.12	439	- .23	2.16 133
57 5 18		4.10 144		4.42	.01	.00	.06	438	- .23	2.00 134
58 6 2		4.19		4.28	.27	.05	.10	521	.09	2.11 134
59 5 17	4.53 130			4.53	.06	.00	.05	458	- .19	1.91 134
60 5 28	3.79		497	3.79	.10	.01	.11	476	- .09	1.88
61 5 25					.01	.00	.11		- .34 138	2.75 138
62 4 28		4.39		5.23	.01	.00	.01	442	- .29	2.29 134
63 5 25	4.22		436 056	4.22	.01	.00	.02	442	- .23	1.84
64 5 25	3.64		477	3.64	.07	.02	.08	472	- .11	1.74
65 6 3	5.30		465	5.30	.02	.01	.12	439	- .25	2.46
66 6 15	4.86		533	4.86	.32	.02	.00	540	.06	2.59
67 6 21	6.40		482	6.40	.12	.01	.13	466	- .22	3.08
68 5 25	5.64		435	5.64	.10	.00	.13	460	- .20	2.45
69 5 18	4.33		440	4.33	.13	.00	.12	479	- .10	1.91
70 6 17	5.36		517	5.36	.14	.02	.04	488	- .14	2.77
71 6 24	4.46		512	4.46	.23	.02	.20	504	.03	2.28
72 5 27	3.27		438	3.27	.01	.00	.08	434	- .16	1.43
73 5 26	4.01		448	4.01	.05	.01	.02	463	- .17	1.80
74 5 29	5.05		458	5.05	.00	.00	.15	426	- .26	2.31
75 6 29	6.02		549	6.02	.29	.04	.04	531	- .01	3.30
76 5 29	2.87		463	2.87	.10	.01	.09	491	- .04	1.33
77 5 7		6.08		6.51	.00	.00	.16	429	- .35	2.79 133
78 6 20	4.80		534	4.80	.13	.05	.06	499	- .09	2.56
79 5 28	4.64		423	4.64	.04	.01	.14	444	- .19	1.96
80 6 8	6.00		475	6.00	.01	.00	.21	427	- .30	2.85
81 5 15	4.89		421	4.89	.03	.00	.03	448	- .25	2.06
82 5 25	5.09		472	5.09	.03	.00	.08	443	- .25	2.40
83 6 5	5.45		468	5.45	.11	.00	.01	474	- .20	2.55
84 5 27	5.04		430	5.04	.00	.00	.11	430	- .27	2.17

Legende siehe S. 144.

Tabelle 6.1: **Legende**

Anfangsdatum	Datum der Herbstbegehung zu Beginn des Haushaltsjahrs [Jahr, Monat, Tag]
Enddatum	Datum der Herbstbegehung am Ende des Haushaltsjahrs [Jahr, Monat, Tag]
OCKER	Firnzuwachs, Schichtdicke als Ockerwert gemessen [m]
PEGEL	Firnzuwachs oder -abtrag, Schichtdicke als Pegelwert ermittelt [m]
SCHNEE	Neuschneehöhe am Enddatum [m]
DIFFOP	Bereinigte Differenz zwischen Ocker- und Pegelwert [m]
Datum Min.	Datum des Minimums [Monat, Tag] nach dem Anfangsdatum
ABLAT	Ablation vom Anfangsdatum bis zum Datum des Minimums, Wasserwert [m] berechnet mit einer Dichte von $550 \text{ kg/m}^3$
RHO	Dichte, durchschnittliches Raumgewicht der Schicht zwischen Oberfläche und Ockerhorizont [ $\text{kg/m}^3$ ]
H	Schichtdicke des Firnzuwachses oder -abtrags [m]
WE	Massenänderung, Wasserwert des Firnzuwachses oder -abtrags [m]
-9.99	Zahlenkode für fehlende Werte, bei der Dichte ausgelassen
053 - 127	Kommentarummer (nachgestellte Zahl), verweist auf den Kommentar im Hauptbericht

