DIE GLETSCHER DER SCHWEIZER ALPEN
1985/86 und 1986/87

107. und 108. Bericht

LES VARIATIONS DES GLACIERS SUISSES
1985/86 et 1986/87

107e et 108e 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 GLACIOLOGIQUES / VAW
de l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich / EPFZ

1992

DIE GLETSCHER DER SCHWEIZER ALPEN 1985/86 und 1986/87

107. und 108. Bericht

LES VARIATIONS DES GLACIERS SUISSES 1985/86 et 1986/87

107e et 108e rapports

Markus Aellen, VAW / ETHZ und GK / SANW
Eveline Herren, Bremgarten

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 subventionné 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 vorangehende, 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 - ***Membres*:**		**seit** - ***depuis***
Bruno Salm, Davos	Präsident - *Président*	1981
Wilfried Haeberli, VAW Zürich	Vizepräsident - *Vice-président*	1989
Markus Aellen, VAW Zürich	Sekretär und Delegierter für die Gletscherbeobachtungen - *Secrétaire et délégué aux contrôles glaciaires*	1981
Bernhard Stauffer, Bern		1984
Peter Wick, Luzern		1984
Michel Monbaron, Freiburg		1990
Giovanni Kappenberger, Locarno Monti		1991
Charly Wuilloud, Sitten		1992

VORWORT

Jährliche Veränderungen an den Schweizer Gletscherberichten sind nachgerade ebenso gewöhnlich wie die darin beschriebenen jährlichen Veränderungen der Gletscher. Für das vorliegende Jahrbuch, das inhaltlich den selben (in der Einleitung dargestellten) Aufbau aufweist wie die früheren Jahrbücher, haben sich aus verschiedenen Umständen folgende Änderungen ergeben:

- Die jährliche Bestimmung der Massenänderung nach der glaziologischen Methode ist bei den Gletschern Limmern und Plattalva infolge Personalmangels ab 1986 nicht weitergeführt worden. Die Angaben in Tabelle 5.1 beruhen auf den in der zugehörigen Fussnote angegebenen behelfsmässigen Schätzverfahren und sind als vorläufige Zahlenwerte zu betrachten. Die Tabelle mit den ergänzenden Angaben über die Massenänderung in den einzelnen Höhenstufen entfällt. Seit 1985 jährlich aufgenommene Luftbilder ermöglichen das Weiterführen der Messreihen mittels der geodätischen Methode.

- Die Überschrift einzelner Kapitel sowie der meisten Tabellen und Abbildungen ist vereinfacht und für alle Sprachen in einheitlicher Form wiedergegeben.

- Für den Wasserwert ist bei den Angaben über die Massenänderung der Gletscher neuerdings die Einheit g/cm^2 oder cm verwendet, bei den hydrologischen Bilanzen (Tab. 5.1, Abb. 5.1 und 5.2) dagegen wie bisher die Einheit kg/m^2 oder mm eingesetzt.

Auf zusätzliche Kapitel im Anhang wird verzichtet, solange der Rückstand im Erscheinen des Jahrbuchs ein normales Mass (1 - 2 Jahre nach den entsprechenden Berichtsjahren) überschreitet.

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, 1987 und 1988].

Das vorliegende Jahrbuch (107. und 108. Bericht) betrifft die Beobachtungsjahre 1985/86 und 1986/87.

Die Beschreibung der Witterungs- und Klimaverhältnisse der Berichtsjahre (Kap. 1.2 und 1.3) stützt sich auf verschiedene, im Literaturverzeichnis (Kap. 7) 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 M. Funk (Rhonegletscher, Einzugsgebiet Rhone, Griesgletscher, Einzugsgebiet Ägina, Silvrettagletscher,) und M. Aellen (Aletschgletscher, Einzugsgebiet Massa) 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 die im Text (Kap. 5.5.2 - 5.5.4) genannten Mitarbeiter durchgeführt.

Kapitel 6 enthält kurze Inhaltsangaben aller Kapitel in englischer Sprache.

In Kapitel 7 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 modifications annuelles des rapports glaciologiques sont devenues quasiment aussi habituelles que les variations annuelles des glaciers qu'ils traitent. La structure du present rapport (décrite dans l'introduction) est la même que pour les précédents. Pour différentes raisons, ce dernier a subi les modifications suivantes:

- *A cause du manque de personnel on a dû renoncer, dès 1986, à déterminer le bilan de masse des glaciers de Limmern et de Plattalva selon la méthode glaciologique. Les données reportées dans le tableau 5.1, estimées à l'aide des méthodes d'approximation indiquées dans la note y relative, ne sont valables que provisoirement. Le tableau avec les données complémentaires indiquant la répartition du bilan sur les zones d'altitude est omis. Les relevés aériens effectuées chaque année, dès 1985, permettent de continuer les séries de mesures en appliquant la méthode géodésique.*

- *Le titre de quelques chapitres ainsi que de la plupart des tableaux et des figures est présenté sous une forme abrégée et homogénéisée pour toutes les langues.*

- *Récemment, la valeur équivalente en eau est exprimée en g/cm^2 ou en cm, lorsqu'il s'agit du bilan de masse glaciaire. Par contre, l'unité kg/m^2 ou mm est appliquée comme auparavant dans le cas du bilan hydrologique (tabl. 5.2, fig. 5.1 et 5.2).*

Afin de réduire le retard dans la parution de l'annuaire (délai normal 1 à 2 années après les relevés respectifs), les chapitres complémentaires sont omis dans l'annexe du présent et des prochains volumes.

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, 1987 et 1988].

Le présent volume (107e et 108e rapports) concerne les années 1985/86 et 1986/87.

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. 7).

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 M. Funk (glacier et bassin du Rhône, glaciers de Gries et de Silvretta, bassin versant de l'Aegina) et par M. Aellen (glaciers d'Aletsch, bassin de la Massa). 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 cités dans les chapitres respectifs (chap. 5.5.2-5.5.4).

Le résumé de chaque chapitre est donné, en anglais, dans le chapitre 6.

La liste collective des références citées se trouve dans le chapitre terminal (chap. 7). 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 occasionellement, 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 servives 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, notemment C. Aubert, Borex, qui a traduit en français les rapports publiés dans la revue "Les Alpes".

INHALT

1. KLIMA UND WITTERUNG **1**
1.1 Einleitung 1
1.2 Klima und Witterung1985/86 3
Schnee und Lawinen im Winter 1985/86 8
1.3 Klima und Witterung 1986/87 9
Schnee und Lawinen im Winter 1986/87 14

2. CHRONIK **39**
2.1 Tätigkeit und Ereignisse 1985/86 39
2.2 Tätigkeit und Ereignisse 1986/87 42

3. LÄNGENÄNDERUNG **57**
3.1 Einleitung 57
3.2 Längenänderung 1985/86 58
3.3 Längenänderung 1986/87 59
3.4 Bemerkungen zu einzelnen Gletschern 73

4. BILDTEIL **97**
4.1 Bildfolge 1985/86 97
4.2 Bildfolge 1986/87 101

5. MASSENHAUSHALT **105**
5.1 Einleitung 105
5.2 Massenänderung 1985/86 107
5.3 Massenänderung 1986/87 108
5.4 Aaregletscher 120
5.5 Schnee- und Firnzuwachs 124
5.5.1 Einleitung 124
5.5.2 Clariden 124
5.5.3 Silvretta und Engadin 128
5.5.4 Jungfraufirn (Aletschgletscher) 132
5.5.5 Accumulation nivale (Aperçu) 134

6. SUMMARY **135**
6.1 Introduction 135
6.2 Climate and Weather 136
6.3 Chronicle 136
6.4 Length variations 136
6.5 Photo Section 137
6.6 Mass Balance 137

7. LITERATUR **139**

CONTENU

1. CONDITIONS CLIMATIQUES *15*
1.1 Introduction *15*
1.2 Conditions climatiques 1985/86 *17*
Neige et avalanches en hiver 1985/86 *22*
1.3 Conditions climatiques 1986/87 *24*
Neige et avalanches en hiver 1986/87 *29*

2. CHRONIQUE *45*
2.1 Activité et événements 1985/86 *45*
2.2 Activité et événements 1986/87 *48*

3. VARIATIONS DE LONGUEUR *61*
3.1 Introduction *61*
3.2 Variations de longueur 1985/86 *61*
3.3 Variations de longueur 1986/87 *62*
3.4 Remarques concernant des glaciers individuels *73*

4. ILLUSTRATIONS PHOTOGRAPHIQUES *99*
4.1 Photos 1985/86 *99*
4.2 Photos 1986/87 *103*

5. BILANS DE MASSE *109*
5.1 Introduction *109*
5.2 Bilan de masse 1985/86 *110*
5.3 Bilan de masse 1986/87 *110*
5.4 Glaciers de l'Aar *120*
5.5 Accumulation nivale *124*
5.5.1 Introduction *124*
5.5.2 Clariden *124*
5.5.3 Silvretta et Engadine *128*
5.5.4 Jungfraufirn (Glacier d'Aletsch) *132*
5.5.5 Accumulation nivale (Aperçu) *134*

6. SUMMARY *135*
6.1 Introduction *135*
6.2 Climate and Weather *136*
6.3 Chronicle *136*
6.4 Length Variations *136*
6.5 Photo Section *137*
6.6 Mass Balance *137*

7. REFERENCES *139*

TABLE OF CONTENTS

1. CLIMATE AND WEATHER **1**
1.1 Introduction 1
1.2 Climate and Weather 1985/86 3
Snow and Avalanches 1985/86 8
1.3 Climate and Weather 1986/87 9
Snow and Avalanches 1986/87 14

2. CHRONICLE **39**
2.1 Activities and Events 1985/86 39
2.2 Activities and Events 1986/87 42

3. LENGTH VARIATIONS **57**
3.1 Introduction 57
3.2 Length Variations 1985/86 58
3.3 Length Variations 1986/87 59
3.4 Remarks on individual Glaciers 73

4. PHOTO SECTION **97**
4.1 Photos 1985/86 97
4.2 Photos 1986/87 101

5. MASS BALANCE **105**
5.1 Introduction 105
5.2 Mass Balance 1985/86 107
5.3 Mass Balance 1986/87 108
5.4 Aare Glaciers 120
5.5 Snow and Firn Accumulation 124
5.5.1 Introduction 124
5.5.2 Clariden Glacier 124
5.5.3 Silvretta Glacier and Engadine Region 128
5.5.4 Jungfraufirn (Aletsch Glacier) 132
5.5.5 Accumulation nivale (Aperçu) 134

6. SUMMARY **135**
6.1 Introduction 135
6.2 Climate and Weather 136
6.3 Chronicle 136
6.4 Length Variations 136
6.5 Photo Section 137
6.6 Mass Balance 137

7. LITERATURE **139**

TABELLEN

Tabelle 1.1: Lufttemperatur 1986 - Gradtagsummen Mai-Oktober 30
a) Absolute Werte 30
b) Relative Werte 30

Tabelle 1.2: Lufttemperatur 1987 - Gradtagsummen Mai-Oktober 31
a) Absolute Werte 31
b) Relative Werte 31

Tabelle 2.1: Vermessungsflüge 1986 und 1987 51
a) Jährlich 51
b) Mehrjährlich 54

Tabelle 3.1: Längenänderung 1985/86 - Zusammenfassungen 64
a) Einzugsgebiete 64
b) Gebirgsregionen 64

Tabelle 3.2: Längenänderung 1986/87 - Zusammenfassungen 65
a) Einzugsgebiete 65
b) Gebirgsregionen 65

Tabelle 3.3: Längenänderung 1985/86 und 1986/87 69

Tabelle 5.1: Massenänderung 1985/86 und 1986/87 112

Tabelle 5.2: Wasserhaushalt vergletscherter Einzugsgebiete 1985/86 und 1986/87 113
a) Ägina (Griesgletscher) 113
b) Massa (Aletschgletscher) 114
c) Rhone (bis Genfersee) 115

Tabelle 5.3: Griesgletscher (Ägina) - Massenänderung 1985/86 und 1986/87 in Höhenstufen 118

Tabelle 5.4: Silvrettagletscher - Massenänderung 1985/86 und 1986/87 in Höhenstufen 119

Tabelle 5.5: Aaregletscher 1985/86 122
a) Dickenänderung und Bewegung 122
b) Flächen- und Volumenänderung 122

Tabelle 5.6: Aaregletscher 1986/87 123
a) Dickenänderung und Bewegung 123
b) Flächen- und Volumenänderung 123

Tabelle 5.7: Claridenfirn 1985/86 126
a) Schnee- und Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung 126
b) Saison- und Jahresniederschlag 126

Tabelle 5.8: Claridenfirn 1986/87 127
a) Schnee- und Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung 127
b) Saison- und Jahresniederschlag 127

Tabelle 5.9: Silvrettagletscher - Firnzuwachs 1985/86 und 1986/87 130

Tabelle 5.10: Berninagebiet 131
a) Firnzuwachs und Dickenänderung 1985/86 und 1986/87 131
b) Firnzuwachs - Mehrjahreswerte 131

Tabelle 5.11: Jungfraufirn - Schnee- und Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung 1985/86 133

Tabelle 5.12: Jungfraufirn - Schnee- und Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung 1986/87 133

TABLEAUX

Tableau 1.1: *Température de l'air 1986 - Sommes des degrés-jour mai-octobre* 30
a) Valeurs absolues 30
b) Valeurs relatives 30

Tableau 1.2: *Température de l'air 1987 - Sommes des degrés-jour mai-octobre* 31
a) Valeurs absolues 31
b) Valeurs relatives 31

Tableau 2.1: *Vols photogrammétriques 1986 et 1987* 51
a) Annuels 51
b) Pluriannuels 54

Tableau 3.1: *Variations de longeur 1985/86 - Récapitulations* 64
a) Bassins versants 64
b) Régions orographiques 64

Tableau 3.2: *Variations de longeur 1986/87 - Récapitulations* 65
a) Bassins versants 65
b) Régions orographiques 65

Tableau 3.3: *Variations de longeur 1985/86 et 1986/87* 69

Tableau 5.1: *Bilans de masse 1985/86 et 1986/87* 112

Tableau 5.2: *Bilans hydrologiques 1985/86 et 1986/87 de bassins versants englacés* 113
a) Aegina (glacier de Gries) 113
b) Massa (glaciers d'Aletsch) 114
c) Rhône (à l'amont du Léman) 115

Tableau 5.3: *Glacier de Gries (Aegina) - Bilans de masse 1985/86 et 1986/87 en fonction de l'altitude* 118

Tableau 5.4: *Glacier de Silvretta - Bilans de masse 1985/86 et 1986/87 en fonction de l'altitude* 119

Tableau 5.5: *Glaciers de l'Aar 1985/86* 122
a) Variations d'épaisseur et du mouvement 122
b) Variations de surface et du volume 122

Tableau 5.6: *Glaciers de l'Aar 1986/87* 123
a) Variations d'épaisseur et du mouvement 123
b) Variations de surface et du volume 123

Tableau 5.7: *Glacier de Clariden 1985/86* *126*
a) Accumulation nivale, variations d'épaisseur et mouvement *126*
b) Pluviosités saisonnière et annuelle *126*

Tableau 5.8: *Glacier de Clariden 1986/87* *127*
a) Accumulation nivale, variations d'épaisseur et mouvement *127*
b) Pluviosités saisonnière et annuelle *127*

Tableau 5.9: *Glacier de Silvretta - Accumulation nivale 1985/86 et 1986/87* *130*

Tableau 5.10: *Massif de la Bernina* *131*
a) Accumulation nivale et variations d'épaisseur 1985/86 et 1986/87 *131*
b) Accumulation nivale - Valeurs pluriannuelles *131*

Tableau 5.11: *Jungfraufirn - Accumulation nivale, variations d'épaisseur et mouvement 1985/86* *133*

Tableau 5.12: *Jungfraufirn - Accumulation nivale, variations d'épaisseur et mouvement 1986/87* *133*

TABLES

Table 1.1: Air temperature 1986 - Degree-days Mai-October 30
a) Absolute values 30
b) Relative values 30

Table 1.2: Air temperature 1987 - Degree-days Mai-October 31
a) Absolute values 31
b) Relative values 31

Table 2.1: Aerial survey of glaciers 1986 and 1987 51
a) Annual intervals 51
b) Intervals of several years 54

Table 3.1: Length variations 1985/86 - Summary 64
a) River basins 64
b) Mountain regions 64

Table 3.2: Length variations 1986/87 - Summary 65
a) River basins 65
b) Mountain regions 65

Table 3.3: Length variations 1985/86 and 1986/87 69

Table 5.1: Mass balances 1985/86 and 1986/87 112

Table 5.2: Hydrological balances 1985/86 and 1986/87 of glaciated river basins 113
a) Aegina (Gries glacier) 113
b) Massa (Aletsch glaciers) 114
c) Rhone (above lake of Geneva) 115

Table 5.3: Gries glacier (Aegina) - Mass balances 1985/86 and 1986/87 versus altitude 118

Table 5.4: Silvretta glacier - Mass balances 1985/86 and 1986/87 versus altitude 119

Table 5.5: Oberaar and Unteraar glaciers 1985/86 122
a) Change of thickness and movement 122
b) Change of area and volume 122

Table 5.6: Oberaar and Unteraar glaciers 1986/87 123
a) Change of thickness and movement 123
b) Change of area and volume 123

Table 5.7: Clariden glacier 1985/86 126
a) Snow and firn accumulation, change of thickness and movement 126
b) Seasonal and annual precipitation 126

Table 5.8: Clariden glacier 1986/87 127
a) Snow and firn accumulation, change of thickness and movement 127
b) Seasonal and annual precipitation 127

Table 5.9: Silvretta glacier - Firn accumulation 1985/86 and 1986/87 130

Table 5.10: Glaciers of the Bernina group 131
a) Firn accumulation and change of thickness 1985/86 and 1986/87 131
b) Firn accumulation - Values of several years 131

Table 5.11: Jungfraufirn - Snow and firn accumulation, change of thickness and movement 1985/86 133

Table 5.12: Jungfraufirn - Snow and firn accumulation, change of thickness and movement 1986/87 133

ABBILDUNGEN

Abbildung 1.1: Witterung 1985/86 32
a) Zürich: Lufttemperatur und Niederschlag 32
b) Jungfraujoch: Lufttemperatur 33
c) Payerne: Nullgrad-Isotherme 33
d) Säntis: Niederschlag 33

Abbildung 1.2: Witterung 1986/87 34
a) Zürich: Lufttemperatur und Niederschlag 34
b) Jungfraujoch: Lufttemperatur 35
c) Payerne: Nullgrad-Isotherme 35
d) Säntis: Niederschlag 35

Abbildung 1.3: Klima 1985/86 - Abweichungen vom Normalwert 1901-1960 36
a) Jahresniederschlag 1985/86 36
b) Sommertemperatur 1986 36

Abbildung 1.4: Klima 1986/87 - Abweichungen vom Normalwert 1901-1960 37
a) Jahresniederschlag 1986/87 37
b) Sommertemperatur 1987 37

Abbildung 3.1: Gletscherbeobachtungsnetz 1986 66
a) Beobachtungen 1986 66
b) Längenänderungen 1986 66

Abbildung 3.2: Gletscherbeobachtungsnetz 1987 67
a) Beobachtungen 1987 67
b) Längenänderungen 1987 67

Abbildung 3.3: Längenänderung - Statistik 1880-1987 68
a) Stichproben 68
b) Anteile der wachsenden, stationären und schwindenden Gletscher 68
c) Mittlere Längenänderung 68

Abbildung 5.1: Einzugsgebiet Massa (Aletschgletscher) - Wasserhaushalt 1985/86 und 1986/87 116
a) Niederschlag, Abfluss und Reservenänderung - Tageswerte 116
b) Reservenänderung - Jahresgang und Vergleichswerte 116

Abbildung 5.2: Einzugsgebiet Rhone (bis Genfersee) - Reservenänderung 1985/86 und 1986/87: Jahresgang und Vergleichswerte 117

Abbildung 5.3: Aaregletscher - Lage der Querprofile 121

FIGURES

Figure 1.1: *Conditions météorologiques 1985/86* 32
a) Zurich: Température de l'air et pluviosité 32
b) Jungfraujoch: Température de l'air 33
c) Payerne: Isotherme zéro degré 33
d) Saentis: Pluviosité 33

Figure 1.2: *Conditions météorologiques 1986/87* 34
a) Zurich: Température de l'air et pluviosité 34
b) Jungfraujoch: Température de l'air 35
c) Payerne: Isotherme zéro degré 35
d) Saentis: Pluviosité 35

Figure 1.3: *Conditions climatiques 1985/86 - Ecarts par rapport à la norme 1901-1960* 36
a) Pluviosité 1985/86 36
b) Température estivale 1986 36

Figure 1.4: *Conditions climatiques 1986/87 - Ecarts par rapport à la norme 1901-1960* 37
a) Pluviosité 1986/87 37
b) Température estivale 1987 37

Figure 3.1: *Réseau d'observations glaciaires 1986* 66
a) Observations 1986 66
b) Variations de longueur 1986 66

Figure 3.2: *Réseau d'observations glaciaires 1987* 67
a) Observations 1987 67
b) Variations de longueur 1987 67

Figure 3.3: *Variations de longueur - Statistique 1880-1987* 68
a) Echantillons 68
b) Parts relatives des glaciers en crue, stationnaires ou en décrue 68
c) Variation moyenne de longueur 68

Figure 5.1: *Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques 1985/86 et 1986/87* 116
a) Précipitations, débits et variations des réserves en eau - Valeurs quotidiennes 116
b) Variations des réserves en eau - Evolution et valeurs statistiques 116

Figure 5.2: *Bassin versant du Rhône (à l'amont du Léman) - Variations des réserves en eau 1985/86 et 1986/87: Evolution et valeurs statistiques* 117

Figure 5.3: *Glaciers de l'Aar - Situation des profils transversaux* 121

FIGURES

Figure 1.1: Weather 1985/86 32
a) Zurich: Air temperature and precipitation 32
b) Jungfraujoch: Air temperature 33
c) Payerne: Zero degree isothermal surface 33
d) Saentis: Precipitation 33

Figure 1.2: Weather 1986/87 34
a) Zurich: Air temperature and precipitation 34
b) Jungfraujoch: Air temperature 35
c) Payerne: Zero degree isothermal surface 35
d) Saentis: Precipitation 35

Figure 1.3: Climate 1985/86 - Deviations from the norm 1901-1960 36
a) Annual precipitation 1985/86 36
b) Mean summer air temperature 1986 36

Figure 1.4: Climate 1986/87 - Deviations from the norm 1901-1960 37
a) Annual precipitation 1986/87 37
b) Mean summer air temperature 1987 37

Figure 3.1: Glacier observation network 1986 66
a) Observed glaciers 1986 66
b) Length variations 1986 66

Figure 3.2: Glacier observation network 1987 67
a) Observed glaciers 1987 67
b) Length variations 1987 67

Figure 3.3: Length variations - Statistics 1880-1987 68
a) Samples 68
b) Percentages of advancing, stationary and retreating glaciers 68
c) Mean length variations 68

Figure 5.1: Massa river basin (Aletsch glaciers) - Hydrological balances 1985/86 and 1986/87 116
a) Precipitation, run-off and variations of water storage - Daily values 116
b) Variations of water storage - Evolution and statistical values 116

Figure 5.2: Rhone river basin (above Lake of Geneva) - Variations of water storage 1985/86 and 1986/87: Evolution and statistical values 117

Figure 5.3: Oberaar and Unteraar glaciers - Location of the profiles 121

BILDER

Bilder 1 - 5:	Gletscherschwärze im Sommer 1986	97
Bilder 6 - 8:	Unterer Grindelwaldgletscher am 16. September 1986	98
Bilder 9 und 10:	Arollagletscher (Glacier du Mont Collon) am 18. September 1986	98
Bild 11:	Glacier de Tsidjiore Nouve am 18. September 1986	98
Bilder 12 und 13:	Cornogletscher am 13. Oktober 1986	98
Bilder 14 - 17:	Sondierbohrungen im Firngrat der Sphinx (Jungfraujoch)	101
Bilder 18 und 19:	Vorstoss des Riedgletschers	101
Bilder 20 und 21:	Schwund des Findelengletschers	102
Bild 22:	Unteraargletscher im September 1987	102
Bilder 23 - 25:	Silvretta- und Verstankla-Gletscher im September 1987	102

ILLUSTRATIONS

Photos 1 - 5:	*Surfaces glaciaires foncées de l'été 1986*	*99*
Photos 6 - 8:	*Glacier inférieur de Grindelwald, le 16 septembre 1986*	*100*
Photos 9 et 10:	*Glacier d'Arolla (Glacier du Mont Collon), le l8 septembre 1986*	*100*
Photo 11:	*Glacier de Tsidjiore Nouve, le 18 septembre 1986*	*100*
Photos 12 et 13:	*Glacier de Corno, le 13 octobre 1986*	*100*
Photos 14 - 17:	*Forages hydro-thermiques sur l'arête englacée du Sphinx (Jungfraujoch)*	*103*
Photo 18 et 19:	*Crue du glacier de Ried*	*103*
Photos 20 et 21:	*Décrue du glacier de Findelen*	*104*
Photo 22:	*Glacier inférieur de l'Aar, en septembre 1987*	*104*
Photos 23 - 25:	*Glaciers de la Silvretta et de Verstankla, en septembre 1987*	*104*

PICTURES

Photos 1 - 5:	Melted glacier surfaces in summer 1986	97
Photos 6 - 8:	Lower Grindelwald glacier on 16 September 1986	98
Photos 9 and 10:	Arolla glacier (Mont Collon glacier) on 18 September 1986	98
Photo 11:	Tsidjiore Nouve glacier on 18 September 1986	98
Photos 12 and 13:	Corno glacier on 13 October 1986	98
Photos 14 - 17:	Hot-water-drilling on the glacierized ridge of the Sphinx (Jungfraujoch)	101
Photos 18 and 19:	Advancing Ried glacier	101
Photos 20 and 21:	Retreating Findelen glacier	101
Photo 22:	Unteraar glacier in September 1987	102
Photos 23 - 25:	Silvretta and Verstankla glaciers in September 1987	102

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 Jungfraujoch, indem für jeden Tag der aktuelle Wert [SMA, 1985-87a] und der langjährige Mittelwert [Schüepp, 1972] der betreffenden Station aufgezeichnet sind. Der Niederschlag ist angegeben durch die Tagessummen [SMA, 1985-87b] 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, 1985-87c] 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, 1985-87d] 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 [Schüepp, 1983].

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 (Kap. 5.5). Detaillierte Angaben über die Winterschneedecke [SLF, 1986 und 1987] 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, 1985-87] 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 (Kap. 5).

Die Beschreibung der Klima- und Witterungsverhältnisse (Kap. 1.2 und 1.3) entspricht bis auf notwendige Anpassungen der publizierten Fassung [Aellen, 1987 und 1988].

1.2 KLIMA UND WITTERUNG 1985/86

Die Abweichungen der Tagestemperaturen von den eingezeichneten langjährigen Mittelwerten charakterisieren das Berichtsjahr (Abb. 1.1). Die sommerliche Schwundperiode der Gletscher geht in den Schweizer Alpen normalerweise wie das hydrologische Jahr mit dem Septembermonat zu Ende. Abweichungen von diesem Durchschnittstermin treten wie auch beim Beginn der Schwundperiode häufig auf und betragen oft mehrere Wochen. Im Sommer 1985 dauerte die Schwundperiode bis Ende Oktober an. In diesem zweiten Herbstmonat war es wie im vorangehenden September überall viel zu trocken, in den meisten Gebieten sehr sonnig und in den Berggebieten um 3-4 °C, in den Niederungen jedoch nur wenig wärmer als im Durchschnitt.

Dem milden Herbst folgte unvermittelt ein ungewohnt strenger Vorwinter, der im überaus kalten, ausgesprochen trüben und nassen November innert weniger Wochen das ganze Land erfasste. Kälteschübe mit verbreiteten Niederschlägen brachten am Monatsanfang den Hochalpen, um die Monatsmitte bereits den Niederungen auf der Alpennordseite die erste Schneedecke. Diese überdauerte die besonders kalte zweite Monatshälfte auch an manchen Orten im Mittelland. In den Niederungen des zentralen und östlichen Mittellands, wo die Temperatur während 10-15 Tagen dauernd unter dem Gefrierpunkt lag, waren seit mehr als 80 Jahren nie so viele Eistage im November vorgekommen. Das Temperaturmittel des Monats blieb in den tieferen Lagen um 1.5-2 °C, in den mittleren und höheren Lagen des Juras und der Alpen um 3-4 °C unter dem Normalwert. Verschiedene Gebiete erhielten im November erstmals seit mehreren Monaten wieder normale oder überdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Vor allem auf der Alpennordseite und im Wallis lagen die Monatssummen an manchen Orten deutlich über der Norm. Dagegen war es im Nordtessin und im Engadin, ebenso in Nord- und Mittelbünden erneut etwas zu trocken.

Anfangs Dezember begann mit einer sprunghaften starken Erwärmung eine lange Periode milderen Wetters, in der bis Weihnachten trockenes, durch Hochdrucklagen bestimmtes Schönwetter, anschliessend bis Ende Januar nasses, durch häufige und zum Teil stürmische Westwindlagen bestimmtes Schlechtwetter vorherrschte. In der Schönwetterperiode traten nur wenige Tage mit Nebel oder Hochnebel auf. Damit erhielten im Dezember vor allem die Niederungen überdurchschnittlich viel Sonnenschein. In Zürich war es mit 89 Stunden Sonnenscheindauer der sonnigste Dezember in mehr als 100 Jahren. Föhnlagen und mehrmaliges Ansteigen der Nullgrad-Isotherme auf Höhen um 3000 m führten überall zu hohen Monatstemperaturen, die allgemein um 1-2 °C, in den Berggebieten um 3-4 °C über dem Normalwert lagen. In den Föhntälern Graubündens und der Ostschweiz war der Wärmeüberschuss noch grösser. Nur wenige Gebiete in den westlichen Voralpen, im Puschlav, Bergell und Südtessin erhielten die normale Niederschlagsmenge. In den übrigen Gebieten war es im Dezember zu trocken, besonders in den Alpen. Sehr wenig Niederschlag erhielten das Glarnerland, das Bündner Oberland und die südlichen Täler des Wallis. Die Schneedecke des Novembers schmolz bereits in den ersten Tagen des Dezembers stark zurück und verschwand bis Weihnachten zum Teil auch in mittleren und sonnigen höheren Lagen der Berggebiete. Auf den Gletschern blieb sie grösstenteils erhalten. In den ausgeaperten Gebieten der Alpen und Voralpen stellte sich die bleibende Schneedecke teils noch in der ersten Monatshälfte ein, vorwiegend jedoch mit der Wetterverschlechterung in der Altjahrswoche.

Der Durchgang zahlreicher Störungen brachte im Januar häufig wechselndes Wetter. Die Aufhellungen begünstigten vor allem das Alpenvorland, wo auch dieser Monat ziemlich sonnig und mit Durchschnittstemperaturen bis 2 °C über dem Normalwert ausgesprochen mild war. In den Hochtälern der Alpen war es ebenfalls wesentlich wärmer als im Mittel, weil starke Winde dem Entstehen von Kaltluftseen entgegenwirkten. Im Gegensatz dazu war es in den wenig besonnten Berggebieten oberhalb rund 1500 m zu kalt, in den Hochalpen sogar viel zu kalt. Der Niederschlag fiel überall in grossen Mengen und oft, vor allem am Monatsende, bis in die Niederungen als Schnee. Besonders grossen Schneezuwachs brachten Sturmwinde mit Gewittern um die Mitte und gegen das Ende des Monats. Die Neuschneesumme des Januars erreichte auf dem Säntis und im Gotthardgebiet mehr als 3.5 m. Die Monatssumme des Niederschlags lag im Mittelland bis 100 %, im Jura und in den Alpen bis 200 % über dem Normalwert. Dieser Überschuss glich das im Oktober entstandene Defizit im Wasserhaushalt der vergletscherten Gebiete aus und hob die bis dahin im ganzen Alpengebiet stark unterdurchschnittlichen Schneehöhen auf annähernd normale Werte an.

Während der folgenden sechs Wochen bis Mitte März veränderten sich die Schneehöhen wenig und lagen erneut deutlich unter dem langjährigen Mittel, da der Februar überall fast dauernd viel zu kalt und wie die ziemlich milde erste Märzhälfte meistenorts sehr trocken war. Die strenge Kälte im Februar betraf die nördlichen und östlichen Landesteile, die fast durchgehend im Bereich kontinentaler Kaltluftmassen lagen, wesentlich stärker als die westlichen und südlichen, die zeitweise mildere Luftmassen aus den zum Mittelmeer ziehenden Tiefdruckgebieten erhielten. Häufige Hochnebeldecken führten zu geringer Besonnung und sehr grossen Wärmedefiziten in den Niederungen. Am Juranordfuss und in der Ostschweiz, wo die Monatstemperatur um 5-6 °C vom Normalwert abwich, war der Wärmemangel grösser als in den übrigen Gebieten und grösser als in den letzten 30 Jahren. Nur wenig geringer und ebenso extrem war er in weiteren ausgedehnten Gebieten der Alpennordseite und in Graubünden, etwa halb so gross in den übrigen Landesteilen. Einige Gebiete in der Westschweiz und am Juranordfuss erhielten durchschnittliche Niederschlagsmengen. Abgesehen davon war es im Februar in allen Regionen zu trocken, vor allem im westlichen Jura und in den Alpen. Als trockenste Gebiete erhielten das Engadin, das Bündner Oberland und Mittelbünden nur 20-30 % der normalen Monatsmenge. Das Mittelland mit Ausnahme des Genferseegebiets lag im Februar dauernd unter einer geschlossenen Schneedecke, die vom 24. bis 26. Januar an über eine für die Niederungen ausserordentlich lange Zeitspanne von sechs bis sieben Wochen erhalten blieb.

Einer kräftigen Erwärmung anfangs März folgte während der ersten Monatshälfte sonniges und mildes Wetter in den Berggebieten, durch häufige Nebelbildung getrübtes kühles Wetter in den Niederungen. In dieser Zeit kam die Schneeschmelze in den tieferen und sonnigen mittleren Lagen der Berggebiete kräftig in Gang, die Niederungen aperten aus. Mitte März setzte wechselhaftes Wetter mit zeitweise stürmischen Winden und verbreiteten Niederschlägen ein, wobei die normale Niederschlagsmenge des Monats erreicht oder - vor allem im westlichen Alpengebiet - übertroffen wurde. Im Wallis wie auch in den Waadtländer, Freiburger und Berner Alpen waren die Überschüsse beträchtlich. Deutlich unter der Norm dagegen blieben die Monatssummen auf der Alpensüdseite und in Graubünden, weniger deutlich auch am Juranordfuss und am Genfersee.

Wechselhaftes, vorwiegend nass-kaltes und trübes Wetter herrschte im April unter dem Einfluss mehrerer ausgedehnter Tiefdruckgebiete während des ganzen Monats und im ganzen Land. Den häufigen Wechsel der Luftmassen begleiteten rasche und auf der Alpennordseite teilweise extreme Temperaturschwankungen. In der Ostschweiz führte eine Föhnlage am 7. April zu Tageshöchstwerten bis 20 °C. Wenige Tage später folgten einem Schneefall bis in die Niederungen in der Nacht auf den 13. April Tiefstwerte bis -10 °C. Das Temperaturmittel des Monats lag im Engadin, in Mittelbünden und im St. Galler Rheintal wenig, in den meisten übrigen Gebieten um 1-2 °C unter dem Normalwert. Häufige und oft ergiebige, verschiedentlich mit Gewittern und stürmischen Winden verbundene Niederschläge brachten allen Landesteilen grosse bis sehr grosse Monatsmengen. Ausserordentlich grosse Mengen fielen im Tessin, im Oberwallis und im Rheinwaldgebiet, wo die Monatssumme an manchen Orten das Vier- bis Fünffache des Normalwerts erreichte. Die ausnehmend hohen Werte von Camedo (1239 mm) und Mosogno (1179 mm) gehören zu den grössten in der Schweiz je gemessenen Monatswerten.

In einer langen Wärmeperiode, die auf der Alpennordseite am Monatsanfang, auf der Südseite einige Tage später einsetzte, glich der Mai mit zeitweise sommerlichen Temperaturen den Wärmemangel des Vormonats bei weitem aus, obwohl die letzten fünf Tage ausgesprochen kalt waren. In manchen Gebieten fiel häufig und reichlich Niederschlag. Starke Gewitterregen brachten vor allem dem Mittelland und den Voralpen östlich der Linie Basel-Freiburg-Montreux Monatsmengen um 50-100 % über der Norm. Etwas trockener als gewöhnlich war der Mai im westlichen Genferseegebiet, im Südtessin und im Unterengadin, deutlich trockener als normal in den südlichen Landesteilen allgemein, besonders im Goms und in den Visper Tälern.

Die Kälteperiode Ende Mai mit Schneefall im östlichen Alpengebiet bis gegen 1000 m dauerte mit Unterbrüchen und weiteren Schneefällen in den Alpen (gegen 1200 m am 5. Juni und unter 1500 m am 11. Juni) bis gegen Mitte Juni an. Die Ausbreitung des Azorenhochs auf den Kontinent um die Monatsmitte leitete im ganzen Land die sommerlich warme und trockene zweite Junihälfte ein, die einigen inneralpinen Tälern die erste mehrtägige Hitzeperiode des Sommers brachte. Nördlich der Alpen stiegen die Temperaturen bei leichter Bise weniger hoch. Das Monatsmittel der Temperatur lag in den meisten Gebieten um 0.5-1 °C über dem durchschnittlichen Wert. Lokale Gewitterregen ergaben eine sehr unterschiedliche Verteilung in den Niederschlagsmengen des Monats. Abgesehen von einigen Gebieten im Luzerner und Aargauer Mittelland mit mehrheitlich normalen Mengen blieb es überall teils leicht, teils erheblich zu trocken. Nur etwa die Hälfte der Normalmenge fiel in der Südschweiz und im Oberengadin, stellenweise auch im Wallis und im westlichen Mittelland. Mit der Erwärmung um die Monatsmitte kam die Schneeschmelze auch in den Hochalpen endgültig und kräftig in Gang. Die Wasserreserven in der Schneedecke der vergletscherten Gebiete, die mit den grossen Schneefällen im April deutlich über den Durchschnitt und mit dem erneuten Zuwachs Ende Mai und anfangs Juni auf sehr hohe Werte gestiegen waren, sanken in der letzten Junidekade infolge der ausserordentlich grossen Schmelzwasserproduktion rasch gegen den Normalwert ab. In den unvergletscherten Gebieten verschwand die Winterschneedecke, die in den mittleren Lagen grösstenteils vor Mitte Mai abgeschmolzen war, im Laufe des Juni auch aus den höheren Lagen.

Dem hochsommerlichen Wetter der ersten Juliwoche folgte wechselhaftes, bis zur Monatsmitte vorwiegend kühles, dann wieder wärmeres und zeitweise sonniges warmes Wetter mit zahlreichen, oft von Hagelschlag begleiteten Gewittern. Heftige Gewitter in der ganzen Schweiz und gebietsweise ver-

heerende Hagelschläge in der Westschweiz und am Alpennordhang löste vor allem die kräftige, am 23./24. Juli durchziehende Störung aus. Die hochsommerlich warme und meist trockene Witterung der letzten Woche führte an den meisten Orten zu leicht überdurchschnittlichen Monatstemperaturen. Erhebliche Unterschiede von Ort zu Ort ergaben sich wie im Vormonat bei den Regenmengen. Normale bis leicht überdurchschnittliche Monatsmengen fielen hauptsächlich in der Nordostschweiz, im Rheintal zwischen Bodensee und Chur sowie im Unterwallis. Unterdurchschnittliche Mengen erhielten die westlichen und südlichen Landesteile, namentlich die Ajoie und das Südtessin mit einem Niederschlagsdefizit über 40 %.

Hochsommerliche Wärme, zahlreiche Gewitter, oft von Starkregen, Hagel und heftigen Windböen begleitet, prägten das Wetter der ersten drei Augustwochen. Kaltlufteinbrüche am 23. und 27. August verbreiteten allenthalben Regen und Kühle bis gegen das Monatsende. Dennoch ergab sich im ganzen Land wie im Juli ein kleiner Wärmeüberschuss, vor allem nördlich der Alpen und in Graubünden. Bei allgemein höheren Mengen war der Niederschlag wie in den vorangehenden Sommermonaten auf relativ engem Raum sehr ungleichmässig verteilt. An den meisten Orten lagen die Monatsmengen zwischen 120 und 150 % über dem Normalwert, etwas unter der Norm an manchen Orten im westlichen Jura, in der Zentralschweiz, im Saastal und im Simplongebiet. Grosse Schäden verursachte vor allem der Hagelschlag vom 18. August in Genf, im St. Galler Rheintal, am Vierwaldstättersee und im Entlebuch.

Allgemein wärmer und trockener, meistenorts auch sonniger als normal war der September. Nach geringen Schwankungen in der ersten Monatshälfte brachte der Durchgang einer Störung um die Monatsmitte eine beträchtliche Abkühlung und den einzigen ergiebigen Niederschlag des Monats. Sonniges und sehr mildes Herbstwetter, unterbrochen durch einen Störungsdurchgang mit leichtem Niederschlag und kühleren Temperaturen um den 25. September, setzte sich in der letzten Septemberdekade durch und dauerte bis über die Monatsmitte des Oktobers an. Die Monatstemperaturen lagen im September landesweit deutlich über dem Normalwert, im Alpenraum und in grossen Gebieten der Westschweiz um 1-2 °C. Die Monatsniederschläge blieben in den meisten Gebieten unter der Hälfte des Normalwerts. Besonders trocken war es grossenteils in den Kantonen Tessin, Graubünden, St. Gallen und Appenzell wie auch im Zürcher Oberland. Abgesehen vom mittleren und südlichen Tessin war es überall sehr sonnig, vor allem in den höheren Lagen des Jura und der Alpen, wo die normale Zahl der Sonnenscheinstunden um 30 bis 40 % übertroffen wurde.

Die sonnige und milde Trockenperiode wurde in einem Teil der Westschweiz durch leichte Niederschläge am 13. Oktober unterbrochen und im ganzen Land durch die zyklonale Westlage vom 19. bis 23. Oktober beendet. Ergiebige Niederschläge bei zeitweise stürmischen Winden und starker Abkühlung brachten in dieser Zeit den Hochalpen den ersten Schnee. Eine weitere Störung am 25./26. Oktober mit Schneefall in den Alpen bis 1000 m und starker Abkühlung in den Niederungen setzte das Ende der sommerlichen Schwundperiode 1986 auch in den tiefgelegenen Gletschergebieten fest. Die Wasserreserven in den vergletscherten Einzugsgebieten erreichten am 18. Oktober den Minimalstand des Jahres, der in der nachfolgenden, mit wenigen Unterbrüchen bis Mitte Dezember andauernden Schönwetterperiode nicht mehr unterschritten wurde, obwohl der November vor allem in den Bergregionen sehr mild und ausserordentlich trocken war. In den unvergletscherten Gebieten stellte sich die bleibende Schneedecke des Winters

1986/87 gebietsweise mit den Schneefällen bis 700 m am 23. November und allgemein ab Mitte Dezember ein. Mit einem stürmischen Wintereinbruch breitete sie sich am 19. Dezember auf der Alpennordseite auch in den Niederungen aus.

Abbildung 1.3 gibt eine Übersicht über die Abweichungen vom Normalwert des Jahresniederschlags 1985/86 und der durchschnittlichen Sommertemperatur 1986 in den verschiedenen Landesteilen. In einem weitläufig zusammenhängenden, vom Jura zum Engadin und vom Tessin zum Bodensee durchgehenden Grossteil des Landes blieben die Niederschlagswerte (Abb. 1.3a) mehrheitlich und zum Teil nur knapp im Normalbereich. Die niederschlagsreichen Zonen durchziehen als breites unterbrochenes Band die westliche Landeshälfte von der Nordschweiz über die Berner Alpen zum Unterwallis und sind als enger begrenzte, zum Teil in sich abgeschlossene Gebiete über die östliche Landeshälfte verteilt vom Untersee zum oberen Zürichsee, vom Bodenseerhein zur Adula und vom Münstertal zum Puschlav. Niederschlagsmangel ergab sich vor allem in den Föhngebieten der Ostschweiz vom Reusstal zum Säntis, im Domleschg und im Unterengadin. Die Gebiete mit starkem bis sehr starkem Niederschlagsmangel sind miteinander verbunden durch Gebiete mit unterdurchschnittlichem Niederschlag im Rahmen normaler Abweichungen. Diese Zone setzt sich über das Haslital und das Goms in die Visper Täler und die westlichen Tessiner Alpen fort. Mit starken bis sehr starken positiven Abweichungen bei den Temperaturmittelwerten zeigt Abbildung 1.3b für alle Landesteile einen ausgesprochen warmen Sommer an. Auch an den Stationen Aigle im unteren Rhonetal und San Bernardino im Misox mit Abweichungen am oberen Rand des Normalbereichs war es überdurchschnittlich warm. Für die Bergstationen Säntis und Corvatsch ergaben sich Indexwerte über 3, d.h. Wärmeüberschüsse im Bereich extremer Werte, die seltener als einmal in 45 Jahren auftreten.

Schnee und Lawinen im Winter 1985/86:
(S. Gliott, SLF)

Die dauernde Schneedecke stellte sich schubweise vom 31. Oktober bis 2. November an 4 Beobachtungsstationen, vom 11.-13. November an 53 Stationen und am 26. Dezember oder später an 35 Stationen ein. Auch ihre weitere Entwicklung war durch einen unsteten schrittweisen Verlauf im Aufbau wie im Abbau gekennzeichnet. Die ergiebigen Niederschläge in der zweiten und dritten Januardekade brachten einen raschen Zuwachs von stark unterdurchschnittlichen auf normale Schneehöhen, wobei grossenteils bereits der Höchstwert des Winters erreicht wurde. Nach einer längeren Phase mit geringem Zuwachs im Februar und beginnender Schmelzung in der ersten Märzhälfte erfolgte im April vor allem auf der Alpensüdseite mit aussergewöhnlichen Niederschlagsmengen ein weiterer kräftiger Zuwachs. Dabei stieg beispielsweise in Robiei (1890 m ü.M.) die Schneehöhe von 210 cm am 1. April auf den neuen Maximalwert von 645 cm am 28. April. Der frühere Höchstwert war mit 620 cm am 7. April 1975 gemessen worden. Die Neuschneesumme von 827 cm ergab für diese Station einen Monatsniederschlag von 1350 mm im April 1986. Davon fielen 183 mm am 23. April als höchster Tageszuwachs des Winters. Von den 929 Einzelmessungen, die im Winter 1985/86 an insgesamt 42 Stationen durchgeführt wurden, wiesen 34 einen Tageszuwachs von 60 oder mehr mm, 60 einen solchen von mindestens 50 mm aus.

Die grösste Schneehöhe des Winters entsprach meistenorts dem Normalwert, im Wallis, Tessin und Engadin lag sie deutlich darüber. Anfangs Mai lag in allen Regionen noch überdurchschnittlich viel Schnee; um die Monatsmitte waren die mittleren Lagen, am Monatsende auch die meisten höheren Lagen ausgeapert. Auf den höchstgelegenen Stationen Gütsch (2287 m), Weissfluhjoch (2540 m) und Säntis (2500 m) überdauerte die Winterschneedecke auch den Juni, auf dem Säntis zudem die drei ersten Juliwochen. Geringe Schneehöhen und tiefe Temperaturen im Frühwinter führten zur Bildung einer kohäsionsarmen Basisschicht der Schneedecke. Die Bildung von Oberflächenreif im Hochwinter ergab weitere schwache Horizonte in einem wenig tragfähigen, für Belastungen sowohl durch Neuschnee als durch Skifahrer ungünstigen Gesamtgefüge. Dementsprechend stellten sich zu wiederholten Malen kritische Lawinensituationen ein, die im Winterbericht 1985/86 [SLF, 1986] folgendermassen zusammengefasst sind:

> "Der Winter zeichnete sich durch eine Vielfalt der in ihrer Entstehung unterschiedlichen Lawinenperioden aus. Vier Niederschlagsereignisse mit regionenweise ausserordentlichen Schneefällen führten zu einer erhöhten Tätigkeit spontaner Lawinen. Hervorzuheben sind folgende Perioden: 12.-17. Januar 1986 mit grossen Schneefällen und vielen Lawinenniedergängen mit Schwerpunkt am östlichen Alpennordhang, Nordbünden und Unterengadin; 30. Januar bis 2. Februar 1986 mit sehr vielen Schadenlawinen in Südbünden und im Tessin; 6.-8. April 1986 mit einer regen spontanen Lawinentätigkeit im Wallis; 22.-26. April 1986 mit enormen Schneemengen in den Tessiner Bergen, in Südbünden und etwas abgeschwächt auch im Gotthardgebiet, was zu einer ernsten Situation mit ausserordentlich voluminösen Lawinen führte."

Aus diesen Situationen ergaben sich in 283 gemeldeten Fällen Sachschäden, zum Teil durch mehrere Grosslawinen von selten gesehenem Ausmass. Von diesen Grosslawinen waren das Tessin und das Misox mit dem Calancatal besonders stark betroffen. Bemerkenswert ist der Umstand, dass einige Lawinen im Bedrettotal (Cabbiolo, Mogno und Villa) erst beim zweiten oder sogar dritten Niedergang Schaden anrichteten. Ihr ungewöhnliches Ausmass zeigt sich darin, dass die Lawinenkegel zum Teil den ausgesprochen warmen Sommer überdauerten. Von den Lawinen des Winters 1985/86 wurden insgesamt 117 Personen erfasst. Von den 83, die den Unfall überlebten wurden 37 verletzt, die übrigen kamen mit dem Schrecken davon.

1.3 KLIMA UND WITTERUNG 1986/87

Die Abweichungen der aktuellen Tagestemperaturen von den eingezeichneten langjährigen Mittelwerten (Abb. 1.2) charakterisieren das Berichtsjahr, das als kalendermässig festgelegtes hydrologisches Jahr am 1. Oktober beginnt . Dieses Datum lag mitten in der sommerlich warmen, in der Schweiz fast überall niederschlagsfreien Periode vom 16. September bis 18. Oktober, mit der sowohl die Schwundperiode 1986 als auch der klimatische Jahreszyklus 1985/86 im Massenhaushalt der Gletscher und im Wasserhaushalt der Gletscherregionen zu Ende ging. Den Haushaltszyklus 1986/87 leitete die zeitweise stürmische Westströmung ein, die vom 19. Oktober an über mehrere Tage feuchte Meeresluft gegen die Alpen führte und im ganzen Land ergiebige Niederschläge, starke Abkühlung und Schneefall in den Hochalpen auslöste. Die nachfolgende Störung am 25./26. Oktober bewirkte in den Alpen Schneefall bis in die Talregion.

Nach einem Unterbruch durch wechselhafte Witterung herrschten vom 3. November bis gegen Mitte Dezember wieder Hochdrucklagen vor, mit sonnigem und mildem Wetter in den Berggebieten. Den markantesten Unterbruch in dieser Schönwetterperiode verursachte vom 20.-23. November ein vom Atlantik nach Schottland ziehendes Tief, auf dessen Rückseite Polarluft bis zu den Alpen vorstiess und Niederschläge über das ganze Land ausbreitete. Diese fielen zunächst nur in höheren und mittleren, am 23. November auch in tieferen Lagen (bis gegen 700 m) als Schnee. In diesen Tagen wurden grosse Teile des Alpen- und Voralpengebiets dauernd eingeschneit. Nach den im Oktober eingeschneiten hochgelegenen Gebieten mit den Stationen Grimsel, Säntis und Weissfluhjoch erhielten nun in den zentralen und östlichen Regionen alle Stationen des Schneemessnetzes [SLF, 1987] von der Innerschweiz zum Engadin eine dauernde Schneedecke. In den westlichen und südlichen Regionen, vom Berner Oberland bis Südbünden, aperten manche Stationen im Dezember wieder aus, bevor ihnen Schneefälle, die nördlich der Alpen die Niederungen erreichten, um die Monatsmitte eine dauerhafte Schneelage und in den folgenden drei Wochen weiteren Zuwachs brachten. Erst am 11. Januar dehnte sich die Schneedecke für kurze Zeit (in Poschiavo z.B. für zwei Wochen) auch in den tieferen Lagen der Alpensüdseite aus.

In den Monaten Oktober bis Dezember blieben die Niederschlagsmengen in ausgedehnten Gebieten und vor allem in den südlichen Landesteilen weit unter dem Normalwert. Im Oktober ergab sich bei grossenteils normalen Monatsmengen auf der Alpennordseite ein ausgeprägtes Nord-Süd-Gefälle von überdurchschnittlichen Werten im Kanton Schaffhausen zu extrem geringen Werten (knapp 5 % des Normalwerts) im Südtessin. Im November fiel in den süd- und inneralpinen Regionen wie auch in ausgedehnten Gebieten der West- und Nordwestschweiz meistenorts weniger als die Hälfte der normalen Niederschlagsmenge. Auch in den übrigen Landesteilen blieben die Monatswerte fast überall deutlich (um 20-30 %) unternormal. Der Dezember war in der Südschweiz ebenso trocken wie die Vormonate. Dem Alpenraum und den nördlichen Landesteilen brachte er mehrheitlich normale oder leicht übernormale, dem Wallis und den höher gelegenen Regionen vorwiegend grosse Monatsmengen. Die meisten Bergstationen oberhalb 2000 m und einzelne Stationen im Jura (La Dôle), im Wallis (Montana) und im Rheintal (Chur) verzeichneten Werte von 200-250 % des normalen Dezemberwerts.

In allen drei Monaten war es überdurchschnittlich warm. Im Oktober lagen die Temperaturmittel allgemein, im November vor allem in den Berggebieten um 2-3 °C über dem langjährigen Durchschnitt. Starke Nachtfröste, die gegen das Monatsende in den Niederungen auftraten, verkleinerten hier den Wärmeüberschuss im November. Im Dezember ergaben mildes Wetter am Anfang und wechselhaftes Wetter mit grossen Temperaturschwankungen in der zweiten Monatshälfte trotz starker Kälte um Weihnachten (bis -15 °C in den Niederungen) auch für diesen Monat Durchschnittstemperaturen, die in den meisten Regionen leicht, an einzelnen Orten im Engadin, im zentralen und östlichen Mittelland wie auch in der Nordwestschweiz deutlich (bis 2 °C) über dem Normalwert liegen. In den vergletscherten Einzugsgebieten blieb die Zunahme der Wasserreserven bis Mitte Dezember weit unter dem Normalmass (Abb. 5.1b und 5.2). Ungewöhnlich starke Gletscherschmelze im Oktober und Niederschlagsmangel im November ergaben für die ersten zehn Wochen des hydrologischen Jahrs anstatt des normalen Zuwachses (um etwa 30 cm Wasserwert, rund 1 m Schneehöhe) eine knapp ausgeglichene Bilanz. Ergiebige Schneefälle in der zweiten Dezemberhälfte und in der ersten Januarwoche glichen diesen Rückstand weitgehend aus.

In der ersten Hälfte des Kalenderjahrs 1987 lösten sich kalte und milde Monate wechselweise ab. Das veränderliche Wetter, das ab Mitte Dezember bis in den Januar hinein andauerte, brachte bei zeitweise heftigen Winden reichlichen Niederschlag am Alpennordhang, wo in den ersten sechs Tagen bis 80 % der normalen Januarmenge fielen. In den folgenden vier Wochen herrschte bei nahezu stationärer Grosswetterlage über Europa mit hohem Luftdruck im Norden und tiefem im Süden zeitweise strenge Kälte, die sich mit Vorstössen arktischer kontinentaler Luftmassen gegen Mitteleuropa schubweise vor allem auf der Nordseite der Alpen verbreitete und zur Bildung einer ausgedehnten Hochnebeldecke führte. Besonders kalt war der 12. Januar im zentralen und östlichen Mittelland mit Temperaturen um -20 bis -30 °C und im Jura, wo der tiefste bisher gemessene Wert (-41.8 °C in La Brévine) erreicht wurde. Um die Monatsmitte fielen in den südlichsten Landesteilen die ersten namhaften Niederschläge des Winters. In den nebelfreien Gebieten, wo die zweite Monatshälfte vorwiegend sonnig und relativ mild war, lag das Januarmittel der Lufttemperatur deutlich (um 1-2 °C) unter dem normalen Wert. Viel kälter als normal (um 3-4 °C) war es in den sonnenarmen Gegenden unter der Nebeldecke. Die Monatssumme des Niederschlags blieb grossenteils etwas unter dem langjährigen Durchschnitt, am meisten im Nordtessin und im Engadin. Am Nordhang der Alpen und im Wallis erreichte sie teils normale, teils deutlich höhere Werte.

Der kalten und trockenen ersten Februarwoche folgte vorwiegend mildes, durch Südwest- und Westlagen bestimmtes Wetter mit starker Bewölkung und reichlichem Niederschlag. Besonders ergiebig waren die Niederschläge um die Mitte, auf der Alpennordseite vor allem auch am Ende des Monats. Gesamthaft war der Februar zu mild, mit geringen Abweichungen von der Normaltemperatur in den Niederungen des Tessin, mässigen (um 0.5-1.5 °C) in den meisten übrigen Gebieten und beträchtlichen (bis 3 °C) in den Hochalpen, im Goms und in einigen Tälern Graubündens. Grosse bis sehr grosse Niederschlagsmengen erhielten das Tessin (bis 300 % der Normalmenge) und weite Gebiete in der südlichen Landeshälfte, vom Südwallis über Goms und Gotthardgebiet bis Rheinbünden. Zu trocken war es im Mittelwallis und am Nordrand der Schweiz, um Basel und am Bodensee. Im durchwegs zu trüben Februar war der Mangel an Sonnenschein auf der Alpennordseite in den Berglagen oberhalb etwa 1000 m (10-30 % weniger Sonnenschein als normal) wesentlich geringer als in den Niederungen und im Tessin (60-80 % zu wenig). Zürich verzeichnete mit 22 Stunden Sonnenschein den trübsten Februar seit Beginn der Messungen im Jahre 1884.

Mit einem heftigen Kaltlufteinbruch am 2. März setzten wieder hochwinterliche Verhältnisse ein, die mit wiederholten, zum Teil auch in den Niederungen ergiebigen Schneefällen bis zum astronomischen Frühlingsbeginn andauerten. In der Folge lösten sich bis Mitte April mehrtägige warme und kalte Perioden ab, bevor sich die verspätete jahreszeitliche Erwärmung durchsetzte. Im März, der in den höheren Lagen des Jura und der Alpen mit Durchschnittstemperaturen bis 4 °C unter dem Normalwert zu den kältesten dieses Jahrhunderts gehört, war es in den meisten Gebieten um 2-3 °C, im Rhonetal, im Südtessin und am Südfuss des Jura um 1.5-2 °C zu kalt. Auf der Alpennordseite war im März der Monatsniederschlag grossenteils normal bis überdurchschnittlich (ausser in einigen zu trockenen Gebieten in der Nordschweiz und am Südfuss des Jura), die Sonnenscheindauer allgemein erheblich zu kurz, vor allem im westlichen Mittelland und im Genferseegebiet. Bei durchschnittlicher Zahl an Sonnenscheinstunden viel zu trocken war der März im Tessin und in Südbünden, wesentlich zu trocken auch in den inneralpinen Gebieten vom Wallis bis Graubünden. In den tieferen Höhenlagen der Alpen, wo die grösste Mächtigkeit der Schneedecke gebietsweise bereits Ende Dezember, Anfang Januar oder im Februar erreicht war, ergab sich mit den Märzniederschlägen am Monatsende meistenorts das Maximum des Winters für den Wasserwert der Schneedecke. Bis Mitte April nahmen in mittleren Lagen nur der Wasserwert, in höheren Lagen Wasserwert und Mächtigkeit der Schneedecke weiter zu. In den Gletscherregionen des Hochgebirges stiegen die Wasserreserven im Januar und Februar nur langsam an und blieben erneut deutlich unter dem Normalwert. Dieser wurde nach ergiebigen Schneefällen Anfang März erreicht, in der ersten Aprilhälfte deutlich überschritten (Abb. 5.1b und 5.2).

In den Monaten April bis Juni war es fast durchgehend zu kalt, zu trüb und zu regnerisch in den Niederungen und in den Voralpen, zu winterlich in den Hochalpen. Wechselhaftem und ziemlich nassem Wetter in der ersten Aprilhälfte folgte in der zweiten sonniges und mildes Wetter mit Gewittern und sommerlich warmen Tagen gegen Ende des Monats. Demzufolge war es im Durchschnitt meistenorts um 1-2 °C wärmer und durchwegs wesentlich sonniger als normal. Bei geringen bis mässigen Abweichungen von der normalen Niederschlagsmenge war es im Südtessin, in Graubünden und nördlich der Alpen zu trokken, am Nordhang der Alpen und im Nordtessin zu nass.

Die beiden ersten Maitage waren die wärmsten und die einzigen frühlingshaft warmen Tage des ganzen Monats und manchenorts auch der drei Juniwochen vor dem längsten Tag. In dieser Zeit strömten fast ununterbrochen kalte und feuchte Luftmassen gegen die Alpen, vorwiegend aus Nordwest bis Nordost. Somit waren die südlichen Landesteile der Kälte und Nässe erheblich weniger ausgesetzt als die nördlichen, wo es im Mai allgemein viel zu kalt war (bis 3 °C), verschiedenenorts, besonders in höheren Lagen, sogar kälter als im Vormonat. Die Monatssumme des Niederschlags stieg in hohen Lagen weit (um mehr als 100 %) über den normalen Maiwert. In tieferen Lagen streute sie zwischen sehr grossen bis normalen Werten in den nördlichen, zwischen leicht über- bis deutlich unterdurchschnittlichen Werten in den südlichen Landesteilen.

Ausgesprochen kalt und nass war bis zum längsten Tag auch der Juni. Häufig wechselnde Luftmassen führten zu zahlreichen Gewittern und ergiebigen Niederschlägen in allen Landesteilen, vielfach verbunden mit Hagelschlag, Starkregen (z.B. am 8. Juni in Locarno 133, in Brissago 151 mm) oder aussergewöhnlichem Schneefall (am 7. Juni in Graubünden bis 700 m). Nördlich der Alpen traten in den meisten Gewässern sehr hohe Wasserstände auf, die ungewöhnlich lange andauerten. In den Seen am Rand der Alpen und des Jura wurden die höchsten Pegelstände der letzten 30 Jahre gemessen. Im Rhein, der bei

Rheinfelden vom 15. bis 22. Juni über der kritischen, die Schiffahrt begrenzenden Hochwassermarke stand, war letztmals im Juni 1910 ein Hochwasser von ebenso langer und letztmals im Juni 1876 ein solches von längerer Dauer festgestellt worden. Erst die Ausweitung des Azorenhochs bis Mitteleuropa brachte im letzten Monatsdrittel eine rasche, bis Mitte Juli anhaltende Erwärmung auf hochsommerliche Temperaturen. Obwohl die Hitzetage am Monatsende den Wärmemangel der Vorperiode verminderten, blieb das Junimittel in den meisten Gebieten um 1-1.5 °C unter der normalen Lufttemperatur. Die Niederschlagssumme des Monats erreichte überall den normalen, gebietsweise einen wesentlich grösseren Wert (stellenweise bis 300 % des Normalwerts). Der Abbau der Winterschneedecke ging in verschiedenen Regionen und Höhenlagen sehr unterschiedlich vonstatten: in den inner- und südalpinen Regionen aperten im April manchenorts bereits mittlere Lagen aus, in den nordalpinen Regionen blieben manche tiefe Lagen bis gegen Ende Mai dauernd unter Schnee. In hohen Lagen nahm der Wasserwert der Schneedecke wie beispielsweise auf Weissfluhjoch bis Anfang Juni zu. In den Gletscherregionen vermehrten sich die Wasserreserven im Juni auf stark überdurchschnittliche Werte, bis die Schneeschmelze mit der Hitzeperiode am Monatsende auch im Hochgebirge in Gang kam (Abb. 5.1b und 5.2).

Die zweite Hälfte des Kalenderjahres brachte vorwiegend mildes Wetter mit längeren Schönwetterperioden. In den Sommermonaten führten zahlreiche Gewitter und vor allem einige ausserordentliche Niederschlagsereignisse an vielen Orten zu Überschwemmungen, Murgängen oder Erdrutschen. Starkregen von übermässiger Dauer und bei ungewöhnlich hohen Lufttemperaturen verursachten mehrmals extreme Hochwasser, die im Juli und August in verschiedenen Alpentälern, im September in manchen Regionen des Jura schwere Schäden anrichteten [LHG, 1988; BWW/LHG, 1991]. In der Wärmeperiode der ersten Julihälfte traten bei zahlreichen Gewittern vorwiegend lokale Schadenereignisse auf. Ein Kaltlufteinbruch um die Monatsmitte löste in weiten Gebieten andauernde und gebietsweise sehr intensive Niederschläge aus, die am 18./19. Juli zu schweren Unwetterkatastrophen in den Bündner und Tessiner Alpen führten. Im Tessin erhielten mehrere Orte vom 16. bis 20. Juli über 400 mm Regen (z.B. Biasca 410, Brissago 431, Camedo 461 mm), d.h. mehr als das Doppelte der durchschnittlichen Monatsmenge. In der Folge blieb das Wetter kühl und regnerisch bis zum Monatsende und ebenso während der ersten Dekade im August. Sommerlich warm, sonnig und ziemlich trocken war es in der zweiten Dekade und erneut am Monatsende, nachdem eine durchziehende Tiefdruckrinne vom 23. bis 28. August im ganzen Land ergiebige Niederschläge verbreitet hatte. Dauerhafter Starkregen an den ersten Tagen dieser Niederschlagsperiode verursachte die Hochwasserkatastrophen vom 24./25.August im zentralen und südlichen Alpenraum. Bei diesem Ereignis fielen die grössten Regenmengen im westlichen Tessin (über 350 mm im Maggiatal) und in den angrenzenden Gebieten, wo einige Stationen am 24. August extreme Tageshöchstwerte erhielten (Binn 200, Airolo 190, Göscheneralp 150 mm).

Das Monatsmittel der Lufttemperatur lag im Juli allgemein, im August meistenorts um etwa 1 °C, in der Westschweiz bis 2 °C über dem Normalwert. Grosse Unterschiede ergaben sich bei den Monatssummen des Niederschlags. An den meisten Orten war der Juli zu nass, der August zu trocken. Sehr grosse Mengen (bis 300 % der Norm) erhielten im Juli die Bündner Südtäler, grosse Teile des Tessin und Rheinbündens, im August der zentrale Alpenraum zwischen Simplon- und Oberalppass. Im Juli verzeichneten nur wenige Gegenden im Wallis, im zentralen und im östlichen Mittelland normale, stellenweise leicht unterdurchschnittliche Mengen. Im August erhielten ausser dem zentralen Alpenraum auch die angrenzenden Gebiete vom Bündner Oberland bis zum Puschlav wesentlich mehr als den normalen Niederschlag.

Ziemlich sonnigem und mildem, zeitweise gewitterhaftem Wetter im ersten Septemberdrittel folgte eine zweiwöchige Schönwetterperiode mit hochsommerlichen Temperaturen, wie sie der September bisher nur im Jahr 1947 aufwies. An verschiedenen Orten wurden Höchstwerte über 30 °C gemessen (z.B. Visp 32.4, Vaduz 32.0 °C). Ein Kaltlufteinbruch verbreitete vom 23. bis 26. September gewitterhafte Niederschläge nördlich der Alpen, wobei Starkregen in der Nacht zum 26. September vor allem im West- und Nordjura Schadenhochwasser verursachte. Gegen Monatsende setzte erneut sonniges, jedoch kühles Wetter ein, das im Oktober abgelöst wurde durch wechselhafte, unter Föhneinfluss mehrheitlich milde Witterung. Die Monatswerte des Septembers liegen bei den Temperaturen grossenteils weit (um 3-5 °C), in den Tälern der Alpensüdseite deutlich (um 2-3 °C) über der Norm. Bei den Niederschlägen streuen sie von grossen Mengen (bis 200 % der Normalmenge) im Jura, in der Nordschweiz und in Südbünden über geringe Mengen (unter 50 %) im Süd- und Oberwallis, Urserental, Mittel- und Südtessin zu sehr geringen (unter 20 %) im Centovalli. In den Wärmeperioden der drei Sommermonate war die Schnee- und Gletscherschmelze überaus wirksam, in den zum Teil ungewöhnlich milden Niederschlagsperioden verhältnismässig wenig abgeschwächt, so dass die Wasserreserven in vergletscherten Gebieten von Ende Juni bis Ende August trotz grossem Überschuss an Niederschlag in normalem Masse, im September übermässig stark schwanden.

Stürmischer Südföhn am 10. Oktober brachte beidseits der Alpen ergiebige Niederschläge und erste Schneefälle (am 12. Oktober im Jura bis 1000 m ü.M.) Damit war das Ende der Schwundperiode und des klimatischen Jahreszyklus im Wasserhaushalt der vergletscherten Gebiete erreicht, obwohl etliche Gletscherzungen mit grossen Teilen der Alpen und Voralpen erst um Neujahr dauernd eingeschneit wurden.

Jahresniederschlag und Sommertemperatur des Berichtsjahrs 1986/87 sind durch ihre Abweichung vom Normalwert in Abbildung 1.4 zusammenfassend dargestellt. Der Jahresniederschlag (Abb. 1.4a) war wie im Vorjahr sehr ungleichmässig verteilt mit stark streuenden Werten zwischen grossem Mangel im Südtessin und sehr grossem, stellenweise extremem Überfluss in der nördlichen Landeshälfte, wo in einem weitläufig verzweigten Gebiet vom Nordjura zu den WaadtländerAlpen, durch die Zentralschweiz nach Rheinbünden und zu den östlichen Voralpen für zahlreiche Stationen eine hohe Indexzahl ermittelt wurde (24 Stationen über 2.5 und 10 Stationen über 3.0). Im südalpinen Raum ergaben sich aus sehr stark abweichenden geringen Winter- und grossen Sommermengen meistenorts leicht überdurchschnittliche normale Jahresmengen, auch in den von extremen Starkregen im Juli und August am meisten betroffenen Gebieten der Alpensüdseite. Gebietsweise fielen auch am nördlichen Alpenrand sowie im äussersten Westen und Norden des Landes normale, meist überdurchschnittliche Jahresmengen. Die Sommertemperaturen (Abb. 1.4b) lagen fast überall mehr oder weniger über dem langjährigen Mittelwert, grossenteils im Normalbereich. Nur an den Stationen Schuls und Moléson war der Wärmemangel im Mai und Juni ein wenig grösser als der Wärmeüberschuss in den übrigen Sommermonaten. Am wärmsten war es in randlichen, von den vier Ecken mehr oder weniger weit ins Landesinnere ausgreifenden Gebieten.

Schnee und Lawinen im Winter 1986/87:
(S. Gliott, SLF)

Die erste, um den 18. Oktober abgelagerte Schneedecke überdauerte die folgende Wärmeperiode nur in hohen Lagen (oberhalb etwa 2500 m) und in geringer Mächtigkeit (Weissfluhjoch rund 20 cm). Um den 20. November erhielten in Höhenlagen oberhalb 1000 m mit wenigen Ausnahmen alle Stationen die dauernde Schneedecke. Am 11. Dezember waren 27 Stationen noch aper, 44 hatten sehr wenig Schnee (bis 10 cm), nur 2 waren mehr als fusstief eingeschneit (Felskinn 48 cm, Weissfluhjoch 41 cm). Mit den Niederschlägen der zweiten Dezemberhälfte erreichte die Schneehöhe vielerorts den langjährigen Mittelwert, der im Laufe des Januars am Alpennordhang und in Nordbünden an allen, im Wallis nur an einzelnen Stationen überschritten, in Mittelbünden und vor allem am Alpensüdhang an manchen Stationen bei weitem nicht erreicht wurde. Ende März lag auch im Wallis und in Mittelbünden überdurchschnittlich viel, im Tessin und im Engadin immer noch zu wenig Schnee, die Stationen Landquart, Bellinzona, Brusio und Poschiavo waren bereits ausgeapert. In der ersten Aprilhälfte erhielt der Alpensüdhang mit den angrenzenden Gebieten grossen Schneezuwachs. In der zweiten Aprilhälfte war die Schneeschmelze überall so wirksam, dass manche Stationen noch vor dem Monatsende ausaperten. In hohen Lagen brachten der Mai und teilweise der Juni weiteren Zuwachs. Ende Juni war die Schneehöhe auf Weissfluhjoch (165 cm) sehr gross, nachdem der Höchstwert des Winters (237 cm) nur mittelmässig gewesen war. Verglichen mit den grössten Schneehöhen der früheren Jahre lagen die Schneehöhenmaxima im Berichtswinter am Alpennordhang über, am Südhang und im Engadin unter dem Durchschnitt. Ebenso ergaben sich aus den Bestimmungen des Raumgewichts der Schneedecke überdurchschnittliche Wasserwerte im nördlichen, unterdurchschnittliche im südlichen Alpenraum. Von 952 Messungen des täglichen Zuwachses (an 45 Stationen) ergaben 31 einen Wasserwert von mindestens 50 mm. Der grösste Tageszuwachs wurde in Trübsee mit 115 mm (46 cm Neuschnee, Raumgewicht 250 kg/m^3) am 4. Mai beobachtet.

Die regionalen Unterschiede in den Schneehöhen machten sich auch in der ungleichmässigen Verfestigung der Schneedecke deutlich bemerkbar. Geringe Schneehöhen bei mehrwöchigem Strahlungswetter führten im Frühwinter zu starker Umwandlung des Schnees. So entstand in mittleren und hohen Lagen durchwegs eine sehr lockere, wenig belastbare Bodenschicht. Ergiebige Schneefälle im Dezember und Januar ergaben am Alpennordhang und in den angrenzenden Gebieten eine ziemlich mächtige und gut verfestigte Zwischenschicht. Mässige Schneefälle im Januar und Februar liessen weitere wenig verfestigte Schichten entstehen, bevor sich bei grösseren Schneefällen im März weitere gut verfestigte Schichten bildeten. Wie die Schneehöhen und Wasserwerte nahm auch die Festigkeit der Schneedecke von Norden nach Süden, zum Teil innerhalb eng begrenzter Gebiete, beträchtlich ab. Am Alpensüdhang und in den angrenzenden Gebieten war sie besonders gering.

Im Winter 1986/87 verursachten Lawinen in 60 Fällen ausschliesslich Sachschäden. Grossen Schaden richtete die Siedersgrabenlawine am Wald bei Wimmis an (500 m^3 geworfenes Holz). In 28 Fällen erfassten Lawinen insgesamt 48 Touristen und 3 weitere Personen. Von 36 Überlebenden blieben 15 unverletzt.

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, 1985-87a] et pluriannuelle [Schüepp, 1972] de la température de l'air. Les précipitations [SMA, 1985-87b] sont indiquées par les sommes journalières mesurées aux stations de Zurich ISM et du Saentis. 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, 1985-87c]. 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, 1985-87d]. 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 basé 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 appairaissent 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 apparait 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 donnés climatiques avec les données du bilan de masse sont toujours valables, tant que les remarques concernant l'homogénéité des series d'observations, particulièrement des séries affectées par l'automatisation des observations météorologiques [Schüepp, 1983].

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 (chap. 5.5). Les conditions d'enneigement [SLF, 1986 et 1987] sont commentées dans les rapports particuliers "neige et avalanches" à la fin des chapitres 1.2 et 1.3.

Les informations sur les débits des bassins versants englacés [LHG, 1985-87] sont réduites aux remarques faites dans le texte (chap. 1.2 et 1.3), aux données reportées dans le tableau 5.2 ou représentées dans la figure 5.1 (chap. 5).

La description des conditions climatiques (chap. 1.2 et 1.3) est reproduite (à quelques modifications près) telle qu'elle a été publiée [Aellen, 1987 et 1988].

1.2 CONDITIONS CLIMATIQUES 1985/86

Les écarts que présentent les valeurs quotidiennes de la température par rapport aux moyennes pluriannuelles (fig. 1.1) caractérisent le temps de la période examinée. La période estivale d'ablation des glaciers des Alpes suisses se termine, en règle générale, à la fin de septembre, dernier mois de l'année hydrologique. Cependant, tant au début qu'à la fin de cette phase de fusion, apparaissent des écarts par rapport à la moyenne qui atteignent quelquefois plusieurs semaines. Ce fut le cas en été 1985, puisque le terme de la fonte des glaciers se situe à la fin d'octobre. Partout, ce deuxième mois de l'automne s'est signalé, comme septembre d'ailleurs, par un temps très sec, très ensoleillé sur la plupart des régions et de 3 à 4 °C plus chaud que la norme en montagne, cet excédent thermique étant un peu plus faible en plaine.

En quelques brèves semaines, cet automne clément a fait place aux rigueurs d'un hiver précoce, qui a débuté sur le pays tout entier par un mois de novembre extrêmement sombre, humide et froid. Des invasions d'air polaire, associées à des précipitations abondantes et étendues, ont apporté la première neige sur les hautes Alpes au début du mois, puis sur les régions basses du nord des Alpes vers la mi-novembre déjà. Ce manteau neigeux a persisté en maints endroits du Plateau jusqu'à la fin du mois, grâce à une série de jours particulièrement froids qui a duré toute la seconde quinzaine de novembre. Le thermomètre est même resté constamment au-dessous de 0 °C sur les régions basses du centre et de l'est du Plateau pendant 10 à 15 jours, ce qui ne s'était pas produit à ce moment de l'année depuis plus de 80 ans. La moyenne thermique de ce mois est donc inférieure à la norme de 1.5 à 2 °C en plaine, et de 3 à 4 °C dans les régions du Jura et des Alpes, sises à altitude moyenne et élevée. Plusieurs contrées ont reçu en novembre, et pour la premère fois depuis de nombreux mois, des lames d'eau normales ou excédentaires, cette abondance de précipitations ayant surtout affecté le nord des Alpes et le Valais. En revanche, le déficit de pluviosité s'est prolongé, dans une moindre mesure, sur le nord du Tessin, en Engadine, ainsi qu'au nord et au centre des Grisons.

Au début de décembre, un brusque réchauffement a introduit une longue période douce, caractérisée tout d'abord par un beau temps anticyclonique sec qui a persisté jusqu'à Noël. Elle s'est poursuivie jusqu'à la fin de janvier par de fréquentes situations de vent d'ouest, parfois tempétueuses, génératrices de temps pluvieux. Durant la séquence de beau temps, les jours de brouillard ou de stratus bas ont été rares, et les régions de plaine ont joui, en décembre, d'un ensoleillement largement supérieur aux sommes habituelles. A Zurich, le soleil a brillé 89 heures, ce qui n'était pas arrivé en décembre depuis plus d'un siècle. Le foehn et l'élévation répétée de l'isotherme de 0 °C jusque vers 3000 m ont donné des moyennes mensuelles très élevées, dépassant généralement la norme de 1 à 2 °C, et même de 3 à 4 °C en montagne, cet écart étant encore plus important dans les vallées à foehn des Grisons et de la Suisse orientale. La pluviosité ne s'est révélée normale que sur quelques régions des Préalpes occidentales, dans les vallées de Poschiavo et de Bregaglia, ainsi que sur le Tessin méridional. Partout ailleurs, décembre s'est signalé par sa sécheresse, surtout dans les Alpes, où le pays de Glaris, l'Oberland grison et les vallées du sud du Valais ont reçu très peu d'eau. Dès les premiers jours du mois, le manteau neigeux de novembre a fortement reculé; il a même partiellement disparu sur les adrets à altitude moyenne et élevée jusqu'à Noël, mais il a persisté en général sur les glaciers. Quant aux régions restées libres de neige des Alpes et des Préalpes, la couver-

ture nivale définitive ne s'est établie par endroits que durant la première quinzaine de décembre, et de manière généralisée pendant la dernière semaine de l'année, lors de l'aggravation du temps qui eut lieu à ce moment là.

En janvier, la succession de nombreuses perturbations a apporté un temps très changeant, mais les éclaircies ont surtout favorisé le Plateau où ce mois s'est fait remarquer par son ensoleillement assez élevé et sa douceur inhabituelle, les moyennes s'écartant jusqu'à 2 °C de la norme. Dans les grandes vallées des Alpes, cet excédent thermique est aussi très marqué, car l'intensité des vents a, à plusieurs reprises, entravé la formation de lacs d'air froid. En revanche, l'écart s'est dessiné dans l'autre sens sur les régions montagneuses peu ensoleillées, sises au-dessus de 1500 m d'altitude, et il a même fait très froid dans les hautes Alpes. Partout, les précipitations se sont montrées abondantes et sont souvent tombées sous forme de neige, même jusqu'en plaine, vers la fin du mois surtout. La couche neigeuse s'est fortement accrue lors de vents tempétueux associés à des orages, survenus vers le milieu et la fin du mois. L'épaisseur cumulée de neige fraîche, mesurée en janvier au Saentis et sur le massif du Saint-Gothard, dépasse 3.5 m et la lame d'eau mensuelle s'élève jusqu'au double de la norme sur le Plateau, voire jusqu'à son triple sur le Jura et sur les Alpes. Cet excédent a donc neutralisé le déficit du bilan hydrologique observé sur les régions englacées en octobre; de plus, il a ramené à une valeur presque normale l'épaisseur du manteau neigeux sur tout le domaine alpin.

Pendant les six semaines suivantes, la couverture neigeuse ne s'est que peu modifiée, et son épaisseur était à nouveau nettement au-dessous de la moyenne pluriannuelle à mi-mars, car tout le mois de février s'est signalé par un froid persistant sur l'ensemble du pays et de faibles précipitations sur de vastes régions. Bien que plus douce, la première moitié de mars présente les mêmes caractéristiques pluviométriques. Les rigueurs de février ont frappé de plein fouet le nord et l'est du pays, presque constamment sous l'influence de masses d'air continental, tandis qu'elles s'atténuaient sur l'ouest et le sud de la Suisse, grâce à des incursions d'air doux provenant de dépressions se dirigeant de l'Atlantique vers la Méditerranée. Fréquemment recouvertes par la mer de brouillard, les régions de plaine ont connu un ensoleillement très maigre et un déficit thermique important. Son maximum, le plus élevé depuis 30 ans, localisé sur la région de Bâle et sur l'est de la Suisse, se situe entre 5 et 6 °C au-dessous de la norme. Bien qu'un peu plus faible, il reste très prononcé ailleurs au nord des Alpes et sur les Grisons; il atteint encore 2.5 ou 3 °C sur le reste du pays. A l'exception de quelques régions de la Suisse romande et des environs de Bâle qui ont bénéficié d'une pluviosité normale, février a été très sec partout, particulièrement sur le Jura occidental et sur les Alpes. Le record du mois est détenu par l'Engadine, l'Oberland grison et le centre de ce canton, où les précipitations n'ont donné que 20 à 30 % de la norme. A part le bassin lémanique, la neige a recouvert le sol du Plateau suisse de manière ininterrompue pendant 6 à 7 semaines à partir des 24/26 janvier, constituant ainsi une période d'enneigement extraordinairement longue pour les régions de basse altitude.

Au début de mars, un fort réchauffement a apporté un temps ensoleillé et doux en montagne jusque vers le milieu du mois, tandis que, en plaine, le ciel restait couvert et la température fraîche, en raison de nombreuses formations de brouillard. La neige a fortement fondu dans les régions basses, ainsi que sur les versants ensoleillés des montagnes situés à moyenne altitude, et elle a même disparu en plaine. Dès le 15 mars, le temps est devenu variable et caractérisé par des vents parfois violents et des précipitations abondantes. La lame d'eau normale du mois a ainsi été atteinte, voire dépassée, surtout sur les Alpes occiden-

tales. Alors que les excédents se révélaient très marqués sur le Valais et sur les Alpes vaudoises, fribourgeoises et bernoises, on notait des déficits importants au sud des Alpes et dans les Grisons, et un peu plus faibles sur l'Ajoie, sur la région de Bâle et sur le bassin du Léman.

Sous l'influence de plusieurs dépressions étendues, le mois d'avril tout entier s'est distingué par un temps changeant, frais, humide et sombre sur l'ensemble de la Suisse. Les masses d'air ont alterné rapidement, ce qui a provoqué de brusques sautes de température, parfois très marquées au nord des Alpes. Ainsi, le thermomètre a grimpé, sous l'action du foehn, jusque vers 20 °C en Suisse orientale le 7 avril et, quelques jours plus tard, après une chute de neige jusqu'en plaine, le mercure est redescendu jusqu'à -10 °C tôt le matin du 13 avril. La moyenne thermique de ce mois est donc inférieure à la norme, de peu en Engadine, dans le centre des Grisons et dans le Rheintal saint-gallois, de beaucoup (1 à 2 °C) sur la plupart des autres régions du pays. Des précipitations fréquentes et souvent abondantes, parfois liées à des orages et à des vents violents, ont donné sur toute la Suisse des lames d'eau mensuelles importantes, voire considérables. Au Tessin, sur le Haut-Valais et sur la région du Rheinwald, elles atteignent souvent quatre à cinq fois la moyenne pluriannuelle. Les 1239 mm de Camedo et les 1179 mm de Mosogno constituent des exceptions, puisqu'ils se rangent parmi les totaux mensuels les plus élevés de Suisse.

Une longue période de chaleur aux températures parfois estivales, qui a commencé au tout début de mai au nord des Alpes et quelques jours plus tard sur leur versant sud, a de loin compensé le déficit thermique du mois précédent, malgré le refroidissement très marqué des cinq derniers jours de mai. A nouveau, il a plu fréquemment et beaucoup en plusieurs endroits. A l'est d'une ligne passant par Bâle, Fribourg et Montreux, de gros orages ont créé des excédents mensuels atteignant 50 à 100 % de la norme, surtout sur le Plateau et sur les Préalpes. En revanche, ce mois s'est révélé un peu moins humide que d'habitude sur l'ouest du bassin lémanique, sur le sud du Tessin et sur la Basse-Engadine, et nettement plus sec sur les régions méridionales en général, sur les vallées de Conches et de la Viège en particulier.

Le froid de la fin de mai a apporté des chutes de neige sur les Alpes orientales jusque vers 1000 m d'altitude; il a duré jusqu'au milieu de juin, avec quelques interruptions. La neige est réapparue dans les Alpes, le 5 juin, jusque vers 1200 m, et le 11 juin, au-dessous de 1500 m. Dès le milieu du mois, l'anticyclone des Açores s'est étendu sur le continent européen et a procuré au pays tout entier un temps estival, chaud et sec jusqu'au 30 juin. Quelques vallées de l'intérieur du massif alpin ont alors connu, pendant plusieurs jours, les premières grandes chaleurs de l'été, tandis qu'une faible bise empêchait la température de monter autant au nord des Alpes. Sur la majeure partie du pays, les moyennes thermiques de ce mois sont de 0.5 à 1 °C supérieures à la moyenne pluriannuelle. Quant à la pluviosité de juin, des orages locaux lui ont conféré une répartition très variée. Quelques régions du Plateau lucernois et argovien affichent des sommes assez normales, tandis qu'elles se révèlent partout ailleurs peu ou prou déficitaires, le minimum (50 % de la norme environ) affectant la Suisse méridionale, la Haute-Engadine et quelques stations du Valais et de l'ouest du Plateau. Avec le réchauffement du milieu de juin, la fonte générale des neiges a enfin débuté dans les hautes Alpes. Pendant la dernière décade, les réserves d'eau accumulées dans le manteau neigeux recouvrant les régions englacées ont diminué rapidement jusqu'à des valeurs normales, grâce à une ablation intense. L'épaisseur de la couverture nivale avait pourtant fortement dépassé la moyenne après les abondantes chutes de neige d'avril, de la fin de mai et du début

de juin. Hors des glaciers, le manteau neigeux, qui avait déjà abandonné en grande partie les altitudes moyennes avant le milieu de mai, a également disparu des régions élevées.
Après une première semaine de juillet très chaude, le temps est devenu changeant et frais en général jusque vers le milieu du mois; les épisodes temporairement ensoleillés ont ensuite alterné avec des orages souvent associés à des chutes de grêle. La vigoureuse perturbation qui a traversé le pays, les 23 et 24 juillet, a provoqué un peu partout des orages tempétueux et de la grêle dévastatrice sur certaines contrées de Suisse romande et du versant nord des Alpes. La dernière semaine du mois a vu le retour d'une chaleur très estivale et d'un temps sec en général, constituant des moyennes mensuelles faiblement supérieures à la norme. Comme en juin, la pluviosité de juillet s'est révélée très variable d'un endroit à l'autre. Les lames d'eau sont normales ou faiblement excédentaires sur le nord-est de la Suisse, sur la vallée du Rhin entre Coire et le lac de Constance, ainsi que sur le Bas-Valais. Un certain déficit apparaît sur l'ouest et le sud du pays, particulièrement en Ajoie et au sud du Tessin, où il dépasse 40 %.

Grosse chaleur, nombreux orages et fortes pluies, grêle et violentes rafales caractérisent les trois premières semaines d'août. Elles sont suivies de deux invasions d'air polaire, les 23 et 27 août, apportant pluie et froid jusqu'à la fin du mois. Malgré cela, il se dessine un petit excédent thermique, comme en juillet, sensible surtout au nord des Alpes et dans les Grisons. Bien que plus élevées que pendant les mois précédents, les lames d'eau varient fortement sur de courtes distances. Elles sont généralement comprises entre 120 et 150 % de la norme, mais lui sont légèrement inférieures en maintes stations du Jura occidental, du centre de la Suisse, de la vallée de Saas et du massif du Simplon. La grêle du 18 août a causé de très gros dégâts à Genève, dans la vallée saint-galloise du Rhin, sur les bords du lac des Quatre-Cantons et dans l'Entlebuch.

Le mois de septembre s'est révélé plus chaud, plus sec et plus lumineux que d'habitude. Après les quelques faibles variations météorologiques de la première quinzaine, une perturbation a apporté un fort rafraîchissement et les seules pluies notables du mois. Puis une période de temps automnal, ensoleillé et très doux, s'est installée dans les dix derniers jours de septembre et s'est prolongée jusqu'au-delà du milieu d'octobre, interrompue une seule fois, le 25 septembre, par le passage d'un front froid atténué. Les moyennes thermiques de septembre dépassent nettement la norme sur tout le pays et leur écart atteint 1 à 2 °C sur le domaine alpin et en Suisse romande. Presque partout, la pluviosité de ce mois n'atteint même pas la moitié de la quantité habituelle, et la sécheresse a frappé des contrées étendues des cantons du Tessin, des Grisons, de Saint-Gall et d'Appenzell, ainsi que le haut pays zuricois. A l'exception du centre et du sud du Tessin, le nombre d'heures ensoleillées a dépassé la norme de 30 à 40 %, surtout sur les régions élevées du Jura et des Alpes.

Cette longue séquence de temps sec et doux a été interrompue, le 13 octobre, par quelques faibles pluies sur une partie de la Suisse romande, et elle s'est terminée sur l'ensemble du pays par une situation cyclonique d'ouest, du 19 au 23 octobre. D'abondantes précipitations, associées par moments à des vents tempétueux d'ouest, ont apporté la première neige de l'hiver sur les Alpes. Les 25 et 26 octobre, le fort refroidissement d'une nouvelle perturbation, qui a provoqué des chutes de neige jusque vers 1000 m dans les Alpes, a définitivement mis un terme à la période d'ablation de l'été 1986, même pour les glaciers les plus bas. Les réserves d'eau des bassins versants englacé ont atteint leur minimum annuel le 18 octobre. Il n'a pas été dépassé pendant toute la période de beau temps ultérieure qui s'est prolongée, malgré quelques brèves interruptions, jusqu'au milieu de décembre, bien que novembre ait été très doux

et extraordinairement sec, surtout en altitude. Dans les régions non englacées, le manteau neigeux définitif de l'hiver 1986/87 s'est établi localement lors des chutes de neige du 23 novembre qui sont descendues jusqu'à 700 m d'altitude, et de manière générale dès le milieu de décembre. La neige est même apparue jusqu'en plaine au nord des Alpes, lors de la première vigoureuse offensive de l'hiver, le 19 décembre.

La figure 1.3 montre la distribution spatiale des écarts des précipitations de l'année et des températures moyennes de l'été. Une vaste zone compacte, s'étendant du Jura à l'Engadine d'une part, et du Tessin au lac de Constance d'autre part, contient les lames d'eau annuelles voisines de la norme. Les régions abondamment arrosées forment une large bande discontinue sur la moitié ouest de la Suisse, du nord du pays au Bas-Valais, par-dessus les Alpes bernoises. On en distingue d'autres, plus petites, sur la moitié est de la Suisse, entre le lac Inférieur et celui de Zurich, entre l'Adula et l'embouchure du Rhin dans le lac de Constance, ainsi qu'entre les vallées de Müstair et de Poschiavo. Quant aux contrées peu arrosées, elles se retrouvent surtout sur les régions de la Suisse orientale soumises au foehn, entre la vallée de la Reuss et le Saentis, ainsi que sur le Domleschg et sur la Basse-Engadine. Sur la figure 1.3b, les écarts positifs marqués des températures estivales moyennes recouvrent l'ensemble du pays et caractérisent l'été 1986. Deux exceptions cependant, les régions d'Aigle (plaine du Rhône) et de San Bernardino (val Mesocco), attribuées à la zone normale, mais leurs écarts tombent juste à sa limite supérieure. Quant aux stations de montagne du Saentis et du Corvatsch, les indices supérieurs à 3 qui leur sont attribués signifient que leurs écarts thermiques se situent près des valeurs extrêmes qui surviennent moins d'une fois en 45 ans.

Neige et avalanches en hiver 1985/86:
(S. Gliott, ENA)

La couche de neige définitive est apparue en plusieurs étapes, d'abord à 4 stations d'observation entre le 31 octobre et le 2 novembre, puis à 53 stations du 11 au 13 novembre et, finalement le 26 décembre ou plus tard, aux 35 stations restantes. Son évolution ultérieure a également connu des péripéties très diverses, tant durant la phase d'accroissement que pendant celle de destruction. Les abondantes précipitations des deuxième et troisième décades de janvier ont rapidement augmenté son épaisseur; en maints endroits, on a alors mesuré les valeurs maximales de tout l'hiver. Une longue période d'accroissement très réduit a couvert tout le mois de février, suivie d'un début de fusion pendant la première quinzaine de mars. Cet intermède a été interrompu, en avril, par un nouvel accroissement très important, qui a surtout affecté le sud des Alpes où l'on a noté des totaux pluviométriques extraordinairement élevés. C'est ainsi que l'épaisseur de la couche de neige a augmenté, entre le 1er et le 28 avril, de 210 à 645 cm, nouveau maximum absolu, à Robiei (1890 m). L'ancien record atteignait 620 cm, mesurés le 7 avril 1975. A cette même station, la somme cumulée de la neige fraîche en avril 1986 s'est élevée à 827 cm, ce qui correspond à une lame d'eau de 1350 mm. Le 23 avril, 185 mm sont tombés en 24 heures, record absolu de cet hiver. Les 42 stations de mesure nous ont livré 929 observations journalières; 60 de ces mesures atteignent 50 mm au moins, dont 34, 60 mm ou plus, pour l'accroissement quotidien.

Dans la majeure partie des Alpes, l'épaisseur maximale du manteau neigeux est proche des valeurs normales, alors qu'elle s'élève davantage en Valais, au Tessin et en Engadine. Bien qu'au début de mai l'enneigement se révélât encore très excédentaire partout, les régions situées à moyenne altitude étaient déjà libres de neige au milieu du mois, de même que la plupart des pentes élevées à la fin de la seconde quinzaine. Toutefois, la couverture nivale compacte s'est maintenue pendant tout le mois de juin aux stations les plus élevées du Weissfluhjoch (2450 m) et du Saentis (2500 m), et même durant les trois premières semaines de juillet à ce dernier emplacement. Au début de l'hiver, faibles épaisseurs de la couche de neige et basses températures ont conféré à celle-ci une strate de base peu cohérente. La formation de givre en surface pendant le gros de l'hiver a créé de nouveaux niveaux lâches, ce qui a constitué un empilement peu résistant aux charges créées par l'accumulation de la neige fraîche et le passage des skieurs. Les nombreuses situations propices aux avalanches sont ainsi décrites dans le rapport hivernal 1985/86 de l'ENA [SLF, 1986]:

> *"Cet hiver s'est caractérisé par un grand nombre de périodes où les conditions de formation des avalanches se sont révélées très diverses. A quatre reprises, des chutes de neige, extrêmement abondantes par endroits, ont provoqué un nombre accru d'avalanches spontanées. Du 12 au 17 janvier, de nombreuses coulées sont descendues sur le versant nord des Alpes orientales, sur le nord des Grisons et en Basse-Engadine. Entre le 30 janvier et le 2 février, ce fut le tour du sud des Grisons et du Tessin de subir des avalanches destructrices. Citons ensuite les fréquentes coulées en Valais du 6 au 8 avril et, pour conclure, l'épisode du 22 au 26 avril, avec d'énormes chutes de neige sur les montagnes du Tessin et du sud des Grisons, et un peu moins importantes sur le massif du Saint-Gothard. Le volume inusité de ces dernières avalanches a créé une situation préoccupante."*

Pour l'hiver 1985/86, 283 cas assortis de dégâts matériels ont été annoncés; ils se rapportent en grande partie à des avalanches de dimensions anormales. Elles ont frappé surtout le Tessin et les vals Mesocco et Calanca. Certaines avalanches du val Bedretto (Cabbiolo, Mogno et Villa) n'ont provoqué des dégâts qu'à leur deuxième, voire à leur troisième passage. Leurs cônes d'accumulation, aux volumes disproportionnés, n'ont pas fondu entièrement pendant l'été suivant, pourtant très chaud. Le nombre des personnes emportées par les avalanches se monte cette année à 117, dont 83 ont survécu; 37 ont subi des blessures plus ou moins graves et les autres en ont été quittes pour la peur.

1.3 CONDITIONS CLIMATIQUES 1986/87

Les écarts que présentent les valeurs quotidiennes de la température par rapport aux moyennes pluriannuelles (fig. 1.2) caractérisent le temps de la période examinée. En 1986, le début de l'année hydrologique, fixé au 1er octobre, est tombé en plein milieu d'une longue période estivale et presque sans précipitations, qui a affecté la Suisse du 16 septembre au 18 octobre. Celle-ci fait donc partie du cycle climatologique annuel 1985/86, tant en ce qui concerne l'ablation des glaciers et leur bilan de masse, que le bilan hydrologique des régions englacées du pays. Le cycle 1986/87 a donc réellement débuté le 19 octobre par un flux d'ouest, parfois tempétueux, qui a dirigé de l'air maritime très humide vers les Alpes pendant plusieurs jours et a apporté d'abondantes pluies sur tout le territoire suisse, ainsi qu'un fort refroidissement et les premières chutes de neige sur les hautes Alpes. Celles-ci ont atteint les vallées lors du passage de la perturbation suivante, les 25 et 26 octobre.

Après un intermède de temps changeant, une situation anticyclonique s'est à nouveau installée sur l'Europe centrale du 3 novembre jusque vers le milieu de décembre, procurant en montagne et, parfois, aux régions basses du pays, un temps ensoleillé et doux. Une interruption marquée de cette belle période s'est produite du 20 au 23 novembre, lorsque la traîne d'une dépression, se déplaçant de l'Atlantique vers l'Ecosse, a déclenché une arrivée d'air polaire sur les Alpes et des précipitations sur l'ensemble de la Suisse. Elles sont tombées sous forme de neige à haute et moyenne altitude le 23 novembre, puis jusque vers 700 m. A cette occasion, de vastes contrées des Alpes et des Préalpes ont reçu leur manteau neigeux hivernal définitif. A l'exception des stations élevées du Grimsel, du Saentis et du Weissfluhjoch, déjà recouvertes de neige depuis octobre, tous les points de mesure du réseau nivométrique [SLF, 1987] situés dans les Alpes centrales et orientales, de la Suisse primitive à l'Engadine, ont été enneigés sans discontinuité depuis ce moment-là. En revanche, la neige a disparu en décembre, en plusieurs stations des régions alpines occidentales et centrales, de l'Oberland bernois au sud des Grisons; leur enneigement permanent n'a débuté qu'à la mi-décembre, à l'occasion de nouvelles chutes de neige qui se sont étendues jusqu'en plaine au nord des Alpes. La couche nivale a subi un accroissement appréciable pendant les trois semaines suivantes et, le 11 janvier, les contrées basses du versant sud des Alpes ont été recouvertes à leur tour pour un temps relativement bref (deux semaines seulement à Poschiavo, par exemple).

D'octobre à décembre, la pluviosité est restée de loin inférieure à la norme sur de vastes régions, situées en général au sud du pays. Bien que la plupart des lames d'eau mensuelles fussent normales en octobre, il s'est dessiné un gradient nord-sud très marqué, allant de valeurs excédentaires sur le canton de Schaffhouse à extrêmement faibles (5 % à peine de la moyenne) sur le Tessin méridional. En novembre, il est tombé des quantités d'eau généralement inférieures à la moitié de la pluviosité habituelle à l'interieur des Alpes, ainsi que sur de vastes contrées du sud, de l'ouest et du nord-ouest de la Suisse, alors que le déficit pluviométrique atteignait 20 à 30 % sur presque tout le reste du pays. La sécheresse s'est prolongée en décembre sur la Suisse méridionale, tandis que les précipitations atteignaient des sommes normales ou faiblement excédentaires sur les Alpes et sur le nord du pays, voire importantes en Valais et sur les crêtes. La plupart des stations sises au-dessus de 2000 m d'altitude, ainsi que quelques points de mesure isolées dans le Jura (la Dôle), en Valais (Montana) et dans la vallée du Rhin (Coire), se sont signalées par des lames d'eau s'élevant de 200 à 250 % de la valeur normale de décembre.

La température est restée au-dessus de la moyenne durant tout le dernier trimestre de 1986. L'excédent thermique a atteint 2 à 3 °C partout en octobre et surtout en montagne en novembre, alors que, en plaine, il était réduit par de forts gels nocturnes survenus vers la fin du mois. En décembre, le temps doux du début du mois et les fortes variations thermiques, associées au temps perturbé de la seconde quinzaine, n'ont pas été compensés par la grande froidure de Noël (jusqu'à -15 °C en plaine); les écarts thermiques sont aussi positifs pour ce mois, bien que faibles en général. Ils s'élèvent cependant jusqu'à 2 °C pour quelques stations de l'Engadine, du Plateau central et oriental et du nord-ouest de la Suisse. Sur les parties englacées des bassins versants alpins, l'augmentation des réserves hydrauliques se situe loin au-dessous de la norme jusqu'à mi-décembre (fig. 5.1b et 5.2). L'ablation inhabituelle des glaciers en octobre et le déficit pluviométrique de novembre ont donné, pour les dix premières semaines de l'année hydrologique, un bilan à peine équilibré au lieu d'un accroissement normal, d'un mètre environ, de la couche de neige, correspondant à une valeur en eau de 30 cm. Les fortes chutes de neige de la seconde moitié de décembre et de la premiere semaine de janvier ont amplement comblé ce retard.

Pendant la première moitié de 1987, les mois froids ont alterné avec les mois doux. Le temps changeant de la fin de décembre s'est prolongé sur janvier et a apporté, avec des vents temporairement violents, des précipitations abondantes sur le versant nord des Alpes. Il est même tombé jusqu'à 80 % de la somme habituelle de janvier, pendant les premiers jours de l'année. Les quatre semaines suivantes ont été dominées par une situation météorologique presque stationnaire, caractérisée par un anticyclone sur le nord de l'Europe et une zone dépressionnaire sur la Méditerranée. Par moments, le froid était très vif, surtout au nord des Alpes, grâce à des poussées d'air arctique continental en direction de l'Europe centrale, qui conduisaient à la formation d'une mer de brouillard étendue. Le thermomètre a marqué des températures particulièrement basses le 12 janvier, -20 à -30 °C sur le centre et l'est du Plateau, et même -41,8 °C à La Brévine, une valeur proche du record absolu de cette station. C'est pendant cette période que les premières précipitations importantes de l'hiver se sont produites au sud des Alpes, vers le milieu de janvier. Dans les régions libres de brouillard, qui ont bénéficié d'un temps ensoleillé et assez doux pendant la seconde quinzaine du mois, la moyenne thermique de janvier se situe entre 1 et 2 °C au-dessous de la norme; il a fait, en revanche, nettement plus froid (écart négatif de 3 à 4 °C) sur les contrées peu ensoleillées, situées au-dessous de la nappe de brouillard élevé. Quant à la pluviosité mensuelle, elle est souvent inférieure à la moyenne pluriannuelle, surtout au nord du Tessin et en Engadine. Toutefois, elle est égale à la norme ou lui est nettement supérieure sur le versant nord des Alpes et en Valais.