Tabelle 6.2: **Legende**

Begeh.datum	Datum der Frühlingsbegehung [Jahr, Monat, Tag]
OCKER	Winterschneezuwachs, Schichtdicke als Ockerwert gemessen [m]
PEGEL	Winterschneezuwachs, Schichtdicke als Pegelwert ermittelt [m], nur bei fehlendem Ockerwert angegeben
RHO	Dichte, mittleres Raumgewicht der Schicht zwischen Oberfläche und Ockerhorizont [ $\text{kg/m}^3$ ], gemessen
OCK	Ockerwert, einschliesslich der aus dem Pegelwert rekonstruierten Werte [m]
ABL	Schmelzung an der Oberfläche vom 1. April bis zur Frühlingsbegehung, berechneter Wasserwert [m]
REGEN	Regenmenge vom 1. April bis zur Frühlingsbegehung, berechneter Wasserwert [m]
SCHWE	Schneemenge der letzten 10 Tage vor der Frühlingsbegehung, berechneter Wasserwert [m]
RHOC	Dichte, mittleres Raumgewicht der Schicht zwischen Oberfläche und Ockerhorizont [ $\text{kg/m}^3$ ], berechnet
VER	Perkolationsverlust (im weiteren Sinn), berechneter Wasserwert [m]
WE	Massenzuwachs vom Datum des Minimums bis zur Frühlingsbegehung, Wasserwert [m]
	Fehlende Werte sind ausgelassen
056 - 144	Kommentarummer (nachgestellte Zahl), verweist auf den Kommentar im Hauptbericht

## 7. SUMMARY

### 7.1 INTRODUCTION

An annual survey of the actual state and recent variation of the glaciers in the Swiss Alps is the central task of the Glacier Commission of the Swiss Academy of Natural Sciences (Gletscherkommission, GK, der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften, SANW). "The glaciers of the Swiss Alps 1983/84 and 1984/85, reports no. 105 and 106" are part of a series founded by F.A. Forel in 1880. Since 1964, the GK/SANW has been indebted to the Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology annexed to the Federal Institute of Technology (Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, VAW, der Eidgenössischen Technischen Hochschule, ETH) in Zurich for collecting the annual observation data and for the preparation of the annual reports; these reports are published with financial support from the SANW.

A network of 120 glaciers has been selected to determine changes in length. The measurements are carried out with the help of cantonal forestry services, hydroelectric power companies, scientific institutions and individual coworkers. To determine mass balance changes of 5 glaciers is part of a longterm programme of the VAW. The aerial photogrammetrical survey is made by the Swiss Federal Topographical Survey (Bundesamt für Landestopographie, L+T) and the Swiss Federal Office of Cadastral Surveying (Eidgenössische Vermessungsdirektion, V+D). The description of the climatic conditions is based on data from the Swiss Meteorological Institute (Schweizerische Meteorologische Anstalt, SMA) in Zurich, the Hydrological Service of the Swiss Federal Office for Environmental Protection (Landeshydrologie des Bundesamtes für Umweltschutz) in Bern, the Swiss Federal Institute for the Study of Snow and Avalanches (Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, EISLF) in Davos-Weissfluhjoch and the VAW in Zurich (cf. chapt. 8, literature).

The present bilingual German-French glacier report is based on texts, tables, figures and photos published in the journal of the Swiss Alpine Club (SAC) called "Die Alpen" [Aellen, 1985 und 1986]. In general, the data will be published there one year after the actual observations have been made. The structure and contents of the present volume was standardised in the reports 95 and 96 (1973/74 and 1974/75) and added by the chapter 5.5 in the reports 99 and 100 (1977/78 and 1978/79).

An english table of contents including separate lists of tables, figures and pictures, is given in the initial part (see p. XV, XX-XXI, XXVI-XXVII, XXX).

## 7.2 CLIMATE AND WEATHER

In the balance year 1983/84, the accumulation as well as the ablation seasons were extremely short. In the following year, the winter lasted much longer than usual. The summer started late, but was still average in length (fig. 1.1, 1.2, 5.1 and 5.2). In both winters, dry and cold periods at the beginning were followed by wet and cold ones leading to a thick snow cover by the end of the winter season. The average annual precipitation rates were normal in both years. The extreme values, however, ranged from very low to very high in particular areas (fig. 1.3a and 1.4a). The snow melting in the very cold and rather wet summer 1984 (fig. 1.1 and 1.3b) was less than usual and lead to a small amount of run off in the high alpine drainage basins. In the summer of 1985, snow melting was enhanced by warm and dry weather until the end of October (fig. 1.2 and 1.4b).