Février a débuté par une première semaine froide et sèche, suivie d'un temps généralement doux, fortement nuageux et pluvieux, déterminé par un régime de sud-ouest à ouest. Les précipitations se sont concentrées sur tout le pays vers le milieu du mois, et au nord des Alpes pendant les derniers jours. Dans l'ensemble, ce mois s'est révélé assez doux avec des écarts positifs faibles sur les régions basses du Tessin, modérés (0.5 à 1.5 °C) un peu partout ailleurs, et importants (jusqu'à 3 °C) dans les hautes Alpes, dans la vallée de Conches et dans quelques contrées des Grisons. Les lames d'eau mensuelles atteignent des valeurs élevées sur le Tessin (jusqu'à trois fois la norme) et sur de vastes régions s'étendant du sud du Valais au Rhin grison, par la vallée de Conches et le massif du Saint-Gothard. Elles sont déficitaires en Valais central et sur le pourtour nord de la Suisse, de Bâle au lac de Constance. Autre caractéristique de ce mois, son manque de soleil particulièrement marqué en plaine et au Tessin (60 à 80 % de

déficit), un peu moindre (10 à 30 %) au-dessus de 1000 m d'altitude, au nord des Alpes. C'est ainsi que Zurich, avec 22 heures ensoleillées seulement, a connu son mois de février le plus sombre depuis le début des mesures héliométriques en 1884.

Le 2 mars, une vigoureuse invasion d'air froid a créé des conditions hivernales qui se sont prolongées jusqu'au début du printemps astronomique par de nombreuses chutes de neige, parfois abondantes même en plaine. Les jours chauds ont ensuite alterné avec les jours froids jusqu'au milieu d'avril qui a vu, enfin, le réchauffement saisonnier tant attendu. Le mois de mars se signale donc par des déficits thermiques importants, atteignant 1.5 à 2 °C dans la vallée du Rhône, sur le Tessin méridional et sur le Plateau le long du Jura, et 2 à 3 °C un peu partout ailleurs. L'écart s'élève même jusqu'à 4 °C sur les régions élevées du Jura et des Alpes, où ce premier mois du printemps se range parmi les plus froids du siècle. Au nord des Alpes, une pluviosité mensuelle normale à abondante, à l'exception de quelques faibles déficits affectant la Suisse septentrionale et le pied du Jura, a pour corollaire un ensoleillement assez maigre, surtout sur le Plateau occidental et sur le bassin du Léman. Sur les autres régions du pays, en revanche, le nombre des heures ensoleillées est normal et les lames d'eau faibles (centre du domaine alpin, du Valais aux Grisons) à très faibles (Tessin et sud des Grisons). Dans la tranche d'altitude inférieure des Alpes, le manteau neigeux a atteint son épaisseur maximale à la fin de décembre, au début de janvier ou en février selon les endroits et sa plus grande valeur en eau à la fin de mars seulement, grâce aux précipitations abondantes de ce mois. A altitude moyenne, seul la valeur en eau a continué de croître jusqu'à mi-avril, moment où valeur en eau et épaisseur de la neige atteignaient leur maximum simultanément à l'étage élevé. Les réserves hydrauliques des régions englacées des Alpes, qui n'ont augmenté que lentement en janvier et en février, se sont retrouvées nettement déficitaires, et ce n'est qu'après d'abondantes chutes de neige qu'elles ont atteint leur niveau normal au début de mars et l'ont même dépassé de manière appréciable pendant la première quinzaine d'avril (fig. 5.1b et 5.2).

D'avril à juin, le temps s'est montré presque constamment trop froid, sombre et pluvieux en plaine et sur les Préalpes; il a même pris un caractère hivernal dans les hautes Alpes. Après une première moitié d'avril changeante et assez humide, la seconde quinzaine s'est signalée par des journées ensoleillées et douces, voire estivales et orageuses en fin de période. Il s'en est suivi des moyennes thermiques mensuelles généralement de 1 à 2 °C supérieures à la norme et un ensoleillement excédentaire en toutes régions. Quant à la pluviosité, elle a oscillé autour de la moyenne habituelle, un peu au-dessous sur le sud du Tessin, aux Grisons et au nord du massif alpin, un peu au-dessus de part et d'autre de la crête des Alpes.

Exception faite du temps printanier des deux premiers jours, tout le mois de mai a connu un déferlement presque ininterrompu de masses d'air froid et humide en provenance du secteur nord-ouest à nord-est. Elles ont épargné, dans une certaine mesure, les régions méridionales du pays où la froidure et l'humidité ont été moins prononcées qu'au nord des Alpes, dont la moyenne de température de mai, jusqu'à 3 °C trop basse, était souvent inférieure à celle d'avril, en haute montagne surtout. A cette même tranche d'altitude, les précipitations mensuelles ont largement dépassé la norme, de plus de 100 % parfois, tandis que, plus bas, elles restaient normales à fortement excédentaires sur le nord de la Suisse et atteignaient des valeurs peu ou prou déficitaires sur le sud.

Ce même type de temps s'est prolongé en juin jusqu'au solstice d'été. De nombreux orages et des précipitations abondantes, associées parfois à de la grêle, ont affecté toutes les contrées du pays. Men-

tionnons, à cet égard, les violentes averses du 8 juin (133 mm à Locarno, 151 mm à Brissago) et l'apparition inusitée de la neige jusqu'à 700 m, le 7 juin. La majorité des cours d'eau ont subi des crues importantes et prolongées au nord des Alpes et les niveaux des lacs de cette région ont atteint les valeurs les plus fortes de ces trois dernières décennies. A Rheinfelden, le Rhin est monté, entre le 15 et le 22 juin, au-dessus du niveau critique interdisant la navigation fluviale, ce qui ne s'était pas produit pendant autant de jours depuis juin 1910. Il faut même remonter jusqu'à juin 1876 pour trouver une crue encore plus longue. Pendant le dernier tiers du mois, l'anticyclone des Açores s'est enfin prolongé vers l'Europe centrale et a apporté une amélioration du temps avec une hausse rapide de la température vers des valeurs estivales. Malgré la diminution du déficit thermique de juin, due aux quelques jours de chaleur de la fin du mois, son ampleur atteint encore 1 à 1.5 °C sur la majeure partie de la Suisse. Quant à la pluviosité mensuelle, elle ne présente de déficit nulle part et s'élève, par endroits, jusqu'au triple de la norme. La fusion du manteau neigeux hivernal s'est déroulée de manière très diverse selon les régions et l'hypsométrie. La neige a déjà disparu en avril à moyenne altitude dans le massif alpin et au sud de celui-ci, tandis que certaines régions assez basses du versant nord sont restées enneigées jusque vers la fin de mai. A altitude élevée, au Weissfluhjoch, par exemple, la valeur en eau de la couche nivale a augmenté jusqu'au début du mois de juin. Dans les régions englacées, les réserves hydrauliques se sont encore accrues pendant ce mois jusqu'à des valeurs très supérieures à la moyenne, l'ablation ne débutant qu'avec la séquence chaude de la dernière décade (fig. 5.1b et 5.2).

La seconde moitié de l'année s'est caractérisée par des périodes prolongées de temps beau et doux. Pendant l'été, beaucoup d'orages et quelques pluies extraordinairement intenses ont provoqué nombre d'inondations, de coulées de boue et de glissements de terrain. Associées à des températures élevées, ces pluies de durée inusitée ont déclenché des crues extrêmes, causant de graves dégâts dans diverses vallées des Alpes en juillet et en août, ainsi que dans plusieurs régions du Jura en septembre [LHG, 1988; BWW/LHG, 1991]. Pendant les chaleurs et les orages de la première moitié de juillet, les dégâts sont restés locaux, alors que, dès le milieu du mois, une invasion d'air froid a déclenché des pluies généralisées et abondantes, conduisant à de véritables catastrophes naturelles, dans les Alpes tessinoises et grisonnes, les 18 et 19 juillet. Du 16 au 20, plusieurs stations pluviométriques ont reçu plus de 400 mm d'eau (410 mm à Biasca, 431 mm à Brissago, 461 mm à Camedo, par exemple), ce qui équivaut à plus du double de la lame d'eau mensuelle moyenne. Puis le temps est devenu frais et pluvieux jusqu'à la fin du mois et pendant la première décade d'août. Soleil, chaleur estivale et peu de pluie ont dominé la deuxième décade ainsi que la fin de ce mois, après une interruption due au passage d'un couloir dépressionnaire entre le 23 et le 28 août. Les précipitations, violentes et durables, des premiers jours de cet intermède pluvieux ont provoqué les très graves inondations des 24 et 25 août dans le centre et le sud du domaine alpin. Les lames d'eau les plus fortes ont été recueillies sur l'ouest du Tessin (plus de 350 mm sur la vallée de la Maggia) et sur les régions avoisinantes, où quelques pluviomètres ont presque battu les records journaliers le 24 août (200 mm à Binn;190 mm à Airolo; 150 mm sur l'alpe de Göschenen).

Les moyennes mensuelles de température se situent autour de la norme en juillet et la dépassent d'un degré en général, voire de deux en Suisse romande, en août. Quant à la pluviométrie mensuelle, elle varie fortement d'un endroit à l'autre, juillet étant souvent trop arrosé et août trop sec. On a récolté des lames d'eau allant jusqu'à trois fois la norme sur les vallées méridionales des Grisons, sur de vastes contrées du Tessin et sur les vallées grisonnes du Rhin en juillet, sur le massif alpin central entre les cols du Simplon et de l'Oberalp en août. Les excédents pluviométriques sont un peu plus faibles entre l'Oberland

grison et la vallée de Poschiavo à cette même époque, tandis que la pluviosité est restée normale, voire faiblement déficitaire en juillet sur quelques régions du Valais et du Plateau central et oriental seulement.

Le premier tiers du mois de septembre a été doté d'un temps assez ensoleillé et doux, orageux parfois, suivi d'une magnifique période de deux semaines, aux températures hautement estivales, telles qu'on n'en avait pas revu depuis septembre 1947. Le thermomètre a franchi la barre de 30 °C à plusieurs reprises et en maints endroits (32.4 °C à Viège, 32.0 °C à Vaduz, par exemple). Grâce à une invasion d'air froid, des pluies orageuses se sont abattues du 23 au 26 septembre sur de vastes régions du nord des Alpes, provoquant, par leur intensité, des inondations et des dégâts dans la nuit du 26, sur l'ouest et le nord du Jura surtout. Le mois s'est terminé par quelques journées ensoleillées, mais fraîches. Pour la température, les valeurs mensuelles de septembre se situent nettement au-dessus de la norme, l'écart atteignant 3 à 5 °C en général, un peu moins (2 à 3 °C) dans les vallées du versant sud des Alpes. Celles de la pluviosité varient entre des sommes élevées (jusqu'à deux fois la moyenne pluriannuelle) sur le Jura, le nord de la Suisse et le sud des Grisons, et des totaux assez maigres (moins de 50 %) sur le sud et l'est du Valais, sur la vallée d'Urseren et sur le Tessin central et méridional, voire très faibles (moins de 20 %) sur les Centovalli. La fusion de la neige et l'ablation des glaciers, qui se sont déroulées de manière très active pendant les périodes de chaleur estivale, ont à peine subi un ralentissement durant les intermèdes pluvieux grâce à leur température inhabituellement élevée. Les réserves en eau des régions englacées ont donc diminué tout à fait normalement de juin à août, malgré l'excédent pluviométrique important, puis intensément en septembre.

Le 10 octobre, après quelques jours souvent doux, grâce à l'influence du foehn, ce vent du sud, soufflant en tempête, a apporté de fortes pluies sur les deux versants des Alpes, ainsi que les premières chutes de neige de l'hiver, jusqu'à 1000 m d'altitude sur le Jura, le 12 octobre. Ainsi se termine la période d'ablation du cycle climatique annuel auquel sont soumis les bilans hydrauliques des régions englacées du pays, bien que quelques langues glaciaires, ainsi que de vastes régions alpines et préalpines n'aient été enneigées de manière durable que vers les fêtes de fin d'année.

La figure 1.4 montre la distribution spatiale des écarts, par rapport aux normes, des précipitations de l'année 1986/87 et des températures moyennes de l'été. Comme l'année précédente, la pluviosité annuelle est répartie de façon très irrégulière (fig. 1.4a); elle varie fortement d'un déficit bien marqué sur le sud du Tessin à des excédents importants, voire énormes, sur la moitié nord du pays. La zone la plus pluvieuse, au dessin compliqué, forme trois lobes, à partir du Jura septentrional: le premier s'étend en direction des Alpes vaudoises, le deuxième recouvre la Suisse centrale et les vallées grisonnes du Rhin, le troisième occupe les Préalpes orientales. De nombreuses stations de ces régions affichent un indice élevé (supérieur à 2.5 pour 24 stations et à 3.0 pour 10 stations). Sur le versant sud des Alpes, le fort contraste entre les faibles précipitations hivernales et les fortes pluies estivales a donné, en général, des pluviosités annuelles normales, malgré leur faible excédent, même sur les contrées frappées par les violentes intempéries de juillet et d'août. Il en est de même à l'embouchure de quelques vallées du versant nord des Alpes sur le Plateau, ainsi que sur l'extrême ouest de la Suisse. Presque partout, les températures estivales (fig.1.4b) se situent plus ou moins au-dessus de la moyenne, dans un écart généralement normal. Seules les stations de Scuol et du Moléson signalent un déficit thermique, en mai et en juin, plus important que l'écart positif des autres mois de l'été. Les moyennes les plus élevées se rencontrent aux quatre coins de la Suisse, dans des zones qui s'avancent plus ou moins loin à l'intérieur du pays.

Neige et avalanches en hiver 1986/87:
(S. Gliott, ENA)

La première couche de neige, apparue vers le 18 octobre, n'a survécu à la période douce ultérieure qu'à l'étage élevé (au-dessus de 2500 m) et en se réduisant considérablement (20 cm seulement au Weissfluhjoch). Le manteau neigeux définitif s'est installé sur presque tous les points de mesure situés au-dessus de 1000 m, vers le 20 novembre. Le 11 décembre, on comptait 27 stations encore libres de neige, 44 avec une épaisseur très faible (jusqu'à 10 cm) et 2 seulement avec plus de 30 cm (48 cm au Felskinn, 41 cm au Weissfluhjoch). Les précipitations de la seconde moitié de décembre ont accru les hauteurs de la neige gisante jusqu'aux valeurs normales pour la saison en plusieurs endroits. Ce n'est qu'au cours de janvier que ces normes ont été dépassées à toutes les stations du versant nord des Alpes et du nord des Grisons ainsi qu'en quelques endroits isolés du Valais, tandis que le déficit persistait sur le centre des Grisons et, surtout, sur le versant sud des Alpes. A la fin de mars, l'enneigement était devenu fortement excédentaire en Valais et sur le centre des Grisons, alors que le manque de neige se faisait encore sentir au Tessin et en Engadine; aux stations de Landquart, de Bellinzone, de Brusio et de Poschiavo, la neige avait même déjà disparu . Le dépôt nival s'est fortement épaissi pendant la première quinzaine d'avril sur le versant sud des Alpes et les contrées avoisinantes, puis il a été soumis partout à une fusion si rapide pendant la seconde moitié du mois, que la plupart des points de mesure ont signalé la disparition de la neige avant le 30 avril. A altitude élevée, mai et une partie de juin ont encore apporté un accroissement supplémentaire. A la fin de ce dernier mois, on mesurait une couche de neige de 165 cm au Weissfluhjoch, valeur très élevée pour la saison, alors que le maximum de l'hiver (237 cm) n'était que tout à fait normal. Par rapport aux hauteurs maximales moyennes de ces dernières années, les valeurs extrêmes de cet hiver sont excédentaires au nord des Alpes et déficitaires au sud et en Engadine. Il en est de même pour les valeurs en eau déterminées à partir des poids spécifiques du dépôt nival. Les 45 stations de mesure nous ont livré 952 observations journalières; 31 de ces mesures atteignent 50 mm au moins pour l'accroissement quotidien, le plus élevé provenant du Trübsee, avec 115 mm le 4 mai (46 cm de neige fraîche d'un poids spécifique de 250 kg/m^3).

Les différences régionales dans l'épaisseur de la neige se sont traduites par une consolidation irrégulière. Au début de l'hiver, la prédominance de situations météorologiques propices à un fort rayonnement a conduit à une radicale transformation du manteau neigeux, encore assez mince. Aux altitudes moyennes et élevées, la couche de fond est devenue lâche et peu résistante à la charge. Les abondantes chutes de neige de décembre et de janvier ont créé, sur le versant nord des Alpes et sur les contrées avoisinantes, une couche intermédiaire assez épaisse et bien consolidée. Les chutes ultérieures de la fin de janvier et de février ont donné naissance à des strates assez lâches, aux quelles se sont ajoutés, en mars, des dépôts nivaux cohérents, dus aux apports neigeux plus importants de ce mois. De même que son épaisseur et sa valeur en eau, la cohérence du manteau neigeux décroît fortement du nord vers le sud, parfois sur des distances assez courtes. Elle est très faible sur le versant sud des Alpes et dans les environs.

Les avalanches de l'hiver 1986/87 ont causé des dégâts matériels dans 60 cas. Le plus grave est celui de l'avalanche du Siedersgraben qui a abattu 500 m^3 de bois dans une forêt près de Wimmis. Pendant ce même hiver, 28 avalanches ont emporté 51 personnes, dont 48 touristes; 36 ont survécu, dont 15 sans blessures.

Tabelle 1.1: **Lufttemperatur 1986 - Gradtagsummen Mai-Oktober**

a) Absolute Werte [1)]

Station	Höhe [m ü.M.]	Gradtagsumme [°C] Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai-Sept.
Meteorologische Stationen:								
Gütsch	2287	117	185	228	236	198	140	963
Säntis	2490	102	150	154	179	146	118	730
Weissfluhjoch	2690	70	120	138	176	134	101	638
Jungfraujoch	3580	4	23	22	34	12	9	95
Aerologische Stationen: [2)]								
Payerne (700 mb)	3100	25	86	84	100	68	45	363
München (700 mb)	3100	30	61	66	85	52	55	294
Mailand (700 mb)	3100	41	81	106	143	94	66	465
Firngebiete: [3)]								
Clariden [3a)]	2700	55	128	145	163	118	83	609
Clariden [3a)]	2900	34	103	111	129	85	59	462
Silvretta [3b)]	2750	62	112	127	166	123	93	590
Jungfraufirn [3c)]	3350	17	44	46	62	33	26	202

b) Relative Werte [4)]

Station	Höhe [m ü.M.]	Gradtagsumme [%] Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai-Sept.
Meteorologische Stationen:								
Gütsch	2287	217	126	96	104	115	151	116
Säntis	2490	249	144	93	111	118	164	122
Weissfluhjoch	2690	233	130	85	111	114	174	114
Jungfraujoch	3580		283	78	142	93	256	130
Aerologische Stationen:								
Payerne (700 mb)	3100	329	232	102	128	121		138
München (700 mb)	3100	330	191	99	123	106		131
Mailand (700 mb)	3100	387	153	94	132	131		131
Firngebiete:								
Clariden	2700	289	145	94	109	103	194	119
Clariden	2900	364	181	90	112	110	218	123
Silvretta	2750	257	135	86	114	115	187	116
Jungfraufirn	3350		243	92	143	123	291	142

1 Temperaturmessungen der SMA. Sommersummen publiziert in Aellen [1987]. Monatssummen berechnet aufgrund der Monatstabellen, die für Säntis ausführlich, für die andern Stationen auszugsweise publiziert sind in SMA [1986a].

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, für Firnpegel auf Gletschern berechnet aus den Messwerten der Station: a) Gütsch, b) Weissfluhjoch, c) Jungfraujoch.

4 Prozentwerte, bezogen auf die Durchschnittswerte der Periode 1959-1987 (Durchschnittswert = 100 %).

Tableau 1.2: ***Température de l'air 1987 - Sommes des degrés-jour mai-octobre***

a) Valeurs absolues [1)]

Station	*Altitude*	*Somme des degrés-jour [°C]*						
	[m s.m.]	*Mai*	*Juin*	*Juil.*	*Août*	*Sept.*	*Oct.*	*Mai-Sept.*
Stations météorologiques:								
Gütsch	2287	29	102	246	251	255	100	884
Saentis	2490	10	72	180	167	189	95	618
Weissfluhjoch	2690	5	56	164	159	180	63	564
Jungfraujoch	3580	0	19	64	58	57	2	116
Stations aérologiques: [2)]								
Payerne (700 mb)	3100	0	29	93	109	93	32	324
Munich (700 mb)	3100	1	30	87	73	79	37	270
Milan (700 mb)	3100	3	49	132	154	139	34	477
Névés: [3)]								
Clariden [3a)]	2700	6	52	164	170	182	36	574
Clariden [3a)]	2900	1	34	127	136	148	18	446
Silvretta [3b)]	2750	4	50	152	147	170	54	523
Jungfraufirn [3c)]	3350	0	19	64	58	57	2	199

b) Valeurs relatives [4)]

Station	*Altitude*	*Somme des degrés-jour [%]*						
	[m s.m.]	*Mai*	*Juin*	*Juil.*	*Août*	*Sept.*	*Oct.*	*Mai-Sept.*
Stations météorologiques:								
Gütsch	2287	54	71	106	111	149	108	107
Saentis	2490	24	69	109	104	152	132	104
Weissfluhjoch	2690	17	61	102	100	153	109	101
Jungfraujoch	3580			132	151	240		159
Stations aérologiques:								
Payerne (700 mb)	3100		78	113	140	166		123
Munich (700 mb)	3100		94	130	106	161		120
Milan (700 mb)	3100		92	117	143	193		134
Névés:								
Clariden	2700	29	59	106	113	158	85	112
Clariden	2900	15	59	103	118	193	67	119
Silvretta	2750	16	60	103	101	159	108	103
Jungfraufirn	3350			126	136	212		140

1 Observations de l'ISM. Sommes estivales publiées dans Aellen [1988]. Sommes mensuelles déterminées à partir des tableaux mensuels qui sont publiés in extenso pour Saentis, en extrait pour les autres stations dans ISM [SMA, 1987a].

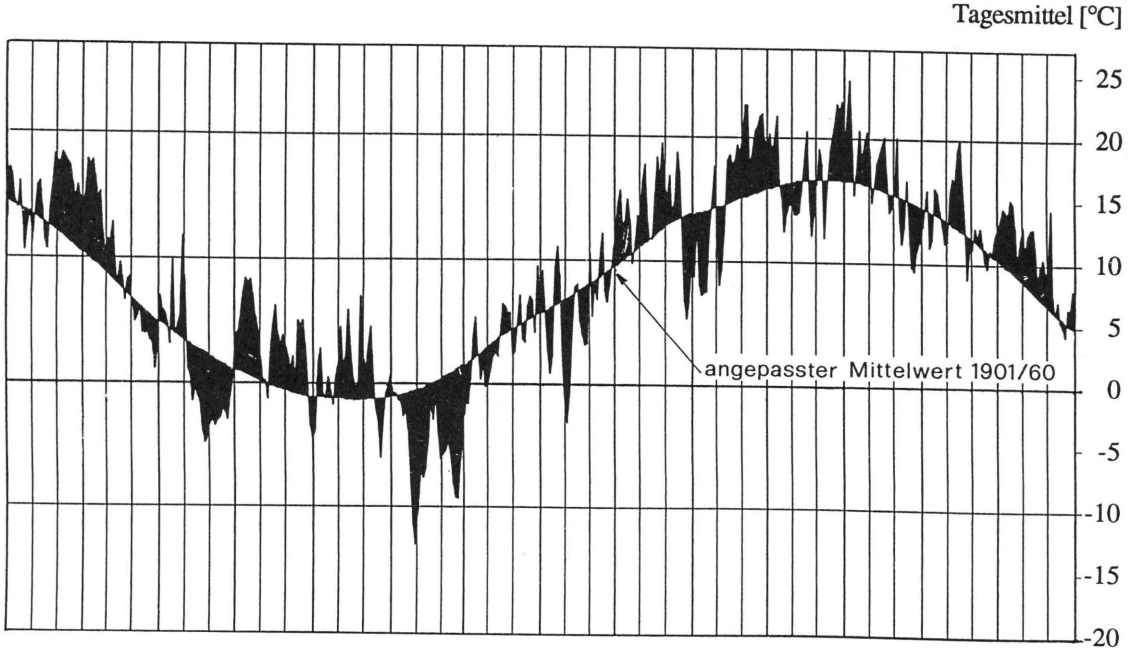
2 Observations dans l'atmosphère libre (radiosondages des services météorologiques nationaux). Valeurs calculées par G. Gensler, ISM, à partir des résultats obtenus au niveau de 700 millibars (environ 3100 m s.m.), lors des sondages de 0 et de 12 heures, temps universel.

3 Valeurs estimées pour balises d'accumulation, calculées à partir des températures mesurées aux stations de: a) Gütsch, b) Weissfluhjoch, c) Jungfraujoch.

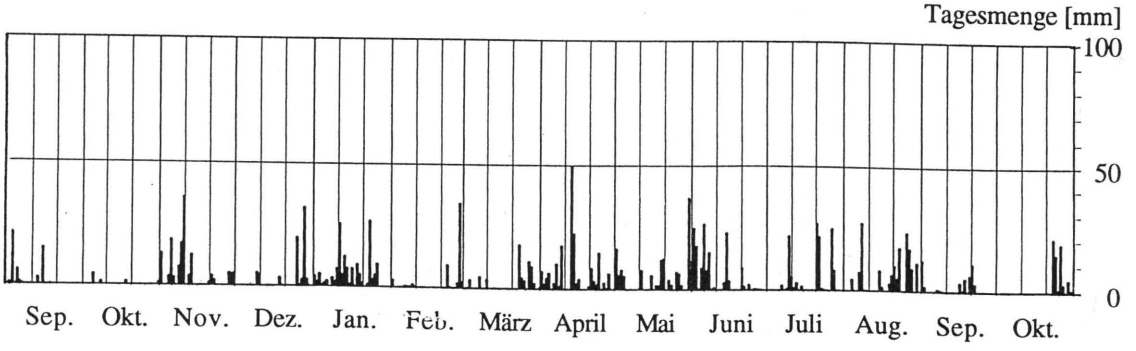
4 Pourcentages par rapport aux valeurs moyennes de la période 1959-1987 (valeur moyenne = 100 %).

Abbildung 1.1: **Witterung 1985/86**

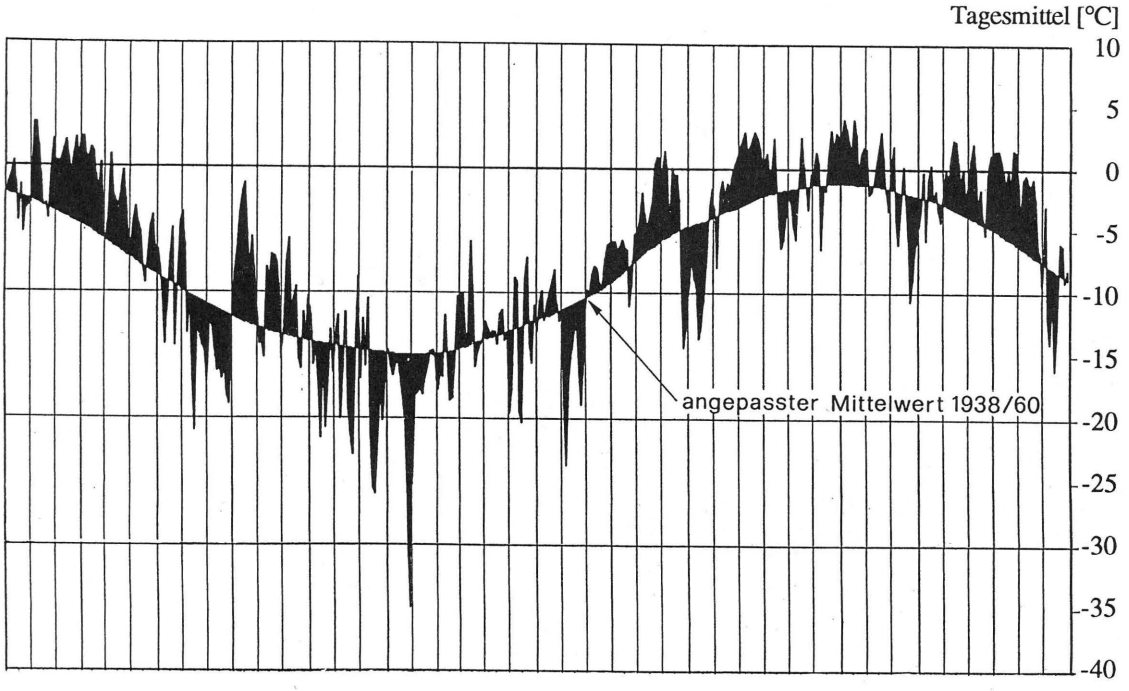
a) Zürich SMA (556 m ü.M.):
Lufttemperatur



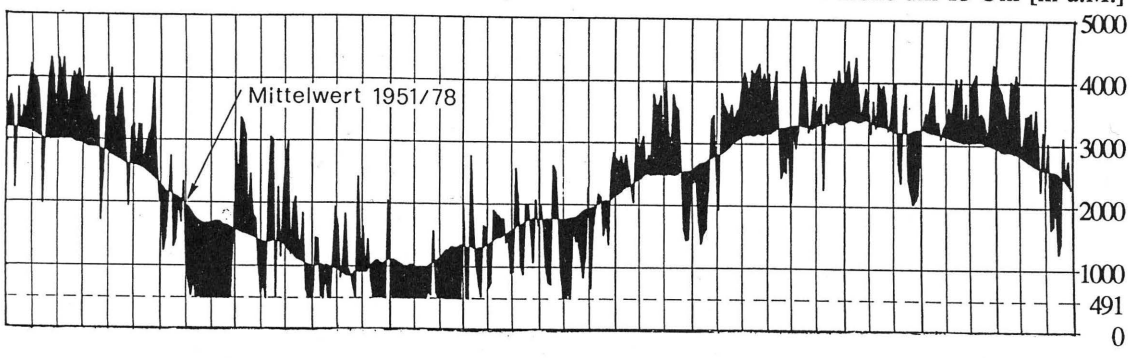
Niederschlag



b) Jungfraujoch SMA (3580 m ü.M.): **Lufttemperatur**



c) Payerne SMA (490 m ü.M.): **Nullgrad-Isotherme**



d) Säntis SMA (2490 m ü.M.): **Niederschlag**

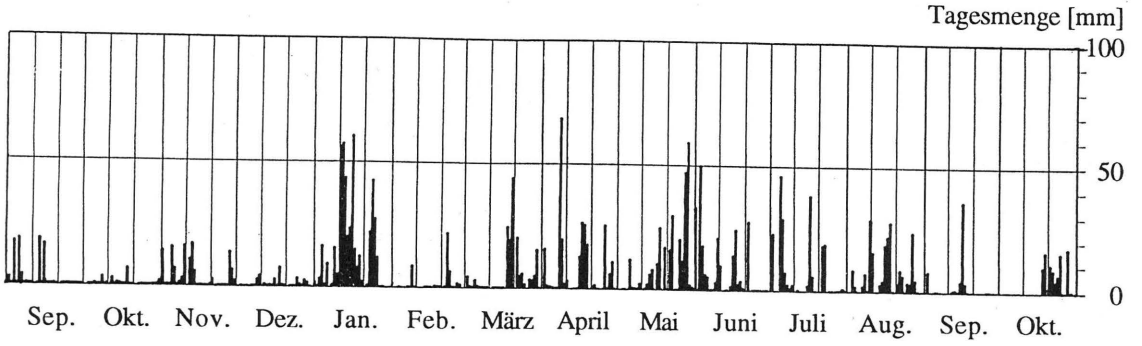
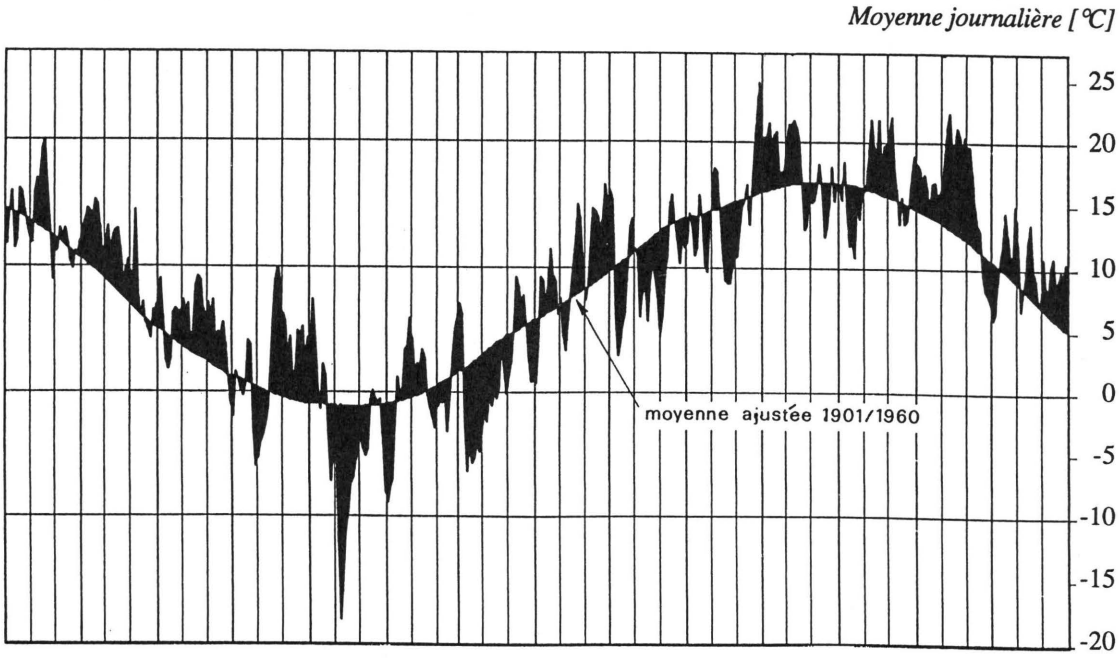
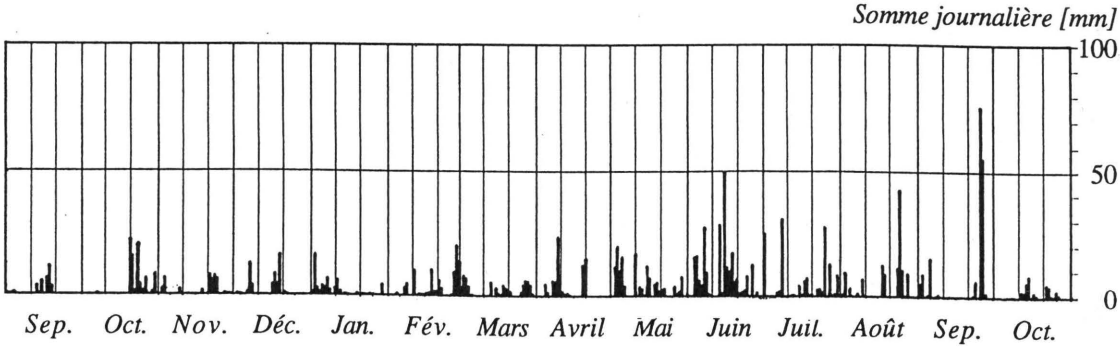


Figure 1.2: ***Conditions météorologiques 1986/87***

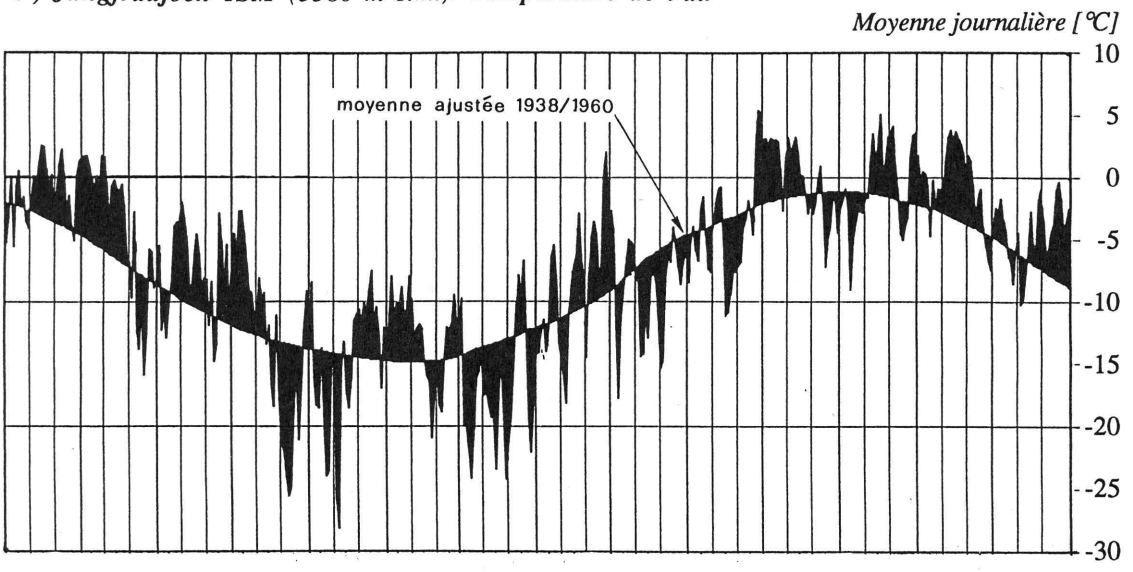
a) ***Zurich ISM*** *(556 m s.m.):*
Température de l'air



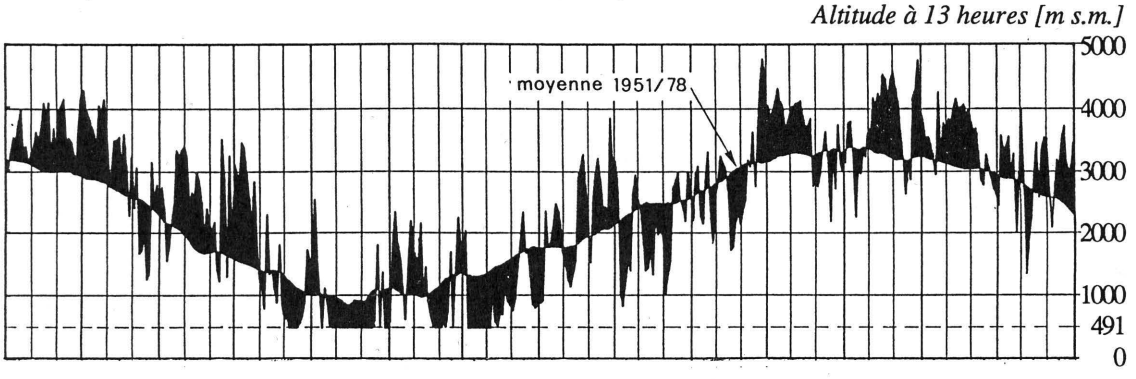
Pluviosité



b) Jungfraujoch ISM (3580 m s.m.): ***Température de l'air***



c) Payerne ISM (490 m s.m.): ***Isotherme zéro degré***



d) Saentis ISM (2490 m s.m.): ***Pluviosité***

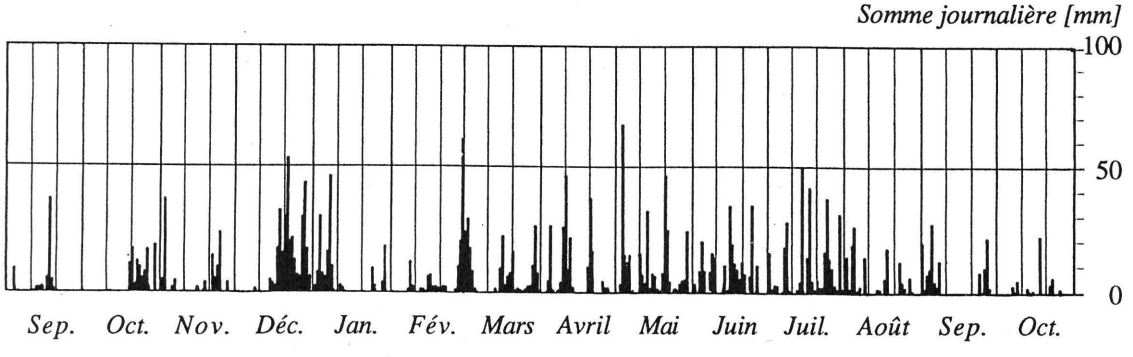
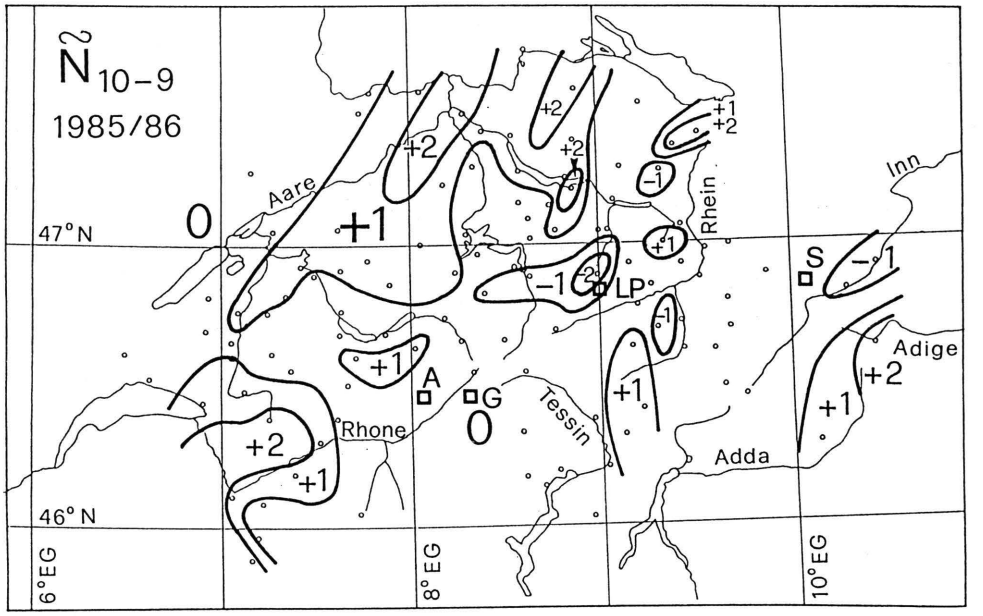


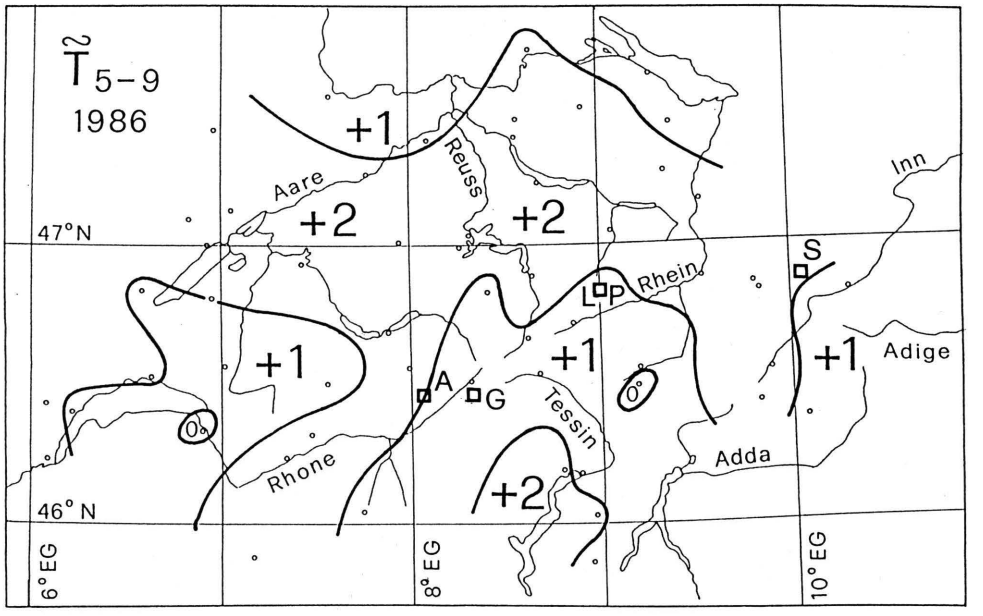
Abbildung 1.3: **Klima 1985/86 - Abweichungen vom Normalwert 1901-1960**

a) Jahresniederschlag 1985/86: Niederschlagsmenge 1.10.1985 - 30.9.1986



Klassierung der Niederschlagsmenge 1985/86: +2 = sehr gross, +1 = gross, 0 = normal, -1 = klein, -2 = sehr klein.

b) Sommertemperatur 1986: Durchschnittliche Lufttemperatur 1.5. - 30.9.1986

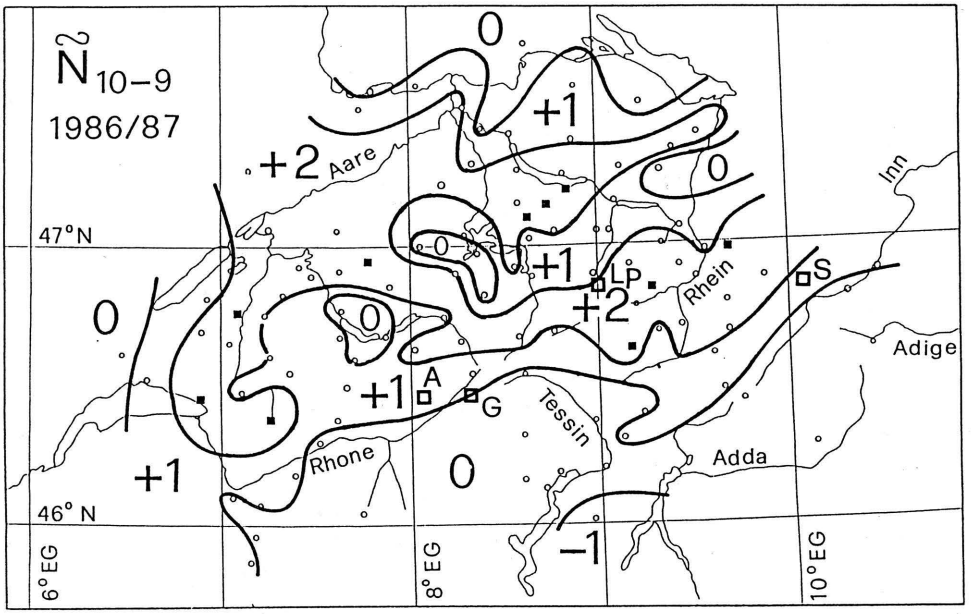


Klassierung der Sommertemperatur 1986: +2 = sehr warm, +1 = warm, 0 = normal, -1 = kalt, -2 = sehr kalt.

- ∘ 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.

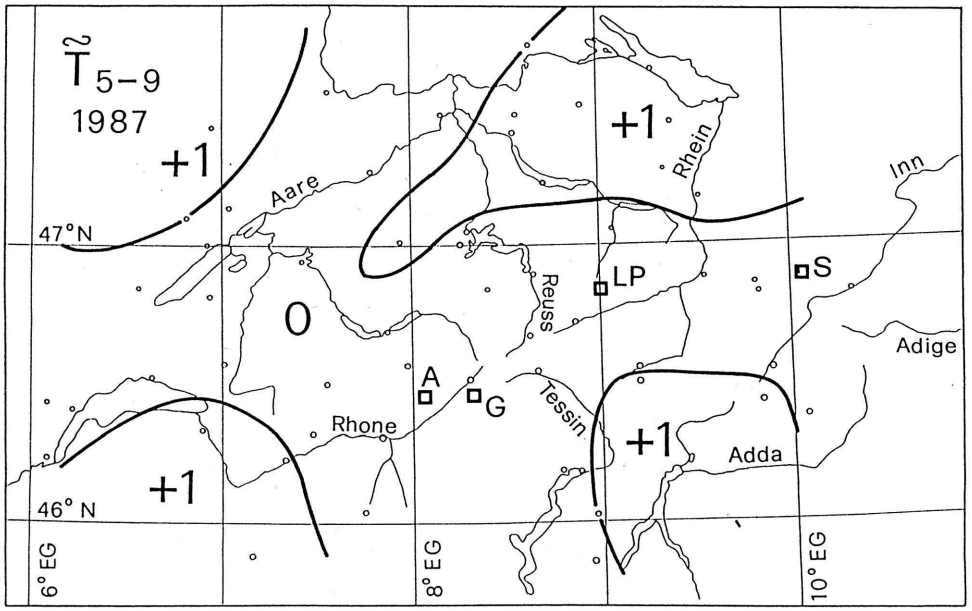
Figure 1.4: ***Conditions climatiques 1986/87 - Ecarts par rapport à la norme 1901-1960***

a) ***Pluviosité 1986/87:*** *Somme des précipitations 1.10.1986 - 30.9.1987*



Classification de la pluviosité 1986/87: +2 = très forte, +1 = forte, 0 = normale, -1 = faible, -2 = très faible.

b) ***Température estivale 1987:*** *Température moyenne de l'air 1.5. - 30.9.1987*



Classification de la température estivale 1987: +2 = très chaude, +1 = chaude, 0 = normale, -1 = froide, -2 = très froide.

- *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. CHRONIK

2.1 TÄTIGKEIT UND EREIGNISSE 1985/86

Zungenbeobachtungen

Die Erhebungen über die Längenänderung der Gletscher in den Schweizer Alpen im Herbst 1986 ergeben den 107. Beitrag zur Beobachtungsreihe über die jährlichen Veränderungen der Gletscher unseres Landes. Sie sind im allgemeinen bei günstigen Schnee und Wetterverhältnissen durchgeführt worden. Im Berichtsjahr ist die Lage des Zungenendes bei 114 Gletschern festgestellt worden. Dazu gehören alle jährlich beobachteten, von denen die meisten (103) im Gelände vermessen und eine grosse Zahl (51) bei den jährlich oder mehrjährlich wiederholten Vermessungsflügen erfasst worden sind. In allen diesen Fällen wie auch bei zwei in mehrjährigem Turnus kontrollierten Gletschern (**Martinets, Lötschberg**) ist bekannt, ob sich das Zungenende talwärts, bergwärts oder nur unbedeutend verlagert hat seit der vorangehenden Beobachtung. In 105 Fällen ist auch das Ausmass der Verlagerung bestimmt und als Längenänderung in Zahlen angegeben. In zwei Fällen bezieht sich diese Zahlenangabe auf ein mehrjähriges Messintervall, in einem Fall ist die Längenänderung des Gletschers beeinflusst durch die Einwirkungen eines künstlich gestauten Sees. Für die Berechnung der mittleren jährlichen Längenänderung stehen somit im Berichtsjahr 102 Messwerte zur Verfügung. Von den 106 vorangehenden Beobachtungsjahren weist als einziges das Jahr 1971 mit 104 eine grössere Zahl und mehr als hundert für die Mittelbildung berücksichtigte einjährige Messwerte auf. Für die Statistik mit den drei Klassen der wachsenden, unveränderten oder schwindenden Gletscher haben nur die drei Jahre 1971 (110), 1979 (111) und 1985 (117) mindestens 110 zählbare Ergebnisse geliefert, wenn für die Jahre 1921 (132) und 1923 (118) die einmaligen, an 34 bzw. 22 Gletschern ausserhalb des regulären Messnetzes gesammelten Beobachtungen ausgeklammert werden. Das Gesamtergebnis des 107. Berichtsjahrs gehört somit zu den besten der Beobachtungsreihe.

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

Kantonale Forstdienste	**73**	**Private Mitarbeiter**	**16**
Bern	11	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	22	R. Zimmermann	1
Kraftwerke	**4**	**ETH Zürich: VAW-Glaziologie**	**21**
Mauvoisin	2	im Gelände	12
Oberhasli	2	Luftbilder	9

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. Das Bundesamt für Landestopographie (L+T) und die Eidgenössische Vermessungsdirektion (V+D) haben Vermessungsflüge über 71 Gletschern durchgeführt (Tab. 2.1).

Mutationen
- Fritz Zurbrügg, Reudlen, der von 1960 bis 1986 den **Gamchigletscher** in jedem Jahr gemessen hat, wird durch Armin Jüsi abgelöst im Betreuen dieser Messreihe, die bis ins Jahr 1893 zurückreicht.

Forschungsprojekte
Zusammenfassende Übersichten über die glaziologische Forschungstätigkeit in der Schweiz erscheinen als periodische Mehrjahresberichte [Aellen et al., 1987; Haeberli, 1988] im Bulletin 'ICE' der 'International Glaciological Society'. Die nachstehende Darstellung einzelner Forschungsprojekte stützt sich auf den Jahresbericht der VAW [1986]:

Das Projekt "Grimsel West" der Kraftwerke Oberhasli, das einen Höherstau des Grimselsees bis auf die Höhenkote 2037 m vorsieht, ist Gegenstand einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Dabei stellt sich u.a. die Frage, wie sich die Überflutung der Gletscherzunge des **Unteraargletschers** auf das Verhalten des ganzen Gletschers auswirken wird und welche Gefahren für das Bauwerk und seine Unterlieger daraus entstehen können. Als Grundlagen für die Beantwortung einer Teilfrage sind u.a. die gemessenen Längenänderungen bei den früheren, durch Stauseen erzeugten Überflutungen der Gletscherzungen **Unteraar, Oberaar** und **Gries** benutzt worden. Wichtige Grundlagen in diesem Zusammenhang sind Beobachtungen und Messungen über die Bildung und Veränderung der Kalbungsfront an eingestauten Gletschern. Da solche Beobachtungsdaten auch ausserhalb der Alpen erst von sehr wenigen Fällen vorliegen, sind sie weitgehend durch Annahmen ersetzt worden, die durch künftige gezielte Untersuchungen überprüft werden müssen. Die Abteilung für Glaziologie der VAW hat Prognosen gestellt für verschiedene Fälle der künftigen Entwicklung des Klimas, von solchen mit unvermindert wie bisher andauerndem Gletscherschwund bis zu solchen mit erneutem starkem Gletscherwachstum wie in den vorangehenden Jahrhunderten. Bei unveränderten gegenwärtigen Klimaverhältnissen ist zu erwarten, dass sich infolge des Abschmelzens des Eises das Stauvolumen des Sees innert eines Jahrzehnts um rund 100 Mill. m^3, in den folgenden Jahrzehnten bis zum Zeitpunkt, in dem die Kalbungsfront eine Gleichgewichtslage erreicht, nochmals um etwa halb soviel vergrössern, die Gletscherzunge um etwa 3.5 km verkürzen wird. Aufgrund dieser Prognose wird eine Projektvariante mit einem Stauziel auf Kote 2020 studiert [Funk und Röthlisberger, 1989].

Die Kernkraftwerk-Katastrophe von Tschernobyl hat ihre Spuren auch auf den Gletschern hinterlassen. Den radioaktiven, in die Schneedecke eingebetteten Niederschlagshorizonten, die aus dieser Giftwolke stammen, sind Glaziologen der VAW zusammen mit Wissenschaftlern des Physikalischen Instituts der Universität Bern und des Eidgenössischen Instituts für Reaktorforschung in Würenlingen mit Unterstützung durch das Bundesamt für Flieger- und Fliegerabwehrtruppen anfangs Juli 1986 auf 9 Gletschern der Schweizer Alpen nachgegangen, indem sie Schneeproben als 2-3 m lange Bohrkerne gesammelt und

untersucht haben. An den Bohrstellen sind zudem Schichtung, Temperatur, Korngrösse, Kornform, Feuchte und Härte des Schnees bestimmt worden, um die Einbettungsbedingungen in den Firn zu erfassen. Die Untersuchungen haben bestätigt, dass die östlichen und südlichen, am **Piz Zupò, Rheinwaldhorn, Blinnenhorn, Colle Gnifetti** und **Grand Combin** sondierten Gebiete wesentlich stärker verstrahlt wurden als die übrigen, am **Silvrettapass, Tödi, Weiss Nollen** und an der **Tête Blanche** sondierten Regionen [Gäggeler et al., 1987; Haeberli et al., 1988a].

Die Daten über die Längenänderung der Gletscher in den Schweizer Alpen sind im Rahmen einer Dissertation an der VAW von Peter Müller [1988] im Hinblick auf eine sinnvolle und nutzbringende Anwendung in der Praxis untersucht worden. Die jährlichen Längenänderungen seit 1950 sind in dieser Arbeit für 69 Gletscher verschiedener Typen (Kar-, Gebirgs-, Talgletscher) einerseits mit morphologischen Kenngrössen dieser Gletscher (Fläche, Länge, Steilheit usw.) und andererseits mit den für die Gletscherveränderungen massgebenden Klimagrössen der betrachteten Periode (Niederschlags- und Temperaturwerte aus der Datenbank der SMA) in Beziehung gebracht und in mannigfachen Kombinationen statistisch erforscht worden. Mithin ist untersucht worden, wie die einzelnen Gletscher nach jahrzehntelangem starkem Schwund auf die wachstumsgünstigeren Klimabedingungen seit 1965 reagiert haben. Aus den ermittelten rechnerisch erfassbaren Zusammenhängen soll das künftige Verhalten der Gletscher modellmässig für unterschiedliche Klimaentwicklungen vorhergesagt werden in Fällen, wo die Gletscherveränderung in natürlichen Bahnen verläuft. Aus der Fülle der Ergebnisse sei hier ein einziger, für manchen Gletscherbeobachter bedeutsamer Fall herausgegriffen. Die häufig und oft sprunghaft wechselnde Längenänderung mancher kleiner Gletscher wie namentlich des **Pizol** zeigt statistisch nachweisbare Übereinstimmungen mit der Massenänderung der **Aletschgletscher**. Den interessierten Gletscherbeobachter bestärkt dieser - keineswegs überraschende - klare Befund in den Bemühungen, die zuweilen problematischen Zungenmessungen an seinem kleinen Gletscher möglichst in jedem Jahr durchzuführen.

2.2 TÄTIGKEIT UND EREIGNISSE 1986/87

Zungenbeobachtungen

Der vorliegende 108. Bericht über die jährlichen Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen stützt sich in erster Linie auf die Daten, die im Herbst 1987 am Beobachtungsnetz der Gletscherkommission erhoben worden sind. Die meisten Beobachter konnten die Schönwetterperioden im September oder in der ersten Oktoberhälfte nutzen, die Messungen sind grossenteils an vollständig ausgeaperten Gletscherzungen und bei günstigen Wetterverhältnissen ausgeführt worden. Dabei sind 109 von 112 jährlich beobachteten Gletscherzungen kontrolliert und in 106 Fällen auch klassiert worden, die meisten (95) aufgrund der Messungen im Gelände, die übrigen anhand der Luftbilder, die von rund drei Dutzend Gletschern und gut zwei Dutzend weiteren Gletschern vorliegen. Die 8 mehrjährlich im Gelände (2) oder aus der Luft (6) beobachteten Gletscherzungen sind nicht erfasst.

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

Kantonale Forstdienste	**71**	**Private Mitarbeiter**	**14**
Bern	11	Y. Biner	1
Glarus	1	J.-L. Blanc	3
Graubünden	15	H. Boss Jun.	1
Obwalden	1	H. Boss Sen.	1
St. Gallen	2	A. Godenzi	2
Tessin	5	E. Hodel	1
Uri	8	P. Mercier	4
Waadt	4	W. Wild	2
Wallis	24		
Kraftwerke	**4**	**ETH Zürich: VAW-Glaziologie**	**20**
Mauvoisin	2	im Gelände	10
Oberhasli	2	Luftbilder	10

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 **Allalingletscher** (für die VAW durch deren Mitarbeiter W. Schmid am Autographen des Geodätischen Instituts der ETH Zürich), neuerdings auch der **Gries-** und der **Findelengletscher** (für die VAW durch ihren Mitarbeiter H. Bösch am selben Autographen) luftphotogrammetrisch vermessen worden. Das Bundesamtes für Landestopographie (L+T) und die Eidgenössischen Vermessungsdirektion (V+D) haben im Sommer 1987 insgesamt 61 Vermessungsflüge über Gletschern durchgeführt (Tab. 2.1).

Mutationen

- Die Revierförster Jean-Pierre Marlétaz, Les Plans-sur-Bex, und Arnold Moor, St. Stephan, treten in den Ruhestand und werden durch die Revierförster Jean-Philippe Marlétaz, Les Plans-sur-Bex, und Samuel Allemann, Lenk, abgelöst. Dabei wird Jean-Pierre Marlétaz die **Gletscher** im **Massiv des Grand Muveran** und der **Dent de Morcles**, die er seit 38 Jahren beobachtet, stellvertretend für seinen Sohn und Nachfolger weiterbeobachten.

Forschungsprojekte

Zusammenfassende Übersichten über die glaziologische Forschungstätigkeit in der Schweiz erscheinen als periodische Mehrjahresberichte [Aellen et al., 1987; Haeberli, 1988] im Bulletin 'ICE' der 'International Glaciological Society'. Einzelne, aus dem Jahresbericht der VAW [1987] herausgegriffene Beispiele sind nachstehend im Text beschrieben:

Auf ihren Haushaltsgletschern **Gries, Limmern, Plattalva** und **Silvretta** hat die VAW Pegelnetze während mehrerer Jahrzehnte mit zeitweise (von 1969 bis 1984) durchschnittlich 10-15 Pegeln pro km^2 (50-80 pro Gletscher) unterhalten. Änderungen im Personalbestand der Abteilung Glaziologie zwangen dazu, diese aufwendigen Projekte zu vereinfachen und einzuschränken. Seither sind die Haushaltsmessnetze mit je 10 Pegeln pro Gletscher weitergeführt. Im Bestreben, die langen Messreihen so weiterzuführen, dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse keine Einbusse erleidet, sind die beibehaltenen Messpunkte aufgrund statistischer Untersuchungen ausgewählt. Ebenso ist das Verfahren zur Berechnung des Massenhaushalts aufgrund statistischer Vergleiche überprüft und angepasst.

In einer Fallstudie am Beispiel des **Griesgletschers** sind die Massenbilanzen der Haushaltsjahre 1960/61 bis 1985/86 aus den Messungen am Pegelnetz in verschiedenen, z.T. sehr stark vereinfachten Verfahren modellmässig berechnet [Aellen und Funk, 1988]. Dabei hat sich unter anderem erwiesen, dass die Beziehung zwischen der Meereshöhe der Messpunkte und den jeweiligen, an den Pegeln gemessenen Massenänderungen (Firnzuwachs im Nähr-, Eisabtrag im Zehrgebiet) eine charakteristische, durch klimatische Gegebenheiten des Haushaltsjahrs bedingte Veränderlichkeit aufweist in dem Sinn, dass vor allem die Zunahme des Abtrags mit abnehmender Meereshöhe in Jahren mit starker Schmelzung grösser ist als in Jahren mit geringer Schmelzung. In den Rechenmodellen ist diese Veränderlichkeit der Höhenabhängigkeit zu berücksichtigen, indem der zugehörige Gradient fallweise bestimmt wird. Zur Kontrolle der glaziologischen Bilanzergebnisse ist die Massenänderung des Griesgletschers für mehrjährige Perioden aus geodätischen Vermessungen, d.h. in einem unabhängigen, nicht auf den Pegelmessungen beruhenden Verfahren ermittelt. Dabei ist die ganze Oberfläche des Gletschers in einem numerischen Geländemodell durch die Höhenkoten regelmässig verteilter Punkte im Abstand von 50 m in Zahlenwerten erfasst, statt wie bisher im üblichen Analogverfahren durch Höhenkurven kartographisch dargestellt. Das Vergleichen der Zahlenwerte von Aufnahmen verschiedenen Datums ergibt für jeden Punkt direkt die Dickenänderung, aus der die Massenänderung im entsprechenden Zeitintervall ausgemittelt wird ohne Umweg über planimetrische Flächenbestimmungen und volumetrische Berechnungen, wie sie das aufwendige Analogverfahren erfordert. Diese Vereinfachungen sind in erster Linie durch technische Weiterentwicklung der Geräte und Automatisierung der Methoden für die Luftbildauswertung ermöglicht. In der Form des numerischen Verfahrens kommt die geodätische Methode in Frage für die jährliche Bestimmung der gesamten Massenänderung des Gletschers. Bisher hat sich die jährliche geodätische Be-

stimmung der Massenänderung beschränkt auf das Zehrgebiet (**Aaregletscher**) oder auf Teile davon (**Allalin, Giétro**). Für künftige Anwendungen ist im Sommer 1987 ein Passpunktnetz am **Morteratschgletscher** eingerichtet und vermessen worden.

Um das Ausmass der Umweltveränderungen, die durch Abfallprodukte des technischen Fortschritts verursacht sind, erfassen zu können, sind Vergleichswerte aus der Zeit vor dem Beginn des Industriezeitalters erforderlich. Wie solche Vergleichsdaten über die Zusammensetzung der Atmosphäre des letzten Jahrhunderts mittels Bohrproben aus hochgelegenen Firngebieten gewonnen werden, ist in früheren Berichten am Beispiel des Projekts **Colle Gnifetti** skizziert [Haeberli et al., 1988b]. Ähnliche Aufschlüsse für viel längere Zeiträume (5-10 Jahrtausende) werden erhofft von Bohrproben aus besondern Eisbildungen in der dauernd gefrorenen Umgebung alpiner Gletscher. Eine Kernbohrung im alpinen Dauerfrost hat im Frühjahr 1987 erstmals Einsicht verschafft in das Innere eines aktiven, rund 50 m dicken Blockgletschers (Murtél) am **Piz Corvatsch**. Das Bohrloch ist verrohrt und eingerichtet für langfristige Beobachtungen über Verformungen und Temperaturänderungen im eisreichen Schuttkörper, der Schichten aus mehr oder weniger reinem Eis enthält [Haeberli, 1990].

Das Tiefbohrgerät der VAW ist zur Auslotung der Felsoberfläche am verfirnten **Westgrat der Sphinx am Jungfraujoch** eingesetzt worden (Photos 14 - 17). An diesen ausgesetzten Arbeitsstellen sind im Juli 1974 insgesamt 41 Bohrlöcher lotrecht in Tiefen zwischen rund 3 und 17 m vorgetrieben worden. Im Hinblick auf geplante Einsätze in der Arktis ist das Tiefbohrgerät technisch so weit entwickelt worden, dass Tiefen bis 1600 m erreichbar sind [Iken, 1988].

Die Starkniederschläge des Sommers 1987 haben in verschiedenen Regionen verheerende Hochwasser, Murgänge und Erdrutsche ausgelöst. Ein gemeinsames Merkmal der beiden extremen Ereignisse, die im Juli und August in mehreren Gebieten der Schweizer Alpen katastrophalen Schaden anrichteten, waren ungewöhnlich hohe Lufttemperaturen, bei denen der Niederschlag bis in ausnehmend grosse Höhen und damit auch über ausnehmend grossen Gebieten als Regen fiel zu einem Zeitpunkt, als die Schnee- und Firnschichten mit Schmelzwasser vollständig gesättigt waren. Da Niederschlags-Schmelzhochwasser solchen Ausmasses im Gletschergebiet erstmals seit langer Zeit auftraten, wurden unverfestigte, in den meisten Gletschervorfeldern reichlich vorhandene Moränen- und andere Schuttablagerungen massenhaft ausgeräumt und abgeführt. Im Rahmen der Untersuchungen über die Ursachen der Hochwasser des Sommers 1987 sind von D. Rickenmann, M. Zimmermann (beide VAW) und U. Rösli (Ingenieurgeologie ETH) rund 600 Murgänge kartiert worden, von denen mehr als 100 eine Gesteinsmasse über 1000 m^3 umgelagert haben. Etwa die Hälfte dieser grösseren Murgänge entstand innerhalb der Zone, die von den Gletschern im Laufe der letzten 150 Jahre freigegeben wurde. Dazu gehören u.a. die besonders grossen Murgänge im Gerental (Sassbach), im Minstigertal und im Val Varuna, die in der unmittelbaren Umgebung der heutigen Gletscher losbrachen und im ersten Fall grossen Flurschaden, in den anderen Fällen auch sehr grossen Sach- und Gebäudeschaden (Münster im Goms, Poschiavo) zur Folge hatten [Haeberli et al., 1991].

2. CHRONIQUE

2.1 ACTIVITÉ ET ÉVÉNEMENTS 1985/86

Observation des langues glaciaires

En automne 1986, on a effectué, pour la 107e fois consécutive, les mesures nécessaires à l'étude des variations annuelles des glaciers des Alpes suisses. Elles se sont déroulées et ont bénéficié, en général, d'un temps et d'un enneigement favorables. La position de l'extrémité des langues de 114 glaciers a pu être estimée durant l'exercice 1986; ce nombre comprend tous les glaciers observés annuellement, dont 103 sur le terrain et 51 au moyen des vols photogrammétriques prévus chaque année ou selon un rythme plus long. Dans tous ces cas, ainsi que pour les ***glaciers des Martinets*** *et* ***du Loetschberg****, contrôlés en fonction d'un programme pluriannuel, on a mis en évidence l'avance, le retrait ou l'immobilisme de l'extrémité de la langue glaciaire depuis l'observation précédente. Dans 105 cas, l'importance de la modification s'exprime par une variation chiffrée de longueur. Celle-ci se rapporte à plusieurs années pour deux glaciers et, pour un troisième, elle est influencée par la présence d'un lac de barrage artificiel. Nous disposons donc finalement de 102 mesures pour le calcul de la variation annuelle moyenne de longueur des glaciers cités dans ce rapport. Pendant les 106 années précédentes d'observation, seul 1971 a livré un nombre supérieur (104) de données annuelles pour la détermination de cette moyenne, tous les autres exercices en fournissant une centaine ou moins. Pour le classement des glaciers en trois catégories (en crue, en décrue, stationnaires), seules trois années ont fourni 110 résultats chiffrables ou plus: 1971 (110 valeurs), 1979 (111) et 1985 (117), si l'on exclut les exercices de 1921 (132 valeurs) et de 1923 (118), où l'on avait observé isolément 34 et 22 glaciers n'appartenant pas au réseau. Comme nous venons de le démontrer, le résultat global du 107e exercice se range parmi les 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.

Services forestiers des cantons	***73***	***Collaborateurs privés***	***16***
Berne	*11*	*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	*22*	*W. Wild*	*2*
Vaud	*4*	*R. Zimmermann*	*1*
Forces motrices	***4***	***EPF Zurich: VAW-Glaciologie***	***21***
Mauvoisin	*2*	*sur le terrain*	*12*
Oberhasli	*2*	*photos aériennes*	*9*

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. Les vols photogrammétriques de l'Office fédéral de topographie (S+T) et de la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M) ont porté sur 71 glaciers (tabl. 2.1).*

Mutations

- *Fritz Zurbrügg, de Reudlen, qui mesurait le* ***glacier de Gamchi*** *chaque année depuis 1960, est succédé par Armin Jüsi à prendre soin d'une série d'observations annuelles commencées en 1893.*

Projets du recherches

Les rapports pluriannuels [Aellen et al., 1987; Haeberli, 1988] publiés dans le bulletin 'ICE' de l'International Glaciological Society font le tour d'horizon sur les projets des recherches glaciologiques actuelles en Suisse. Les lignes suivantes en montrent quelques exemples, tirés du Rapport annuel des VAW [1986]:

Le projet "Grimsel ouest" des Forces motrices de l'Oberhasli prévoit une surélévation du barrage actuel de ce lac à la cote 2037 m et en étudie l'impact sur l'environnement. Entre autres questions, il convient de connaître le résultat de l'immersion de l'extrémité du glacier inférieur de l'Aar sur l'ensemble de l'appareil glaciaire et de déterminer les dangers qui en découleraient pour le barrage lui-même et ses soubassements. On a utilisé, comme matériel de base à la solution partielle de ces problèmes, les mesures de longueur effectuées sur les glaciers inférieur et supérieur de l'Aar, ainsi que sur le glacier de Gries, dont les langues étaient naguère submergées par des lacs de barrage. En effet, ces observations sur la formation et la modification du front de vêlage de ce genre de glaciers constituent des données de première importance. Mais elles sont si rares, tant dans les Alpes qu'ailleurs, qu'il faut les remplacer par des hypothèses de travail, à vérifier par la suite dans le cadre de programmes de recherches adaptés. La section de glaciologie des VAW a formulé des prévisions pour les différents cas d'évolution future du climat. Les scénarios vont de la prolongation de la décrue du glacier à son rythme actuel, à une nouvelle et forte progression, comme celle qui a eu lieu durant ces derniers siècles. Si les conditions climatiques ne changent pas, il faut s'attendre, à la suite de la fusion de la glace, à une augmentation du volume de la retenue d'eau de 100 millions m^3 pendant les dix premières années. Les décennies suivantes verraient, jusqu'à la stabilisation du front de vêlage, l'apparition de 50 millions m^3 d'eau supplémentaire et le raccourcissement de la langue glaciaire de 3.5 km. Sur la base de cette prévision, on envisage une variante de ce projet comprenant un barrage rehaussé à la cote 2020 m [Funk und Röthlisberger, 1989].

La catastrophe survenue à la centrale nucléaire de Tchernobyl a laissé des traces bien visibles dans les glaciers. Les glaciologues des VAW, en collaboration avec les chercheurs de l'Institut de physique de l'université de Berne et de l'Institut fédéral de recherche nucléaire de Würenlingen, (avec l'appui de l'Office fédéral des troupes d'aviation et de défense aérienne), ont mis en évidence, en juillet 1986, des niveaux de précipitations radioactives provenant des nuages contaminés, en examinant des carottes de neige de 2 à 3 m de longueur prélevées sur 9 glaciers des Alpes suisses. A chaque point de forage, ils ont aussi étudié la stratification, la température, l'humidité et la dureté de la neige, ainsi que la forme et les

*dimensions de ses grains, afin de déterminer les conditions du dépôt nival. Ces examens ont montré que les régions sondées dans le sud et l'est du pays (**Piz Zupò, Adula, Blinnenhorn, col de Gnifetti** et **Grand Combin**) ont été plus fortement irradiées que les autres lieux de sondage (**col de la Silvretta, Toedi, Weissnollen** et **Tête Blanche**) [Gäggeler et al., 1987; Haeberli et al., 1988a].*

Les variations annuelles de longueur des glaciers suisses font l'objet d'une thèse de Peter Müller [1988], collaborateur des VAW, qui fait ressortir leur sens et leur utilité dans la pratique. Il met en parallèle et combine statistiquement les données annuelles de longueur depuis 1950 de 69 glaciers de trois types différents (glaciers de cirque, de haute montagne et de vallée) avec leurs caractéristiques morphologiques propres (surface, longueur totale, pente, etc.); il les compare avec les paramètres climatiques de la même période, susceptibles d'influencer les glaciers (données de pluviosité et de température contenues dans la banque de données de l'ISM). Il examine en outre, pour chaque glacier ayant subi une forte décrue depuis plusieurs décennies, sa réaction aux conditions climatiques favorables à la crue depuis 1965. Ces relations doivent permettre de prévoir le comportement futur des glaciers au moyen de modèles numériques, pour différentes évolutions climatologiques naturelles. Citons un seul exemple significatif: les brusques crues et décrues de petits glaciers, comme celui de Pizol, montrent une corrélation, statistiquement fondée, avec les variations du bilan de masse du glacier d'Aletsch. Cette constatation confirme l'opportunité de l'observation de chaque glacier en automne, même si les conditions météorologiques la rendent parfois difficile.

2.2 ACTIVITÉ ET ÉVÉNEMENTS 1986/87

Observation des langues glaciaires

En automne 1987, on a effectué, pour la 108e fois consécutive, les mesures nécessaires à l'étude des variations annuelles des glaciers des Alpes suisses sur le réseau d'observation de la Commission des glaciers. Le beau temps de septembre et de la première quinzaine d'octobre a permis aux observateurs de procéder à la plupart de leurs relevés dans des conditions très favorables et sur des langues glaciaires entièrement libres de neige. Des 120 glaciers du réseau, 112 sont observés annuellement. Cet exercice a porté sur 109 glaciers, dont 106 ont été classés dans les trois catégories habituelles: en crue, en décrue ou stationnaires. Les investigations se sont faites sur le terrain dans 95 cas; pour trois douzaines de glaciers du réseau et presque deux douzaines d'autres, on a procédé à des vols photogrammétriques. Quant aux 8 langues glaciaires observées selon un rythme plus long (6 sur le terrain et 2 par voie aérienne), elles n'ont pas été relevées cette année.

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.

Services forestiers des cantons	***71***	***Collaborateurs privés***	***14***
Berne	*11*	*Y. Biner*	*1*
Glaris	*1*	*J.-L. Blanc*	*3*
Grisons	*15*	*H. Boss fils*	*1*
Obwald	*1*	*H. Boss père*	*1*
Saint-Gall	*2*	*A. Godenzi*	*2*
Tessin	*5*	*E. Hodel*	*1*
Uri	*8*	*P. Mercier*	*4*
Valais	*24*	*W. Wild*	*2*
Vaud	*4*		
Forces motrices	***4***	***EPF Zurich: VAW-Glaciologie***	***20***
Mauvoisin	*2*	*sur le terrain*	*10*
Oberhasli	*2*	*photos aériennes*	*10*

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 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. Deux nouveaux* ***glaciers****, ceux* ***de Gries et de Findelen****, ont été examinés de la même manière, à la demande des VAW, par son collaborateur H. Bösch. Les vols photogrammétriques de l'Office fédéral de topographie (S+T) et de la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M) ont porté, en été 1987, sur 61 glaciers (tabl. 2.1).*

Mutations

- *Les gardes forestiers Jean-Pierre Marlétaz, Les Plans-sur-Bex, et Arnold Moor, de Sankt Stephan ont pris leur retraite. Ils ont été remplacés par les gardes forestiers Jean-Philippe Marlétaz, Les Plans-sur-Bex, et Samuel Allemann de la Lenk. Jean-Pierre Marlétaz continuera d'assurer l'observation des* ***glaciers de la chaîne du Grand Muveran et des Dents de Morcles*** *qu'il mesure depuis 38 ans, pendant les absences de son fils et successeur.*

Projets du recherches

Les rapports pluriannuels [Aellen et al., 1987; Haeberli, 1988] publiés dans le bulletin 'ICE' de l'International Glaciological Society font le tour d'horizon sur les projets des recherches glaciologiques actuelles en Suisse. Les lignes suivantes en montrent quelques exemples, tirés du Rapport annuel des VAW [1987]:

Sur les ***glaciers de Gries, de Limmern, de Plattalva et de la Silvretta,*** *dont elles établissent le bilan, les VAW entretiennent, depuis de nombreuses décennies, des réseaux de ce genre comprenant, par moments (de 1969 à 1984, par exemple) jusqu'à 10 à 15 repères par km^2 en moyenne (50 à 80 par glacier). Des mutations au sein du personnel de la section de glaciologie ont conduit à réduire et à simplifier ces coûteuses observations, le nombre des jalons étant abaissé à 10 par glacier. Leur choix est le résultat d'une étude statistique ayant pour but la poursuite de ces longues séries de mensurations, sans diminution de leur homogénéité. En outre, on a examiné et adapté le procédé de calcul du bilan de masse au moyen de comparaisons statistiques.*

Sur la base d'une étude de cas, exécutée sur le ***glacier de Gries,*** *on a calculé les bilans successifs des exercices 1960/61 à 1985/86, à partir des mesures faites sur les différents repères du réseau, au moyen de plusieurs méthodes modélisées et, parfois, fortement simplifiées [Aellen et Funk, 1988]. Entre autres choses, il s'est avéré que la relation entre l'altitude des points de mesure et les variations de masse déterminées à chaque repère (accroissement dans la zone d'alimentation, diminution dans celle d'ablation) présente une variabilité caractéristique, dépendant des conditions climatiques de chaque année de bilan. En particulier, l'augmentation de l'ablation liée à la baisse d'altitude est plus importante dans les années de forte fusion que dans celles où elle est réduite. Il faut donc tenir compte de cette variabilité en fonction de l'altitude dans les modèles numériques, en déterminant le gradient correspondant, de cas en cas. Dans le but de contrôler les résultats des bilans glaciologiques, on a calculé la variation de masse du glacier de Gries sur plusieurs exercices annuels, à partir de mensurations géodésiques, c'est-à-dire selon un procédé indépendant des mesures effectuées sur les repères. Il consiste à représenter la surface totale du glacier au moyen d'un modèle numérique du relief. Celui-ci contient les cotes d'altitude de points répartis uniformément sur la glace à une équidistance de 50 m, en lieu et place de l'image analogique habituelle fournie par les courbes de niveau de la cartographie classique. Par comparaison des valeurs numériques, issues de photographies aériennes prises à différentes dates, on obtient directement, pour chaque point du modèle, des variations d'épaisseur, desquelles on peut déduire les variations de masse pour les périodes considérées, sans passer par les déterminations planimétriques et les calculs volumétriques compliqués de la méthode analogique. Ces simplifications sont dues, en tout premier lieu, aux développements techniques des appareils et à l'automatisation des méthodes utilisés dans la restitution photogrammétrique. On peut envisager, pour l'avenir, la méthode géodésique de détermination annuelle de la variation de masse des glaciers dans cette forme numérique. Jusqu'à présent, en effet, elle n'était appliquée*

que sur la zone d'ablation du ***glacier de l'Aar*** *ou sur certaines portions des* ***glaciers de l'Allalin*** *et* ***de Giétro****. En vue d'une future application de ce procédé, on a déjà fixé un réseau adéquat de points repères au* ***glacier de Morteratsch*** *pendant l'été de 1987 et on l'a coté avec précision.*

L'étude de l'importance des modifications de l'environnement, dues aux rejets accrus de la civilisation technique, est liée à l'obtention de données caractérisant les époques antérieures à la révolution industrielle. Dans les rapports précédents, l'exemple du projet d'étude du ***col de Gnifetti*** *a montré comment l'on pouvait se procurer, au moyen de forages effectués dans des névés sis à altitude élevée, des indications comparatives sur la composition de l'atmosphère au siècle dernier [Haeberli et al., 1988b]. On espère obtenir des résultats analogues, pour des périodes beaucoup plus longues (5 à 10 millénaires), de carottes provenant de formations particulières de glace existant sous forme de glaciers rocheux dans le permafrost des glaciers alpins. Au printemps de 1987, un premier carottage de ce genre a permis de pénétrer à l'intérieur d'une telle masse de glace active, épaisse de 50 m, au pied du* ***Piz Corvatsch*** *(Murtèl). Le puits de forage a été tubé et équipé, en vue d'observations prolongées des déformations et des variations de température de cet amas de débris, composé de couches de glace plus ou moins pure [Haeberli, 1990].*

On a eu recours à l'appareil de forage en profondeur des VAW pour le sondage, jusqu'au rocher, des névés recouvrant ***l'arête occidentale du Sphinx (Jungfraujoch)****, (photos 14 - 17). Sur ce chantier retiré, on a procédé à 41 forages verticaux, profonds de 3 à 17 m. On a développé la technique de cet instrument pour des profondeurs allant jusqu'à 1600 m, en prévision de son utilisation dans les régions arctiques [Iken, 1988].*

Les fortes précipitations de l'été 1987 ont provoqué d'importantes crues, laves torrentielles et glissements de terrain. Un point commun aux deux événements extrêmes, qui ont causé d'importants dégats dans les Alpes suisses, fut une inhabituelle haute température de l'air durant les précipitations, si bien que ces dernières sont tombées sous forme de pluie jusqu'à haute altitude et par là sur d'inhabituelles grandes surfaces. Tout cela à une période où les couches de neige et névé étaient déjà saturées par l'eau de fonte. Des crues de cette importance (qui n'ont plus été observées dans les hautes Alpes depuis longtemps) ont transporté d'importantes quantités de matériaux morainiques des règions récemment délaissées par les glaciers vers les vallées. Dans le cadre d'études sur les causes de ces crues, D. Rickenmann, M. Zimmermann (VAW) et U. Rösli (Institut de géologie EPF) ont cartographié environ 600 laves torrentielles, dont plus d'une centaine ont déplacé un volume de matériel rocheux de plus de 1000 m^3. Environ la moitié de ces grandes laves sont parties dans une zone qui fut dégagée par les glaciers durant les 150 dernières années. Les laves particulièrement grandes comme celles du Gerental (Saasbach), du Minstigertal ou du Val Varuna tombent dans cette catégorie. La première a causé des dégats principalement à la végétation, les deux autres ont dévasté des habitations et installations dans le village de Münster (Vallée de Conches) et dans le bourg de Poschiavo [Haeberli et al., 1991].

Tabelle 2.1: **Vermessungsflüge 1986 und 1987**
*Tableau 2.1: **Vols photogrammétriques 1986 et 1987***

a) Jährlich - *Annuels*

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

Nr.[1]	Gletscher	Aufnahmedatum 1986	Aufnahmedatum 1987	Luftbild-nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch [2]	Fuss-note
1	Rhone	7. 8.		9063 - 9067	13	L+T	
		15. 8.		9226 - 9233	12	L+T	3)
			31. 8.	3737 - 3744	13	L+T	
			7. 9.	3904 - 3913	12	L+T	3)
3	Gries (Ägina)	23. 9.		3553 - 3572	106	V+D	4)
			1.10.	268 - 281	106	V+D	4)
5	Grosser Aletsch	7. 8.		9035 - 9048	5	L+T	
		23. 9.		9938 - 9947	6	L+T	5)
		23. 9.		9949 - 9959	7	L+T	6)
			7. 9.	3926 - 3942	5	L+T	
			7. 9.	3943 - 3955	6	L+T	5)
			7. 9.	3956 - 3967	7	L+T	6)
Hl	Hohlicht	11. 9.		3452 - 3466	17	V+D	7)
		11. 9.		3476 - 3497	18	V+D	8)
			1.10.	344 - 359	17	V+D	7)
			1.10.	307 - 328	18	V+D	8)
10	Schwarzberg	23. 9.		3629 - 3634	4	V+D	
			29. 9.	144 - 151	4	V+D	
48	Prapio	7. 8.		8995 - 9005	15	L+T	9)
			11. 9.	4204 - 4216	15	L+T	9)
55	Trift (Gadmen)	15. 8.		9234 - 9239	11	L+T	
			7. 9.	3896 - 3903	11	L+T	
56	Rosenlaui	15. 8.		9222 - 9225	10	L+T	
			10. 9.	3998 - 4001	10	L+T	
57	Oberer Grindelwald	7. 8.		9049 - 9055	9	L+T	
			10. 9.	3990 - 3997	9	L+T	
58	Unterer Grindelwald	7. 8.		9058 - 9062	8	L+T	
			10. 9.	3984 - 3989	8	L+T	
61	Gamchi	11. 9.		9637 - 9646	2	L+T	10)
64	Blümlisalp		10. 9.	4002 - 4013	2	L+T	10)
78	Limmern	29. 9.		116 - 125	17	L+T	11)
114	Plattalva						
78	Limmern		11. 9.	4219 - 4229	17	L+T	11)
114	Plattalva		14. 9.	4240 - 4251	17	L+T	11)

Bemerkungen zu den Fussnoten siehe Seite 56 - *Remarques ou notes explicatives voir page 56.*

Tabelle 2.1: **Fortsetzung 1** *Tableau 2.1:* ***Continuation 1***

No.[1]	*Glacier*	*Date du levé* 1986	1987	*Clichés numéros*	*Ligne de vol no.*	*Levé par*[2]	*Note expl.*
90	Silvretta	29. 9.		89 - 97	18	L+T	12)
			14. 9.	4252 - 4263	18	L+T	12)
104	Basodino	4. 9.		9399 - 9406	14	L+T	
			7. 9.	3914 - 3919	14	L+T	

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

No.[1]	*Glacier*	*Date du levé* 1986	1987	*Clichés numéros*	*Ligne de vol no.*	*Levé par*[2]	*Note expl.*
Mö	Mönch (Südflanke)	7. 8.		9026 - 9030	4	L+T	13)
			11. 9.	4090 - 4196	4	L+T	13)
Rb	Rotblatt	23. 9.		3581 - 3591	9	V+D	14)
Rt	Rottal VS		1.10.	391 - 403	9	V+D	14)
Hb	Hohlaub	23. 9.		3607 - 3628	5	V+D	15)
13	Fee		1.10.	282 - 306	5	V+D	15)
Hm	Hohbalm						
Tr	Tälli (Fletschhorn)	23. 9.		3592 - 3602	8	V+D	16)
Ht	Hohlentrift		1.10.	404 - 413	8	V+D	16)
Bi	Bider	23. 9.		3603 - 3606	10	V+D	
			1.10.	414 - 417	10	V+D	
Gr	Gruben (Grüebu)	2. 9.		3635 - 3644	6	V+D	
			29. 9.	163 - 173	6	V+D	
Ki	Kin	11. 9.		3467 - 3475	12	V+D	17)
Fi	Festi		29. 9.	193 - 202	12	V+D	17)
Hg	Hohberg						
107	Bis (siehe Hohlicht)	11. 9.		3452 - 3466	17	V+D	7)
		11. 9.		3476 - 3497	18	V+D	8)
			1.10.	344 - 359	17	V+D	7)
			1.10.	307 - 328	18	V+D	8)
Dg	Distlig	13. 8.		9100 - 9141	16	L+T	18)
St	Stammbach						
Bh	Birch		10. 9.	4039 - 4079	16	L+T	18)
Ne	Nest						
49	Pierredar (siehe Sex	7. 8.		8995 - 9005	15	L+T	9)
	Rouge / Prapio)		11. 9.	4204 - 4216	15	L+T	9)
Hf	Hochfirn (Jungfrau)	7. 8.		9031 - 9034	3	L+T	19)
			11. 9.	4197 - 4203	3	L+T	19)

Tabelle 2.1: **Fortsetzung 2** *Tableau 2.1:* ***Continuation 2***

Nr.[1]	Gletscher	Aufnahmedatum 1986	Aufnahmedatum 1987	Luftbild-nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch [2]	Fuss-note
Si	Sillern	7. 8.		9006 - 9022	1	L+T	20)
Ba	Balmhorn		10. 9.	4014 - 4030	1	L+T	20)
Al	Altels						
Al	Altels (tiefe Fluglinie)	4. 9.		9407 - 9413	1A	L+T	
			10. 9.	4031 - 4038	1A	L+T	
105	Rossboden	23. 9.		3573 - 3580	7	V+D	
		29. 9.		3724 - 3735	7a	V+D	21)

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

Nr.[1]	Gletscher	Aufnahmedatum 1986	Aufnahmedatum 1987	Luftbild-nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch [2]	Fuss-note
11	Allalin	23. 9.		3667 - 3675	1	V+D	22)
		23. 9.		3646 - 3655	2	V+D	22)
		23. 9.		3690 - 3699	2	V+D	22)
			29. 9.	152 - 162	1	V+D	22)
			29. 9.	124 - 131	2	V+D	22)
			29. 9.	102 - 111	2	V+D	22)
16	Findelen	11. 9.		3510 - 3530	19	V+D	
		11. 9.		3531 - 3539	19a	V+D	23)
			1.10.	368 - 390	19	V+D	
			1.10.	428 - 434	19a	V+D	23)
19	Turtmann	11. 9.		3437 - 3450	14	V+D	24)
Di	Diablons		1.10.	329 - 343	14	V+D	24)
TB	Tournelon Blanc	11. 9.		3397 - 3403	24	V+D	25)
			1.10.	360 - 367	24	V+D	25)
37	Giétro	11. 9.		3404 - 3417	22	V+D	
		11. 9.		3418 - 3435	23	V+D	
		11. 9.		3386 - 3396	25	V+D	26)
			29. 9.	205 - 217	22	V+D	
			29. 9.	234 - 254	23	V+D	
94	Morteratsch		17. 9.	9797 - 9816	40	V+D	

Tabelle 2.1: **Fortsetzung 3** *Tableau 2.1:* ***Continuation 3***

b) Mehrjährlich - *Pluriannuels*

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

No.[1]	*Glacier*	*Date du levé* 1986	1987	*Clichés numéros*	*Ligne de vol no.*	*Levé par*[2]	*Note expl.*
2	Mutt		31. 8.	3700 - 3704	45	L+T	27)
4	Fiescher	23. 9.		39 - 52	49	L+T	28)
		23. 9.		9988 -10001	50	L+T	29)
7	Kaltwasser		1.10.	418 - 427	103	V+D	30)
17	Ried		29. 9.	174 - 192	11	V+D	
21	Bella Tola	15. 8.		9218 - 9221	48	L+T	
PN	Plan Névé (VS)	7. 8.		8988 - 8994	60	L+T	31)
33	Tsanfleuron	7. 8.		8960 - 8981	61	L+T	32)
44	Paneirosse						
45	Grand Plan Névé						
46	Martinets	11. 9.		9630 - 9636	61	L+T	
52	Gauli	29. 9.		134 - 153	34	L+T	33)
53	Stein	29. 9.		126 - 133	35	L+T	34)
54	Steinlimmi						
59	Eiger	23. 9.		2 - 13	48	L+T	35)
			31. 8.	3705 - 3723	36	L+T	35)
60	Tschingel	23. 9.		14 - 31	51	L+T	36)
109	Alpetli (Kander)						
110	Lötschberg	23. 9.		32 - 38	52	L+T	37)
66	Tiefen	23. 9.		53 - 69	37	L+T	38)
68	Kehlen						
69	Rotfirn						
70	Damma						
67	Sankt Anna	29. 9.		164 - 167	38	L+T	39)
71	Wallenbur	23. 9.		70 - 75	36	L+T	40)
75	Firnalpeli	29. 9.		155 - 163	39	L+T	41)
			31. 8.	3724 - 3736	38	L+T	42)
76	Griessen (OW)		31. 8.	3716 - 3723	36	L+T	43)
Gf	Glattfirn		31. 8.	3669 - 3678	37	L+T	

Tabelle 2.1: **Fortsetzung 4** *Tableau 2.1:* ***Continuation 4***

Nr.[1]	Gletscher	Aufnahmedatum 1986	Aufnahmedatum 1987	Luftbild-nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch [2]	Fuss-note
117	Valleggia		31. 8.	3691 - 3699	47	L+T	
118	Val Torta						
119	Cavagnoli		31. 8.	3679 - 3684	48	L+T	
120	Corno		31. 8.	3685 - 3690	46	L+T	

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

Nr.[1]	Gletscher	Aufnahmedatum 1986	Aufnahmedatum 1987	Luftbild-nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch [2]	Fuss-note
GN	Goms (Nord)		29. 8.	3870 - 3887	1	V+D	44) IR
GS	Goms (Süd)		29. 8.	3892 - 3916	2	V+D	45) IR
Ge	Gerental		29. 8.	3936 - 3949	3	V+D	46) IR
Mü	Münstigertal		29. 8.	3955 - 3965	4	V+D	47) IR
VR	Val de Réchy	4. 9.		9430 - 9438	49	L+T	
		23. 9.		9961 - 9973	50	L+T	48)
VB	Val Bercla	29. 9.		98 - 113	45	L+T	49)
			14. 9.	4264 - 4279	45	L+T	49)
94	Morteratsch	8. 9.		3346 - 3366	40	V+D	50)
VP	Val Poschiavo (West)		21. 9.	9842 - 9856	1	V+D	51) IR
VO	Val Varuna (Oberes)		21. 9.	9860 - 9865	2	V+D	IR
VU	Val Varuna (Unteres)		21. 9.	3869 - 9875	3	V+D	IR
Po	Poschiavo		21. 9.	9876 - 9879	E	V+D	IR

Tabelle 2.1: **Fussnoten** *Tableau 2.1: **Notes explicatives***

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 - 51 Zusätzlich erfasste Gletscher - *Autres glaciers saisis par le vol:*

3 Gersten
4 Ritz, Merezenbach, Blinnen, Corno
5 Mittelaletsch
6 Grosses Gufer
7 Schali
8 Ross, Schmal
9 Sex Rouge, Dard, Mauvais, Culand
10 Gspaltenhorn, Bütlassen, Vorderer Blüemlisalp, Öschinen, Fründen, Doldenhorn
11 Biferten, Punteglias, Frisal
12 Verstankla, Tiatscha, Plan Rai, Maisas, Klostertaler (A), Ochsentaler (A)
13 Eiger, Guggi
14 Hohkraut (Trift), Mellig (Mälliga)
15 Fall, Kessjen (Chessje, Felskinn)
16 Hohkraut (Trift), Trift (Hohlaub, Lagginhorn), Laquin (Laggin), Weissmies, Zibelenfluh (Sibiluflue)
17 Weingarten
18 Anen, Lang, Lauibach, Augstkummen, Hangend
19 Kühlauenen, Giessen, Rottal (Jungfrau)
20 Rinderhorn, Schwarz, Tatlishorn, Faulen, Doldenhorn
21 Griessernen, Bodmer
22 Hohlaub, Kessjen
23 Triftji, Adler, Mellich, Langfluh
24 Brunegg (Turtmann Ost)
25 Bocheresse
26 Lire Rose, Luette, Cheillon
27 Mutten
28 Galmi, Hangend (VS)
29 Trift (Wannenhorn)
30 Hübsch, Hohmatten (Homattu)
31 Soi, Chalin
32 Tita Naire, Tchiffa, Forcla, Petit Plan Névé
33 Gruben, Golegg, Aerlen, Wyssenbach, Grünbergli, Hühnertälli, Hangend
34 Taleggli, Gigli, Chalchtal
35 Guggi, Kühlauenen, (Giessen)
36 Wetterlücken, Breithorn, Schmadri
37 Ferden, Dala
38 Maasplangg, Brunnen
39 Schwarzbach, Schatz, Gurschen
40 Hang, Brunnen, Flachenstein, Tschingel, Chalchtal
41 Wichelplangg, Titlis (Galtiberg), Grassen
42 Obertal, Wenden, Sustenloch, Klein, Sustli, Stössen, Galtiberg
43 Schlossfirn, Blüemlisalpfirn (UR)
44 Fiescher, Hangend, Bächi, Münstiger, Rhone, Mutt
45 Geren, Rotondo, Kühboden, Sidlen, Sass, Mettli, Blasen
46 Rotondo, Kühboden, Sass
47 Münstigergletscher
48 (Becs de Bosson)
49 (Jupperhorn)
50 Fortezza, Pers, Prievlus, Boval Dadains, - d'Mez, - Dadour
51 Cambrena, Palü, Varuna

IR Infrarot-Farbdiapositive

3. LÄNGENÄNDERUNG

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 Übersicht 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 108 Berichtsjahre seit 1880 zusamenfassend 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 in Tabelle 35 des 99./100. Jahrbuchs [Kasser et al., 1986] für die Beobachtungsjahre 1879/80 bis 1978/79 veröffentlicht und in den folgenden Berichten (Nr. 101.-108., 1979/80-1986/87) ergänzt.

3.2 LÄNGENÄNDERUNG 1985/86

Das Berichtshahr 1985/86 zeichnet sich als ausgesprochenes, aber keineswegs extremes Schwundjahr aus. In allen Regionen hat die Zahl der wachsenden Gletscher abgenommen, die Zahl der schwindenden in entsprechendem Masse zugenommen. In den Flusseinzugsgebieten der Alpennordseite, einschliesslich des Rheingebiets, wo sich seit dem Vorjahr die Zahl der wachsenden Gletscher auf die Hälfte vermindert hat, ist diese Tendenz deutlicher ausgeprägt als in den übrigen Gebieten mit gesamthaft wenig veränderten Zahlen. Eine abweichende gegensinnige Tendenz weist das Einzugsgebiet der Adda auf, wo im Jahr 1984/85 von fünf beobachteten Gletschern zwei, im Jahr 1985/86 von vier beobachteten drei an Länge zugenommen haben. In den Gebieten mit besonders grossem Schneezuwachs im April haben auch kleine Gletscher einen Längenzuwachs erfahren, in den übrigen Gebieten dagegen sind sie vollständig ausgeapert und merklich verkleinert worden. Im gleichen Sinn wie die absoluten und die prozentualen Anteile der wachsenden und der schwindenden Gletscher an der jährlichen Stichprobe hat sich der Mittelwert der Längenänderung von der Zuwachs- auf die Schwundseite verschoben. Dabei wirkt sich die unterschiedliche Zahl der berücksichtigten Messwerte nur geringfügig aus: die mittlere Längenänderung der 73 in den beiden Jahren 1985 und 1986 erfassbaren Gletscher beträgt im ersten Jahr +1.5, im zweiten -2.9 m.

Bei den einzelnen Gletschern ergibt sich ein vielfältig wechselndes Bild, indem etliche nach mehrjährigem Vorstossen erstmals wieder kürzer geworden sind (u.a. **Findelen, Oberer Grindelwald, Eiger, Wallenbur, Biferten, Verstankla, Sardona, Tiatscha**), manche ihren mehrjährigen Vorstoss fortgesetzt haben (z.B. **Mutt, Fee, Trient, Damma, Palü, Basodino**), einige nach langem Schwund erst jetzt oder seit wenigen Jahren vorstossen (z.B. **Zmutt, Ried, Unterer Grindelwald, Rossboden**), weitere vor oder nach einer Vorstossperiode im Stillstand verharren oder um eine Stillstandslage vor oder zurückpendeln (u.a. **Rhone, Fiescher, Turtmann, Zinal, Alpetli, Rotfirn, Hüfi, Tschierva**) und andere in verstärktem oder abgeschwächtem langjährigem Schwund weiter abgenommen haben (u.a. **Grosser Aletsch, Gorner, Unteraar, Paradies, Porchabella, Roseg, Forno**). Den grössten Längenzuwachs erhielten der **Lavaz** und der **Suretta** durch angelagerte Schneelawinen, der **Lang**, der **Kehlen** und der **Damma** wie vor allem auch der **Fee** durch das Vorrücken der Zungenstirn. Den stärksten Schwund erlitten der sehr langsam fliessende **Pizol**, der **Allalin**, dessen Zunge im Vorjahr eine Rutschungsbewegung vollführt hatte und der in einen Natursee kalbende **Roseg**.

Da im Jahr 1984/85 der 1980er Gletschervorstoss in den Schweizer Alpen zu Ende gegangen ist, markiert das Berichtsjahr den Zeitpunkt, an dem der säkulare Gletscherschwund nach einem ähnlichen Unterbruch wie um 1920 wieder eingesetzt hat.

3.3 LÄNGENÄNDERUNG 1986/87

Der 1980er Vorstoss der Gletscher hat sich, wie Tabelle 3.1 und Abbildung 3.3 belegen, im Berichtsjahr 1986/87 weniger abgeschwächt als in den zwei vorangehenden Jahren. Dabei ist zu beachten, dass die Veränderung vom Vorjahr zum Berichtsjahr in der Gesamtheit der Schweizer Alpen wesentlich weniger bedeutsam ist als in den verschiedenen Gebirgsregionen. Besonders ausgeprägt sind die Unterschiede zwischen den südlichen und den nördlichen, durch die inneralpinen Längstäler getrennten Grossräumen der Gebirgsmassive. So hat sich die Zahl der wachsenden Gletscher gesamthaft wenig (um 7 auf 35), im südalpinen Raum stark vermindert (um 15 auf 13), im nordalpinen Raum dagegen deutlich vermehrt (um 8 auf 22). Die Zahl der stationären Gletscher hat sich gesamthaft um 4 auf 13, im Süden um 1 auf 7, im Norden (einschliesslich Silvrettamassiv) um 3 auf 6 erhöht. Entsprechend hat die Zahl der schwindenden Gletscher gesamthaft wenig (um 5 auf 58), im Norden beträchtlich abgenommen (um 13 auf 23), im Süden dagegen merklich zugenommen (um 8 auf 35). Hinter der geringen Verstärkung der Schwundtendenz in der Gesamtheit verbergen sich beträchtliche und gegensätzliche Änderungen in den Regionen: im Süden Verstärkung, im Norden Abschwächung der Schwundtendenz. Von 8 im Jahr 1986/87 (im Gegensatz zum Vorjahr) nicht erfassten Gletschern sind wahrscheinlich 2 im Süden (**Cambrena, Palü**) und 2 im Norden (**Martinets, Lötschen**) in beiden Jahren länger, alle übrigen im Süden (**Otemma, Breney, Forno, Bresciana**) in beiden Jahren kürzer geworden. Das Ergebnis der Statistik ist durch die Veränderung der Stichprobe also in kaum bedeutendem Masse beeinflusst. Eine merkliche Verstärkung der allgemeinen Schwundtendenz ist im Mittelwert der Längenänderung angezeigt: die Gletscher sind im Vorjahr um durchschnittlich 2.7 m, im Berichtsjahr um 6.4 m kürzer geworden.

Die Längenänderung der einzelnen Gletscher streut im Jahr 1986/87 zwischen rund 40 m Zuwachs (**Feegletscher**: Vorstoss um 80.8 m in zwei Jahren) und 120 m Schwund (**Ofental**: Abschmelzen der dünnen Eiszunge im Talboden). Sehr grosse Schwundbeträge sind bei **Lavaz** und **Suretta** durch Abschmelzen der Lawinenanlagerungen aus dem Vorjahr entstanden. Besonders bemerkenswert ist das erstmalige Vorstossen des seit 1958 regelmässig beobachteten **Gauligletschers**.