## 7.3 GLACIER CHRONICLE

Some glaciological activities and particular glaciological events in the Swiss Alps are reported in this chapter. Further information can be found in the periodical "Ice" of the International Glaciological Society. A list of the flights made over glaciers for aerial photogrammetrical survey in the years 1984 and 1985 is given in table 2.1.

## 7.4 LENGTH VARIATIONS OF GLACIERS

The annual surveys on glacier length variations (tabl. 3.1 to 3.3 and fig. 3.1 to 3.2) gave the following results:

Year	Number of glaciers				mean variation in length	
	advancing	stationary	retreating	sample size	[m]	number of values
1983/84	53	5	28	86	+2.3	75
1984/85	57	9	51	117	+1.4	74

Figure 3.3 shows a) the annual sample sizes (total numbers N of observed and M of measured glacier snouts), b) the fractions of advancing, stationary and retreating glaciers (as a percentage of the respective sample size N) and c) the mean annual variation in length (as an average of M values) for the years 1879/80 to 1984/85.

## 7.5 PHOTO SECTION

The photos are taken from the journal "Die Alpen". Figure captions are summarized in English in the table of contents (p. XXX).

## 7.6 MASS BALANCE

The specific changes in mass have been determined for 5 glaciers (tabl. 5.1, 5.3 to 5.5 and fig. 5.3 to 5.5). The following rates were observed (expressed in kg/m<sup>2</sup> or mm water equivalent):

Year	Specific mass balances [kg/m <sup>2</sup> - mm]				
	Gries	Aletsch	Limmern	Plattalva	Silvretta
1983/84	- 3	+797	- 333	+ 74	+281
1984/85	-666	+166	+250	+400	+510

The balance years are defined in table 5.1 which also includes the glaciated surface areas and the equilibrium line altitudes. Hydrological balances for the catchment areas of the rivers Aegina, Massa and Rhone are given in table 5.2 and in figures 5.1 and 5.2. Surface area and volume changes of the **upper** and the **lower Aareglaciers** are presented in tables 5.6 and 5.7. Data on firm accumulation, thickness and velocity variations, collected on **Claridenfirn** (Glaronese Alps) and other glaciers, are presented in chapter 5.5 (tabl. 5.9 to 5.13). This chapter continues a series of special reports, which have been published on that subject every year, since 1914. A list of the former reports with the names of the authors and editors is given in chapter 5.51 of the preceding 99./100. and 101./102. reports (1977/78 -1980/81).

## **7.7 CLARIDENFIRN - MEASUREMENTS 1914 - 1984**

On the Clariden glacier in the Glaronese Alps (Switzerland), glaciological-climatological measurements have been taken by various researchers since 1914. Mass balances were determined every autumn (net values of firm accumulation) and since 1957 also regularly in spring (winter snow accumulation) at two plateau locations at an altitude of 2700 m and 2900 m a.s.l. (fig. 6.1). The measurement programme includes, among other things, stake readings and snowpit measurements from digging down to the layer of ochre strewn the previous autumn. Density measurements were also begun in 1957. Until present there has been a lack of detailed evaluations of the data.

The aim of this undertaking was to process the measurements from the 1914 to 1984 period, that is, to compile the values, discard the unusable ones and reconstruct those missing. Particular emphasis was placed on one hand on the correction of systematic errors (settling of the layer between ochre horizon and the foot of the pole, ablation following the autumn measurement campaign, as well as percolation loss in the spring), and on the other hand on estimation of density when no measurement data were available. As far as possible, missing firm accumulation data at one site were reconstructed by values from the other site and missing winter snow accumulation data in some cases by precipitation measurements from valley stations. The main result of this investigation is a collection of tables with sets of corrected data of autumn (tabl. 6.1) and spring measurement campaigns (tabl. 6.2), which contain among other things the annual and seasonal mass balances for the entire 70-year period.

The Clariden measurement series is unique in its length. It lays the groundwork for future investigation of the glacier-climate relationships, such as: precipitation conditions in the high alpine region, the connection between ablation and climatic variables, and long-term variations in glacier mass balance. These steps comprise also the evaluation of the additional data from the Clariden glacier programme (seasonal storage precipitation gauge measurements at two sites in the vicinity of the glacier etc.) and remain for future studies.