Somit sind im Laufe des jüngsten, 1965 einsetzenden und seit 1980 nachlassenden Gletschervorstosses in den Schweizer Alpen von den 120 im Beobachtungsnetz erfassten Gletscherzungen insgesamt 108 in mindestens einem Jahr um mindestens einen Meter länger geworden. Von den restlichen sind 5 in mindestens einem Jahr um weniger als einen Meter länger oder kürzer (**Cheillon, Otemma, Mont Durand, Lenta, Porchabella**) und 7 in allen Jahren um mindestens einen Meter kürzer geworden (**Grosser Aletsch, Gorner, Breney, Unteraar, Calderas, Forno, Albigna**). Der 1980er Vorstoss hat also bei 90 % der regelmässig beobachteten Gletscher zu einem grösseren oder kleineren Längenzuwachs, bei weiteren 4 % zu einem längeren oder kürzeren Stillstand geführt. Bei den restlichen ist der langfristig andauernde Schwund in einzelnen Jahren auf sehr kleine Werte vermindert (z.B. **Grosser Aletsch** 1975: -2 m, **Gorner** 1977: -3 m), gelegentlich auch durch Vorstossen oder Stillstand in untergeordneten Teilbereichen des Zungenendes unterbrochen worden (z.B. **Unteraar, Porchabella**). Seit 1965 haben rund zwei Dutzend Gletscher in weniger als 5 und ebensoviele in mehr als 15 Jahren an Länge zugenommen. Die zwei seit 30 oder mehr Jahren vorstossenden Gletscher (**Fee Nord** ab 1956, **Trient** ab 1958) sind in allen Jahren, fünf weitere (**Oberer Grindelwald** ab 1960,

Cambrena ab 1961, **Boveyre** ab 1965, **Kehlen** und **Saleina** ab 1966) sind in mindestens 20 Jahren vorgerückt. Kennzeichen des Berichtsjahrs 1986/87 sind ausgeprägte Gegensätze im zeitlichen Ablauf und in den räumlichen Beziehungen der klimatischen Gegebenheiten, die zu entsprechend deutlichen regionalen Unterschieden im Massenhaushalt und in der Längenänderung der Gletscher geführt haben: mässiger Zuwachs im nördlichen, starker Schwund im südlichen Bereich der Schweizer Alpen.

3. VARIATIONS DE LONGUEUR

3.1 INTRODUCTION

Les résultats des observations faites sur le réseau de la 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 108 ans, soit de 1879/80 jusqu'à 1986/87, 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 le tableau 35 des 99^{e}/100^{e} rapports [Kasser et al., 1986] pour la série centenaire de 1879/80 à 1978/79 et dans les rapports suivants (nos. 101^{e} à 108^{e}, 1979/80-1986/87).

3.2 VARIATIONS DE LONGUEUR 1985/86

Les variations de longueur des glaciers des Alpes suisses traduisent la décrue générale propre à cet exercice 1985/86. Dans toutes les régions, le nombre des glaciers en crue a diminué et celui des glacier en retrait a augmenté en conséquence. Sur tous les bassins versants du nord des Alpes, celui du Rhin compris, où le nombre des glaciers en progression avait déjà diminué de moitié l'année précédente, cette tendance s'est plus nettement confirmée que sur les autres régions où les chiffres se sont peu modifiés. Une évolution tout à fait opposée se dessine sur le bassin de l'Adda où trois glaciers sur les quatre observés ont vu leur longueur augmenter. L'année précédente, il y en avait eu deux sur cinq. Dans les contrées qui ont connu un fort accroissement de la couche de neige en avril, les petits glaciers se sont aussi allongés, tandis qu'ailleurs, ils se sont entièrement débarrassés de leur couverture neigeuse et ont diminué dans de notables proportions. Les nombres absolus et les pourcentages des glaciers en crue et en décrue observés cette année ont changé de sens en faveur d'un retrait général, de même que la moyenne des variations de longueur. Mais la différence entre ces chiffres n'est pas énorme: la variation moyenne de longueur des 73 glaciers mesurés pendant chacun de ces deux exercices passe de +1.5 à - 2.9 m.

*L'évolution propre de chaque glacier isolé présente une image nettement plus changeante. Certains ont commencé à décroître après une avance de plusieurs années (**glaciers de Findelen, supérieur de Grindelwald, de l'Eiger, de Wallenbur, de Biferten, de Verstankla, du Sardona, de Tiatscha**, par exemple), tandis que d'autres prolongent leur croissance (**glaciers de Mutt, de Fee, du Trient, de Damma, du Palü, du Basodino**). Quelquesuns, après un long retrait, avancent depuis peu (**glaciers de Zmutt, de Ried, inférieur de Grindelwald, de Rossboden**); d'autres, après une phase de crue, se sont immobilisés ou oscillent autour d'une position moyenne (**glaciers du Rhône, de Fiesch, de Tourtemagne, de Zinal, d'Alpetli, de Rotfirn, de Hüfi, de***

*Tschierva) et d'autres encore ont poursuivi leur retrait après une période de diminution plus ou moins longue et marquée (**grand glacier d'Aletsch, glaciers du Gorner, inférieur de l'Aar, de Paradies, de Porchabella, de Roseg, de Forno**). Durant cet exercice, les **glaciers de Lavaz** et **de Suretta** ont subi un allongement maximum grâce à de la neige accumulée par des avalanches; ceux **de Lang, de Kehlen** et **de Damma**, ainsi que celui **de Fee** en particulier, appartiennent aussi à cette catégorie, en raison de l'avance rapide de leur langue. Quant au retrait maximum, il est l'apanage **du glacier de Pizol**, dont l'écoulement est très lent, de celui **de l'Allalin**, dont la langue avait subi un glissement l'année précédente, et de celui **de Roseg** qui débouche dans un lac naturel.*

Puisque l'avance générale des glaciers suisses observée depuis 1980 a marqué un arrêt réel l'année précédente, cet exercice réintroduirait le processus du retrait séculaire des glaciers, après une interruption analogue à celle intervenue autour de 1920.

3.3 VARIATIONS DE LONGUEUR 1986/87

*Ainsi qu'en témoignent le tableau 3.1 et la figure 3.3, l'avance glaciaire des années quatrevingt s'est moins affaiblie cette année que les deux précédentes. Cette modification de comportement est moins significative, prise sur l'ensemble des Alpes suisses plutôt que régionalement. Les différences sont particulièrement marquées entre les deux domaines montagneux situés au sud et au nord du sillon alpin médian, constitué par les grandes vallées longitudinales. Ainsi le nombre des glaciers en crue a peu diminué dans l'ensemble (de 4 sur 35), mais fortement sur la région méridionale (de 15 sur 13), tandis qu'il s'élevait nettement au nord (de 8 sur 22). Celui des glaciers stationnaires a augmenté de 4 sur 13 pour toutes les Alpes, de 1 sur 7 pour le sud, et de 3 sur 6 pour le nord (massif de la Silvretta inclus). Quant à ceux en décrue, leur nombre a peu régressé dans l'ensemble (de 5 sur 58), davantage au nord (de 13 sur 23); en revanche, il a progressé notablement au sud (de 8 sur 35). La faible augmentation de la tendance au retrait sur la totalité du domaine alpin cache des évolutions opposées, propres à chaque région: renforcement au sud et affaiblissement au nord. Parmi les 8 glaciers non mesurés cette année (au contraire de la précédente), deux au sud (ceux **de Cambrena** et **de Palü**) et deux au nord (ceux **des Martinets** et **de Lötschen**) ont vu leur longueur probablement augmenter pendant ces deux années, alors que tous les autres, situés au sud (**glacier d'Otemma, de Breney, de Forno** et **de Bresciana**) se raccourcissaient durant cette même période. La modification de l'échantillonnage n'a donc pas influencé le résultat de cette statistique de manière notable. La variation moyenne de longueur des glaciers entre les deux exercices traduit également cette tendance accrue au retrait, puisqu'elle passe de 2.7 m à 6.4 m.*

*L'évolution propre à chaque glacier durant cet exercice se caractérise par des valeurs allant de 40 m de progression (**glacier de Fee**; avance de 80.8 m en deux ans) à 120 m de retrait (**glacier de l'Ofental**; fusion d'une mince langue glaciaire). Des décrues très nettes ont affecté les **glaciers de Lavaz** et **de Suretta**, résultant de la fonte de résidus d'avalanches de l'année précédente. Il convient de noter tout particulièrement le premier mouvement d'avance du **glacier du Gauli**, observé régulièrement depuis 1958. C'est ainsi que, au cours de la dernière crue générale des glaciers des Alpes suisses, qui a débuté en 1965 et a commencé à s'affaiblir dès 1980, 108 langues glaciaires sur les 120 appartenant au réseau*

*d'observation de la CG/SHSN, se sont allongées d'un mètre pendant une année au moins. Cinq autres ont crû ou décru de moins d'un mètre pendant le même laps de temps (**glaciers de Cheillon, d'Otemma, du Mont Durand, de Lenta et de Porchabella**) et les 7 derniers (**grand glacier d'Aletsch, glaciers du Gorner et de Breney, glacier inférieur de l'Aar, glaciers de Calderas, de Forno et d'Albigna**) se sont raccourcis d'un mètre au moins chaque année. La crue des années quatre-vingt s'est donc traduite par une avance plus ou moins grande sur 90 % des glaciers observés régulièrement et par un état stationnaire plus ou moins long pour 4 % d'entre eux. Quant aux autres, leur retrait de longue durée s'est: soit amoindri à des valeurs très faibles pour certaines années (-2 m pour le **Grand glacier d'Aletsch** en 1975, -3 m pour celui **du Gorner** en 1977), soit interrompu par un arrêt ou une faible progression de certaines parties basses de la langue glaciaire (exemples du **glacier inférieur de l'Aar** et de celui **de Porchabella**). Depuis 1965, deux douzaines de glaciers ont vu leur longueur augmenter pendant moins de 5 ans, et tout autant pendant plus de15 ans. Les deux glaciers en crue depuis 30 ans ou plus (**glacier nord de Fee**, depuis 1956, et celui **du Trient**, depuis 1958) n'ont cessé de s'allonger durant cette période et cinq autres (**glacier supérieur de Grindelwald** depuis 1960, **glaciers de Cambrena** depuis 1961, **de Boveyre** depuis 1965, **de Kehlen** et **de Saleina** depuis 1966) ont crû pendant 20 ans au moins.*

Les contrastes marqués des conditions climatiques, tant dans le temps que dans l'espace, caractérisent l'exercice dont fait état ce 108e rapport sur les glaciers. Il en résulte des différences régionales très nettes dans les bilans de masse et dans les variations de longueur des glaciers: un accroissement modéré dans la partie septentrionale et une diminution importante dans la partie méridionale des Alpes suisses.

Tabelle 3.1: **Längenänderung 1985/86 - Zusammenfassungen**

a) Einzugsgebiete

Gebiet	Anzahl Gletscher				
	Netz 1)	Stichprobe 2)	Klassen wachsend 3)	stationär 4)	schwindend 5)
Rhone (II)	52	51	21	5	25
Aare (Ia)	21	19	6	1	12
Reuss (Ib)	11	10	4	2	4
Linth/Limmat (Ic)	6	6	1	0	5
Rhein/ Bodensee (Id)	11	10	2	0	8
Inn (V)	7	7	1	1	5
Adda (IV)	5	4	3	0	1
Tessin (III)	7	7	4	0	3
Total	120	114	42	9	63

b) Gebirgsregionen

Gebiet	Anzahl Gletscher n und Prozentanteil p der Klassen							
	Netz	Stichprobe (p = 100%)	Klassen wachsend		stationär		schwindend	
	n 1)	n 2)	n 3)	p [%]	n 4)	p [%]	n 5)	p [%]
Nördliche Hauptkette	56	53	14	26.4	3	5.7	36	67.9
- Nordseite (extern)	42	39	12		2		25	
- Südseite (intern)	14	14	2		1		11	
Südliche Hauptkette	64	61	28	45.9	6	9.8	27	44.3
- Nordseite (intern)	52	50	21		6		23	
- Südseite (extern)	12	11	7		0		4	
Externe Gebiete	54	50	19	38.0	2	4.0	29	58.0
Interne Gebiete	66	64	23	35.9	7	10.9	34	53.1
Total	120	114	42	36.8	9	7.9	63	55.3
Mittlere Längenänderung		102 6)	- 2.7 Meter / Gletscher					

1 Nachstehend sind die Gletscher mit ihrer Nummer (1-120) aus Tab. 3.3 aufgezählt. Ihre Zuordnung zu den Einzugsgebieten (I-V) ist in Tab. 3.3 und in Abb. 3.1a ersichtlich. Die Grenze zwischen den Hauptketten folgt den Tälern oder Pässen: Col de Balme - Rhone - Furka - Urseren - Oberalp - Vorderrhein - Schanfigg - Flüela - unteres Inntal.

2 Nicht beobachtete Gletscher: 72, 108, 112, 113, 115, 116.

3 Wachsende Gletscher: 1, 2, 7, 8, 10, 13, 15, 17-20, 25-28, 38, 40-43, 46, 53, 56, 58, 61, 64, 68, 70, 73, 74, 78, 82, 87, 98-101, 104, 105, 110, 118, 120.

4 Stationäre Gletscher: 4, 9, 24, 30, 67, 69, 93, 107, 109.

5 Schwindende Gletscher: 3, 5, 6, 11, 12, 14, 16, 21-23, 29, 31-37, 39, 44, 45, 47-52, 54, 55, 57, 59, 60, 62, 63, 65, 66, 71, 75-77, 79-81, 83-86, 88-92, 94-97, 102, 103, 106, 111, 114, 117, 119.

6 Im Mittelwert ist das Ergebnis von 12 Gletschern nicht berücksichtigt aus folgenden Gründen:
- Beeinflussung durch künstlichen See: 50,
- Wert für mehrere Jahre oder ungenau: 3, 90,
- keine Zahlenangabe: 13, 46, 49, 55, 56, 58, 107, 110, 114.

Tableau 3.2: ***Variations de longueur 1986/87 - Récapitulations***

a) Bassins versants

Région	*Réseau* 1)	*Echantillon* 2)	*Nombre de glaciers* *Classes* *en crue* 3)	*stationnaires* 4)	*en décrue* 5)
Rhône (II)	52	48	17	5	26
Aare (Ia)	21	18	8	2	8
Reuss (Ib)	11	10	5	2	3
Linth/Limmat (Ic)	6	6	2	2	2
Rhin/ Bodan (Id)	11	10	1	1	8
Inn (V)	7	7	0	1	6
Adda (IV)	5	1	0	0	1
Tessin (III)	7	6	2	0	4
Total	120	106	35	13	58

b) Régions orographiques

Région	*Réseau*	*Nombre de glaciers n et part relative p des classes* *Echantillon*	*Classes*					
		(p = 100%)	*en crue*		*stationnaires*		*en décrue*	
	n 1)	*n* 2)	*n* 3)	*p [%]*	*n* 4)	*p [%]*	*n* 5)	*p [%]*
Chaînes septentrionales	56	51	22	43.1	6	11.8	23	45.1
-versant nord (externe)	42	37	19		5		13	
- versant sud (interne)	14	14	3		1		10	
Chaînes méridionales	64	55	13	23.6	7	12.7	35	63.7
- versant nord (interne)	52	48	11		7		30	
- versant sud (externe)	12	7	2		0		5	
Régions externes	54	44	21	47.7	5	11.4	18	40.9
Régions internes	66	62	14	22.6	8	12.9	40	64.5
Total	120	106	35	33.0	13	12.3	58	54.7
Variation moyenne de longueur		94 6)			- 6.4 *mètres / glacier*			

1 *Ci-après, les glaciers sont cités par leur numéro (1-120) du tabl. 3.3. Leur répartition sur les bassins versants (I-V) est indiquée dans le tabl. 3.3 et dans la fig. 3.2a. La limite entre les chaînes principales suit les vallées ou cols suivants: Col de Balme - Rhône - Furka - Urseren - Oberalp - Rhin antérieur - Schanfigg - Flüela - vallée basse de l'Inn.*

2 *Glaciers non observés ou sans résultat: 34, 36, 46, 72, 99, 100, 102, 103, 108, 110, 112, 113, 115, 116.*

3 *Glaciers en crue: 1, 3, 13, 18, 20, 25-28, 38, 41-44, 47-49, 52, 53, 55, 57, 58, 60, 61, 64, 68, 70, 71, 74, 75, 81, 91, 105, 114, 120.*

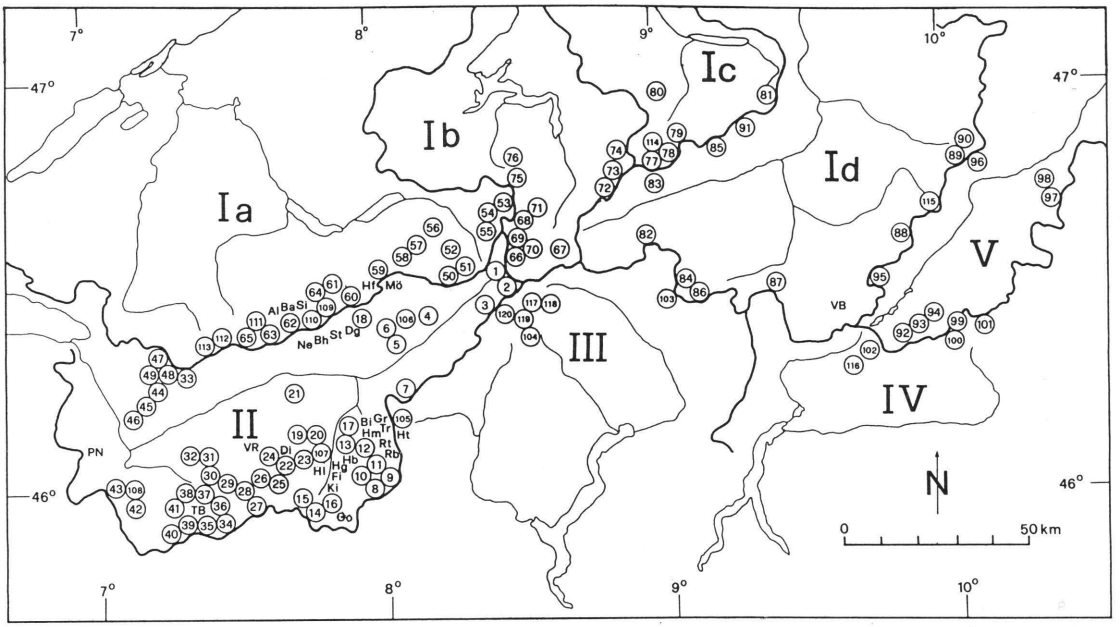
4 *Glaciers stationnaires: 2, 10, 17, 39, 40, 56, 63, 67, 76, 77, 80, 89, 93.*

5 *Glaciers en décrue: 4-9, 11, 12, 14-16, 19, 21-24, 29-33, 35, 37, 45, 50, 51, 54, 59, 62, 65, 66, 69, 73, 78, 79, 82, 83-88, 90, 92, 94-98, 104, 106, 107, 109, 111, 117-119.*

6 *Dans la valeur moyenne, les résultats de 12 glaciers ne sont pas compris pour les raisons suivantes:*
- *influence d'un lac artificiel: 3, 50,*
- *valeur valable pour plusieurs années: 13, 14,*
- *valeur non chiffrée: 30, 49, 55, 58, 75, 106, 107, 114.*

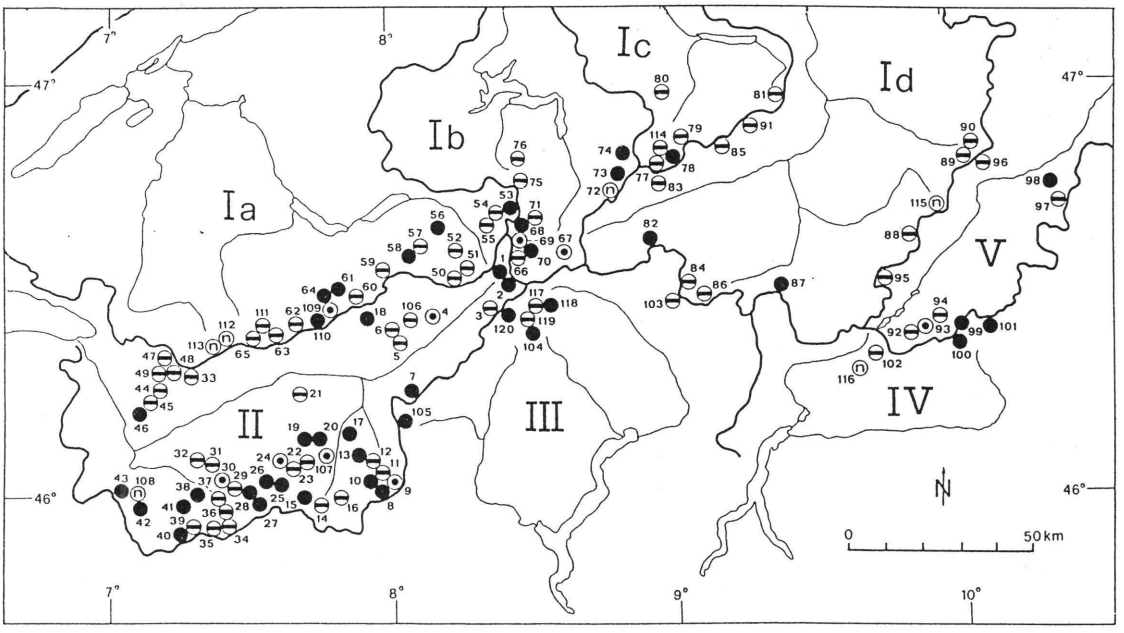
Abbildung 3.1: **Gletscherbeobachtungsnetz 1986**

a) Beobachtungen 1986



Legende:
1-120: Beobachtungsnetz (Tab. 3.1+3.3) Al-VR: andere Gletscher (Tab. 2.1) I-V: Einzugsgebiete (Tab. 3.3)

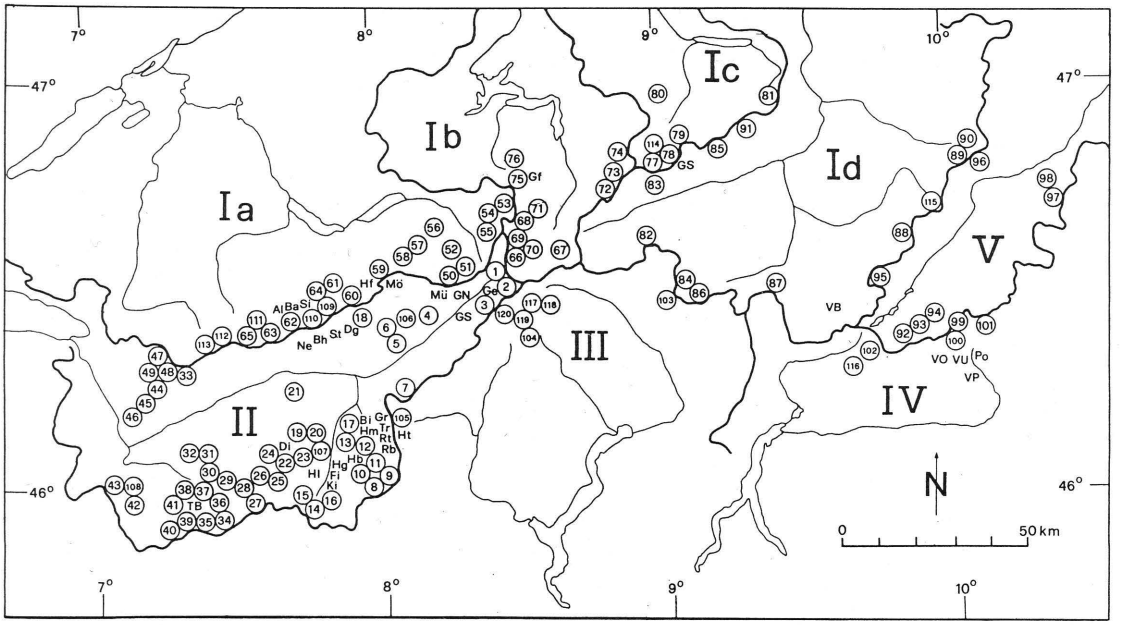
b) Längenänderungen 1986



Legende:
● Vorstoss ⊙ stationär ⊖ Rückzug ⓝ nicht beobachtet

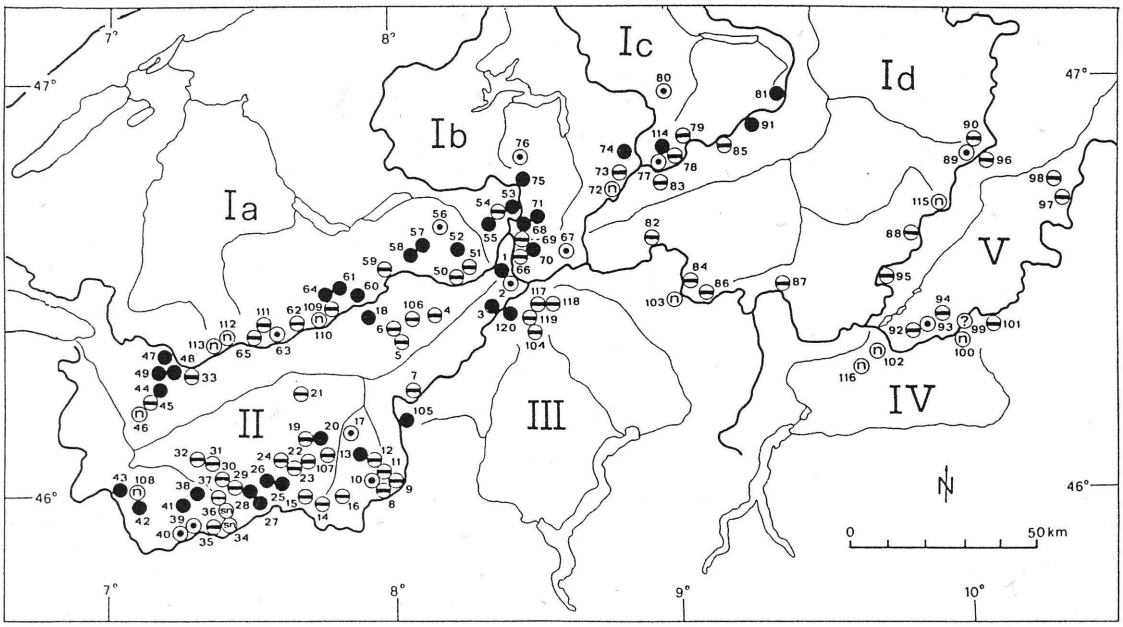
Figure 3.2: ***Réseau d'observations glaciaires 1987***

a) Observations 1987



Légende:
1-120: *Réseau d'observations (tabl. 3.2+3.3)* Al-VU: *autres glaciers (tabl. 2.1)* I-V: *bassins versants (tabl. 3.3)*

b) Variations de longueur 1987

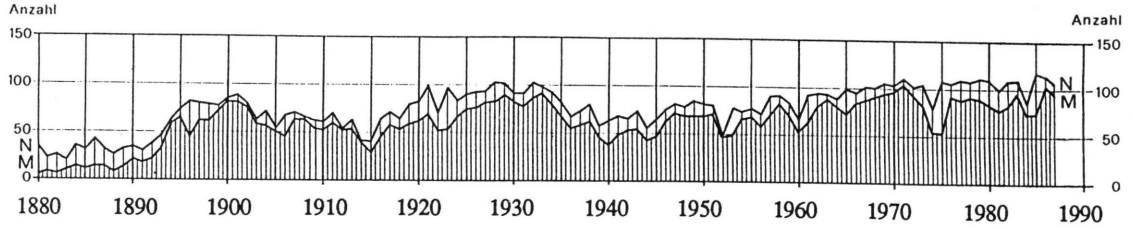


Légende:
● *avance* ⊙ *stationnaire* ⊖ *décrue* ⓝ *non observé*

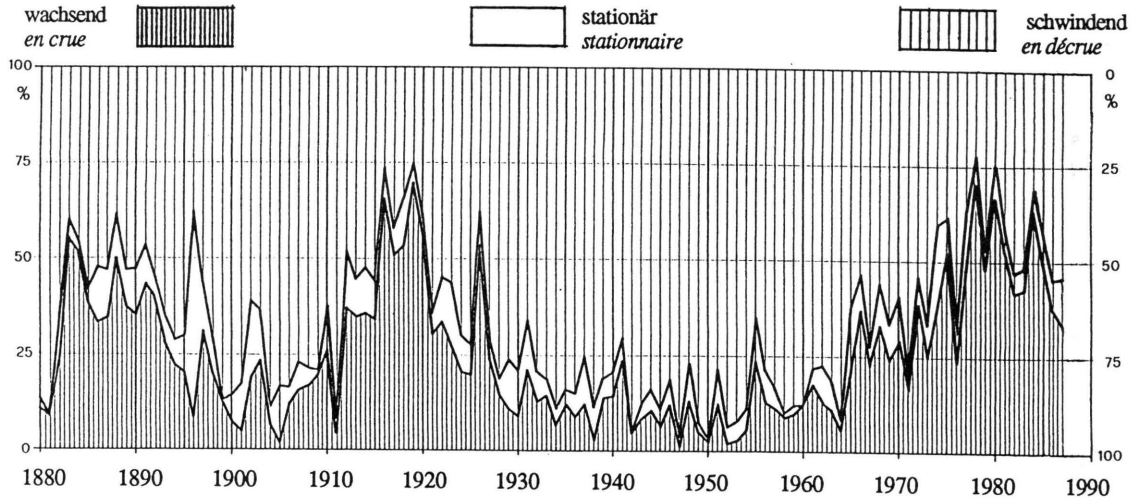
Abbildung 3.3: **Längenänderung - Statistik 1880-1987**
Figure 3.3: ***Variations de longueur - Statistique 1880-1987***

a) Stichproben - *Echantillons*

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) Anteile der wachsenden, stationären und schwindenden Gletscher
Parts relatives des glaciers en crue, stationnaires ou en décrue



c) Mittlere Längenänderung - *Variation moyenne de longueur*

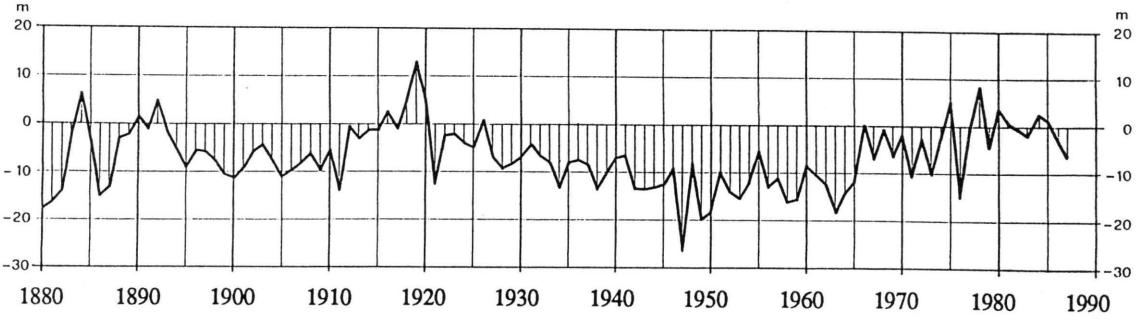


Tabelle 3.3: **Längenänderung 1985/86 und 1986/87**
*Tableau 3.3: **Variations de longueur 1985/86 et 1986/87***

Nr.[a]	Gletscher	Kt.[b]	Längenänderung[c] [m] 1985/86	1986/87	Höhe[d] [m ü.M.] 1987	Messdatum [Tag, Monat] 1985	1986	1987
Einzugsgebiet der Rhone - *Bassin du Rhône* (II)								
1 [e]	Rhone	VS	+ 1.4	+ 8.8	2123	11.10.	13. 8.	19. 8.
2 [e]	Mutt	VS	+ 4	- 0.5	2582	13. 8.	13. 8.	19. 8.
3 [e]	Gries (Aegina)	VS	- 13.4[2a]	+ 1.0	2384.5	29.10.	23. 9.	1.10.
4 [e]	Fiescher	VS	+ 0.2	- 10.8	1664.2	29. 8.	13.10.	5. 9.
5 [e]	Grosser Aletsch	VS	- 25.4	- 21.8	1548.5	29.10.	12.10.	31.10.
106 [e]	Mittelaletsch	VS	- 22	- x	2253.0[86]	1.10.	2.10.	7. 9.
6 [e]	Oberaletsch	VS	- 13.2	- 6.2	2139.3	27.10.	12.10.	1.11.
7 [e]	Kaltwasser	VS	+ 6.0	- 32.3	2640	11. 9.	23. 9.	30. 9.
8 [e]	Tälliboden	VS	+ 7.9	- 33.0	2628.2[86]	3.10.	3.10.	29. 9.
9 [e]	Ofental	VS	0	-120.3	2639.1	3.10.	3.10.	29. 9.
10 [e]	Schwarzberg	VS	+ 2.5	- 0.8	2649.5	4.10.	1.10.	29. 9.
11 [e]	Allalin	VS	- 53.2	- 8.4	2220.6	16.10.	23. 9.	29. 9.
12 [e]	Kessjen	VS	- 8.6	- 21.3	2864.8	1.10.	1.10.	30. 9.
13 [e]	Fee (Nord)	VS	+ x	+ 80.8[2a]	1932	5.11.	23. 9.	4.11.
14 [e]	Gorner	VS	- 7	- 33.8[2a]	2083	23.10.	19.10.	3.11.
15 [e]	Zmutt	VS	+ 1.6	- 3.0	2242	1. 8.	22. 7.	18. 8.
16 [e]	Findelen	VS	- 20.0	- 13.1	2483.2	2. 9.	19.10.	1.10.
107 [e]	Bis	VS	st	- x	–	12. 9.	11. 9.	1.10.
17 [e]	Ried	VS	+ 3.9	+ 0.4	2055.8	2.10.	27. 9.	28. 9.
18 [e]	Lang	VS	+ 18	+ 9	2029	18.10.	22.10.	1.10.
19 [e]	Turtmann (West)	VS	+ 4.2	- 2.6	2261	17. 9.	30. 9.	7.10.
20 [e]	Brunegg (Turtmann-Ost)	VS	+ 4.4	+ 3.6	2452	17. 9.	30. 9.	7.10.
21 [e]	Bella Tola	VS	- 3.8	+ 1.8	–	11. 9.	20. 9.	17. 9.
22	Zinal	VS	- 19.0	- 24.7	2030	23. 9.	3.10.	3.10.
23	Moming	VS	- 19.3	- 15.0	2380	23. 9.	3.10.	3.10.
24	Moiry	VS	- 0.8	- 1.5	2390[83]	19.10.	13.10.	19.10.
25	Ferpècle	VS	+ 5.2	+ 4.2	2095[83]	17.10.	5.10.	27. 9.
26 [e]	Mont Miné	VS	+ 6.2	+ 13.8	1963[83]	15.10.	5.10.	27. 9.
27	Arolla (M. Collon)	VS	+ 10	+ 4.1	2135[83]	17.10.	5.10.	27. 9.
28 [e]	Tsidjiore Nouve	VS	+ 12	+ 5	2205[83]	17.10.	5.10.	27. 9.
29	Cheillon	VS	- 7.2	- 23.7	2630[83]	21. 9.	28. 9.	4.10.
30 [e]	En Darrey	VS	st	- x	2490[83]	22. 9.	29. 9	3.10.
31	Grand Désert	VS	- 21.1	- 20.2	2755[83]	10.10.	12.10.	1.11.
32 [e]	Mont Fort (Tortin)	VS	- 7.7	- 21.5	2695[83]	6.10.	12.10.	1.11.
33	Tsanfleuron	VS	- 9.5	- 5.2	2417[69]	24./26.9.	10.10	19.10.
34 [e]	Otemma	VS	- 25.3	sn	2430[83]	28. 9.	1.10.	19.10.
35 [e]	Mont Durand	VS	- 6	- 5	2290[83]	29. 9	30. 9.	19.10.
36 [e]	Breney	VS	- 2.8	sn	2575[82]	28. 9.	30. 9.	19.10.
37 [e]	Giétro	VS	- 4.0	- 4.1	2480 ca.	27. 9.	11. 9.	29. 9.
38 [e]	Corbassière	VS	+ 12	+ 18	2169	6. 9.	10. 9.	12. 9.

a-e Bemerkungen zu den Fussnoten und Legende der Abkürzungen siehe Seite 72
Remarques ou notes explicatives et légende des abréviations voir page 72.

Tabelle 3.3: **Fortsetzung 1**

Tableau 3.3: ***Continuation 1***

No.[a]	*Glacier*	*Ct.*[b]	*Variation de longueur*[c] [m] 1985/86	1986/87	*Altitude*[d] [m s.m.] 1987	*Date des mesures [jour, mois]* 1985	1986	1987
39	Valsorey	VS	-10.0	0	2395	10. 9.	6.10.	9.10.
40	Tseudet	VS	+ 1.0	0	2423	10. 9.	6.10.	9.10.
41 e	Boveyre	VS	+13.5	+ 6.5	2595	10. 9.	5.10.	9.10.
42 e	Saleina	VS	+11.5	+ 5.0	1696	13. 9.	6.10.	20.10.
108	Orny	VS	n	n	–	n	n	n
43 e	Trient	VS	+ 7	+ 4	1750	17.10.	2. 9.	14. 8.
44 e	Paneyrosse	VD	- 5.1	+ 5.0	–	19. 9.	1.10.	20.10.
45 e	Grand Plan Névé	VD	- 4.2	- 2.0	–	19. 9.	29. 9.	19. 9.
46 e	Martinets	VD	+ x [10a]	n	–	n	11. 9.	n
47 e	Sex Rouge	VD	- 5.9	+ 6.4	–	7.10.	24. 9.	18.10.
48 e	Prapio	VD	- 2.0	+10.5	–	9.11.	18.10.	25.10.
49 e	Pierredar	VD	- x	+ x	–	9. 9.	7. 8.	11. 9.
Einzugsgebiet der Aare - *Bassin de l'Aar* (Ia)								
50 e	Oberaar	BE	-20.9	- 4.9	2302.9	30. 8.	5. 9.	29. 8.
51 e	Unteraar	BE	-24.1	-11.5	1911.8	30. 8.	5. 9.	29. 8.
52 e	Gauli	BE	- 4	+ 8	2200 ca.	26. 9.	30. 9.	25.10.
53 e	Stein	BE	+ 9	+ 5	1934	28. 9.	23. 9.	27. 9.
54	Steinlimmi	BE	- 3	- 2	2092	28. 9.	23. 9.	27. 9.
55 e	Trift (Gadmen)	BE	- x	+ x	1670[80]	10. 9.	15. 8.	7. 9.
56 e	Rosenlaui	BE	+ x	st	1860 ca.	10. 9.	15. 8.	10. 9.
57 e	Oberer Grindelwald	BE	-15	+16	1225 ca.	24.10.	16.11.	12.11.
58 e	Unterer Grindelwald	BE	+ x	+ x	1090 ca.	24.10.	28.10.	28.10.
59 e	Eiger	BE	- 8.7	- 6.3	2115	26. 9.	25. 9.	17. 9.
60 e	Tschingel	BE	- 1.9	+ 5.6	2265	27. 9.	26. 9.	18. 9.
61 e	Gamchi	BE	+ 5.1	+ 1.9	1990	14. 9.	27. 9.	5.10.
109 e	Alpetli (Kanderfirn)	BE	- 0.1	- 1.4	2250	18. 9.	8. 9.	19. 9.
110 e	Lötschberg	BE	+ x [6a]	n	–	n	23. 9.	n
62 e	Schwarz	VS	- 9.7	- 38.0	2220	23. 9.	25. 9.	22. 9.
63 e	Lämmern	VS	- 9.8	- 0.3	2520	24. 9.	25. 9.	23. 9.
64 e	Blümlisalp	BE	+ 2.6	+ 2.1	2200	9. 9.	18. 9.	12. 9.
111 e	Ammerten	BE	- 3.3	- 3.5	2345 ca.	29. 9.	28. 9.	11.10.
65 e	Rätzli	BE	-19	- 16	2405	21. 9.	3.10.	20.10.
112	Dungel	BE	n	n	2465[85]	9. 9.	n	n
113	Gelten	BE	n	n	2295[69]	9. 9.	n	n
Einzugsgebiet der Reuss - *Bassin de la Reuss* (Ib)								
66 e	Tiefen	UR	- 3.0	- 3.7	2500	27. 9.	23. 9.	25. 9.
67 e	Sankt Anna	UR	- 0.5	0	2565[75]	24. 9.	24. 9.	25. 9.
68 e	Kehlen	UR	+20.0	+ 9.5	2078	12. 9.	16. 9.	22. 9.
69 e	Rotfirn (Nord)	UR	- 0.5	- 3.5	2031	12. 9.	16. 9.	22. 9.
70 e	Damma	UR	+27.7	+ 1.7	2044[64]	11. 9.	23.10.	26. 9.
71 e	Wallenbur	UR	- 7.0	+ 6	2234	2. 9.	15.10.	5.10.
72	Brunni	UR	n	n	2335 ca.	13. 9.	n	n
73 e	Hüfi	UR	+ 6.0	- 23	1640	16.10.	23. 9.	20.10.
74 e	Griess (Unterschächen)	UR	+ 6	+11	2218	12. 9.	22. 9.	1.10.
75 e	Firnalpeli	OW	- 5	+ x	2160[86]	19. 9.	23. 9.	31. 8.
76 e	Griessen (Obwalden)	OW	- 7	0	2550	1.10.	9.10.	18.10.

Tabelle 3.3: **Fortsetzung 2** *Tableau 3.3:* ***Continuation 2***

Nr.[a]	Gletscher	Kt.[b]	Längenänderung [c] [m] 1985/86	1986/87	Höhe [d] [m ü.M.] 1987	Messdatum [Tag, Monat] 1985	1986	1987
Einzugsgebiet der Linth/Limmat - *Bassin de la Linth/Limmat* (Ic)								
77 [e]	Biferten	GL	- 3.1	+ 0.4	1897.2	29./30.8.	16. 9.	28./29.9.
78 [e]	Limmern	GL	+ 3.2	- 1.4	–	1.10.	1. 9.	14. 9.
114 [e]	Plattalva	GL	- x	+ x	–	11. 9.	29. 9.	14. 9.
79 [e]	Sulz	GL	- 1.1	- 3.8	1788	21.10.	13.10.	6.11.
80 [e]	Glärnisch	GL	- 4.7	0.0	2294.2	19. 9.	22. 9.	20. 8.
81 [e]	Pizol	SG	- 73.6	+13.5	2600	24. 9.	18. 9.	22. 9.
Einzugsgebiet des Rheins/Bodensee - *Bassin du Rhin/Bodan* (Id)								
82 [e]	Lavaz	GR	+102.5	- 53.2	–	10. 9.	1.10.	8. 9.
83 [e]	Punteglias	GR	- 10.3	- 9	2350	28. 9.	24.10.	23.10.
84 [e]	Lenta	GR	- 14.7	- 24.3	2310	1.10.	22. 9.	2.10.
85 [e]	Vorab	GR	- 26.2	- 3.2	–	12. 9.	13. 9.	21. 9.
86 [e]	Paradies	GR	- 10.7	- 8.5	2396.8	23. 9.	16. 9.	10. 9.
87 [e]	Suretta	GR	+ 28.8	- 77.6	2207.6	10. 9.	12. 9.	16. 9.
115	Scaletta	GR	n	n	–	20. 9.	n	n
88 [e]	Porchabella	GR	- 8.3	- 6.8	2639.4	8.10.	15.10.	21.10.
89 [e]	Verstankla	GR	- 5	- 0.5	2390	3. 9.	3. 9.	3. 9.
90 [e]	Silvretta	GR	- 6.5[2a]	- 2.8	2436[86]	13. 9.	10. 9.	17. 9.
91 [e]	Sardona	SG	- 6.9	+ 4.4	2500	20. 9.	13. 9.	18. 9.
Einzugsgebiet des Inns - *Bassin de l'Inn* (V)								
92 [e]	Roseg	GR	- 38	- 13	2175	28. 9.	16.10.	4.10.
93 [e]	Tschierva	GR	+ 0.5	+ 0.8	2140[85]	28. 9.	16.10.	4.10.
94 [e]	Morteratsch	GR	- 6	- 9	2000	26. 9.	16./17.10.	6.10.
95 [e]	Calderas	GR	- 6	- 11	2720	4.10.	22.10.	4.10.
96 [e]	Tiatscha	GR	- 2	- 2	2500	3.10.	28. 9.	17.10.
97 [e]	Sesvenna	GR	- 5.8	- 6.4	2750	20. 9.	25. 9.	18. 9.
98 [e]	Lischana	GR	+ 2.0	- 7.8	2745	21. 9.	7. 9.	29. 9.
Einzugsgebiet der Adda - *Bassin de l'Adda* (IV)								
99 [e]	Cambrena	GR	+ 3.5	? st	2518[86]	6.10.	11.10.	1.11.
100 [e]	Palü	GR	+ 4.9	n	2350[85]	3.10.	30.10.	n
101 [e]	Paradisino (Campo)	GR	+ 1	- 14	2825	7. 9.	4.10.	27. 9.
102 [e]	Forno	GR	- 8.5	n	2225[85]	8.10.	15.10.	n
116	Albigna	GR	n	n	2163[85]	11. 9.	n	n
Einzugsgebiet des Tessins - *Bassin du Tessin* (III)								
120 [e]	Corno	TI	+ 5.8	+ 2.3	2570	12. 9.	11. 9.	15. 9.
117	Valleggia	TI	- 4.9	- 2.0	2420	10. 9.	8. 9.	16. 9.
118 [e]	Val Torta	TI	+15.2	- 3.6	2520	10. 9.	8. 9.	16. 9.
103	Bresciana	TI	- 5	n	2720[85]	10. 9.	22. 9.	n
119 [e]	Cavagnoli	TI	- 7	- 10	2560	25. 9.	18. 9.	24. 9.
104 [e]	Basodino	TI	+ 3.5	- 7.3	2520	24. 9.	5.10.	24. 9.
105 [e]	Rossboden	VS	+12.3	+ 7.3	1950	16. 9.	1.10.	19.10.

Tabelle 3.3: **Legende und Bemerkungen** *Tableau 3.3:* ***Légende et remarques***

Abkürzungen		***Abréviations***	
n	nicht beobachtet	n	*non observé*
sn	eingeschneit	sn	*sous la neige*
+	im Vorstoss	+	*en crue*
st	stationär	st	*stationnaire*
-	im Rückzug	-	*en décrue*
?	unsichere Angabe	?	*résultat incertain*
ca.	ungefährer Wert	ca.	*valeur approximative*
x	Betrag nicht bestimmt	x	*valeur non déterminée*

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 CG/ASSN (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: $+ 87^{4a}$ = 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: $+ 87^{4a}$ *= avance de 87 mètres en 4 ans.*

d Ist die verzeichnete Höhenkote des Gletscherendes oder des Gletschertors nicht im Jahr 1987 gemessen, ist das Jahr der Messung folgenderweise angegeben: 2326.2^{80} = 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 1987, l'année de la mesure est indiquée comme il suit: 2326.2^{80} *= cote 2326.2 m, déterminée en 1980.*

e Siehe Kapitel 3.4: Bemerkungen zu einzelnen Gletschern.
Voir chapître 3.4: Remarques valables pour un seul glacier.

3.4 BEMERKUNGEN ZU EINZELNEN GLETSCHERN

3.4 REMARQUES CONCERNANT DES GLACIERS INDIVIDUELS

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

1986: L'avance moyenne de 1.4 m n'est pas significative. Le glacier doit être considéré comme stationnaire (P. Mercier).

2 Mutt

1986: L'avance, plus faible que les années précédentes, est encore significative (P. Mercier).

1987: Le glacier marque un temps d'arrêt et, ayant par endroits reculé, se termine à l'arrière de la moraine formée par l'avance des années précédentes (P. Mercier).

3 Gries (Ägina)

1986: Vermessungsflug am 23.9.1986, ausgewertet durch H. Bösch (VAW) am Autographen des Geodätischen Instituts der ETH Zürich. Die Kalbungsfront mit zwei bogenförmigen, vom See unterschnittenen Gewölben ist seitlich und in der Mitte auf Felsrippen abgestützt. An diesen Stellen liegt der Fuss des Eises knapp über dem Stauziel (2387 m). Die Oberkante der Abbruchwand erreicht im höchsten Punkt die Höhenkote 2407 m. Die Haushaltsmessungen, durchgeführt von M. Funk (VAW) ergeben für das Berichtsjahr mit überdurchschnittlichen Werten des Schneezuwachses im Winter und der Eisabschmelzung im niederschlagsarmen Sommer einen beträchtlichen Massenschwund und damit auch einen ungewöhnlich grossen Massenumsatz des Gletschers (VAW - M. Aellen).

1987: Vermessungsflug am 1.10.1987, ausgewertet durch H. Bösch (VAW). Die Kalbungsfront am Gletscherende hat sich gesamthaft wenig verändert. Im Scheitel der beiden vom See unterschnittenen Gewölbe liegt die Abbruchkante streckenweise an gleicher Stelle wie im Vorjahr. Auf dem Westufer und auf der Felsrippe in der Mitte ist sie vorgerückt auf den Stand von 1984, auf dem Ostufer dagegen durchwegs um 10-15 m zurückgeschmolzen. Ihre Höhe hat merklich abgenommen: der höchste Punkt hat sich um 1.6 m auf Kote 2415.4 m abgesenkt, die mittlere Höhe (2402 m) liegt 5 m unter dem Vorjahreswert. Die Haushaltsmessungen, durchgeführt durch M. Funk (VAW), ergeben übernormalen Massenschwund. Bei geringerem Überschuss an Schneezuwachs im Winter und stärkerer Ausaperung des Gletschers im Sommer des Berichtsjahrs ist der Massenschwund grösser ausgefallen als im Vorjahr (VAW - M. Aellen).

4 Fiescher

1986: Das Weisswasser entströmt dem Gletscher teils durch ein grosses, rund 30 m breites und gegen 10 m hohes Torgewölbe im Talweg, teils ohne Torbildung an einem vorgelagerten Zungenlappen auf der Ostseite. Im Bereich des Gletschertors ist der Eisrand im Berichtsjahr um etwa 10 m zurückgeschmolzen. Der Seitenlappen, der grossenteils aus schuttbedeckten Lawinenablagerungen besteht, ist um rund 30 m länger geworden (VAW - M. Aellen).

1987: Der Gletscher entwässert sich vorwiegend durch den Bachaustritt (ohne Torbildung) am vorspringenden östlichen Zungenlappen. Dem grossen Torgewölbe im Talweg dagegen entfliesst auffallend wenig Wasser (VAW - M. Aellen).

5 Grosser Aletsch

1986: Die Massa entströmt dem Grossen Aletschgletscher durch ein flaches, rund 25 m breites Torgewölbe und ergiesst sich in stiebendem Fall in die etwa 40 m tiefe Felsrinne, welche die steile Schlucht des Oberaletschbachs mit der Massaschlucht verbindet. Die schuttbedeckte Toteismasse, die oberhalb der Einmündung der Massa die Felsrinne noch im Vorjahr überbrückte, ist seither verschwunden. Der Oberaletschbach fliesst nun - zumindest im Sommer - durchwegs in einem offenen Gerinne (VAW - M. Aellen).

1987: Die Höhenkote ist im Scheitel des etwa mannshohen Gletschertors am Zungenende bestimmt. Das kleine Tor an der Nordseite, rund 60 m hinter und 30 m über dem Haupttor führt kein Wasser. Auf der Südseite stösst das Zungenende an die schuttbedeckten Eismassen am Fuss der alten Sackung unterhalb des Aletschwalds (VAW - M. Aellen).

6 Oberaletsch

1986: Das schuttbedeckte Zungenende ist durch steile Schmelzfronten gestuft und durch eine mäandrierende, grossenteils mit Blockschutt verfüllte Schmelzwasserrinne zerteilt. Der Oberaletschbach entströmt dem Gletscher ohne Torbildung zur Hauptsache durch die Schutthaufen am Rinnenende. Auf der Ostseite ist der Eisrand stellenweise vom Bach unterschnitten und freigelegt (VAW - M. Aellen).

1987: Die Höhenkote ist am vorspringenden Zungenlappen östlich des torlosen Bachaustritts bestimmt, an einer der wenigen Stellen, wo der Rand des meistenorts schuttbedeckten Zungenendes freiliegt (VAW - M. Aellen).

7 Kaltwasser

1986: Auf der nördlichsten Messlinie lag der Gletscherrand 16.5 m weiter vorn als im letzten Jahr. In den übrigen Teilen hat er sich wenig verändert (M. Borter).

1987: Die langgezogene Gletscherzunge im tief eingeschnittenen Graben bei Messpunkt 1 ist abgetrennt und bis auf einen kleinen Rest abgeschmolzen (um mehr als 80 m verkürzt worden). Der Schwund bei den Messpunkten 2 und 3 (9.5 bzw. 4 m) ist verhältnismässig gering. Die schmale, etwa 10-20 m mächtige angelagerte Zunge in der tiefen Runse bei Punkt 3 ist um rund 20 m zurückgeschmolzen (M. Borter).

8 Tälliboden

1986: Erstmals (seit 1978) wurde auf diesem kleinen Kargletscher viele offene Spalten festgestellt. Die vermehrte Spaltenbildung weist auf Rutschungsbewegungen als Ursache des Vorstosses des Zungenendes hin (VAW - W. Schmid).

1987: Das Zungenende des extrem stark ausgeaperten Gletschers ist mit sehr vielen Steinen besetzt (VAW - W. Schmid).

9 Ofental

1986: Der Gletscher hat nach langer Zeit den mit einem fixen Stahlrohrstativ markierten Messpunkt 17 wieder freigegeben. Am Platz des alten, bodeneben abgescherten Stativs ist ein neues einbetoniert worden. Der Umstand, dass die Gletscherzunge trotz ihrer geringen Dicke von wenigen Metern erhalten bleibt, ist damit zu erklären, dass sie bis weit in den Sommer hinein (Juli / August) durch Lawinenschnee gegen die Strahlung abgeschirmt und vor der Schmelzung bewahrt wird (VAW - W. Schmid).

1987: Nach starkem Schwund in den letzten Jahren ist der Gletscher nur mehr als dünnes Eisfeld vorhanden, welches im obersten Teil, am Fusse des Spechhorns, noch einzelne Spalten aufweist (VAW - W. Schmid).

10 Schwarzberg

1986: Die Abbruchfront am Zungenende ist vorgerückt, obwohl das Eis über die Steilstufe ins Vorgelände abstürzt, wo sich erstmals wieder ein Sturzkegel aufgebaut und den Sommer überdauert hat. Der Gletscher entwässert sich beidseits der Abbruchfront durch je ein Gletschertor (VAW - W. Schmid).

1987: Die hohe Aufwölbung der Zunge und gelegentlich auftretende Eisstürze an der Abbruchfront, die sich gesamthaft kaum verlagert hat, sind Anzeichen des andauernden, wenn auch deutlich abgeschwächten Vorstossens des Gletschers (VAW - W. Schmid).

11 Allalin

1986: Vermessungsflug am 23.9.1986 im Auftrag der Kraftwerke Mattmark (KWM), ausgewertet durch die VAW am Autographen des Geodätischen Instituts der ETH Zürich. Nach dem Einschneien des Gletschers am 5.11.1985 war die vorjährige Rutschung im Zungengebiet, die das Zungenende weit vorgeschoben hat, rasch abgeklungen. Während des Winters blieb der Gletscherrand praktisch stationär. Nach dem Ausapern, am 19.6.1986, schmolz er kräftig zurück, bis gegen Ende August eine neue Rutschung in Gang kam, die rund zwei Monate angedauert, das Ausmass der Vorjahresrutschung jedoch bei weitem nicht erreicht hat. Infolgedessen hat das Vorstossen um wenige Meter bis zum Aufnahmedatum und um weitere 10 m bis gegen Ende Oktober den vorangehenden Schwund nur teilweise ausgeglichen (VAW - W. Schmid).

1987: Vermessungsflug für KWM am 29.9.1987, ausgewertet durch die VAW. Die täglichen Aufnahmen mittels automatischer Kamera zeigen, dass im Oktober im Zungenbereich eine Rutschung in Gang kam. Diese erreichte zwar nicht das Ausmass der Rutschungen früherer Jahre, vermochte aber den aus den Vermessungsaufnahmen ermittelten Längenschwund zumindest teilweise wettzumachen (VAW - W. Schmid).

12 Kessjen

1987: Auf dem Zungenende liegt so viel Gestein, dass der Eisrand nur mit Mühe auszumachen ist (VAW - W. Schmid).

13 Fee (Nordzunge)

1986: Der Vergleich der Luftbilder vom 23.9.1986 mit den Aufnahmen vom 12.9.1985 zeigt, dass der Vorstoss sowohl bei der Nordzunge als auch bei der Südzunge im Berichtsjahr angedauert hat. Dabei ist die Nordzunge etwa halb so weit vorgerückt wie in den Vorjahren, die Südzunge stellenweise etwas zurückgeschmolzen (VAW - M. Aellen).

14 Gorner

1986: In den letzten Jahren hat sich am Zungenende vom Gletschertor bis zum ersten Eisrücken ein schuttbedeckter Steilhang gebildet (Y. Biner). - Une vidange partielle du Gornersee a été observée vers la mi-juillet (A. Bezinge).

1987: Der Zweijahreswert ergibt sich aus den Messungen des damit betrauten Beobachters A. Bodenmann, Visp. Jahreswerte verdanken wir privaten Messungen und persönlichen Mitteilungen von Y. Biner, Zermatt. An dessen Messstelle ist der Gletscher in den beiden Jahren 1985/86 und 1986/87 um 7 bzw. 10 m zurückgeschmolzen (VAW - M. Aellen).

15 Zmutt

1986: L'avance moyenne de 1.6 m n'est pas significative. Il faut considérer qu'après une très longue période de recul, le front du glacier se stabilise (P. Mercier).

1987: La partie nord, fondant sur place, n'a pu être mesurée. Cela ramène le front mesuré à 350 m de largeur (P. Mercier).

16 Findelen

1986: Das Zungenende, das nach einjährigem Unterbruch wieder durch R. Zimmermann am Boden vermessen wurde, ist seit 1984 um 7.7 m vorgerückt, im Berichtsjahr also um 20.0 m hinter den luftphotogrammetrisch vermessenen Stand vom 2.9.1985 zurückgeschmolzen (VAW - M. Aellen).

1987: Vermessungsflug am 1.10.1987, ausgewertet durch H. Bösch (VAW) am Autographen des Geodätischen Instituts der ETH Zürich. Die durchschnittliche Längenänderung ist graphisch auf den normalerweise am Boden kontrollierten Messlinien ermittelt. Der Gletscher ist im Berichtsjahr in der Mitte um wenige Meter vorgerückt, auf der Südseite stark zurückgeschmolzen, vor allem im Bereich des Gletschertors (VAW - M. Aellen).

17 Ried

1987: Die hohe steile Stirn am Zungenende ist auf der Westseite, beim Gletschertor, eindeutig vorgerückt, auf der Ostseite dagegen etwas zurückgeschmolzen. Sie hat einen auffallend grossen Moränenwall aufgeschoben (VAW - W. Schmid).

18 Lang

1986 und 1987: Die Längenänderung ist an der vorstossenden Zungenfront bestimmt (M. Borter).

19 Turtmann

1986: Bei sehr guten Messverhältnissen ergab sich auf drei Messlinien ein mässiger Vorstoss um rund 3 bis 10 m, auf der vierten Linie ein geringer Schwund um gut 1 m (A. Tscherrig).

1987: Die Messungen haben bei sehr guten Verhältnissen stattgefunden (A. Tscherrig).

20 Brunegg

1986: Der neue, im Vorjahr eingerichtete Messpunkt und sehr günstige Messverhältnisse haben eine genaue Messung ermöglicht (A. Tscherrig).

1987: Die Messungen haben bei sehr guten Verhältnissen stattgefunden (A. Tscherrig).

21 Bella Tola

1986: Das Gletscherende ist auf der ganzen Breite zurückgeschmolzen, wobei Punkt 1 wieder zum Vorschein kam und bei sehr guten Verhältnissen ebenfalls gemessen worden ist (A. Tscherrig).

1987: Die Messungen haben bei sehr guten Verhältnissen stattgefunden (A. Tscherrig).

26 Mont Miné

1987: Le glacier a avancé de 13.8 m, la largeur de la Borgne, mais la glace a fondu sur l'eau. Le repère se trouve sous la glace (F. Beytrison).

28 Tsidjiore Nouve

1987: Un nouveau point a été mis à une distance de 25 m de l'ancien repère, soit de 26 m devant le front glaciaire (F. Beytrison).

30 En Darrey

1986: Le névé recouvre toujours le terrain devant le front glaciaire sur une distance de 223 m. Seul le point 3/1969 a été visible. La glace n'étant pas découverte, il n'y a pas de différence par rapport à 1985 (P. Nendaz).

1987: Le point 3 est le seul visible de trois repères posés en 1976, les autres sont toujours recouverts de névé. Le bord de la glace se trouve actuellement à une distance de 13 m du point 3. Il a avancé de 16 m en 11 ans (P. Nendaz) - Néanmoins, le glacier est censé être en décrue dans l'année du rapport. Car, en adoptant la règle, selon laquelle les (anciens) névés adjacents au front glaciaire sont considérés comme une partie du glacier, on a tenu compte du fait (affirmé par les croquis au verso des protocôles de mesures), que ces névés ont beaucoup diminué au cours de cette dernière année (VAW - M. Aellen).

32 Mont Fort (Tortin)

1986: Suite à des travaux de terrassement, les repères des points 1, 4 et 5 ne sont plus visibles et doivent être reconstruits (F. Vouillamoz).

34 Otemma

1986: Le glacier est toujours en recul (atténué). Le lobe gauche du front semble avoir trouvé un meilleur équilibre après le recul considérable des années précédentes. La Drance sort sur le bord latéral droit du glacier (J.-L. Blanc).

1987: A la date des observations, la partie haute de la vallée (au-dessus de 2400 m) était recouverte d'une forte couche de neige fraîche (40-50 cm). Tous les repères étaient sous la neige et l'accès était malaisé, de sorte qu'on a dû renoncer à mesurer (J.-L. Blanc / E. Isler).

35 Mont Durand

1986: La partie haute du glacier, au-dessous de la Tête de By, nous a paru être fortement dénudée (J.-L. Blanc).

1987: A la date des observations, la partie haute de la vallée (au-dessus de 2400 m) était recouverte d'une forte couche de neige fraîche (40-50 cm). Le front (situé au-dessous de 2400 m) a été accessible. Ce glacier présente un beau portail. Un nouveau repère a été établi sur la rive gauche, qui n'est accessible que par périodes de basses eaux. Sur la rive droite, la zone de mesure (avec l'ancien repère) est menacée par des éboulements de glace (J.-L. Blanc / E. Isler).

36 Breney

1986: La topographie du terrain devant le front glaciaire, parsemé de lagots, ne facilite pas le travail et les bains de pieds involontaires sont fréquents! Le point 16/83 emporté par le torrent a été remplacé par le nouveau point 19/86, établi sur un énorme bloc de rocher devant le front. Le recul du glacier s'est atténué (J.-L. Blanc).

1987: (voir ci-devant Otemma).

37 Giétro

1986: Vermessungsflug am 11.9.1986 im Auftrag der Kraftwerke Mauvoisin (FMM), photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro H. Leupin, Bern. Das Zungenende ist wie im Vorjahr fast durchwegs durch Schmelzung oder Eisabbrüche verkürzt worden. Die Gletscherbewegung hat sich erneut etwas verlangsamt und dementsprechend hat die Eisdicke an allen Messstellen abgenommen. Im Firngebiet hat sich die Gletscheroberfläche wie vor 10 Jahren auf das Niveau zu Beginn der Messungen im Jahre 1966 abgesenkt (VAW - M. Aellen).

1987: Vermessungsflug am 29.9.1987 für FMM, ausgewertet durch Leupin. Im Berichtsjahr hat sich die Gletscherzunge an ihrer Südwestecke weiter vorgeschoben auf die flache Felsterrasse. Die nordwärts anschliessende Abbruchwand hat sich wenig verändert, abgesehen von einigen durch frische Ausbrüche zurückversetzten Stellen. Die seitlichen Ränder sind streckenweise erheblich zurückgeschmolzen. Bei den meisten Pegeln haben Eisdicke und -fliessgeschwindigkeit nahezu gleichviel abgenommen wie in den Vorjahren (VAW - M. Aellen).

38 Corbassière

1986: La langue du glacier a poursuivi sa progression moyenne et se termine actuellement à une distance de 30 m du point de mesure. Pour le cas d'une avance rapide de la glace, un second point a été relevé à une distance de 57.6 m du glacier. La pente du front glaciaire s'est affaiblie par rapport à l'année précédente. Dans la plupart des points mesurés sur deux profils transversaux et sur le ressaut près de la cabane de Panossière, le niveau de la surface glaciaire s'est abaissé et le mouvement s'est ralenti. Exceptions font les points centraux du profil inférieur, où le glacier a épaissi, et celui du ressaut, qui a progressé à la même vitesse que l'année précédente. Afin de saisir également l'ablation de glace, une balise de 8 m de longueur a été installée au profil inférieur et une autre, de 6 m de longueur, au profil supérieur (Ch. Wuilloud).

1987: La langue du glacier a poursuivi son avance. Son front, ayant perdu encore de son inclinaison, s'appuye avec une pente de 80 ° sur le replat au-dessus de la prise d'eau. Il est marqué par des crevasses longitudinales, longues de 10 à 12 m. Les résultats des mensurations, effectuées pour FMM sur les deux profils transversaux et sur le point intermédiaire du ressaut, sont résumés dans le tableau suivant. Le niveau de la surface glaciaire a baissé (autant qu'en 1986) dans les parties hautes, mais n'a guère varié dans la partie basse. En revanche, le mouvement glaciaire s'est accéléré dans le profil supérieur (nettement dans la partie gauche: de 15 % en moyenne), mais s'est ralenti dans le profil inférieur. L'ablation a été mesurée sur une balise dans chaque profil (Ch. Wuilloud). - Le tableau suivant résume les résultats principaux des mensurations terrestres effectuées à la demande des FMM.

Profil *Profil*	Höhe *altitude* [m s.m.]	Mittlere Dickenänderung *Variation moyenne de l'épaisseur* 1985/86 [m]	1986/87 [m]	1967/87 [m]	Mittlere Fliessgeschwindigkeit *Vitesse moyenne du mouvement* 1985/86 [m/an]	1986/87 [m/an]	1967/87 [m/an]
Tsessette	2500	- 1.8	0.0	+7.9	39.7	38.7	39.4
Ressaut	2640	- 1.4	- 1.8	—	43.7	45.1	—
Panossière	2660	- 1.2	- 1.4	+3.3	40.6	46.0	45.2

41 Boveyre

1986: La glace visible de la langue glaciaire s'écoule vers le nord-ouest, puis vers le nord, en suivant le sillon de la vallée. Sa poussée est transmise sous les éboulis, dans la direction primaire, sur une distance de quelques décamètres (M. May).

1987: Nouveau point (1987) sur le rocher gauche (M. May).

42 Saleina

1987: Nouveau point fixe sur gros bloc face à la langue glaciaire (M. May).

43 Trient

1986: La pente du front glaciaire s'est encore affaiblie depuis le 17.10.1985 (P. Mercier).

1987: Le glacier bute à sa droite contre la pente orientale. Son mouvement est reporté à gauche (P. Mercier).

44 Paneyrosse

1986: Les excellentes conditions de mesure ont permis de saisir la glace vive du front glaciaire. Une barre rocheuse rend les mesures difficiles à partir du point 113, où la balise blanche a été arrachée (J.-P. Marlétaz).

1987: Mesures dans bonnes conditions, difficiles sur point 113, en raison de la paroi rocheuse. Bord du glacier formé par névés de l'hiver 1986/87 (J.-P. Marlétaz).

45 Grand Plan Névé

1986: Les excellentes conditions ont permis de faire des mesures précises. Le glacier, en retrait net, était presqu'entièrement déneigé (J.-P. Marlétaz).

1987: Excellentes conditions; mesures sur glacier net, sauf points 3 et 4 (J.-P. Marlétaz).

46 Martinets

1986: Die Luftbilder vom 11.9.1986 zeigen im Gegensatz zu den vergleichbaren Aufnahmen vom 11.10.1976 einen klar abgrenzbaren, teils aufgewölbten, teils aufgeworfenen und zerspaltenen Gletscherrand. Dieser liegt manchenorts ausserhalb der Stelle, wo man ihn nach den Aufnahmen vom 2.9.1980 in ähnlicher Ausbildung unter einer noch weitgehend zusammenhängenden Winterschneedecke vermutet (VAW - M. Aellen).

47 Sex Rouge

1986: Comme en 1985, les limites du glacier, diminué en épaisseur et visiblement aussi en épaisseur, sont nettes. Pratiquement tous les névés ont fondu. Le déneigement a rendu délicate la traversée du glacier entièrement découvert, mais peu crevassé (J.-P. Besençon).

1987: Temps beau et frais, vent violent; difficulté de repérer le bord du glacier sous couche de neige fraîche et soufflée (env. 60 cm); parcours dangereux, glace vive recouverte d'une mince couche de neige dans les endroits exposés, crevasses pontées par la neige fraîche soufflée (J.-P. Besençon).

48 Prapio

1986: Aucun névé s'est trouvé sur le glacier, dont la limite inférieure a donc été facilement repérée. L'épaisseur de la langue inférieure semble avoir diminué (J.-P. Besençon).

1987: Temps mauvais; glacier recouvert d'une légère couche de neige fondante; l'avance est nette, mais la couche de glace très mince dans sa partie inférieure et recouverte de pierres (J.-P. Besençon).

49 Pierredar

1986: Die Luftbilder vom 7.8.1986 zeigen den Gletscher auf einem sichtlich kleineren Stand als die Vorjahresaufnahmen vom 2.9.1985. Wie die regenerierte Zunge unterhalb der Abbruchfront sind auch die Firnfelder und Lawinenkegel im Vorgelände in ihrer Fläche und Dicke vermindert worden (VAW - M. Aellen).

1987: Im Vergleich mit den Aufnahmen vom 7.8.1986 zeigen die Luftbilder vom 11.9.1987 auf dem Gletscher wie auf den umliegenden Lawinenkegeln trotz späterer Jahreszeit eine grössere Ausdehnung der Winterschneedecke. Die regenerierte Gletscherzunge ist sichtlich grösser geworden (VAW - M. Aellen).

50 Oberaar

1986: Das Zungenende ist im mittleren, während 108 Tagen eingestauten Bereich um eine Fläche von 6280 m^2 verkleinert worden. Die höhergelegenen, wesentlich weniger lang benetzten seitlichen Partien haben sich praktisch nicht verändert. Die Oberkante der Kalbungsfront liegt im Durchschnitt 4 m höher als im Vorjahr. Die grösste Wandhöhe beträgt nun wieder etwa 32 m, obwohl die Gletscherdicke ziemlich gleichmässig um 1.5 m abgenommen hat. Der Volumenschwund im Zungenbereich unterhalb Querprofil 14, berechnet aus den nachstehend angegebenen Verschiebungen der Höhenkurven, beträgt 191'000 m^3. Während der Berichtsperiode lag der Seespiegel vom 30.8. bis 13.11.1985 und vom 3.8. bis 5.9.1986, an insgesamt 108 Tagen (Vorjahr 24) am Zungenende. Die unterschiedliche Dauer des Einstaus erklärt den sprunghaften Wechsel in der Längenänderung vom Vorjahr zum Berichtsjahr (A. Flotron). - Vermessungsflug vom 5.9.1986 im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli (KWO), photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro A. Flotron, Meiringen. Die Höhenangabe in Tabelle 3.3 entspricht der Spiegelkote des Stausees am Aufnahmedatum (VAW - M. Aellen).

1987: Vermessungsflug am 29.8.1987 für KWO, ausgewertet durch Flotron. Im Berichtsjahr ist am Zungenende eine Fläche von 1268 m^2 eisfrei geworden. Der Seespiegel hat den Eisrand während insgesamt 68 Tagen (5.9.-2.11.86 und 19.-29.8.87) erreicht. Am Aufnahmedatum lag er auf der Höhenkote 2302.1 m. Das Zungenende war somit 40 Tage weniger lang eingestaut als in der letzten Messperiode. Das erklärt weitgehend die Minderung des Längenschwunds von 21 m im Vorjahr auf 5 m im Berichtsjahr. Die Eiswand am Zungenende ist durchschnittlich um 3.5 m zurückgewichen. In der Gletschermitte und am rechten Ufer ist sie über eine Strecke von etwa 150 m fast stationär geblieben, auf der linken Seite hat sie sich um Beträge bis 14 m bergwärts verlagert. Die geodätische Höhe ihrer Oberkante hat im Mittel um 1.5 m abgenommen, was etwa der durchschnittlichen Dickenabnahme der Zunge im Gebiet unterhalb Querprofil 14 entspricht. Diese ist wie der Massenschwund im gleichen Bereich (um total 46'000 m^3) berechnet aus der Verschiebung der Höhenkurven, die nachfolgend in Zahlen angegeben ist (A. Flotron).

Höhenkurve [m ü.M.]	2310	2320	2330	2340	2350	2360
Flächenänderung 1986 [m^2]	- 4032	- 4468	- 3176	- 2656	- 2180	- 980
Flächenänderung 1987 [m^2]	- 1236	- 1272	- 784	- 308	- 644	- 112
mittlere Verschiebung 1986 [m]	- 15.5	- 14.0	- 9.1	- 9.5	- 9.5	- 8.2
mittlere Verschiebung 1987 [m]	- 4.7	- 4.0	- 2.2	- 1.1	- 2.6	- 0.9

51 Unteraar

1986: Das Zungenende ist im Berichtsjahr um eine Fläche von 12'048 m^2 verkleinert worden. Dabei ist der Gletscherrand am nördlichen Moränenhang gleichmässig um etwa 8 m, auf dem Talboden zwischen den beiden Gletschertoren und am talseitigen Ende des südlichen Seitenlappens um durchschnittlich 15 m zurückgeschmolzen. Längs des südlichen Hangfusses hat er sich kaum verändert. Der Eissporn neben dem alten Gletschertor, der in der Dicke bis zu 5 m abgenommen hat und vom Gletscher abgetrennt worden ist, wird nicht mehr zur Gletschermasse gerechnet. Dadurch ergibt sich an dieser Stelle ein Schwund um 400 m^2 in der Fläche und um 80 m in der Länge. Aus den nachstehend angegebenen Verschiebungen der Höhenkurven ist für das Zungengebiet unterhalb des ersten Querprofils eine Volumenverminderung um 378'000 m^3 berechnet worden. Der tiefste

Punkt des Gletscherendes liegt oberhalb des Stauziels. Eine unmittelbare Einwirkung des Stausees auf die Abschmelzung und Längenänderung des Gletschers kann somit ausgeschlossen werden (A. Flotron). - Vermessungsflug und Auswertung wie Oberaar (VAW - M. Aellen).

1987: Der Flächenschwund am Zungenende (5728 m^2) ergibt sich grossenteils aus dem Umstand, dass der Gletscherbach vom Tor bis zur Talmitte über eine rund 300 m lange Strecke dem Gletscherrand entlang floss und diesen unterschnitten hat (wie in früheren Jahren der Stausee, der das Zungenende heute nicht mehr erreicht). Der nordexponierte absonnige Gletscherrand vom Tor zum Fuss der rechten Seitenmoräne ist auf der ganzen Länge (rund 280 m) nahezu stationär geblieben. Im Bereich der anderen Seitenmoräne ist der Gletscherrand am Talhang bis 10 m zurückgeschmolzen, am Hangfuss dagegen bis 30 m vorgestossen. In der nachstehenden Tabelle sind die Verschiebungen der Höhenkurven angegeben, aus denen die Verminderung (314'000 m^3) der Eismasse im Zungengebiet unterhalb Querprofil 1 berechnet ist (A. Flotron). - Vermessungsflug und Auswertung wie Oberaar (VAW - M. Aellen).

Höhenkurve [m ü.M.]	1920	1930	1940	1950	1960	1970
Flächenänderung 1986 [m^2]	- 5624	- 6796	- 8988	- 4468	- 3828	- 3192
Flächenänderung 1987 [m^2]	- 4776	- 6964	- 8424	- 4332	- 7044	- 788
mittlere Verschiebung 1986 [m]	- 13.4	- 14.5	- 17.0	- 13.1	- 12.8	- 12.3
mittlere Verschiebung 1987 [m]	- 13.9	- 13.3	- 14.5	- 12.8	- 20.3	- 8.7

52 Gauli

1987: Im Berichtsjahr ist der Gletscher erstmals seit Beginn der Messungen im Jahre 1958 vorgestossen, nachdem er in 28 Jahren um insgesamt 209 m zurückgewichen war. Auf der Messlinie ist das Zungenende verdeckt durch den aufgestossenen Moränenwall. Dessen Fuss liegt 3 m hinter der Marke, die 1977 auf eine Felsrippe gesetzt worden ist. Das Eis kommt 24 m weiter hinten und 6 m höher zum Vorschein. Etwa 25 m neben der Messlinie ist die steil aufragende Eisstirn auf beiden Seiten bis auf die Höhe des Messpunkts vorgerückt (R. Straub).

53 Stein

1986: Die Gletscherzunge endet in der Mitte erstmals wieder im Steinsee (R. Straub). - Den alten Messprotokollen ist zu entnehmen, dass der Gletscher 1956 noch im See endete (mit vorgelagerten, durch den Ausbruch des Sees am 30.7.1956 freigelegten Toteismassen im Seebecken und am Seeausfluss) und sich von 1957 bis 1968 auf einem flachen Flussdelta um rund 250 m zurückzog (VAW - M. Aellen).

1987: Die Summe der jährlich ermittelten Längenänderungen von 1953 bis 1968 ergibt einen Schwund um 190 m (R. Straub). - Die abweichende Angabe im vorangehenden Bericht (Schwund um rund 250 m von 1956 bis 1968) beruht einerseits auf den seit 1968 ermittelten jährlichen Längenänderungen (total 253 m Vorstoss), anderseits auf der luftphotogrammetrischen Aufnahme der Gletscherzunge vom 27.8.1970. Diese zeigt das Zungenende nach den beiden ersten Jahren mit Längenzuwachs (um 0.8 bzw. 7.1 m) in einer (horizontal gemessenen) Entfernung von rund 200-220 m hinter der Uferlinie des Steinsees beim Stand des Wasserspiegels auf Kote 1932.8 m. (VAW - M. Aellen).

55 Trift (Gadmen)

1986: Die Luftbilder vom 15.8.1986, verglichen mit den Aufnahmen vom 10.9.1985, lassen geringen bis mässigen Schwund am Zungenende in der Schlucht und auf der östlichen Seite erkennen. Auf der Westseite scheint sich der Gletscherrand gesamthaft wenig verändert zu haben (VAW - M. Aellen).

1987: Die Luftbilder vom 7.9.1987 zeigen das Zungenende in der Schlucht weiter vorn als in den Vorjahren (VAW - M. Aellen).

56 Rosenlaui

1986: Vermessungsflug am 15.8.1986. Die Angabe über die Längenänderung bezieht sich wie in den Vorjahren auf die Gletscherzunge, die auf der Ostseite im Talgrund vorrückt und sich auch im Berichtsjahr um einige Meter vorgeschoben, in den Randpartien jedoch merklich abgeflacht hat (VAW - M. Aellen).

1987: Der Vergleich der Luftaufnahmen vom 10.9.1987 mit denen vom 15.8.1986 lässt keine namhaften Verlagerungen des Zungenrandes erkennen, die Sturzkegel im Vorgelände sind weitgehend abgeschmolzen (VAW - M. Aellen).

57 Oberer Grindelwald

1986: Der grosse Sturzkegel westlich des Felsnollens besteht aus kompaktem knolligem Eis und ist mit der angrenzenden, durch die Schlucht herunterfliessenden Gletscherzunge fest verwachsen. Die angegebene Längenänderung ist beim Gletschertor, etwa in der Mitte des Sturzkegels gemessen. Dieser hat sich auf der rechten Seite um ungefähr 10 m verbreitert (H. Boss jun.). - Die Standardphotos, aufgenommen am 28.10.1986 durch H. Boss sen., zeigen einen frischen Sturzkegel am Fuss der Felsrinne östlich des Felsnollens. Am grossen, stark abgeschmolzenen Kegel westlich des Nollens ist helles, frisch abgestürztes Eis nur in sehr geringer Menge am oberen Rand zu erkennen. Die Tatzenform der Gletscherzunge ist weniger deutlich ausgebildet als in den Vorjahren (VAW - M. Aellen).

1987: Der Vorstoss ist an der Zungenstirn in der Talmitte gemessen. Am niedrigen flachen Gletschertor auf der Westseite ist das Eis zurückgeschmolzen (H. Boss jun.).

58 Unterer Grindelwald

1986: Der Vergleich der Luftbilder vom 7.8.1986 mit den Aufnahmen vom 10.9.1985 ergibt einen sehr bescheidenen Vorstoss von wenigen Metern auf der Westseite des Zungenendes, das sich etwas abgeflacht hat. Die aufgewölbte Zungenstirn des oberen Eismeeres dagegen ist kräftig vorgerückt und schiebt sich zwischen Zäsenberg und Bänisegg immer weiter in das untere Eismeer hinein. Die Standardphotos von H. Boss sen., aufgenommen am 28.10.1986, lassen wie die Luftbilder keine Anzeichen frischer Eisstürze im Bereich des Zungenendes erkennen. Die Sturzkegel des Vorjahrs sind stark abgeschmolzen, die Schlucht ist jedoch noch über eine längere Strecke mit Eis verfüllt als im Herbst 1984 (VAW - M. Aellen).

1987: Die Luftbilder vom 10.9.1987 und 7.8.1986, sowie die Ansichten, die H. Boss sen. am 28.10.1986 am Boden aufgenommen hat, haben das Zungenende ohne frisch geschüttetes verstürztes Eis erfasst. So ist eindeutig zu sehen, dass der vorderste Rand und die steile Stirnwand des kompakten Gletschereises im Berichtsjahr um etliche Meter vorgerückt sind. Den Ansichten, die H. Boss sen. am 24.10.1987 aufgenommen hat, ist zu entnehmen, dass im Spätsommer oder Herbst grössere Eismassen, die vom Kallifirn durch die Schlosslauenen auf das Zungenende gestürzt und darüber hinaus in die Schlucht abgefahren sind, zusätzlichen Längenzuwachs durch Eisanlagerung bewirkten (VAW - M. Aellen).

59 Eiger

1986: Der Gletscher hat sich praktisch auf der ganzen Breite zurückgezogen. Die vorgelagerten Eisschollen sind verschwunden. Die frischen Vorstosswälle liegen bis 20 m vor dem Eis, dessen Mächtigkeit abgenommen hat. Ohne scharfkantige Oberflächenformen erscheint die Gletscherzunge im Vergleich zu den Vorjahren geschlossener und besser abgerundet, obwohl sie immer noch stark verschrundet ist. Das Gletschertor ist nur undeutlich ausgebildet (R. Zumstein).

1987: Der Gletscher ist wie im Vorjahr auf der ganzen Breite zurückgeschmolzen, ausser bei Punkt 7, wo der Eisrand in der Nähe des Gletschertors um gut 4 m vorgerückt ist. Die Zunge, die auch in der Dicke weiter abgenommen hat, ist am Rand teilweise unterhöhlt. Infolge des Abschmelzens sind einzelne vorgelagerte Eisschollen abgetrennt (R. Zumstein).

60 Tschingel

1986: Die Einbuchtung des Zungenendes oberhalb Messpunkt A hat sich verstärkt. Die zweigeteilte Zunge ist auf der nördlichen Seite um durchschnittlich 3 m zurückgeschmolzen, auf der südlichen Seite dagegen weiter vorgerückt, wobei der Messpunkt H' um 0.4 m verschoben wurde. Die Messlinien H und K sind durch die neuen Punkte H" und K" um 16.4 bzw. 23.0 m verlängert worden. Das Gletschervorfeld ist durchzogen von zahlreichen neuen Gräben, die bei den intensiven Gewitterniederschlägen in der ersten Augusthälfte entstanden sein dürften. Der Wetterhorngletscher ist seit dem Vorjahr leicht vorgestossen (R. Zumstein).

1987: Der Gletscher ist ziemlich gleichmässig und etwa gleichviel gewachsen wie in den Jahren 1983 und 1985. Sein Erscheinungsbild ist praktisch dasselbe wie im Vorjahr. Auch der Wetterhorngletscher ist weiter vorgestossen (R. Zumstein).

61 Gamchi

1986: Während der 26 Jahre meiner Tätigkeit als Gletscherbeobachter ist die Gletscherzunge bei den vier in allen Jahren gemessenen Punkten (A, a, b, c), von 1960 bis 1965 um 41.5 m kürzer geworden und seither um 108.5 m vorgestossen. In drei Jahren (1973, 1976, 1977) hat geringfügiger Schwund (6.5 m) den Vorstoss unterbrochen (F. Zurbrügg).

62 Schwarz

1986: Messlinie B erreicht die stark zurückgeschmolzene nördliche Flanke der Gletscherzunge nur noch tangential und wird deshalb nicht mehr gemessen (U. Vogt).

1987: Das Gletschertor ist eingefallen. Der Gletscher ist auf der Südflanke stark abgeschmolzen und weit zurückgewichen. So ergibt sich bei Punkt d, der um 118 m vorverlegt und neu markiert worden ist, ein Schwund um 71 m (U. Vogt / J. Wenger).

63 Lämmern

1987: Der leichte Vorstoss (3 m) am orographisch linken Zungenrand (bei Punkt d') ist bedingt durch die örtlichen Eigenheiten des Geländes. Gesamthaft ist der Gletscher mehr oder weniger stationär geblieben und hat auch in der Masse zumindest am Gletscherrand kaum abgenommen (U. Vogt / J. Wenger).

64 Blümlisalp

1986: Die Messungen am Boden, durchgeführt durch U. Fuhrer und K. Ogi, ergeben auf den beiden nördlichen Messlinien, d.h. am Zungenende, dessen Längenänderung in den letzten Jahren anhand der Luftbilder bestimmt worden ist, einen geringen Vorstoss (2.1 bzw. 3.0 m). Auf den beiden südlichen Messlinien ist der Gletscherrand um 1.3 und 9.6 m zurückgeschmolzen. Im Durchschnitt aller Messungen ergibt sich somit ein unbedeutender Schwund um 1.4 m (VAW - M. Aellen).

1987: Der Wasseraustritt bei Punkt D ist weit überdeckt von Firn und Schuttmassen. Am Messdatum sind im See vor dem Zungenende schwimmende Eisschollen festgestellt worden (U. Fuhrer / B. Maurer).

65 Rätzli

1987: Der Schwund (22 m) auf Messlinie A ist an einem ca. 6 Aren grossen Gletscherrest gemessen (Chr. von Grünigen / S. Allemann).

66 Tiefen

1986: Das Zungenende ist in der Mitte mässig, auf der südlichen Messlinie wenig zurückgeschmolzen, auf der nördlichen Messlinie stehen geblieben. Die Zunge ist flach und mit kleinen Steinen dichter besetzt als im letzten Herbst. Der Gletscherbach entspringt ohne Torbildung an der Nordseite der Zunge, während in der Mitte nur ein kleines Rinnsal fliesst. Der Driftblock 73 ist umgestürzt und konnte nicht vermessen werden (K. Oechslin / J. Marx).

1987: Der Gletscherrand ist auf der südlichen Messlinie stehen geblieben, auf der mittleren stark (9.6 m), auf der nördlichen wenig (1.4 m) zurückgeschmolzen. Abgesehen von den Steinbändern der Mittel- und Randmoränen ist das Eis blank (K. Oechslin / J. Marx).

67 St. Anna

1986: Die Gletscherzunge ist flach und besteht aus blankem Eis. Sie ist in der Mitte gleich lang geblieben, auf der Westseite um 1 m kürzer geworden. Die Messlinie auf der Ostseite ist nicht mehr messbar, weil der Gletscherrand ständig mit dem Schnee der Skipiste bedeckt ist. Die neue Messlinie bei Punkt GL 86 liegt ausserhalb der Skipiste. Infolge der starken Ausaperung im Sommer 1986 verlief der Weg vom Gemsstock über den Gletscher fast vollständig auf dem Eis, nachdem er in den Vorjahren durchgehend über Schnee geführt hatte (K. Oechslin / J. Marx).

1987: Der Vorstoss auf der neuen Messlinie 1986 (2.6 m) wird ausgeglichen durch den Schwund auf den beiden westlichen Linien (1 bzw. 1.4 m). Die östliche Linie bei GL 76, durch Ausapern der Skipiste erstmals seit langem wieder eisfrei, ist gemessen, das Ergebnis (rund 127 m Schwund in 2 Jahren) im Mittelwert jedoch nicht berücksichtigt worden. Die vielen kurzen Risse, die im Vorjahr im Rand der westlichen Zunge auftraten, haben sich wieder geschlossen. Das Wasser fliesst in geringer Menge und ohne Tor unter dem Eis hervor. Der Gletscher ist fast geröllfrei (K. Oechslin / J. Marx).

68 Kehlen

1986: Der Gletscher ist auf der ganzen Breite kräftig vorgestossen. Die Hauptzunge ist massiger geworden und bis auf zwei Moränenstreifen schuttfrei. Vor ihrer Westflanke liegt eine mit Schutt vollständig überdeckte Eismasse, die seit dem Vorjahr um mindestens 35 m vorgestossen ist. Dieser Wert ist im Durchschnittswert der Längenänderung nicht enthalten, da er nicht direkt bestimmt, sondern aus Winkelmessungen mittels Kompass ermittelt worden ist. Die Kehlenreuss, die ohne Tor aus dem Gletscher tritt, hat am Messdatum viel Wasser geführt (K. Oechslin / J. Aschwanden).

1987: Der Zungenrand ist steil und geht rund in den flachen Gletscherrücken über. Auf der Westseite liegt viel mehr Geröll als auf der Ostseite. Dazwischen ist das Eis ziemlich blank. Das flache Gletschertor ist sehr breit, der Hauptbach breit und zu tief, um ihn zu überschreiten (K. Oechslin / J. Aschwanden).

69 Rotfirn

1986: Die Gletscherzunge ist auf dem Ostufer der Kehlenreuss nordseits um 4 m vorgestossen, südseits um 5 m zurückgeschmolzen, in ihrer Längsrichtung (quer zur Reuss) im Durchschnitt also nahezu stationär geblieben. Auf der neuen Messlinie längs der Reuss hat sich der talseitige Gletscherrand nicht verändert. Die Reuss unterquert das Eis, dessen Dicke sehr stark abgenommen hat, in einem ungefähr 1 m hohen, am Ausgang auf 2-3 m Höhe erweiterten Tunnel. Unter der breiten Schuttmasse am Südrand der Zunge ist stellenweise Gletschereis sichtbar. Auf den übrigen Teilen der Zunge liegt wenig Schutt in Korngrössen von Kies bis kleinen Steinen (K. Oechslin / J. Aschwanden).

1987: Der grosse Felsblock mit Punkt 1984, vom Hochwasser im August 1987 stark unterspült, droht umzukippen. Die neue Messmarke (Pt. 1987) ist 23.5 m weiter hinten auf der Messlinie angelegt. Der Zungenrand ist vor allem beim Gletschertor zurückgegangen (6 m auf Messlinie 1984). Das Tor, etwa 1.5 m hoch, liegt an der Kehlenreuss, die quer unter der Gletscherzunge durchfliesst. Sie konnte am Messdatum nicht überschritten werden. Ein weiterer Wasserlauf tritt seitlich unter den Schuttmassen am südlichen Zungenrand hervor. Der Firn ist mit feinkörnigem Schutt bedeckt (K. Oechslin / J. Aschwanden).

70 Damma

1986: Seit 1975 stösst der Gletscher ohne Unterbruch um durchschnittlich 15.5 m/Jahr vor. Von der steil aufragenden Zungenstirn kollern ständig Steine ins Vorgelände. Bei Punkt B 1981, der wie Punkt C 1981 vom Eis erreicht und verschoben worden ist, springt das Eis am Fuss der Steilfront in einem schuttbedeckten, etwa 2-3 m dicken Lappen ungefähr 10 m weit vor. Die Dammareuss entspringt dem Gletscher ohne Tor an zwei Stellen (K. Oechslin).

1987: Der Gletscher endet in steil ansteigender Eisfront, an der immer wieder Steine von der mit Geröll bedeckten Zungenoberfläche herunterkollern. Vor Messlinie 1985c hat die Front einen etwa 3 m hohen, mit grobem Schutt bedeckten Eissfuss. Der Bach tritt ohne Tor in zwei je etwa 2 m breiten, auf Steinen eben noch überhüpfbaren Rinnen unter dem Eis hervor (K. Oechslin).

71 Wallenbur

1986: Das Gletscherende ist wie die ganze Gletscherzunge im Gegensatz zu den Vorjahren aper, aber fast vollständig mit viel Schutt überdeckt. Das Eis ist praktisch nur in der steilen Stirnfläche sichtbar. Deren Fuss ist einzig in der Mitte, wo die Voralpreuss einem flachen maulförmigen Tor entfliesst, aufgeschlossen und genau bestimmbar. Von den Messpunkten auf dem Westufer (B 61und FB 63) ist der eine verschüttet, der andere sonst unauffindbar. Die Gletscherzunge, die von 1973 bis 1979 in den meisten Jahren vorgestossen (um insgesamt 7 m), in den folgenden 7 Jahren bis 1986 dauernd weiter vorgerückt ist (im Durchschnitt um 7 m/Jahr), hat im Berichtsjahr abgenommen (ebenfalls um 7 m). Sie ist weniger regelmässig und weniger weit vorgestossen als die andern grossen Gletscher der Göscheneralp, die im gleichen Zeitraum um rund 200 m (Damma 184.5, Kehlen 207 m) länger geworden sind (K. Oechslin / J. Marx).

1987: Die Zunge steigt mässig steil an. Auf ihrem Fuss liegt Lawinenschnee, an dessen Rand das Eis zutage tritt. Sonst ist die Gletscheroberfläche durchwegs mit feinkörnigem Geröll bedeckt. Der Bachaustritt, etwa 20 m breit und 1 m hoch, hat keine Torwölbung. Der Gletscher, der 1970 vorzustossen begann, ist seither - nach abwechselndem Vorstossen (um 76.2 m) und Schwinden (um 30.2 m) - um 46 m vorgerückt (K. Oechslin / M. Gisler).

73 Hüfi

1986: Das Zungenende ist wie letztes Jahr nur auf der Westseite zugänglich. Die Eiszunge auf dem östlichen, wegen Steinschlags nicht begehbaren Seeufer endet etwa am gleichen Ort wie im Vorjahr (gemäss Photovergleich). Seit drei Jahren pendelt das Gletscherende abwechselnd vor und zurück. Es weist in der Mitte ein breites und mehrere Meter hohes Gletschertor auf (K. Oechslin / W. Tresch).

1987: Das Tor von 1986 ist zum grössten Teil eingebrochen. Die Zunge aus blankem Eis, das sich auf der Sandbank hinter dem Hüfisee auftürmt, ist flacher geworden. Seit 1973 endet sie hinter dem See, der von 1954 an vom Eis freigegeben wurde. Seit 1972 ist der Gletscher durch mehrjähriges, ab 1985 mit Schwund wechselndes Vorstossen um 106 m verlängert und 67 m verkürzt worden, in der Summe also um 39 m vorgestossen (K. Oechslin / W. Tresch).

74 Griess (Unterschächen)

1986: Die Gletscherzunge besteht aus einem flachen, mit Gesteinsschutt vollständig überdeckten Eisschild. Das Eis tritt nur an zwei Stellen, beim Bachaustritt und in einem neu gebildeten Schmelzloch am Westrand der Zunge, zutage. Vom Schmelzloch aus zieht sich eine Bruchkante quer über die Zunge. Der Bach tritt ohne Tor aus dem Gletscher, der letztmals im Jahre 1977 um 1 m vorgestossen ist. Seither ist er in 3 Jahren (1978, 1980 und 1984), in denen er möglicherweise ebenfalls länger geworden ist, wegen Schneebedeckung nicht messbar gewesen, in den übrigen Jahren um insgesamt 67 m zurückgeschmolzen (K. Oechslin / E. Gisler).

1987: Der Bach tritt mit mässiger Wassermenge aus einem kleinen Tor an der flachen, mit feinem Schutt völlig überdeckten Gletscherzunge. Der Vorstoss ist fast doppelt so gross wie im Vorjahr (K. Oechslin / M. Gisler).

75 Firnalpeli (Ost)

1986: Die Messung bei idealen Verhältnissen hat ergeben, dass der Gletscher im Berichtsjahr gleichmässig zurückgeschmolzen ist (um rund 3-7 m), ausser bei Punkt 1 (rund 25 m). Anstelle der vorjährigen Wasseraustritte bei den Punkten 2 und 3 ist ein einziger Wasseraustritt zwischen den beiden Punkten festgestellt worden (R. Imfeld).

1987: Vermessungsflug am 31.8.1987. An diesem Datum ist der Gletscher erst im vordersten Zungenbereich ausgeapert. Der Eisrand liegt etwas weiter vorn als beim Vermessungsflug am 29.9.1986 (VAW - M. Aellen).

76 Griessen (Obwalden)

1986: Die Gletscherzunge ist im Berichtsjahr auf den einzelnen Messlinien um Beträge zwischen rund 4 und 11 m zurückgeschmolzen. Auch die isolierten Eisflächen in den tiefen Rinnen des vorgelagerten Felsriegels sind bedeutend kleiner geworden (R. Imfeld).

1987: Die Eismassen in den tiefen Felsrinnen vor dem Gletscher sind stark zurückgeschmolzen. Der Gletscherrand jedoch hat sich bei geringem Schwund auf der Ostseite (bis 3 m) und ebenso geringem Zuwachs auf der Westseite (bis 3.5 m) gesamthaft wenig verändert (R. Imfeld).

77 Biferten

1986: Bei starkem Föhn mit Lufttemperaturen bis 25 °C und sehr grossem Schmelzwasserabfluss ist das Gletscherende auf der ganzen Breite vermessen worden. Es ist auf beiden Seiten, vor allem am Ostrand, wo sich neben dem Gletschertor ein dünner Eislappen gebildet hat, stellenweise um mehr als 10 m vorgestossen. In der Mitte dagegen ist das Eis durch wiederholte Abbrüche auf einer Fläche von mehr als 2000 m^2 abgetragen worden. Gesamthaft ist der Gletscher um rund 3 m kürzer geworden. Beim Aufstieg zur Fridolinshütte wurden im flachen oberen Teil der Zunge zahlreiche tiefe Längsspalten angetroffen, an deren Grund viel Wasser floss. Der Gletscher ist weit hinauf, bis gegen 2900 m Höhe, vollständig ausgeapert und auch der Lawinenschnee in der Umgebung hat den Sommer nicht überdauert. Die Visur von der Fridolinshütte über den Giebel der alten Hütte hat eine geringe Verminderung der Gletscherdicke ergeben (W. Wild).

1987: Wie in den Vorjahren ist die ganze Breite (643 m) des Zungenendes vermessen. Die Längenänderung ist berechnet aus der Differenz der seit dem Vorjahr mit Eis überführten Flächen (total 1780 m^2) und der vom Eis freigegebenen Flächen (1560 m^2). Am Gletschertor bei Wasserfassung 2 ist das Zungenende durch Sprengungen um rund 5.5 m künstlich zurückversetzt worden. Am Ostrand (bei Punkt E), in der Mitte (auf den steilen Felsen zwischen den Wasserfassungen 1 und 2) und am Westrand hat es sich vorgeschoben. An der stark zerklüfteten Abbruchfront hat die Eisdicke sichtlich abgenommen. Die Peilung vom Mauerende bei der Fridolinshütte über den Giebel der alten Hütte ergab fast den gleichen Wert für die Höhe der Gletscheroberfläche in der Séraczone (2050.0 m) wie im Vorjahr (2050.2 m). In der näheren Umgebung des Gletscherendes lagen Schneereste östlich Punkt H (ca. 2500 m^2) und im oberen Teil der hinteren Schibenrus. Der Tentiwang war schneefrei. Vereiste Steine an den Schattenstellen erschwerten die Querung der Bifertenbäche. Diese führten ziemlich viel Wasser, weil die Ableitung zum Stausee wegen Revisionsarbeiten gedrosselt war (W. Wild).

78 Limmern

1986: Der Gletscherrand ist auf den mittleren drei Messlinien um rund 5-8 m vorgestossen, auf den beiden seitlichen nahezu stationär geblieben und auf der Messlinie neben dem Gletschertor um rund 2 m zurückgeschmolzen (VAW - M. Funk).

1987: Auf der vermessenen Strecke ist der Gletscherrand in der Mitte deutlich (bis 8 m) zurückgeschmolzen, an den Rändern wenig (bis 3 m) vorgerückt (VAW - M. Funk).

79 Sulz

1986: Auf der rechten Seite des Gletschertors ist im letzten Jahr eine Eisnase vorgestossen. An deren Ende hat sich ein vorgelagertes kleineres Tor gebildet (Ph. Duc / B. Zweifel).

1987: Beim Gletschertor am Zungenende, das eine ziemlich kleine Öffnung hat, ist Eis abgebrochen. Das kleine Tor auf der rechten Seite ist fast ganz geschlossen (Th. Rageth).

80 Glärnisch

1986: Bei prächtigem Herbstwetter ist das Gletscherende auf der ganzen Breite aufgenommen worden. Die dünne und flache Zunge ist an den Rändern, vor allem auf der rechten Seite, stellenweise unterhöhlt. Das Eis ist in den untersten Partien mit Schutt überdeckt und schiebt meterhohe Geröllhaufen vor sich her. Auf der linken Seite ist der Gletscherrand, der ebenfalls merklich dünner geworden ist, besser zu erkennen. Die starke Ausaperung des Gletschers bis in 2800 m Höhe und das strahlend schöne warme Wetter geben Einblick in die Abflussverhältnisse. Das Seelein am rechten Zungenende hat sich um einen halben Meter abgesenkt und beträchtlich verkleinert. Es entwässert sich unterirdisch. Der Firnbach auf der linken Seite, der von Lawinenresten überbrückt ist, führt ebenfalls auffallend wenig Wasser im Bereich des Gletschervorfelds. Dagen fliesst sehr viel Wasser im Bach, der weiter unten im "Fahnen" entspringt und als tosender Wasserfall den Talboden von Werben erreicht. Der Gletscherabfluss erfolgt also bis zum "Fahnen" grösstenteils unterirdisch (W. Wild).

1987: Am Messdatum lag die Gletscherzunge wider Erwarten noch unter einer 1-2 m mächtigen kompakten Schneedecke. Auf der einzigen schneefreien Strecke am Zungenende (östlich P 3A) hat sich der Eisrand seit dem Vorjahr nicht verlagert. Im angrenzenden Abschnitt (P 3 - P 3A) ist das Eis durch Aufgraben der Schneedecke im Bereich des vermuteten Gletscherendes in einer Tiefe von 1.5 m mit dem Pickel ertastet worden. Das Seelein am Westende der Zunge war erst seit kurzer Zeit eisfrei und etwas grösser als im Vorjahr. Die Höhenangabe für das Zungenende entspricht dem Wasserspiegel im See. Der seitliche Zungenlappen (östlich Punkt 2370.3 m) ist etwas kürzer und dünner geworden. In der unterliegenden Mulde waren die Firnbäche noch meterhoch mit Lawinenschnee überdeckt (W. Wild).

81 Pizol

1986: Die Messungen ab Messbasis B ergaben bei den einzelnen Punkten durchwegs starken Schwund um rund 23-168 m. Die dünne angelagerte Firnzunge ist abgeschmolzen, der Gletscherrand besteht überall aus Eis. Die grosse Firnzunge nordwestlich von Punkt 6 ist vom Gletscher abgetrennt, das Toteisfeld im Bereich der Punkte 4A bis 6A noch vorhanden (A. Hartmann).

1987: Die Messung ab Basislinie B ergab bei 4 Messpunkten (1, 2, 4, 6) einen Längenzuwachs durch Firnanlagerung (9-31 m), bei 2 Punkten (3, 5) durch Vorstossen des Eisrandes (3 bzw. 10 m). Im Gegensatz zum Vorjahr liegt wiederum ein Firnfeld unterschiedlicher Mächtigkeit vor dem Gletscher. Das Toteisfeld vor den Punkten 4A-6A hat als bananenförmiges Gebilde überdauert, die Firnzunge NW Punkt 6 ist immer noch abgetrennt (A. Hartmann).

82 Lavaz

1986: Im April sind im Raume Medel gewaltige Nassschneelawinen zu Tal gestürzt. Der aussergewöhnliche Längenzuwachs des Gletschers ist sehr wahrscheinlich auf eine solche Lawine zurückzuführen (A. Sialm).

83 Punteglias

1986: Der östliche Zungenlappen nimmt zur Zeit - wie vor einigen Jahren der westliche - in der Fläche und in der Mächtigkeit rasch ab. Er ist neuerdings durch eine tiefe Bachrinne angekerbt. Deren Vertiefung wird voraussichtlich in wenigen Jahren zur Abtrennung einer ausgedehnten Toteismasse führen. Der kleine See am Ostrand dieses Zungenlappens entwässert sich vermutlich durch den östlichen Nebenbach, welcher im Gegensatz zum Hauptbach keine tageszeitlichen Schwankungen in der Trübung des Wassers aufweist (H. Klöti).