## 8. LITERATUR - LITERATURE

- Aellen, M. 1985: Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1983/84. Auszug aus dem 105. Bericht der GK/SNG. -- Zeitschr. "Die Alpen" 4/1985, 61. Jg., S. 188-213. - *Les glaciers des Alpes suisses en 1983/84. Extrait du 105e rapport de la CG/SHSN. -- Revue "Les Alpes" 4/1985, 61e année, p. 188-213.*
- Aellen, M. 1986: Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1984/85. Auszug aus dem 106. Bericht der GK/SNG. -- Zeitschr. "Die Alpen" 4/1986, 62. Jg., S. 190-214. - *Les glaciers des Alpes suisses en 1984/85. Extrait du 106e rapport de la CG/SHSN. -- Revue "Les Alpes" 4/1986, 62e année., p. 190-214.*
- Aellen, M. 1988: Die Gletscher der Schweizer Alpen, 101. und 102. Bericht der GK/SNG, Glaziol. Jb., 144 S. - *Les variations des glaciers suisses, 101e et 102e rapports de la CG/SHSN, Annuaire Glaciologique, 144 p.*
- Aellen, M. und Funk, M. 1988: Massenbilanz des Griesgletschers von 1961 bis 1986. Vergleich verschiedener Bestimmungsverfahren. -- Mitteilungen der VAW 94, Festschrift Hans Röthlisberger, S. 9-50.
- Alean, J. 1984: Untersuchungen über Entstehungsbedingungen und Reichweiten von Eislawinen. -- Diss. ETHZ, Mitteilungen der VAW 74.
- Alean, J. 1985a: Eislawinen. -- Zeitschr. "Die Alpen" 3/1985, 61. Jg., S. 121-132. - *Avalanches de glace.-- Revue "Les Alpes" 3/1985, 61e année, p. 121-132.*
- Alean, J. 1985b: Ice avalanche activity and mass balance of a high-altitude hanging glacier in the Swiss Alps. -- *Annals of Glaciology* 6, p. 248-249.
- Güller, A. 1978: Klimatologie der Schweiz - Die Nullgradgrenze in der Schweiz 1951-1978 nach den Radiosondierungen von Payerne. -- Beiheft zu den Annalen der SMA, Jg. 1978, Heft 21/0.
- LHG 1983-85: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz. -- Hrsg. Landeshydrologie, Bundesamt für Umweltschutz, Verlag EDMZ Bern. - *Annuaire hydrologique de la Suisse. -- éd. Service hydrologique national de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, imp. OFIM, Berne.*
- Iken, A. und Bindschadler, R.A. 1986: Combined measurements of subglacial water pressure and surface velocity of Findelengletscher, Switzerland: Conclusions about drainage system and sliding mechanism. -- *Journal of Glaciology* 32, p. 101-119.
- Kasser, P. 1983: Die Variation der Wasservorräte im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. -- 97. und 98. Gletscherbericht, Glaziol. Jb., Kap. 6.2, S. 148-183.
- Kasser, P., Aellen, M., und Siegenthaler, H. 1986: Die Gletscher der Schweizer Alpen, 99. und 100. Bericht der GK/SNG, Glaziol. Jb., 1977/78 und 1978/79, 288 S. - *Les variations des glaciers suisses, 99e et 100e rapports de la CG/SHSN, Annuaire Glaciologique, 1977/78 et 1978/79, 288 p.*