1987: Die Abflussverhältnisse am Gletscher haben sich - vermutlich infolge der Starkregen im Juli - deutlich verändert: der Hauptabfluss erfolgt neuerdings aus dem vorderen Teil des östlichen Zungenlappens statt wie bisher aus dem grossen Gletschertor in der Mitte. Zudem haben sich die Bachläufe im Vorgelände verlagert. Durch den Starkregen sind Gletscherpartien, die vorher unter Moränenschutt kaum noch erkennbar (oder nicht erkannt) waren, z.B. am westlichen Zungenlappen, freigespült worden. Dabei ist auch die Eismächtigkeit zurückgegangen, vor allem im Bereich des grossen Gletschertors und am östlichen Zungenlappen, mehr als je in den vergangenen Jahren. Dies war nach dem kalten und regenreichen Frühjahr und Sommer nicht ohne weiteres zu erwarten (H. Klöti).

84 Lenta

1986: Der Gletscherrand ist auf allen drei Messlinien ziemlich gleichmässig um 13-17 m zurückgeschmolzen. Im mittleren Teil der Zunge zeichnen sich an der Gletscheroberfläche Einfurchungen mit dolinenartigen Vertiefungen ab, was einen beschleunigten Schwund erwarten lässt. Im hinteren Teil ist die schuttbedeckte schwindende Zunge mit Lawinenschnee bedeckt bis an die aufgewölbte Stirn der schuttfreien aktiven Zunge (B. Parolini).

1987: Die Gletscherzunge ist auf allen Messlinien zurückgeschmolzen (14-35 m). Auch ihre Dicke hat im mittleren und östlichen Teil durch Verstärkung der Einfurchungen und Vertiefungen weiter abgenommen (B. Parolini).

85 Vorab

1987: Das Gletscherende ist auf der ganzen Breite von Altschnee in geringer Mächtigkeit überdeckt. Die Lage des Eisrandes ist durch Sondieren ermittelt, der Abstand von den Messpunkten deshalb wahrscheinlich etwas zu kurz gemessen, der tatsächliche Schwund dementsprechend einige Dezimeter grösser als der ermittelte (R. Danuser).

86 Paradies

1986: Der Schwund der Gletscherzunge um lediglich 10.7 m täuscht eine Verlangsamung des Rückganges vor. Die Gletschermasse hat weiterhin stark abgenommen. Eine neue Messbasis ist mit den Messingbolzen GL 180 und 181versichert, aber noch nicht genau vermessen (O. Hugentobler).

1987: Der Rand der abgetrennten unteren Eisfläche (früheres, durch Polygonzug ab GL 152 vermessenes Gletscherende) ist im Mittel um 10.1 m, der neu vermessene Gletscherrand (Polygonzug ab GL 180) um 6.9 m zurückgeschmolzen. Die Horizontaldistanz zwischen früherem und heutigem Gletscherrand beträgt 666 Laufmeter, der eigentliche Längenschwund des Gletschers folglich 674.5 m (O. Hugentobler).

87 Suretta

1986: Die Gletschermasse hat eher abgenommen. Die Gletscherzunge wird wie in den Vorjahren aus Lawinenschnee gebildet (O. Hugentobler).

1987: Stärkste Ausaperung des Zungenendes seit 19 Jahren. Das Zungenende wird immer noch durch Lawinenschnee gebildet (O. Hugentobler).

88 Porchabella

1986: Der Gletscherrand ist überall zwischen 3 und 13.5 m zurückgeschmolzen ausser an zwei Messstellen auf der Ostseite, wo er im ansteigenden Gelände zur vorgelagerten Felspartie stationär geblieben bzw. um 2.5 m vorgerückt ist. Neben dem Längenschwund ist auch eine deutliche Abnahme der Masse (etwa 1 m/Jahr) festzustellen (Chr. Barandun).

1987: Die Messungen sind durch Schneeverwehungen leicht beeinträchtigt, aber genügend genau. Demnach ist an allen 28 Messpunkten eine Längenabnahme (2-13 m) festzustellen. Die Massenabnahme ist wegen der anhaltenden Regenfälle im Sommer als gross zu bezeichnen (Chr. Barandun / F. Juvalta).

89 Verstankla

1986: Am Messdatum mit schönem, klarem Westwindwetter war die Gletscherzunge nach den vorangehenden Schneefällen wieder ausgeapert, derGletscherrücken noch mit Neuschnee bedeckt. Auf der unteren Messlinie war Punkt P_3' verschwunden und musste neu eingemessen werden. Die übrigen Punkte waren mühelos aufzufinden. Von der oberen Messlinie liessen sich drei Punkte (P_1, 0, P_3) freilegen, die beiden anderen lagen unter meterhohem Moränenmaterial (P_0) oder unter dem Eis (P_2). Das Gletscherende hat sich im nördlichen Teil nicht wesentlich verändert. Im südlichen Teil ist es von der Seite her zurückgeschmolzen, wobei sich bei Punkt P_3 ein Schwund um 31 m ergab. Der Eissporn in der Zungenmitte hat sich etwas weiter vorgeschoben. Die Dicke des Eises über der Felswand hat sich gemäss Photovergleich wenig verändert. Der Block mit dem aufgemalten Bodensignal für Luftbildaufnahmen ist vom vorstossenden Eis umgestossen worden (J. Stahel).

1987: Nach einem sehr schönen Herbst und trockenem Wetter bis Weihnachten folgten im Januar mässige, im Februar sehr reichliche Schneefälle, die am 28.2./1.3. zu beachtlichen Nassschneelawinen führten. Nach spätem Frühlingsanfang und ausgesprochen kaltem Wetter im Juni aperte der Gletscherrücken erstaunlich stark aus, annähernd zur Hälfte, was zurückzuführen ist auf Föhnlagen, Gewitter und warme Regen im Juli und August sowie darauf, dass nur diesjähriger Schnee zu schmelzen war. Zudem halfen Neuschneefälle, den Schmelzprozess zu beschleunigen. Dennoch hat sich das Gletscherende wenig verändert. Auf der Südseite ist es zurückgeschmolzen (bis 5 m), auf der Nordseite hat sich der Eissporn unterhalb des Gletschertors deutlich vorgeschoben (bis 3 m). Am Tor, das sich in unveränderter Lage oberhalb der Felswand befindet, hat die Eisdicke leicht zugenommen (J. Stahel).

90 Silvretta

1986: Das Gletscherende, das im Berichtsjahr um nahezu 10 m zurückgeschmolzen ist, befindet sich ungefähr an derselben Stelle wie 1983, vor dem bescheidenen Vorstoss der beiden letzten Jahre. Auf der Nordseite ist es wenig, in der Mitte und vor allem auf der Südseite deutlich abgesetzt von den frischen Stirnmoränen (VAW - H. Bösch / M. Funk).

91 Sardona

1986: Der Gletscher ist auf allen vermessenen Strecken um rund 5-9 m zurückgeschmolzen. Im Bereich der Messpunkte 1 bis 3 ist sein Rand immer noch als Steilfront ausgebildet, von der dauernd Eis samt dem daraufliegenden Felsschutt ins Vorgelände abstürzt. Der grobe Blockschutt dürfte nach Aussage von Revierförster Jäger vor rund 50 Jahren durch einen Felssturz auf dem Gletscher abgelagert worden sein. Der Gletscherrand besteht wie im Vorjahr bei Messpunkt 6 aus Firn, sonst aus Eis. Die Firnzunge zwischen den Punkten 5 und 6 ist vom Gletscher abgetrennt. Der Gletscher scheint gesamthaft auch volumenmässig wieder etwas abgenommen zu haben (A. Hartmann).

1987: Der Block mit Messpunkt 2, von Moränenmaterial überdeckt oder abgerutscht, ist wie in den Vorjahren unauffindbar. Diese Stelle ist nicht messbar, solange die Eisabbrüche vom Gletscherrand andauern. Solche finden im Bereich der Punkte 1 bis 3, wo der Zungenrand immer noch ziemlich hoch aufragt, laufend statt, wobei auch das vom Gletscher zugeführte Felsmaterial abstürzt. Im Gegensatz zum Vorjahr ist der Gletscher im Berichtsjahr bei allen 5 messbaren Punkten vorgestossen (3-7 m). Das Toteisfeld zwischen den Punkten 5 und 6 ist mit dem Gletscher wieder zusammengewachsen (A. Hartmann).

92 Roseg

1986: Der Gletscher und das Vorgelände waren schneefrei, die Messbedingungen gut. Die Zungenmitte ist eingebrochen und tief eingebuchtet. Grosse Querspalten im Bereich hinter dem Einbruch lassen erwarten, dass sich die Einbuchtung vergrössern wird (C. Mengelt).

1987: Gute Messbedingungen: Gletschergrenzen sind eindeutig zu orten (C. Mengelt).

93 Tschierva

1986: Das Gletscherende ist auf der Nordseite stark zurückgeschmolzen, auf der Südseite deutlich weiter vorgerückt. In der Mitte und im Durchschnitt hat es sich wenig verändert (C. Mengelt).

1987: Der Gletscher ist auf der NE-Seite wieder vorgestossen (4-34 m), stellenweise (bei Punkt 110) auf den Stand von 1985, auf der SW-Seite dagegen ziemlich gleichmässig (4-7 m) zurückgegangen (C. Mengelt).

94 Morteratsch

1986: Die Gletscherzunge ist in der Mitte, wo das Eis am Gletschertor einbricht, seit 1983 kontinuierlich zurückgegangen. Auf der Ostseite, die seit Jahren stärker variiert als die erneut wenig veränderte Westseite, ist sie deutlich vorgestossen. Gesamthaft ist der Gletscherstand zur Zeit etwa stabil (C. Mengelt).

1987: Der Wasseraustritt liegt auf der Ostseite am äussersten Rand der Gletscherzunge. Das Vorfeld, vollständig trocken, bietet beste Messbedingungen (C. Mengelt).

95 Calderas

1986: Bei guten Messbedingungen - Gletscherzunge und Vorfeld waren schneefrei - ergab sich ein markanter Schwund an der Ostseite des Zungenendes (C. Mengelt).

1987: Auf der NW-Seite, zwischen Punkt 40 und 120, ist der Zungenrand eingebrochen und abgeschmolzen (C. Mengelt / G. Tomaschett).

96 Tiatscha

1986: Die Gletscherzunge ist wenig, der westlich anschliessende Sturzkegel stark abgeschmolzen (J. Könz).

1987: Die Gletscherzunge ist leicht zurückgegangen und hat sich abgeflacht, die Eisreste auf der Westseite und unter dem Möränenschutt sind weiter abgeschmolzen (J. Könz).

97 Sesvenna

1986: Der durchschnittliche Schwund um fast 6 m ist für diesen Gletscher verhältnismässig gross. Der Gletscherrand ist auf der Westseite und in der Mitte gleichmässig um rund 3-5 m, auf der Ostseite, auf Messlinie 6, wo Jahr für Jahr hohe Schwundwerte gemessen werden, um rund 14 m zurückgeschmolzen. Dieser östliche Gletscherteil, der nur noch eine geringe Mächtigkeit aufweist, wird auch künftig stark zurückgehen. Erstmals sind oberhalb des Gletscherrandes Felspartien des Untergrunds zum Vorschein gekommen. Der Altschnee war vollständig abgeschmolzen, das Gletschertor wiederum gut sichtbar. Bei Messlinie 3 ist das Eis von Moränenmaterial überlagert (L. Rauch).

1987: Der Gletscherrand ist durchwegs zurückgeschmolzen, auffallend stark am Ostrand (3.3-8.6 m auf Messlinien 1 bis 5, 13.6 m auf Linie 6). Das gesamte Gletscherende hat an Mächtigkeit viel eingebüsst, was am immer kleiner werdenden Gletschertor gut erkennbar ist, ebenso am immer mächtiger hervortretenden Moränenkegel auf Messlinie 4 (L. Rauch).

98 Lischana

1986: Der Firnschnee, der in den Vorjahren am Zungenende lag, ist abgeschmolzen. Der Gletscherrand war gut sichtbar. Er ist trotz dem warmen Sommer durchschnittlich um 2 m vorgestossen. Auf den seitlichen Messlinien ist ein Längenzuwachs bis 8.5 m, in der Mitte dagegen ein Schwund um 7.5 m festgestellt worden. Der Moränenkegel auf dem Eis bei Messlinie 118 ist fast 10 m breit (L. Rauch).

1987: Das Gletscherende ist - im Gegensatz zum Vorjahr - auf allen Messlinien zurückgegangen. Die Messergebnisse schwanken von Jahr zu Jahr verhältnismässig stark wegen der geringen Mächtigkeit des Gletschers. Die ausgiebigen Juliniederschläge erzeugten tiefe Längsfurchen in der Gletscheroberfläche. Noch nie war die Randkluft so gut sichtbar. Der Moränenkegel hinter Messlinie 118 tritt immer deutlicher in Erscheinung (L. Rauch).

99 Cambrena

1986: Die Zunge ist bei merklicher Abnahme der Eisdicke etwas flacher geworden. Im vermessenen Bereich hat sich der Gletscherrand auf den Seiten wenig verändert, in der Mitte ist er bis 8 m vorgestossen. Bei den Messpunkten 2 und 4 liegt hoher Moränenschutt. Auch die steile Zunge auf der linken Seite ist weiter vorgerückt. Im Tal unterhalb der Abbruchfront liegen noch Eisreste, die den sonnigen Herbst überdauert haben (A. Godenzi).

100 Palü

1986: Die hoch aufgetürmten Eismassen im stärker vorstossenden mittleren Teil der Zunge bieten einen spektakulären Anblick (A. Colombo).

101 Paradisino ("Vedreit da Camp")

1986: Die Gletscherzunge war - was selten vorkommt - ganz schneefrei. Ihr Rand hat sich unbedeutend teils vor-, teils rückwärts verlagert. Ihre Dicke dagegen hat merklich abgenommen, auf der linken Seite, wo hinter dem Zungenende zwei grosse Felsblöcke zum Vorschein gekommen sind, um mindestens 1-2 m (A. Godenzi).

1987: Die Gletscherzunge ist sehr dünn geworden, die Firnmasse am Paradisino fast verschwunden und ein prächtiges Gletschertor neu entstanden (A. Godenzi).

102 Forno

1986: Trotz idealen Messbedingungen und schneefreiem Gletscher ist der westliche, mit Moränenschutt überdeckte Teil des Zungenrands schwierig zu erfassen (C. Mengelt).

104 Basodino

1986: Il fronte del ghiacciaio era ben visibile. Dai rilievi effettuati si può costatare un aumento costante medio di 3.5 m (C. Valeggia).

1987: Le condizioni climatiche ottimali ha sciolto uno strato di ghiaccio per cui dai rilievi effettuati si può costatare un ritiro medio di 7.3 m (C. Valeggia).

105 Rossboden

1986: Die Längenänderung ist wie bisher an der Stirn der mittlerweile reaktivierten, mit grobem Blockschutt völlig überdeckten Zunge auf drei Messlinien bestimmt. Sie weist mit einem Zuwachs um 5 m auf der Südlinie und je 16 m auf den anderen Linien einen deutlichen Vorstoss des Gletschers aus (M. Borter).

1987: Die Situation hat sich nicht verändert. Die Längenänderung ist wie stets an der Stirn des vordersten, mit Blockschutt überdeckten (reaktivierten) Zungenabschnitts auf den 3 bisherigen Messlinien ermittelt (M. Borter / O. Dorsaz).

106 Mittelaletsch

1986: Die Längenänderung und die Höhenkote sind am unteren Gletschertor gemessen. Ein neues oberes Tor hat sich rund 50 m weiter hinten und 15 m weiter oben am Fuss der vordersten, vom schuttbedeckten flachen Zungenende steil aufsteigenden Eiswand geöffnet (VAW - M. Aellen).

1987: Vermessungsflug am 7.9.1987. Das Gletschertor am vordersten, mit Moränenschutt überdeckten Zungenteil liegt etwas höher als im Vorjahr. Die Eisstirn auf der Felsstufe hat sich wenig verlagert (VAW - M. Aellen).

107 Bis

1986: Die Luftbilder vom 11.9.1986 zeigen im Vergleich mit den Aufnahmen vom 12.9.1985 nur unwesentliche Veränderungen an der Abbruchfront und an den seitlich vorspringenden steilen Zungenlappen. Der langgestreckte Sturzkegel auf der Nordseite ist stark zurückgeschmolzen (VAW - M. Aellen). - Lors d'une purge des matériaux déposés en aval de la grille de la prise d'eau no. 1, par rejet d'eau sur les gorges à l'aval de la prise, le glacier a été mis sous charge hydrostatique pendant 20-30 minutes, de sorte que l'eau est entrée dans les galeries d'accès, avant d'accomplir finalement le débourrage sous-glaciaire (A. Bezinge).

1987: Vermessungsflug am 1.10.1987. Die vorgeschobenen Eiszungen beidseits der Abbruchfront sind stark zurückgebildet, die Sturzkegel neben dem Mittelgrotzen bis auf unbedeutende Reste verschwunden (VAW - M. Aellen).

109 Alpetli

1986: Der Gletscher ist beim überfahrenen Messpunkt A um etwa 10-12 m weiter vorgestossen und auch in der Dicke angewachsen. Die Zungenspitze hat, der tiefsten Talkerbe folgend, aus der früheren Bewegungsrichtung abgedreht (U. Fuhrer / K. Ogi).

1987: Im ganzen Zungenbereich hat die Gletscherdicke stark zugenommen. Am Wasseraustritt bei Punkt A (nicht messbar) ist weiteres starkes Vorschieben festzustellen (U. Fuhrer / B. Maurer).

110 Lötschberg

1986: Vermessungsflug am 23.9.1986. Der Gletscher hat seit der Vergleichsaufnahme am 2.9.1980 am Zungenende deutlich zugenommen, sowohl in der Länge wie auch in der Breite und Dicke. Auf der rechten Seite endet er in einer hohen Abbruchwand (VAW - M. Aellen).

111 Ammerten

1986: Obwohl ein markanter Kälteeinbruch Ende Mai die Schneeschmelze um rund 10 Tage verzögert hatte, ergab sich ein ausgesprochenes Schwundjahr mit vollständigem, bereits anfangs September vollzogenem Abschmelzen der Wächte am Albristhorn. Die Gletscherzunge ist eingefallen. Oberhalb der Steilstufe jedoch erscheint der Gletscher mächtig (E. Hodel).

1987: Nach schneereichem und lang andauerndem Winter war es vom Juli bis September zeitweise extrem warm. Dennoch hat die Wächte am Albristhorn den Sommer überdauert. Im Zungengebiet des Ammertengletschers jedoch ist der Winterschnee restlos abgeschmolzen. Besonders zu bemerken ist, dass sich das Eis über dem Felsfenster in der Steilstufe des hinteren Zungenbereichs geschlossen hat und dass am Zungenende kleine Felsinseln zum Vorschein gekommen sind (E. Hodel).

114 Plattalva

1986: Vermessungsflug am 29.9.1986. Der Gletscher ist sehr stark ausgeapert. Seine Oberfläche besteht zu etwa 9/10 aus Gletschereis oder alten Firnschichten und sein Rand ist durchwegs deutlich zurückgeschmolzen (VAW - M. Aellen).

1987: Vermessungsflug am 11.9.1987. Der Gletscher ist nur an der Aufwölbung des Zungenbereichs ausgeapert, sonst grösstenteils mit einer Neuschneedecke überzogen. Ältere Firn- oder Schneeschichten sind nur an wenigen Stellen sichtbar, das Zungenende liegt durchgehend unter Schnee (VAW - M. Aellen).

118 Val Torta

1986: Quest'anno si è potuto intravedere il fronte del ghiacciaio, avanzato di 15.2 m, avanti ad esso esiste ancora un nevaio assai consistente (C. Valeggia).

1987: Avanti ad esso esiste sempre un nevaio assai consistente. Quest'anno si è potuto intravedere molto bene il fronte del ghiacciaio (C. Valeggia).

119 Cavagnoli

1986: La variazione rispetto all'anno precedente, un certo ritiro medio di circa 7 m, è dovuta dalle eccezionali conditioni avute durante i mesi estivi e dal poco spessore di ghiaccio in questa conca dove il ghiacciaio termina (C. Valeggia).

1987: Il fronte del ghiacciaio ha registrato un ragguardèvole ritiro che dalle misurazioni effettuate si può costatare un ritiro medio di 10 m. Si può una sporgenza da roccia dove termina il fronte del ghiacciaio (C. Valeggia).

120 Corno

1986: Il rilievo del ghiacciaio è stato reso facile dalla belle stagione estiva. L'aumento di circa 6 m è dovuto che il fronte del ghiacciaio si trova su una pendenza assai ripida (C. Valeggia).

1987: Questo ghiacciaio si trova su un pendio assai ripido per cui questo aumento di 2.3 m è da ritenersi normale (C. Valeggia).

4. BILDTEIL

4.1 BILDFOLGE 1985/86

Bildlegenden

Aufnahmen: M. Aellen, VAW.

Bilder 1 - 5: Gletscherschwärze im Sommer 1986.
Ausschmelzende Schutt- und Staubeinlagerungen trüben in warmen Sommern das "hehre Weiss der Firne". Nach einem starken Gewitterregen am 17. September 1986 kommen alte Schmelzoberflächen als Schmutzschichten an der blankpolierten Oberfläche der Gletscher im Diablerets-Massiv besonders deutlich zum Vorschein.

1 Steinschlag und Lawinen überschütten Gletscher mit grobem Gestein. Die Zunge des Glacier du Dar, die einst vom Firnband (oben) ans Ende des trichterförmigen Talkessels (rund 2200 m ü.M., unterhalb des Bildrands) reichte und von 1898 bis 1921 regelmässig vermessen wurde, besteht heute grösstenteils aus Lawinenablagerungen (Bildmitte).

2 Sturmwinde wehen Staub, Sand und Schieferplättchen von der Felsumrandung, Pflanzenteile aus den umliegenden Tälern, Blütenpollen und Gesteinsstaub aus weiter Entfernung (z. B. Wüstenstaub aus der Sahara) als natürliche Verunreinigungen auf die Gletscher. Auf der Firnoberfläche des Glacier du Sex Rouge ist eine neue Staubschicht in wellenartig aufgereihten Dünen abgelagert. Staubschichten aus den letzten 10 bis 20 Jahren umlaufen den Firnfleck als parallele dunkle Linien, die ältere verformte Staubschichten im blaugetönten Gletschereis (unten) konkordant überlagern (links) oder diskordant schneiden (rechts, hinter dem Hausgiebel).

3 Alte Staubschichten, die in wellenförmig geschwungenen Kurvenscharen an der Eisoberfläche des Tsanfleurongletschers ausstreichen, sind für Sommerskifahrer gewiss ein weniger ergötzlicher Anblick als für Gletscherforscher.

4,5 Blick vom Gipfel des Sex Rouge auf den Glacier de Prapio. Die Schichtfolge von oben nach unten ist ein räumliches Abbild der zeitlichen Abfolge in der Umwandlung des frischen Schnees (kleine weisse Flecken) über Altschnee (helle gerillte Fläche) und Firn (heller Saum mit Schichten der Vorjahre und dunkles Band mit älteren, zum Teil auch aus aufgefrorenem Schmelzwasser gebildeten Schichten der letzten 10 bis 20 Jahre) bis hin zum Gletschereis (hellblau, mit faltenartig verformten Schichten aus schätzungsweise 50 bis 100 Jahren).

Bilder 6 - 8: Unterer Grindelwaldgletscher am 16. September 1986.

6 In Eisbrüchen wie an der " Heissen Platte" (oben) werden ursprüngliche, im Ablagerungsgebiet entstandene Schichtstrukturen zerstört. Neue Strukturen entstehen u.a. aus den wellenartigen konzentrischen Eiswülsten am Fuss der Steilstufe (Bildmitte). In der Fliessrichtung des Eises (nach rechts) verflachen die Wülste und werden zu regelmässigen bogenförmigen Bändern (Ogiven) verformt.

7 Auf der schuttbedeckten Gletscherzunge kommen die Ogiven als Bänderung im Eis an den Steilrändern der Schmelzrinnen zum Vorschein.

8 Am Zungenende erscheinen sie als einfache, dem Gletscherbett angeschmiegte steile und enge Faltenmulde wie in diesem Bild oder als flache und weite Faltenmulde wie in Bild 10.

Bilder 9 und 10: Arollagletscher (Glacier du Mont Collon) am 18. September 1986.

9 Zungenende des vorstossenden Arollagletschers mit hoher steiler Stirn und Austritt des Gletscherbachs am tiefsten Punkt, aber ohne Torbildung.

10 Ogiven treten bei Gletschern mit stark gestuftem Bett in den flachen Partien unterhalb der Eisbrüche wie an der Zunge des Arollagletschers regelmässig auf.

Bild 11: Glacier de Tsidjiore Nouve am 18. September 1986.

Bei manchen vorstossenden Gletschern tritt der Bach nicht am vordersten und tiefsten Punkt, sondern wie in diesem Fall weiter hinten und seitlich aus dem Eis.

Bilder 12 und 13: Cornogletscher am 13. Oktober 1986.

Der kleine Kargletscher mit einer Fläche von rund 30 Hektaren schiebt seine steile zerspaltene Zunge über die Karschwelle hinaus gegen den Cornopass vor.

4. ILLUSTRATIONS PHOTOGRAPHIQUES

4.1 PHOTOS 1985/86

Légendes des illustrations

Clichés: M. Aellen, VAW.

Photos 1 - 5: Surfaces glaciaires foncées de l'été 1986.
La fonte fait réapparaître à la surface les débris rocheux et les poussières ensevelis dans les glaciers. Ainsi, lors d'un été chaud, la "blancheur sublime" des névés est altérée. Après une pluie orageuse, le 17 septembre 1986, les anciennes surfaces de fonte, matérialisées par des horizons sales, sont nettement visibles sur la surface polie des glaciers du massif des Diablerets.

1 Les avalanches et les chutes de pierres répandent des débris grossiers sur les glaciers. La langue du glacier du Dar se compose actuellement en grande partie de dépôts d'avalanches (centre). Autrefois, elle s'étendait du névé (en haut), situé au fond du cirque, jusqu'au seuil (vers 2200 m environ, non visible sur la photo). Son front a été régulièrement observé entre 1898 et 1921.

2 Les vents tempétueux déposent des matières fines sur les glaciers. Cette pollution naturelle est composée de poussières, de grains de sable, de plaquettes schisteuses arrachées aux pentes avoisinantes, de feuilles mortes enlevées dans les vallées voisines, de pollen, voire de poussières minérales, originaires de régions aussi lointaines que le désert du Sahara par exemple. Sur le névé du glacier du Sex Rouge, une nouvelle couche de poussières vient de s'accumuler sous la forme de dunes onduleuses. Les lignes foncées parallèles encerclant le névé indiquent des couches déposées au cours de ces dix ou vingt dernières années. Celles-ci sont superposées en concordance avec, à gauche, des strates plus anciennes et déformées, visibles dans la glace bleue (en bas). A droite (derrière le bâtiment), elles frappent par leur discordance avec les anciennes structures.

3 L'apparition des anciennes couches de poussières, affleurant sous la forme de raies sinueuses à la surface du glacier de Tsanfleuron, est certes moins attrayante pour les skieurs d'été que pour les glaciologues.

4,5 Vue plongeante du sommet du Sex Rouge sur le glacier de Prapio. La succession des couches (de haut en bas) est une représentation spatiale de la métamorphose des neiges en glace: la neige fraîche (petites taches blanches) se transforme d'abord en vieille neige (surfaces claires sillonnées), puis en neige de névé (ourlet clair correspondant aux couches des années précédentes et bande foncée relative aux anciennes strates des dix ou vingt dernières années, en partie recouvertes par la glace de regel), et finalement en glace proprement dite (couches bleues déformées en plis et datant de cinquante à cent ans environ).

Photos 6 - 8: Glacier inférieur de Grindelwald, le 16 septembre 1986.

6 *Dans les chutes de glace, p.ex. celle de la "Heisse Platte" (en haut), les structures stratigraphiques primaires, formées dans la zone d'accumulation, sont détruites. De nouvelles stratifications se développent, notamment à partir des bourrelets de glace concentriques, qui encerclent le pied de la déclivité (au centre). En se déplaçant vers l'aval, ces bourrelets s'aplatissent et se transforment en bandes régulières de forme ogivale (à droite).*

7 *Dans les parties recouvertes de moraines superficielles, les bandes ogivales apparaissent dans la glace vive sur les bords des bédières.*

8 *Dans la paroi frontale du glacier, les ogives apparaissent sous la forme d'un pli synclinal qui, en épousant la courbure du lit glaciaire, est tantôt étroit et redressé comme sur cette photo, tantôt ouvert et plat comme sur la photo 10.*

Photos 9 et 10: Glacier d'Arolla (Glacier du Mont Collon), le l8 septembre 1986.

9 *Le front du glacier d'Arolla avance régulièrement depuis 1971. Le torrent glaciaire sort au point le plus bas de la paroi frontale, haute et verticale, sans formation de portail.*

10 *Les ogives apparaissent avec une fréquence régulière dans les parties plates des langues glaciaires, dont le lit est taillé en gradins accentués comme au glacier d'Arolla par exemple.*

Photo 11: Glacier de Tsidjiore Nouve, le 18 septembre 1986.

Lors d'une crue glaciaire, le système de drainage sous-jacent peut se fermer sous l'effet de la pression de la glace sur le front. La sortie du torrent se déplace alors vers l'amont dans les parties latérales de la langue, ce qui est le cas montré sur cette photo.

Photos 12 et 13: Glacier de Corno, le 13 octobre 1986.

Ce petit glacier de cirque, recouvrant une surface de près de 30 hectares, s'avance vers le col du même nom, en poussant sa langue raide et crevassée au-delà du seuil rocheux de la combe.

4.2 BILDFOLGE 1986/87

Bildlegenden

Bilder 14 - 17: Sondierbohrungen im Firngrat der Sphinx (Jungfraujoch).
Aufnahmen: M. Funk, VAW (14-16) und J. Schweizer, VAW (17).

Für die Planung eines neuen Zugangs zur Aussichtsterrasse auf dem Sphinxgipfel (3572 m) ist vom 22 - 24. Juli 1987 die Felsoberfläche des verfirnten Westgrates ausgelotet worden, indem die steile, bis 17 m dicke Gratwächte an 41 Stellen mit einem Heisswasserstrahl durchbohrt wurde. Gesamte Bohrtiefe: 302 m: gesamter Wasserverbrauch: 32 m^3.

14 Sphinxgipfel von Westen mit Observatorium der Hochalpinen Forschungsstation und Bohrstelle in der ausgesetzten Nordflanke des Westgrats.
15 Bohrgerät mit Motorpumpe (vorn) und Durchlauferhitzer auf der Sphinxterrasse, gespeist mit Wasser aus dem Versorgungsnetz Jungfraujoch.
16 Nahezu siedend heisses Wasser (Siedepunkt auf Jungfraujoch: 88 °C) wird mit hohem Druck (18-20 bar) durch einen isolierten, an Besenstielen aufgehängten Schlauch zur jeweiligen, bis 250 m weit entfernten Bohrstelle gepumpt. In den abschüssigen Flanken wird mit Seilsicherung gearbeitet (Selbstsicherung mit Steigbügel an fixem, auf der Gratschneide verankertem Seil).
17 Die Bohrsonde besteht aus einem zwei Meter langen Messingrohr mit auswechselbarer verengter Spitze, aus der das Wasser in scharfem Strahl herausspritzt. Die Funktionsprobe vor Bohrbeginn zeigt diesen Strahl als Fontäne vor den Wolken über dem oberen Mönchsjoch.

Bilder 18 und 19: Vorstoss des Riedgletschers.
Aufnahmen: W. Schmid, VAW.

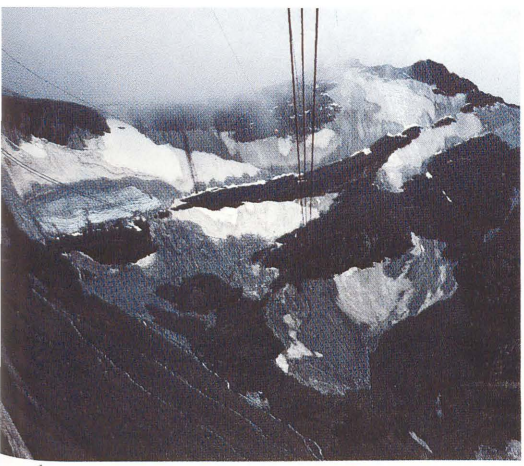
18 Beginnende Aufwölbung des schuttbedeckten Zungenendes im Herbst 1980, drei Jahre vor dem Vorstossen des Eisrandes.
19 Vorstossende steile Zungenstirn im Herbst 1986, umsäumt mit frisch aufgeschobenem Wall der Stirnmoräne.

Bilder 20 und 21: Schwund des Findelengletschers.
Aufnahmen: J. Schweizer, VAW.

20 Aufgewölbte Zungenstirn im Herbst 1985, am Ende des kurzen, aber raschen Vorstosses (um rund 250 m in 6 Jahren) bis zur neuerstellten Wasserfassung.
21 Abgeflachtes und eingesunkenes Zungenende im Herbst 1987, deutlich abgesetzt von der frischen Stirnmoräne neben der Wasserfassung.

Bild 22: Unteraargletscher im September 1987.
Aufnahme: J. Schweizer, VAW.

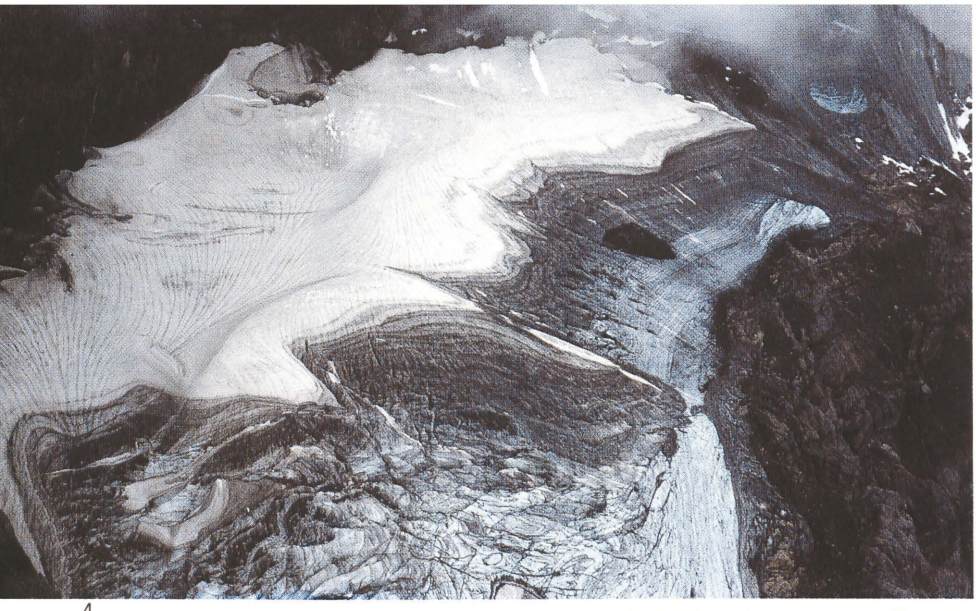
Bild 23 - 25: Silvretta- und Verstankla-Gletscher im September 1987.
Aufnahmen: J. Schweizer, VAW.



1

2

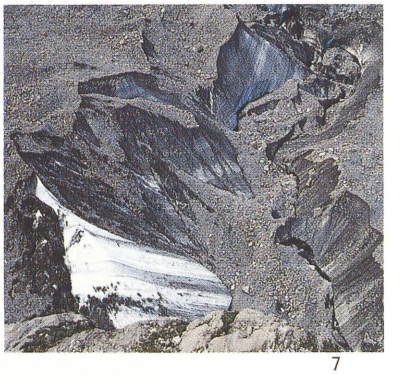
3



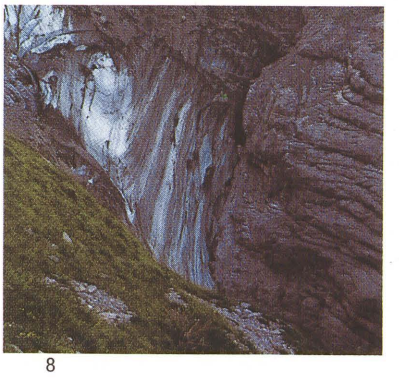
4

5

6



7



8

9

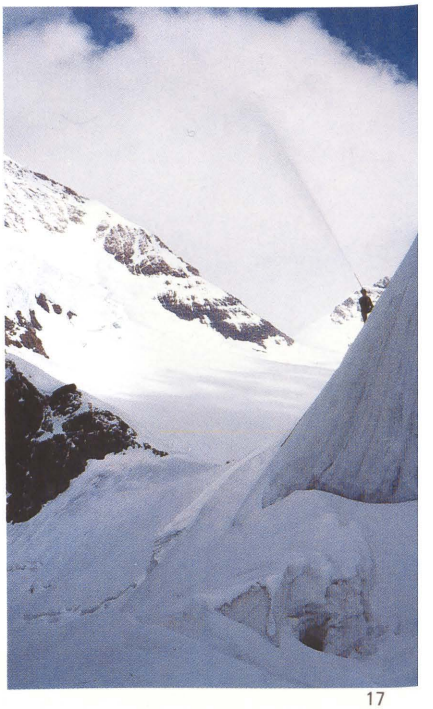
10

11

12+13

14

16



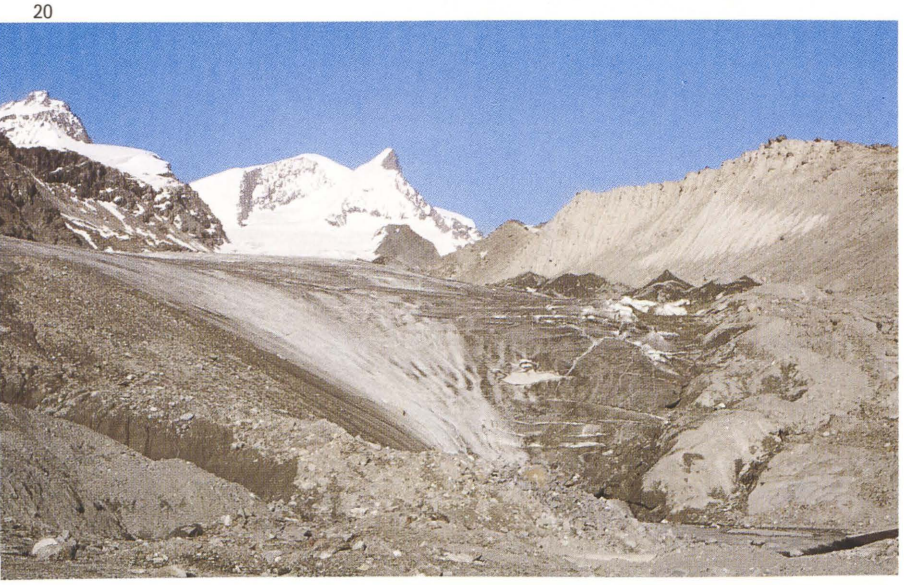
17

15

18

19

20



22

21

23－25

4.2 PHOTOS 1986/87

Légendes des illustrations

Photos 14 - 17: Forages hydro-thermiques sur l'arête englacée du Sphinx (Jungfraujoch).
Clichés: M. Funk, VAW (14-16) et J. Schweizer, VAW (17).

Pour le projet d'un nouveau chemin reliant la gare du Jungfraujoch à la terrasse sur le sommet du Sphinx (3572 m), il a fallu déterminer le niveau de la surface rocheuse de l'arête ouest recouverte par les névés et glaces pérennes. A cette fin, en juillet 1987, on a exécuté 41 sondages au moyen d'une foreuse hydro-thermique (épaisseur maximale de glace et névé: 17 m, profondeur forée totale: 302 m, volume d'eau utilisé: 32 m^3).

14 Sommet du Sphinx (face ouest) avec l'observatoire de la Station scientifique du Jungfraujoch et forages en cours sur la pente exposée de l'arête ouest.

15 L'équipement de forage hydro-thermique, comprenant une pompe (au premier plan) et un appareil de chauffage, installé sur la terrasse du Sphinx. L'alimentation en eau provient du réseau local du Jungfraujoch.

16 L'eau chaude (à environ 85 °C et donc proche du point d'ébullition à l'altitude du Jungfraujoch) est pompée sous haute pression (18-20 bars) dans un tuyau isolé (fixé sur des manches à balai plantés dans la glace) vers les forages éloignés jusqu'à 250 m. Le travail dans ces pentes raides exige de bonnes mesures de sécurité avec jumar et corde fixe ancrée sur l'arête faîtière).

17 La pointe chaude de la foreuse consiste en un tube en laiton, long de 2 m, qui se termine en tuyère échangeable. Le contrôle de fonctionnement au début du forage montre le jet d'eau sortant de la tuyère (devant les nuages). Vue prise vers le col supérieur du Mönch.

Photos 18 et 19: Crue du glacier de Ried.
Clichés: W. Schmid, VAW.

18 En automne 1980, la partie terminale de la langue glaciaire, recouverte de débris rocheux, a commencé à s'épaissir. L'avance du front a suivi trois ans plus tard.

19 En avançant, le front redressé du glacier a amassé un cordon morainique. Vue prise en automne 1986.

Photos 20 et 21: Décrue du glacier de Findelen.
Clichés: J. Schweizer, VAW.

20 En automne 1985, à la fin d'une crue rapide (sur une distance de 250 m en 6 ans), le front épais et bombé du glacier s'est trouvé tout près de la nouvelle prise d'eau.
21 En automne 1987, le front a visiblement diminué en épaisseur et s'est retiré à l'arrière du cordon morainique amassé au cours de la crue récente.

Photo 22: Glacier inférieur de l'Aar, en septembre 1987.
Cliché: J. Schweizer, VAW.

Photos 23 - 25: Glaciers de la Silvretta et de Verstankla, en septembre 1987.
Clichés: J. Schweizer, VAW.

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 1985/86 und 1986/87. Ausgehend von den publizierten Werten der täglich gemessenen Niederschlags- und Abflussmengen [SMA, 1985-87b; LHG, 1985-87] sind für diese Jahre die Tagesbilanzen berechnet (Abb. 5.1a). Dabei ist die invariant angenommene Verdunstungsrate (210 kg/m^2) gleichmässig auf die Monate verteilt und innerhalb der Monate in gleichgrossen Tagesraten (je 1 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 5.1b sind die Mittelwerte, Standardabweichungen und Extremwerte angezeigt, die aus den Tageswerten der Periode 1931-1987 berechnet sind.

Die Angaben über den Jahresgang der Änderung der Wasserreserven im Einzugsgebiet der Rhone oberhalb des Genfersees sind aufgrund von Monatswerten in der Abbildung 5.2 graphisch dargestellt. Die Berechnungsmethode ist in Kapitel 6.2 des 97./98. Berichts (1975/76 und 1976/77) [Kasser, 1983] beschrieben.

Für die **Gletscher Gries** und **Silvretta** ist die höhenmässige Verteilung der Massenänderung in den Haushaltsperioden 1985/86 und 1986/87 als Wasserwert der gesamten und der spezifischen Änderung in jeder Höhenstufe (Tab. 5.3 und 5.4) angegeben.

Die luftphotogrammetrisch bestimmten jährlichen Veränderungen der **Aaregletscher** (Kap. 5.4) vom 30. August 1985 bis zum 29. August 1987 sind in den Tabellen 5.5 und 5.6 zusammengefasst.

Kapitel 5.5 mit den Tabellen 5.7 bis 5.12 enthält die Ergebnisse der Beobachtungen, die in den Jahren 1985/86 und 1986/87 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 1985/86

Aus den Massenbilanzen ergibt sich für das hydrologische Jahr 1985/86 erstmals seit 1976 wieder bei allen Haushaltsgletschern ein Massenschwund, im **Aletschgebiet** von kleinem, in den übrigen Gebieten von beträchtlichem bis grossem Ausmass. Das Klima des Haushaltsjahrs war geprägt durch einen grossenteils schneearmen, zeitweise sehr kalten Winter, ein ausserordentlich niederschlagsreiches Frühjahr, einen ausgesprochen warmen Sommer mit wenig Kälteeinbrüchen und einen milden, sehr trockenen Herbst. Den Massenhaushalt der Gletscher bestimmte in erster Linie die Grösse des Schneezuwachses im April, welcher durch den Schmelzwasserabfluss je nach Gebiet bereits im Juli oder erst im August ausgeglichen war und erheblich dazu beitrug, dass das Berichtsjahr 1985/86 mit starker Ausaperung der Gletscher zwar ein ausgeprägtes, aber kein extremes Schwundjahr geworden ist.

Dies gilt auch für den Talbereich der **Aaregletscher**, wo nach den Messungen von A. Flotron eine Massenverminderung um rund 17 Millionen m^3 Eis ein durchschnittliches Absinken der Gletscheroberfläche um 1.1 m bewirkt hat. Erstmals seit Jahren hat die Eisdicke in allen Profilen abgenommen, auch in den firnnahen Gebieten und stellenweise bis zu 3.5 m. Im erfassten Teil der Aaregletscher ist der Schwund etwa doppelt so gross wie im Vorjahr und wie im Durchschnitt der letzten 17 Jahre, aber nur wenig mehr als halb so gross wie im Extremjahr 1971.

5.3 MASSENÄNDERUNG 1986/87

Im Berichtsjahr 1986/87 trafen die Herbstminima der Wasserreserven, die den Jahreszyklus zeitlich begrenzen, und das Frühjahrsmaximum, das ihn unterteilt in winterliche Zuwachs- und sommerliche Schwundperiode, mit ungefähr zweiwöchiger Verspätung ein (Fig. 5.1b).

Die Ergebnisse der Massenbilanzen streuen im Berichtsjahr wesentlich stärker als in den Vorjahren, nämlich zwischen starkem Schwund im südlichen Alpenraum und mässigem Zuwachs im nördlichen. Die Unterschiede sind in erster Linie zurückzuführen auf die ungleichmässige Verteilung des Jahresniederschlags (Fig. 1.3a), der im Süden vorwiegend normale, im Norden meist grosse bis sehr grosse Werte erreicht hat. Diese ergaben sich im Süden aus allgemein stark ausgeprägtem Mangel an Winterniederschlag und ebensogrossem Überschuss an Sommerniederschlag, im Norden aus Überschüssen in beiden Jahreszeiten, mässigen bis grossen im Winter, grossen bis sehr grossen im Sommer. Entscheidenden Einfluss auf den Massenhaushalt hatten die Niederschlags- und Kälteperioden im Frühjahr, die - wie aus Abbildung 5.1b ersichtlich ist - die Wasserreserven zumindest in den niederschlagsreichen Gebieten auf überdurchschnittliche Werte anhoben und durchwegs den Beginn der Schneeschmelze im Hochgebirge stark verzögerten. Gebietsweise von grosser Bedeutung waren zudem die ausserordentlichen Niederschlagsereignisse des Hochsommers. Im **Aletschgebiet** trat am auffälligsten jenes in Erscheinung, das im August die Hochwasserkatastrophen im zentralen Alpengebiet verursacht hat. Für den 24. August ergab sich mit einem errechneten Gebietsniederschlag von 146 mm und einem gemessenen Abfluss von 34 mm eine Zunahme der Reserven um 112 mm. Diese Zunahme ist gerade so gross wie das Ergebnis der Jahresbilanz. Der Vortag ergab ähnliche Werte wie der 18. und der 27. Juli: 46, 44 und 43 mm Niederschlag, 25, 21 und 13 mm Abfluss, 21, 23 und 30 mm Reservenzuwachs. Geringeren Zuwachs brachten zudem der 30. Juli (7 mm) und der 17. August (6 mm). Ohne diese Sommerzuschüsse hätten die Reserven im Berichtsjahr merklich abgenommen (um 87 mm), obwohl sie am Winterende sehr grosse Werte erreicht hatten. Auf die Gletscherfläche umgerechnet, hätte dies für Aletsch anstelle des errechneten Massenzuwachses (um 171 mm) einen fast ebenso grossen Schwund (um 133 mm) ergeben.

Der bescheidene Zuwachs im **Aletschgebiet** ist durch grossen Umsatz bei weitgehend ausgeglichener Bilanz zustande gekommen aus sehr viel Niederschlag (Jahresmenge rund 115 % der Norm) und verhältnismässig starker Schmelzung (Jahresabfluss rund 105% der Norm trotz verkürzter Schmelzperiode). Aufgrund der Sommertemperaturen (Abb. 1.3 b) ist bei den übrigen Haushaltgletschern ebenfalls mit starker Schmelzung zu rechnen. Den Niederschlagsmengen entsprechend ist im nördlichen Alpenraum bescheidener Zuwachs (**Limmern**, **Plattalva**), oder ebenso geringer Schwund (**Silvretta**), im südlichen Alpenraum allgemein beträchtlicher Schwund (**Gries**) zu verzeichnen. Im Durchschnitt der Schweizer Alpen dürften sich Zuwachs und Schwund weitgehend ausgeglichen haben.

Dem Bericht von A. Flotron ist zu entnehmen, dass die **Aaregletscher** im Talbereich um ein Volumen von 9.5 Millionen m^3 Eis vermindert oder im Durchschnitt um 0.6 m abgetragen worden sind. In den Querprofilen ist meist deutlicher bis geringer Schwund, im Profil 5 sogar geringer Zuwachs festgestellt worden (Tab. 5.6 und Abb. 5.3). Der Schwund in der Messperiode vom 5. September 1986 bis 29. August 1987 ist etwas grösser als im Durchschnitt der letzten 18 Jahre (7.5 Mio. m^3), aber wesentlich kleiner als im Vorjahr (16.7 Mio. m^3).

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(e) 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.

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 [LHG, 1985-1987] et des précipitations [SMA, 1985-1987b] ont permis d'établir des bilans quotidiens (fig. 5.1a), qui sont représentés par les sommes cumulatives (fig. 5.1b). Dans ces bilans, l'évaporation est supposée être invariable de l'ordre de 210 kg/m^2 par an, soit de 17 ou 18 kg/m^2 par mois. Ces mensualités ont été réparties en quote-parts égales de 1 kg/m^2 sur les jours sans précipitations ou de pluviosité faible. En cumulant les variations journalières des réserves en eau, on obtient les valeurs extrèmes maximales (au printemps) et minimales (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 5.1b les valeurs moyennes, les écarts standardisés et les valeurs extrèmes, qui ont été déterminées à partir des données journalières de la période 1931-1987.

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 97^e/98^e rapports (1975/76 et 1976/77) [Kasser, 1983].

Pour les **glaciers de Gries** *et* **Silvretta**, *on a établi les bilans de masse total et spécifique en fonction de l'altitude. Les résultats obtebenus pour les années 1983/84 et 1984/85 dans les intervalles équidistants sont indiqués par leur valeur équivalente en eau (tabl. 5.3 et 5.4).*

Les variations annuelles des **glaciers de l'Aar**, *déterminées par restitutions aérophotogrammétriques, sont résumées dans les tableaux 5.5 et 5.6 pour la période du 30 août 1985 au 29 août 1987.*

Dans le chapitre 5.5 avec les tableaux 5.7 à 5.12 nous présentons les résultats des observations faites, en 1985/86 et 1986/87, 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 DE MASSE 1985/86

Pour tous les glaciers soumis à ces mesures particulières, l'année hydrologique 1985/86 présente, pour la première fois depuis 1976, une diminution générale de la masse de glace. Elle est faible pour le ***glacier d'Aletsch****, et sensible à importante pour les autres. Les conditions climatiques de cette année ont été caractérisées par un hiver souvent très froid et pauvre en neige, en général. Il a été suivi d'un printemps extrêmement pluvieux, puis d'un été particulièrement chaud, entrecoupé de quelques invasions d'air froid seulement, et, finalement, d'un automne doux et très sec. Le bilan de masse des glaciers a été influencé, en toute première ligne, par l'importance de l'accroissement du manteau neigeux en avril, lequel n'a été compensé par l'ablation qu'au début de juillet au plus tôt, ou au milieu d'août au plus tard, selon les régions. Cette importante élimination de la neige sur les glaciers a contribué à conférer à l'exercice en question la caractéristique d'une année de décrue marquée, bien qu'elle ne soit pas extrême.*

Cette considération est aussi valable pour la partie basse des ***glaciers de l'Aar*** *où, d'après les restitutions photogrammétriques livrées par le bureau A. Flotron, s'est réalisé un abaissement moyen de la surface du glacier de 1.1 m, correspondant à une perte de volume de 17 millions m^3 de glace environ. Pour la première fois depuis longtemps, l'épaisseur de la glace a diminué jusqu'à 3.5 m à tous les profils transversaux, même à ceux situés à proximité des névés. Il en résulte, dans la partie mesurée des glaciers, une décrue atteignant le double de celle de l'année précédente et s'inscrivant dans la moyenne de ces 17 derniers exercices. Mais elle correspond à peine à un peu plus de la moitié de la diminution extrême de 1971.*

5.3 BILAN DE MASSE 1986/87

Pendant cet exercice, le minimum automnal des réserves hydrauliques, qui marque le début du cycle annuel, et le maximum printanier, qui le divise en phase d'accumulation hivernale et en période d'ablation estivale, sont survenus avec deux semaines de retard à peu près (fig. 5.1b).