- Kuhn, W. 1950: Zusammenhang zwischen Firnzuwachs, Sommertemperatur und Niederschlag nach Messungen auf dem Clariden- und Silvrettagletscher. -- Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, 130. Jg., S. 145-146.
- Kuhn, W. 1953: Statistische Ergebnisse von Firnzuwachsmessungen. -- Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, 133. Jg., S. 71-73.
- Müller, F. et al. 1976: Firn und Eis der Schweizer Alpen. Gletscherinventar. -- Geographisches Institut ETH, Zürich, Publ. Nr. 57.
- Müller, H. und Kappenberger, G. 1991: Claridenfirn - Messungen 1914-1984. -- Zürcher Geographische Schriften 40, 79 S.
- Ott, B. 1985: Effets de voûte dans les glaciers. -- Diss. ETHZ, Mitteilungen der VAW 80, 198 S.
- Röthlisberger, H. 1987: Sliding phenomena in a steep section of Balmhorngletscher, Switzerland. -- Journal of Geophysical Research 92, B9, p. 8999-9014.
- Rutgers, F. 1914: Der Firnzuwachs pro 1913/14 in einigen Firngebieten. -- 1. Bericht der Gletscher-Kommission der Physikalischen Gesellschaft Zürich, Jahrbuch "Ski" des Schweiz. Ski-Verbandes, 10. Jg., S. 35-48.
- Schüepp, M. 1972: Klimatologie der Schweiz, Teil 1 - Der Jahresgang der meteorologischen Elemente in der Schweiz. -- Beiheft zu den Annalen der SMA, Jg. 1972, Heft 13/M, S. 1-120.
- Schüepp, M. 1983: Die Lufttemperaturen auf dem Säntis. -- 97. und 98. Gletscherbericht, Glaziol. Jb., Kap. 6.1, S. 136-147.
- Schweizer, J. 1985: Stabilität steiler Gletscher. -- Diplomarbeit ETHZ, 96 S. (unpubl.).
- Schweizer, J., 1989: Friction at the base of a glacier. -- Diss. ETHZ, Mitteilungen der VAW 101, 181 S.
- SLF 1984: Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winterbericht des EISLF Weissfluhjoch-Davos. -- Verlag EDMZ Bern 48, Winter 1983/84.
- SLF 1985: Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winterbericht des EISLF Weissfluhjoch-Davos. -- Verlag EDMZ Bern 49, Winter 1984/85.
- SMA 1983-85a: Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Jg. 120 - 122.
- SMA 1983-85b: Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den Meteorologischen und Regenmess-Stationen der Schweiz. -- Quartalshefte der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, 3/1983 - 4/1985.
- SMA 1983-85c: Täglicher Wetterbericht der SMA, 1. September 1983 - 31. Oktober 1985. - *Bulletins meteorologiques quotidiens de l'ISM, 1er septembre 1983 - 31 octobre 1985.*
- SMA 1983-85d: Monatlicher Witterungsbericht der SMA, September 1983 - Oktober 1985. - *Bulletins climatologiques mensuels de l'ISM, septembre 1983 - octobre 1985.*

## PUBLIZIERTE BERICHTE - *RAPPORTS PUBLIÉS*

Jährliche Berichte über die Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen, begonnen im Jahr 1880 durch F.A. Forel (1841-1912).

*Rapports annuels sur les variations des glaciers dans les Alpes suisses, créés en 1880 par F.A. Forel (1841-1912).*

<b>Verfasser der Berichte - Auteurs des rapports</b>	Nr. -No.	Jahr - Année
F.A. Forel	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 - 111	1983/84 - 1989/90

### **Verfasser der Jahrbücher - Auteurs des annuaires**

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 - 105/106	1981/82 - 1984/85

Die Berichte sind in den folgenden Zeitschriften erschienen - *Les rapports ont paru dans les périodiques suivants:*

<b>Zeitschrift - Périodique</b>	Bericht Nr. - Rapport No.
<i>ECHO DES ALPES</i> XVII - XVIII, Genève 1881 - 1882	1 - 2
JAHRBUCH DES SAC - <i>ANNUAIRE DU CAS</i> XVIII - LVIII, Bern 1883 - 1924	3 - 44
DIE ALPEN - <i>LES ALPES</i> , Jahrgang - Année 1 - 67, Bern 1925 - 1991	45 - 111*)

*) publiziert ohne Tabellen - <i>publiés sans les tableaux</i>	71 - 75
publiziert in gekürzter Fassung - <i>publiés en extrait</i>	85 - 111

### **erhältliche Sonderdrucke - Tirés-à-part disponibles**

<i>Extrait de la revue LES ALPES</i>	81 - 86
<i>Extrait complété de la revue LES ALPES</i>	87 - 90
<i>Publication de la Commission des glaciers de la SHSN</i>	91 - 93/94
Publikation der Gletscherkommission der SNG	93/94
Jahrbuch der Gletscherkommission - <i>Annuaire de la Commission des glaciers</i>	95/96 - 105/106