Les résultats des bilans de masse pour cet exercice présentent une dispersion nettement plus grande que ces dernières années. Les diminutions sont importantes sur la partie méridionale du domaine alpin, et les augmentations modérées sur la partie septentrionale. On trouve la raison de ces différences dans la distribution irrégulière de la pluviosité annuelle (fig. 1.3a). Au sud, un déficit très marqué dans les précipitations hivernales et un excédent identique dans les pluies estivales ont donné des lames d'eau normales, en

général, tandis que, au nord, des excédents, modérés à forts en hiver, et plus importants en été, ont abouti à des valeurs annuelles élevées, voire excessives. Les périodes pluvieuses et froides du printemps ont eu une influence décisive sur les bilans de masse (fig. 5.1b), car elles ont augmenté considérablement les réserves hydrauliques, tout au moins dans les régions riches en précipitations, et elles ont fortement reculé le début de la fonte des neiges en haute montagne. Ailleurs, les pluies extrêmement abondantes de l'été sont très significatives, particulièrement sur le bassin versant du glacier d'Aletsch, atteint par la zone pluvieuse qui a provoqué les inondations catastrophiques du mois d'août. Le 24 août, par exemple, les réserves en eau ont subi un accroissement de 112 mm, résultant d'une lame d'eau estimée à 146 mm et d'un débit mesuré de 34 mm. Ce chiffre équivaut au résultat annuel du bilan hydrologique. Les valeurs calculées pour la veille, ainsi que pour les 18 et 27 juillet sont du même ordre de grandeur: 46, 44 et 43 mm de précipitations, 25, 21 et 13 mm d'écoulement et 21, 23 et 30 mm d'augmentation des réserves. Le 30 juillet et le 17 août ont apporté des accroissements plus faibles (7 et 6 mm). Sans ces apports estivaux, les réserves auraient fortement diminué pendant cet exercice (87 mm), malgré leur valeur élevée à la fin de la période hivernale. Calculées par rapport à la surface du glacier, elles auraient déterminé une diminution de 133 mm, valeur quelque peu inférieure à l'augmentation de masse calculée en réalité (171 mm).

Ce faible accroissement noté pour la ***région d'Aletsch*** *est donc le résultat d'importants transferts de masse dans un bilan assez équilibré, constitués par des précipitations importantes d'une part (pluviosité annuelle atteignant 115 % de la norme), et par une ablation assez forte d'autre part (écoulement se montant à 105 % de la norme, malgré une période de fusion raccourcie). En raison des températures estivales (fig. 1.3b), les autres bilans glaciaires accusent aussi une forte fusion. Les sommes pluviométriques ont déterminé, dans les Alpes septentrionales, des augmentations modestes (****glaciers de Limmern*** *et de* ***Plattalva****), ou des diminutions aussi faibles (****glacier de la Silvretta****), tandis que, dans la partie méridionale du domaine alpin, les diminutions sont en général sensibles (****glacier de Gries****). En moyenne, ces deux tendances se sont neutralisées sur les Alpes suisses dans leur ensemble.*

Selon le rapport de A. Flotron, les parties basses des ***glaciers de l'Aar*** *se sont réduites d'un volume estimé à 9.5 millions de m^3, ce qui correspond à une ablation moyenne de 0.6 m. On a déterminé un abaissement de la surface de la glace qui est notable ou faible dans la plupart des profils transversaux, tandis que le profil 5 présentait une hausse modeste (tabl. 5.6 et fig. 5.3). La diminution mesurée entre le 5 septembre 1986 et le 29 août 1987 dépasse la moyenne de ces 18 dernières années (7.5 millions de m^3), mais est nettement plus faible que celle de l'exercice précédent (16.7 millions de m^3).*

Tabelle 5.1: **Massenänderung 1985/86 und 1986/87**
*Tableau 5.1: **Bilans de masse 1985/86 et 1986/87***

Gletscher	Haushaltjahr oder Messperiode vom	bis	Gletscherfläche [1] [km²]	Massenänderung gesamt [2] B_a* [10^6 m³]	spezifisch [3] b_a [cm]	Gleichgewichtslinie [m ü.M.]
Gries	28.10.85	23.9.86	6.318 [1a]	- 0.484 [4]	- 69 [4]	2997 [4]
	23.9.86	21.9.87	6.317 [1b]	- 6.598 [4]	- 94 [4]	3114 [4]
Aletsch	1.10.85	30.9.86	127.56 [1c]	- 6.65	- 5	3010 [5]
	1.10.86	30.9.87	127.50 [1d]	+ 24.24	+ 17	2910 [5]
Limmern	11.9.85	29.9.86	2.52 [1e]	- 1.010 [6]	- 36 [6]	2890 [6]
	29.9.86	14.9.87	2.52 [1e]	+ 0.532 [6]	+ 19 [6]	2665 [6]
Plattalva	11.9.85	29.9.86	0.86 [1e]	- 0.717 [6]	- 75 [6]	2920 [6]
	29.9.86	14.9.87	0.86 [1e]	+ 0.248 [6]	+ 26 [6]	2670 [6]
Silvretta	13.9.85	29.9.86	3.15 [1f]	- 0.945 [6]	- 27 [6]	2790 [6]
	29.9.86	14.9.87	3.15 [1f]	- 0.735 [4]	- 21 [4]	2783 [4]
Glacier	*Année ou période du bilan*		*Surface glaciaire* [1]	***Bilan de masse*** *total* [2] B_a*	*spécifique* [3] b_a	*Ligne d'équilibre*
	du	*au*	[km²]	[10^6 m³]	[cm]	[m s.m.]

1 Geschätzter Wert am - *Valeur estimée le:* a) 23.9.1986 b) 1.10.1987 c) 12.10.1986 d) 31.10.1987
Gemessener Wert am - *Valeur mesurée le:* e) 15.9.1977 f) 12.9.1973

2 Gesamter Zuwachs oder Abtrag, berechnet als Eisvolumen mit einer mittleren Dichte von 0.9g/cm³. Für Aletsch abgeleitet aus der hydrologischen Bilanz des Einzugsgebietes Massa/Blatten bei Naters (Tab. 5.2), für die übrigen Gletscher ermittelt aus glaziologischen Messungen oder aus Luftbildaufnahmen und Erfahrungswerten (Fussnoten 4 und 6).
Valeurs absolues des gains ou des pertes de masse, exprimées en volume de glace, en admettant une densité moyenne de 0.9 g/cm³. Pour Aletsch, elles sont dérivées du bilan hydrologique du bassin versant de la Massa/Blatten près de Naters (tabl. 5.2); pour les autres glaciers, elles sont déterminées à partir de mesures glaciologiques ou à partir de clichés aériens et de données statistiques (remarques 4 et 6).

3 Gleichmässig über den Gletscher verteilter Zuwachs oder Abtrag. Der Eismenge 1 g/cm² entspricht eine Wassersäule von 1 cm Höhe. - *Gain (ou perte) total(e) réparti(e) sur la surface entière du glacier. Une masse de glace de 1 g/cm² équivaut à 1 cm en hauteur d'eau.*

4 Mittels statistischer Verfahren aus den Messungen am Pegelnetz ermittelte Werte. - *Valeurs déterminées par calculs statistiques à partir des mesures effectuées sur le réseau de balises.*

5 Aus den Pegelmessungen auf dem Jungfraufirn interpolierte Werte. - *Valeurs obtenues par interpolation des données collectées au Jungfraufirn.*

6 Mittels statistischer Verfahren aus dem Anteil des Nährgebiets an der Gletscherfläche und aus der Beziehung zwischen Massenänderung und Höhe der Gleichgewichtslinie ermittelte Werte. Die Abgrenzung des Nährgebiets beruht auf den Luftbildern vom 29.9.1986 bzw. 14.9.1987.
Valeurs déterminées par calculs statistiques à partir de la proportionalité 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 sont restituées selon les clichés aériens respectifs du 29.9.1986 et du 14.9.1987.

Tabelle 5.2: **Wasserhaushalt vergletscherter Einzugsgebiete 1985/86 und 1986/87**
*Tableau 5.2: **Bilans hydrologiques 1985/86 et 1986/87 de bassins versants englacés***

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

Einzugsgebiet	a) Ägina	b) Massa	c) Rhone	*Bassin versant*
Gesamtfläche [km^2]	10.4	194.7	5220.0	*Surface totale* [km^2]
Gletscherfläche [km^2]	6.3	127.6	746.6	*Surface englacée* [km^2]
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	Blinnenhorn	Aletschhorn	Dufourspitze	*Point culminant*
Meereshöhe [m]	3373.8	4195.0	4634.0	*Altitude* [m]

a) Ägina (Griesgletscher) - *Aegina (glacier de Gries)* [1)]

Bilanzperiode *Période du bilan* 1.10 - 30.9.	Abfluss *Ecoulement* [kg/m^2] [2)]	Verdunstung *Evaporation* [kg/m^2] [3)]	Reserven-änderung *Variation des réserves* [kg/m^2] [4)]	**Niederschlag** Gebietsmittel ***Précipitations*** *Moyenne* [kg/m^2] [5)]	Totalisator *Totalisateur* [kg/m^2] [6)]
1985/86	2428	200	-430	2198	1570
1986/87	2364	200	-550	2014	1796
Mittelwert - *Valeur moyenne*					
1961-1987	1860	200	- 70		
1964-1987				1990	1710

1 VAW [1987b und 1988] - *VAW [1987b et 1988].*
2 Durch das Kraftwerk für das hydrologische Jahr vom 1. Oktober bis 30. September bestimmte Werte (s. Bemerkungen zu Tab. 16 des 93./94. Berichts, 1971/72 und 1972/73). - *Valeurs déterminées par les forces motrices, valables pour l'année hydrologique du 1er octobre au 30 septembre (v. notes explicatives du tabl. 16 des 93^e/94^e rapports, 1971/72 et 1972/73).*
3 Invarianter Schätzwert - *Valeur estimée (invariable).*
4 Aus der Massenänderung des Gletschers abgeleitete Werte (Tab. 5.1 und 5.3) - *Valeurs dérivées du bilan de masse du glacier (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 Cornopass 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) Massa (Aletschgletscher) - *Massa (glaciers d'Aletsch)* [1)]

Bilanzjahr *Année du bilan* 1.10. - 30.9.	Niederschlag *Précipitations* N [2)] [kg/m²]	Verdunstung *Evaporation* V [3)] [kg/m²]	Abfluss *Ecoulement* A [4)] [kg/m²]	Reservenänderung *Variation des réserves* R [5)] [kg/m²]	Gletscherfläche *Surface glaciaire* G [6)] [kg/m²]	Spezifische Massenänderung *Bilan de masse spécifique* B [7)] [kg/m²]
1985/86	2349	210	2239	- 100	127.6	- 152
1986/87	2418	210	2171	37	127.5	5
Vergleichswerte 1931-1987 - *Données statistiques 1931-1987*						
Mittel *Moyenne*	2166	210	2096	- 140	131.0	- 200
Standardabweichung *Ecart-type*	375		332	583	3.0	861
Minimum (Jahr - *Année*)	1452 (1949)		1593 (1978)	-1698 (1947)	127.3 (1987)	-2487 (1947)
Maximum (Jahr - *Année*)	2970 (1981)		3297 (1947)	1093 (1978)	136.9 (1932)	1659 (1978)

1 Aellen und Funk [1990] - *Aellen et Funk [1990].*
2 Schätzwerte, berechnet aufgrund der Niederschlagsmessungen in Grindelwald (1040 m), Fiesch (1060 m) und Ried/Lötschental (1480 m), [SMA, 1985-87b].
Valeurs estimées, calculées à partir des précipitations mesurées à Grindelwald (1040 m), Fiesch (1060 m) et Ried/Lötschental (1480 m), [SMA, 1985-87b].
3 Invarianter Schätzwert - *Valeur estimée (invariable).*
4 An der Limnigraphenstation Blatten bei Naters registrierte Abflüsse (Abb. 5.1a), [LHG, 1985-87].
Débits enrégistrés à la station limnigraphique de Blatten près de Naters (fig. 5.1a), [LHG, 1985-87].
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 (Tab. 5.1, Fussnoten 1c und 1d; Tab. 21 des 95./96. Berichts, 1973/74 und 1974/75). - *Valeurs estimées, dérivées de la variation annuelle en longueur du Grand glacier d'Aletsch (tabl. 5.1, notes 1c et 1d; tabl. 21 des 95e/96e rapports, 1973/74 et 1974/75).*
7 Schätzwerte, berechnet nach der Formel - *Valeurs estimées, calculées selon la formule:* $B = F \cdot R / G$ ($F = 194.7$ km²).

Tabelle 5.2: **Fortsetzung** *Tableau 5.2:* ***Continuation***

c) Rhone (bis Genfersee) - *Rhône (à l'amont du Léman)*

Bilanzjahr *Année du bilan* 1.10. - 30.9.	Niederschlag *Précipitations* N [1] [kg/m²]	Verdunstung *Evaporation* V [2] [kg/m²]	Abfluss gemessen *mesuré* Ag [3] [kg/m²]	Abfluss umgeleitet *détourné* A_A-A_E [4] [kg/m²]	Abfluss gespeichert *retenu* S [5] [kg/m²]	Abfluss berechnet *restitué* A [6] [kg/m²]	Reservenänderung *Variation des réserves* R [7] [kg/m²]
1985/86	1472	300	1213	- 10	2	1205	- 33
1986/87	1464	300	1209		4	1213	- 49
Mittelwert - *Valeur moyenne*							
1955-1980	1361	300	1032	2	7	1041	20
1955-1985	1386	300	1062	0	7	1069	17

1 [SMA,1985-87b], nähere Angaben siehe Kapitel 6.22 des 97./98. Berichts (1975/76 und 1976/77) - *[SMA, 1985-87b], explications voir chapitre 6.22 des 97e/98e rapports (1975/76 et 1976/77).*

2 Invarianter Schätzwert (vgl. Kap. 6.23 und 6.25 des zitierten Berichts). - *Valeur estimée, invariable (cf. chap. 6.23 et 6.25 des rapports cités).*

3 Registrierter Abfluss in Porte du Scex [LHG, 1985-87], (vgl. Kap. 6.21 und 6.22 des zitierten Berichts). - *Débits enrégistrés à Porte du Scex [LHG, 1985-87], (cf. chap. 6.21 et 6.22 des rapports cités).*

4 Überleitung von Wasser über die Grenzen des Einzugsgebiets:
- Ableitung (A_A) ins Einzugsgebiet des Tessins (von der Ägina nach Alpe Cruina),
- Zuleitung (A_E) aus dem Einzugsgebiet der Arve (von Lognan / Le Tour nach Emosson).
Volumes d'eau dérivés ou amenés à travers les partages naturelles des eaux:
- Dérivation (A_A) dans le bassin du Tessin (de l'Aegina à l'Alpe Cruina),
- Adduction (A_E) du bassin de l'Arve (de Lognan / Le Tour à Emosson).

5 Änderung 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 (-).*

6 Natürlicher Abfluss in Porte du Scex, rekonstruiert nach der Formel - *Débits naturels à Porte du Scex, restitués selon la formule:* $A = A_g + (A_A - A_E) + S$.

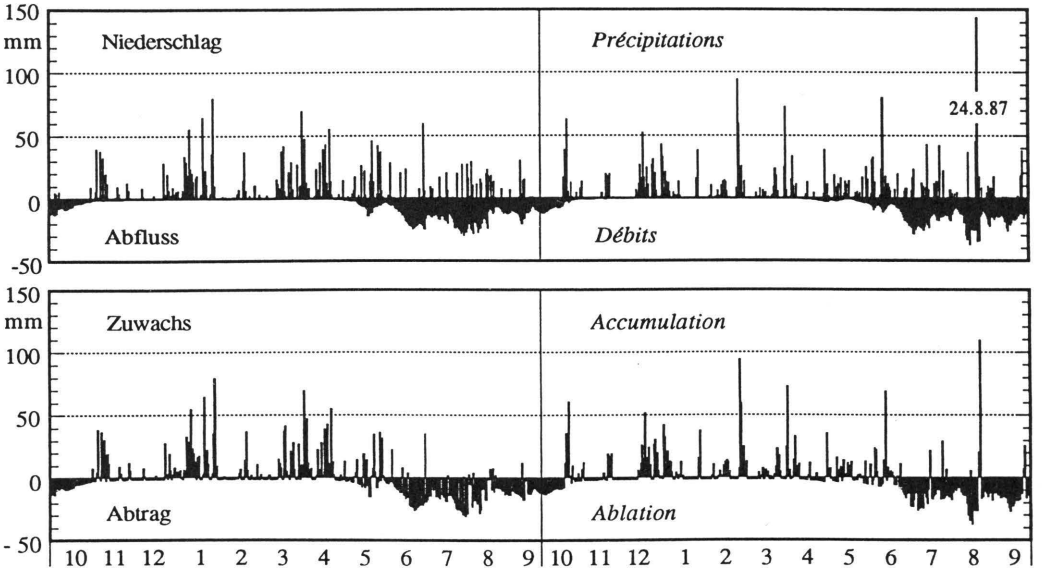
7 Änderung der natürlichen Wasserreserven, berechnet nach der Formel - *Variation des réserves naturelles en eau, restitués selon la formule:* $R = N - A - V$.

Abbildung 5.1: **Einzugsgebiet Massa (Aletschgletscher) - Wasserhaushalt 1985/86 und 1986/87**

Figure 5.1: ***Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques 1985/86 et 1986/87***

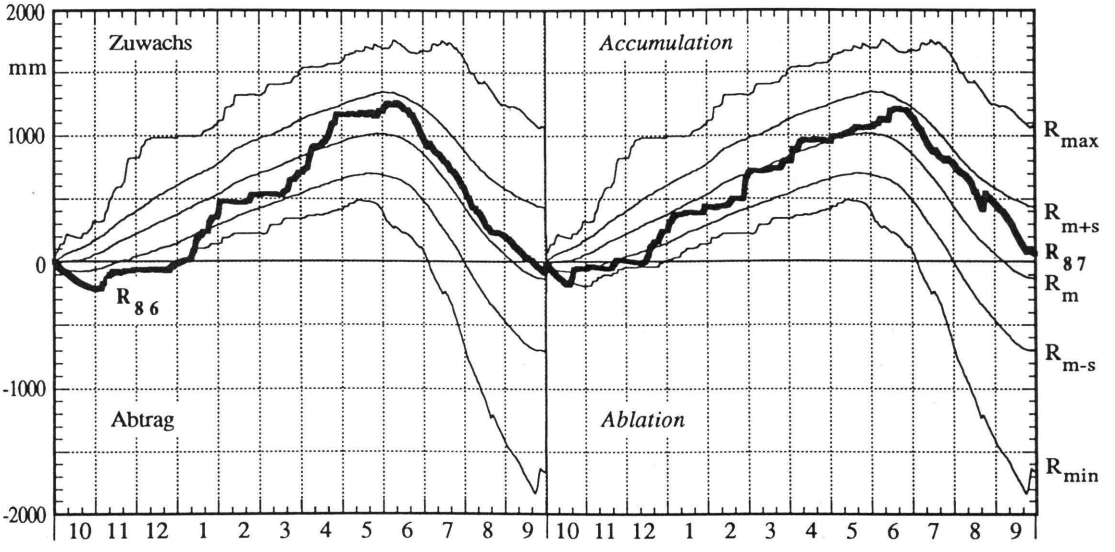
a) Niederschlag, Abfluss und Reservenänderung - Tageswerte

Précipitations, débits et variations des réserves en eau - Valeurs quotidiennes



b) Reservenänderung - Jahresgang und Vergleichswerte

Variations des réserves en eau - Evolution et valeurs statistiques

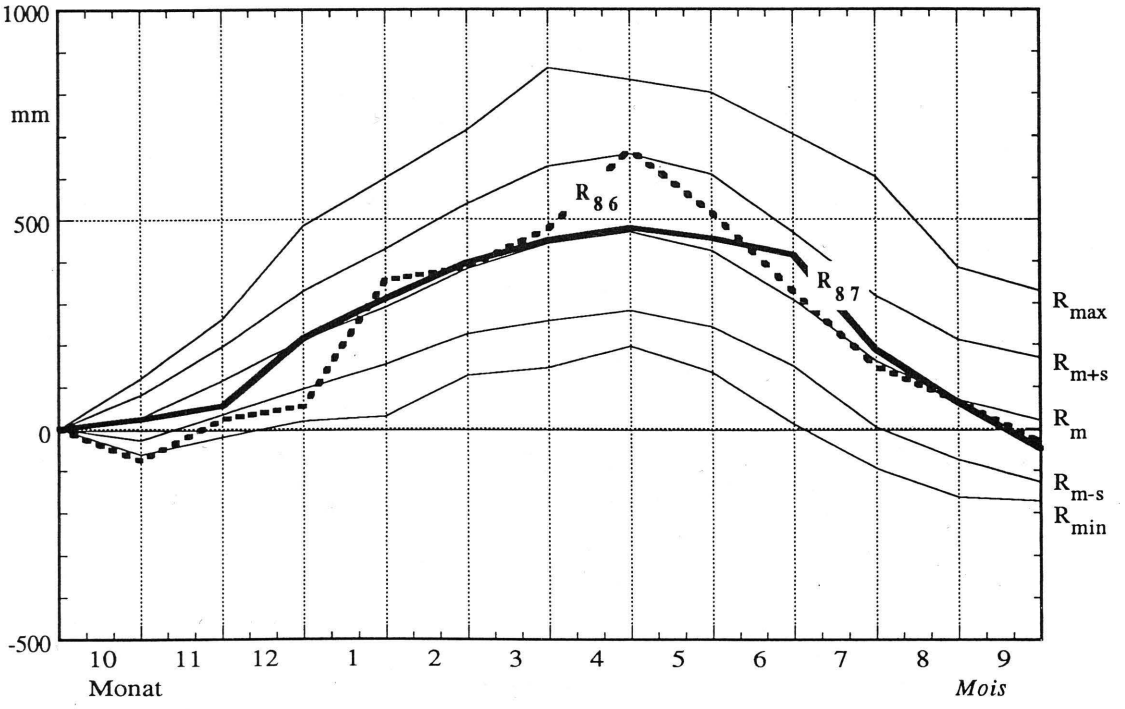


Reservenänderung 1985/86 und 1986/87 - ***Variations des réserves en eau 1985/86 et 1986/87:***
R_{86}, R_{87} = summierte Tageswerte (1. Okt. - 30. Sept.) - *Valeurs quotidiennes cumulées (1er oct. - 30 sept.).*

Vergleichswerte 1931-1987 - ***Valeurs statistiques 1931-1987***
R_m = Mittelwert - *Moyenne*; s = Standardabweichung - *Ecart-type*; R_{max}, R_{min} = Extremwerte - *Valeurs extrêmes.*

Abbildung 5.2: **Einzugsgebiet Rhone (bis Genfersee) - Reservenänderung 1985/86 und 1986/87: Jahresgang und Vergleichswerte**

Figure 5.2: ***Bassin versant du Rhône (à l'amont du Léman) - Variations des réserves en eau 1985/86 et 1986/87: Evolution et valeurs statistiques***



Reservenänderung 1985/86 und 1986/87 - ***Variations des réserves en eau 1985/86 et 1986/87:***
R_{86}, R_{87} = summierte Monatswerte (Oktober - September) - *Valeurs mensuelles cumulées (octobre - septembre).*

Vergleichswerte 1955-1980 - ***Valeurs statistiques 1955-1980:***
R_m = Mittelwert - *Moyenne*; s = Standardabweichung - *Ecart-type*; R_{max}, R_{min} = Extremwerte - *Valeurs extrêmes.*

Statistische Zahlen der Summenwerte - ***Paramètres statistiques des valeurs cumulèes:***

Grösse - *Paramètre*		Summenwert am Ende des Monats - *Valeur cumulée à la fin du mois*											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mittelwert und Standardabweichung 1955-1980 - *Valeurs moyenne et écart-type 1955-1980*													
R_m	[kg/m^2]	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	[kg/m^2]	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 [1] - *Ecarts standardisés [1]*													
$\tilde{R}/\omega_R$	1985/86	- 2.8	- 1.7	- 2.0	0.7	0.0	0.3	1.6	0.7	0.2	- 0.1	- 0.1	- 0.5
$\tilde{R}/\omega_R$	1986/87	- 0.0	- 1.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	1.0	0.2	- 0.1	- 0.7

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

Tabelle 5.3: **Griesgletscher (Ägina) - Massenänderung 1985/86 und 1986/87 in Höhenstufen**

Tableau 5.3: ***Glacier de Gries (Aegina) - Bilans de masse 1985/86 et 1986/87 en fonction de l'altitude***

Messperioden: 28.10.1985 - 23.9.1986
Périodes de bilan: 23.9.1986 - 21.9.1987

Höhenstufe *Altitude* [m ü.M.][*m s.m.*]	Fläche *Surface* [km²] 1)	Massenänderung - *Bilan de masse* 1985/86 gesamt [10^6 m^3]	1985/86 spezifisch [cm]	1986/87 *total* [10^6 m^3]	1986/87 *spécifique* [cm]
2380 - 2500	0.169 / 0.168 2)	- 0.554	- 328	- 0.606	- 361
2500 - 2600	0.608	- 1.465	- 241	- 1.642	- 270
2600 - 2700	0.984	- 1.633	- 166	- 1.899	- 193
2700 - 2800	0.543	- 0.559	- 103	- 0.695	- 128
2800 - 2900	0.726	- 0.385	- 53	- 0.552	- 76
2900 - 3000	1.004	- 0.141	- 14	- 0.372	- 37
3000 - 3100	1.597	+ 0.192	+ 12	- 0.176	- 11
3100 - 3200	0.547	+ 0.159	+ 29	+ 0.027	+ 5
3200 - 3300	0.130	+ 0.057	+ 44	+ 0.025	+ 19
3300 - 3400	0.010	+ 0.006	+ 58	+ 0.003	+ 32
2380 - 3400	6.318 / 6.317 2)	- 4.324	- 69	- 5.886	- 94

1 Flächen am 15.8.1979 (Ausnahmen s. Fussnote 2) - *Surfaces du 15.8.1979 (exceptions voir note 2).*
2 Flächen am 23.9.1986 bzw. 1.10.1987, berechnet aus dem Flächenschwund am Zungenende (Einwirkung des Stausees). *Surfaces respectives du 23.9.1986 et 1.10.1987, déterminées en tenant compte des pertes au front terminal (influence du lac artificiel).*

Tabelle 5.4: **Silvrettagletscher - Massenänderung 1985/86 und 1986/87 in Höhenstufen**
*Tableau 5.4: **Glacier de Silvretta - Bilans de masse 1985/86 et 1986/87 en fonction de l'altitude***

Messperioden: 13.9.1985 - 29.9.1986
Périodes de bilan: 29.9.1986 - 14.9.1987

Höhenstufe *Altitude* [m ü.M.][*m s.m.*]	Fläche *Surface* [km²] 1)	Massenänderung - *Bilan de masse* 1985/86 gesamt [10^6 m^3]	1985/86 spezifisch [cm]	1986/87 *total* [10^6 m^3]	1986/87 *spécifique* [cm]
2500 - 2600	0.385	2)	2)	- 0.670	- 174
2600 - 2700	0.498			- 0.413	- 83
2700 - 2800	0.789			- 0.134	- 17
2800 - 2900	0.628			+ 0.151	+ 24
2900 - 3000	0.577			+ 0.306	+ 53
3000 - 3150	0.242			+ 0.196	+ 81
2400 - 3150	3.150	- 0.850 2)	- 27 2)	- 0.655	- 21

1 Flächen am 12.9.1973 - *Surfaces du 12.9.1973.*
2 Pegelnetz 1985 nicht beobachtet. (vgl. Tab. 5.1) - *Réseau de balises non observé en 1985 (cf. tabl. 5.1).*

5.4 AAREGLETSCHER

Bemerkungen

Das Messprogramm an den Aaregletschern ist im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli durch das Vermessungsbüro A. Flotron, Meiringen, weitergeführt worden. Die Hauptergebnisse der Berichtsjahre sind in den Tabellen 5.5 und 5.6 zusammengestellt. Weitere Angaben sind in den Kapiteln 3.4, 5.2 und 5.3 enthalten. Die luftphotogrammetrisch vermessenen Querprofile und das Passpunktnetz sind in der Abbildung 5.3 eingezeichnet. Die Koordinaten der Passpunkte und Angaben über die Dauer der Beobachtungen an den einzelnen Messstellen sind im 90. Bericht (1968/69) zu finden, wo das aktuelle Messprogramm ausführlich beschrieben ist.

Am Datum der Vermessungsflüge 1985-1987 war die Gletscheroberfläche im ganzen Messbereich vollständig ausgeapert. Mit der verwendeten photogrammetrischen Methode (Direktvergleich der Luftbilder zweier Jahre) ist die Gletscherbewegung jedoch nur in den tiefergelegenen Teilen des Zungengebiets erfassbar, wo eindeutig identifizierbare Objekte oder Strukturen an der Oberfläche in genügender Menge vorhanden sind.

5.4 GLACIERS DE L'AAR

Remarques

Le programme de mensurations aux glaciers 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, Meiringen. Les résultats principaux des années du rapport sont résumés dans les tableaux 5.5 et 5.6. Des informations supplémentaires sont données dans les chapitres 3.4, 5.2 et 5.3. Les profils transversaux contrôlés par les levés aérophotogrammétriques et le réseau des points repères sont indiqués dans la figure 5.3. La liste des coordonnées des points repères est donnée dans le 90e rapport (1968/69) qui renseigne sur la durée des observations aux divers sites ainsi que sur le programme actuel de mensurations.

A la date des vols photogrammétriques 1985-1987, la surface glaciaire a été déneigée dans tous les secteurs sobservés. Pourtant, le mouvement glaciaire n'est mesurable par la méthode photogrammétrique appliquée (comparaison directe des clichés aériens de deux années) que dans les parties basses de la langue, où la surface est recouverte d'un nombre suffisant d'objets ou de structures sûrement reconnaissables.

Abbildung 5.3: **Aaregletscher - Lage der Querprofile**
Figure 5.3: ***Glaciers de l'Aar - Situation des profils transversaux***

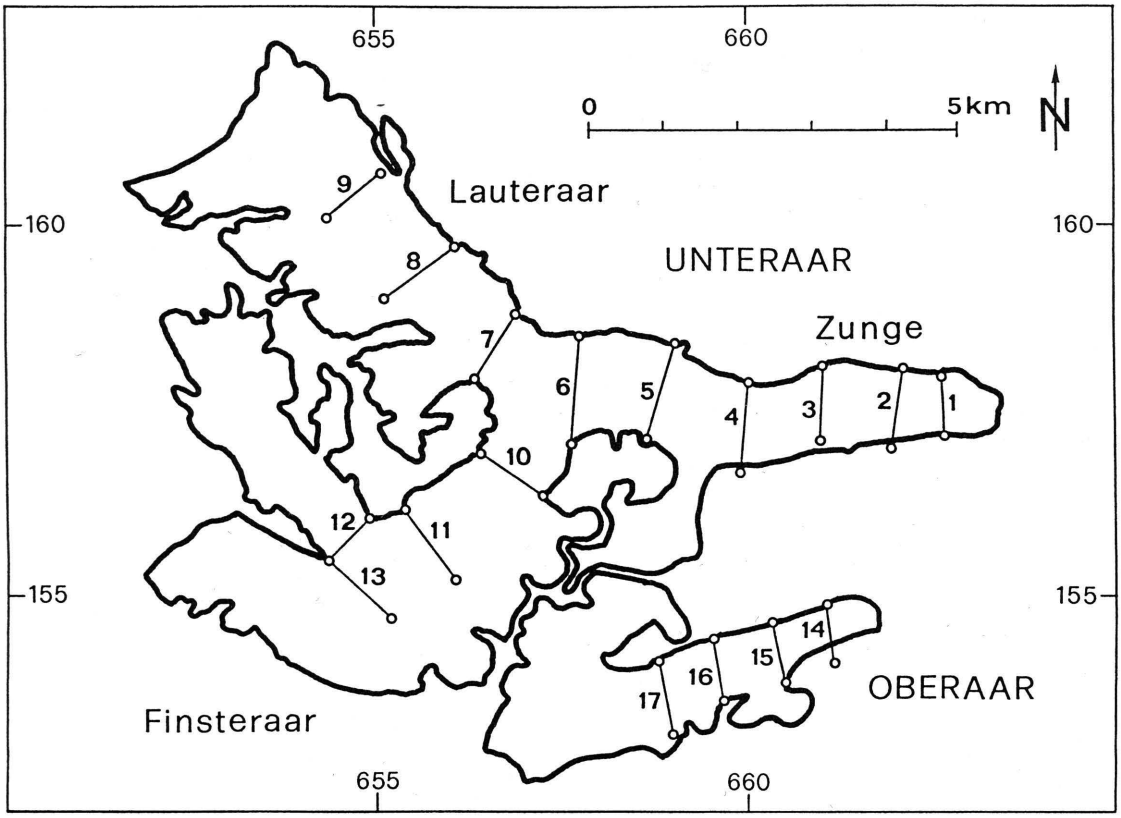


Tabelle 5.5: **Aaregletscher 1985/86** [1)]
Messperiode: 30.8.1985 - 5.9.1986

a) Dickenänderung und Bewegung

Gletscher	Profil (vgl. Abb. 5.3)		Gletscheroberfläche Mittlere Höhe 1985 [m ü.M.]	1986 [m ü.M.]	Höhenänderung [m]	Gletscherbewegung[2)] Verschiebung Mittel [m]	Maximum [m]	Geschwindigkeit Mittel [m/Jahr]	Änderung [m/Jahr]
Unteraar	z	Zungenende 1985							
	1		1961.2	1957.6	- 3.6				
	2	Obere Brandlamm	2028.9	2027.0	- 1.9	2.9	5.7	2.9	0.0
	3		2126.5	2124.6	- 1.9	16.0	21.7	15.7	- 0.2
	4	Pavillon Dollfus	2214.6	2213.4	- 1.2	20.4	28.8	20.1	- 0.2
	5		2287.5	2286.5	- 1.0	25.8	34.5	25.4	- 1.4
	6	Mieselenegg	2363.4	2363.2	- 0.2	32.6	45.0	32.1	0.0
Lauteraar	7		2431.1	2430.5	- 0.6	29.1	39.5	28.6	2.5
	8	Wildläger	2517.9	2516.5	- 1.4	2)			
	9		2647.4	2645.5	- 1.9	2)			
Finsteraar	10		2452.6	2452.0	- 0.6	35.2	45.8	34.7	0.5
	11	Grunerhorn	2564.7	2563.9	- 0.8	41.1	59.8	40.5	- 2.8
	12	Strahlegg	2630.2	2628.1	- 2.1	2)			
	13	Finsteraar	2658.5	2655.0	- 3.5	2)			
Oberaar	z	Zungenende 1985							
	14	Mittleres Profil	2362.0	2360.5	- 1.5	2)			
	15	Oberes Profil	2487.6	2486.9	- 0.7	15.1		14.8	- 0.1
	16	Oberstes Profil	2567.1	2565.9	- 1.2	2)			
	17		2678.4	2677.5	- 0.9	2)			

1 Vermessungen im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli, ausgeführt durch Vermessungsbüro A. Flotron, Meiringen.
2 Bewegung nicht messbar mangels eindeutig identifizierbarer Objekte an der Gletscheroberfläche.

b) Flächen- und Volumenänderung

Begrenzungsprofile	Flächenänderung [m^2]	Volumenänderung [10^3 m^3]	Begrenzungsprofile	Flächenänderung [m^2]	Volumenänderung [10^3 m^3]
Unteraar			Finsteraar		
z - 1	- 12048	- 378	6 - 10		- 468
1 - 2		- 1148	10 - 11		- 1020
2 - 3		- 1739	11 - 12/13		- 2443
3 - 4		- 1407			
4 - 5		- 1477	z - 9/12/13		-14800
5 - 6		- 827			
			Oberaar		
Lauteraar			z - 14	- 6280	- 191
6 - 7		- 381	14 - 15		- 476
7 - 8		- 1450	15 - 16		- 566
8 - 9		- 2062	16 - 17		- 619
			z - 17		- 1852

Tableau 5.6: ***Glaciers de l'Aar 1986/87*** [1)]
Période d'observation: 5.9.1986 - 29.8.1987

a) Variations d'épaisseur et du mouvement

Glacier	*Profil (cf. fig. 5.3)*		*Niveau de la surface* Altitude moyenne 1986 [m s.m.]	1987 [m s.m.]	Variation [m]	*Mouvement du glacier* Déplacement moyen [m]	maximal [m]	Vitesse moyenne [m/an]	Variation [m/an]
Unteraar:	*z*	*Front en 1986*							
	1		1957.6	1954.0	- 3.6				
	2	*Obere Brandlamm*	2027.0	2025.6	- 1.4	2.7	5.0	2.7	- 0.2
	3		2124.6	2124.2	- 0.4	16.4	22.5	16.7	1.0
	4	*Pavillon Dollfus*	2213.4	2213.2	- 0.2	22.2	31.0	22.6	2.5
	5		2286.5	2286.7	0.2	28.2	38.1	28.7	3.3
	6	*Mieselenegg*	2363.2	2363.1	- 0.1	34.8	47.3	35.4	3.3
Lauteraar	*7*		2430.5	2429.4	- 1.1	31.6	42.6	32.2	3.6
	8	*Wildläger*	2516.5	2515.9	- 0.6	2)			
	9		2645.5	2645.2	- 0.3	2)			
Finsteraar	*10*		2452.0	2451.6	- 0.4	36.3	48.3	37.0	2.3
	11	*Grunerhorn*	2563.9	2562.3	- 1.6	42.9	61.7	43.7	3.2
	12	*Strahlegg*	2628.1	2627.5	- 0.6	2)			
	13	*Finsteraar*	2655.0	2654.0	- 1.0	2)			
Oberaar	*z*	*Front en 1986*							
	14	*Profil médian*	2360.5	2359.9	- 0.6	2)			
	15	*Profil supérieur*	2486.9	2485.7	- 1.2	13.6	21.9	13.8	- 1.0
	16	*Profil suprème*	2565.9	2565.2	- 0.7	2)			
	17		2677.5	2677.0	- 0.5	2)			

1 Mensurations effectuées à la demande des forces motrices de l'Oberhasli par le bureau A. Flotron, Meiringen.
2 Mouvement non mesurable faute d'objets sûrement identifiables à la surface glaciaire.

b) Variations de surface et du volume

Profils-limitants	*Variation de la surface* [m^2]	*Variation du volume* [10^3 m^3]
Unteraar		
z - 1	- 5728	- 314
1 - 2		- 1036
2 - 3		- 822
3 - 4		- 27
4 - 5		0
5 - 6		+ 69
Lauteraar		
6 - 7		- 571
7 - 8		- 1231
8 - 9		- 562

Profils limitants	*Variation de la surface* [m^2]	*Variation du volume* [10^3 m^3]
Finsteraar		
6 - 10		- 292
10 - 11		- 1454
11 - 12/13		- 1625
z - 9/12/13		- 3302
Oberaar		
z - 14	- 1268	- 46
14 - 15		- 388
15 - 16		- 565
16 - 17		- 353
z - 17		- 1352

5.5 SCHNEE- UND FIRNZUWACHS

5.5.1 Einleitung

Das Verzeichnis der jährlich von 1914 bis 1978 veröffentlichten Berichte über Niederschlag, Schnee- und Firnzuwachs im Clariden-, im Silvretta- und im Aletschgebiet (zeitweise auch in einigen anderen Gebieten) ist in Kapitel 5.51 des 99./100. Berichts (1977/78 und 1978/79) enthalten.

5.5.2 Clariden

Das gegenwärtige Messprogramm der halbjährlichen Erhebungen über Firnzuwachs und Niederschlag im Claridengebiet ist in Kapitel 5.52 des 99./100. Berichts (1977/78 und 1978/79) beschrieben. Die Messdaten und Ergebnisse über den Schnee- und Firnzuwachs sind für die Periode 1914-1984 dargestellt als homogenisierte Zeitreihen in Müller und Kappenberger [1991].

Die Messungen im Frühjahr und Herbst der Berichtsjahre haben G. Kappenberger und H. Müller durchgeführt, z.T mit Unterstützung durch weitere Personen. Zwischen diesen Terminen hat Hüttenwart B. Marti wie bisher weitere Pegelablesungen vorgenommen. Die nachstehenden Berichte und die Zusammenstellung der Ergebnisse (Tab. 5.7 und 5.8) verfasste G. Kappenberger.

Beobachtungen 1986

Die Frühjahrsmessung am 17. Mai ergab eine Schneehöhe von 2.4 m am Pegel bei der Claridenhütte. Auf dem Gletscher war die Sommeroberfläche 1985 durchwegs als harte Schicht ausgebildet, so dass die Schneetiefe durch Sondieren gut zu bestimmen war. Deshalb wurden am 18. Mai zusätzliche Sondenabstiche auf mehreren Profilstrecken ausserhalb des üblichen Messbereichs durchgeführt , um festzustellen, wie weit die Pegelwerte auf ihre Umgebung übertragbar sind. Im Schacht beim oberen Pegel war die Schneedecke bis in eine Tiefe von 2-3 m durchnässt.

Die Herbstmessung, bei stark ausgeapertem Gletscher am 14. Oktober durchgeführt, ergab beim unteren Pegel einen Abtrag von 60 cm Firn, für dessen Dichte der Schätzwert 0.6 g/cm^3 eingesetzt ist. Der Firnzuwachs beim oberen Pegel blieb mit 1.13 m weit unter dem langjährigen Durchschnitt und unterhalb des normalen Streuungsbereichs. In der Messreihe 1914-1984 dieses Pegels sind ausser den 4 Jahren mit Abtrag (1921, 1928, 1947, 1950) nur 5 Jahre mit geringerem Zuwachs (1942, 1949, 1962, 1964, 1973) und 2 Jahre mit ebenso geringem Zuwachs (1932, 1982) zu finden [Müller und Kappenberger, 1991].

Beobachtungen 1987

Die Frühjahrsmessung am 25. Mai ergab beim Hüttenpegel eine Schneehöhe von 3.95 m. Die Ablesungen an den Firnstangen ergaben 5.9 m Zuwachs beim unteren und 5.6 m beim oberen Pegel, mit Sondierungen in der Umgebung wurden beim unteren 5.65 m, beim oberen 5.54 m ermittelt. Die Dichte ist berechnet aus den Messwerten, die im 3.5 m tiefen Schacht bestimmt worden sind, und aus einem Schätzwert, der für die untersten 2 m aus den Messungen der vorangehenden 8 Jahre ermittelt worden ist. So ergibt sich für den Wasserwert eine Unsicherheit von etwa ±3 cm.

Die Herbstmessung am 12./13. September ergab bei beiden Pegeln überdurchschnittlichen Zuwachs, der weit über dem Durchschnitt und deutlich oberhalb des normalen Streuungsbereichs der Periode 1914-1984 liegt.

Tabelle 5.7: **Claridenfirn 1985/86**
Messperiode: 6.10.1985 - 14.10.1986

a) Schnee- und Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung

Messperiode		Messstellen		Schnee- oder Firnzuwachs			Dicken-änderung	Horizontal-bewegung
		Pegel	Höhe	Höhe	Wasserwert	Raumgewicht		
vom	bis		[m ü.M.]	[cm]	[cm]	[g/cm^3]	[m]	[m]
Winter								
6.10.85	17.5.86	unterer	2700	360				
6.10.85	17.5.86	oberer	2900	457	209	0.458		
Jahr								
6.10.85	14.10.86	unterer	2700	- 60	- 36 [1)]	0.6 [1)]	- 1.7	3.2
6.10.85	14.10.86	oberer	2900	113	65	0.579	- 1.5	12.5
Jahreszuwachs 1914-1984 - *Accumulation annuelle 1914-1984*								
Mittelwert		unterer	2700	75	43	0.573		
Moyenne		oberer	2900	255	144	0.565		
Standardabweichung		unterer	2700	146	86			
Ecart-type		oberer	2900	135	74			

1 Schätzwerte - *Valeurs estimées.*

b) Saison- und Jahresniederschlag

Station	Höhe	Niederschlag					
		Messperiode			Hydrologisches Jahr		
		Winter	Sommer	Jahr	Summe	Abweichung vom Normalwert	
	[m ü.M.]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm] [1)]	[cm] [2)]	[%]
Totalisatoren							
Claridenhütte	2480	105	78	183	183	+ 1	+ 1
Geissbützistock	2710	108	71	179	179	-140	- 44
Vergleichsstationen							
Tierfehd	820	83	84	167	167	- 2	- 1
Elm	962	82	71	153	153	- 1	- 1
Disentis	1173	60	41	101	101	- 24	- 19
Braunwald	1190	101	86	187	187	0	- 0
Urnerboden	1350	78	88	166	166	+ 5	+ 3

1 Niederschlagssumme 1.10.1985 - 30.9.1986, für die Totalisatoren berechnet aus dem Jahreswert aufgrund der Tageswerte an den Vergleichsstationen.
2 Der Normalwert entspricht dem Mittelwert der Periode [SMA, 1986]:
1901/60 Vergleichsstationen
1941/70 Totalisator Geissbützistock: 319 cm
1971/80 Totalisator Claridenhütte: 182 cm

Tableau 5.8: ***Glacier de Clariden 1986/87***
Période d'observation: 14.10.1986 - 13.9.1987

a) Accumulation nivale, variations d'épaisseur et mouvement

Période de mesure du	au	*Site de mesure* Balise	Altitude [m s.m.]	*Accumulation nivale* Hauteur [cm]	Equivalent en eau [cm]	Densité [g/cm³]	*Variation d'épaisseur* [m]	*Déplacement horizontal* [m]
Hiver								
14.10.86	25.5.87	*infér.*	2700	590				
14.10.86	25.5.87	*supér.*	2900	560	233 [1]	0.419 [1]		
Année								
14.10.86	13.9.87	*infér.*	2700	271	153	0.595	+ 1.6	6.2
14.10.86	12.9.87	*supér.*	2900	350	200	0.571	+ 1.6	15.2
Accumulation hivernale 1914-1984 - Winterzuwachs 1914-1984								
Mittelwert		*infér.*	2700	424	214	0.505		
Moyenne		*supér.*	2900	474	229	0.483		
Standardabweichung		*infér.*	2700	96	52			
Ecart-type		*supér*	.2900	82	41			

1 Valeur mesurée dans le puits (de 3.5 m de profondeur) extrapolée à partir de la valeur moyenne des 8 années précédentes. - Im Schneeschacht (bis 3.5 m Tiefe) gemessener Wert, extrapoliert auf Grund des Mittelwertes der letzten 8 Jahre.

b) Pluviosités saisonnière et annuelle

Station	*Altitude* [m s.m.]	*Pluviosité* *Période d'observation* Hiver [cm]	Eté [cm]	Année [cm]	*Année hydrologique* Somme [cm] [1]	Ecart par rapport à la valeur normale [cm] [2]	[%]
Totalisateurs							
Cabane de Clariden	2480	121	101	222	226	+ 44	+24
Geissbützistock	2710	155	101	256	260	- 59	- 18
Stations pluviométriques							
Tierfehd	820	100	111	211	211	+ 42	+25
Elm	962	83	109	192	192	+ 38	+25
Disentis	1173	47	87	134	134	+ 10	+ 8
Braunwald	1190	127	113	240	240	+ 53	+28
Urnerboden	1350	87	114	201	201	+ 40	+25

1 Somme des précipitations 1.10.1986 - 30.9.1987, restituée pour les totalisateurs en réduisant la valeur observée d'après les mesures quotidiennes aux stations pluviométriques.
2 La valeur normale correspond à la moyenne de la période suivante [SMA, 1987]:
1901/60 Stations pluviométriques
1941/70 Totalisateur Geissbützistock: 319 cm
1971/80 Totalisateur Cabane de Clariden: 182 cm

5.5.3 Silvretta und Engadin

Im Silvrettagebiet sind die Beobachtungen auf dem Gletscher durch das SLF eingestellt worden. Die Messungen am Pegelnetz der VAW hat M. Funk nach einjährigem Unterbruch ab 1986 in reduziertem Umfang und mit entsprechend angepassten Aufbereitungsverfahren weitergeführt (Tab. 5.1, Fussnote 4). Im neuen, auf 10 Pegel beschränkten Messnetz liegen die Pegel 4 (2810 m) und 5 (2715 m) nahe an der bisher in den Firnberichten berücksichtigten Messstelle (2750 m). In den 25 Haushaltsjahren 1959-1985 ergaben sich für die Höhe der Gleichgewichtslinie der Durchschnittswert 2732 m und die Extremwerte 2483 m bzw. 3101 m. Aus der Standardabweichung (±148 m) geht hervor, dass sich die beiden neuen wie der alte Pegel innerhalb des normalen Höhenbereichs der Gleichgewichtslinie befinden. Die Angaben in Tabelle 5.9 kennzeichnen das Jahr 1986/87 als Schwundjahr mit Firnabtrag beim oberen und Eisabtrag beim unteren Pegel.

In den nachstehenden Berichten kommentiert G. Gensler (SMA) seine telemetrischen Beobachtungen im Berninagebiet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5.10 zusammengestellt.

Beobachtungen 1986

An den Nordhängen der Berninagruppe ist die Winterschneedecke im Sommer 1986 weiter zurückgeschmolzen als in 29 Sommern der 51 Vergleichsjahre seit 1935. Auf den Gletschern ging sie etwa gleich weit zurück wie in 8 Sommern (1974, 1971, 1962, 1958, 1956, 1953, 1942, 1938), auf unvergletschertem Boden gleich weit wie in 6 Sommern (1982, 1971, 1957, 1956, 1953, 1938). Stärker ausgeapert als 1986 war das vergletscherte Gebiet in 14, das unvergletscherte in 16 Sommern.

Der mehrjährige Firnzuwachs ist ermittelt anhand der sommerlichen Schmelzhorizonte, 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).

Die Oberfläche der Firnkuppe am Palü-Mittelgipfel lag am Sommerende 1986 etwa gleich hoch wie 1985, 1983, 1981 und 1979, d.h. um 4 m höher als im Herbst 1951. Dieser Bezugswert ist einzig im Sommer 1953 um 1 m unterschritten worden. Die Höchstwerte haben ihn im September 1977 um 7 m, im April 1977 um 7.5 m und im April 1975 sogar um 9.5 m übertroffen.

Beobachtungen 1987

Die Winterschneedecke war anfangs Oktober weiter zurückgeschmolzen als in den meisten und etwa gleich weit wie in 10 der vorangehenden 52 Jahre. Das unvergletscherte Gebiet war weniger weit ausgeapert als in 8 Jahren (1964, 1959, 1950, 1949, 1947, 1945, 1944, 1943), das Gletschergebiet weniger weit als in den vorgenannten und in 3 weiteren Jahren (1983, 1963, 1938). Trotz schneereichem und kaltem Frühling war die Abschmelzung am Sommerende ungewöhnlich weit fortgeschritten. Neben der grossen Wärme in den Sommermonaten Juli bis September haben die ungewöhnlich ergiebigen und milden Regengüsse vom 17./18. Juli, vom 23./24. August und z.T. auch vom 23. September in Höhenlagen über 3000 m zusätzliche Schmelzung und Erosion auf Firn und Eis erzeugt, insbesondere am Fuss von Steil- und Felshängen, da der Schneefall auf 3500 m, im Juli zeitweise sogar auf 3800 m Höhe bereits in Regen überging. Im Gegensatz zu der durch Strahlung erzeugten Schmelzung betraf dieser zusätzliche, durch Niederschlag erzeugte Abtrag alle Expositionen gleich stark und hat sich im "Emporsteigen" der Felsumrahmung des Misaungletschers deutlich ausgewirkt.

Tabelle 5.9: **Silvrettagletscher - Firnzuwachs 1985/86 und 1986/87**
*Tableau 5.9: **Glacier de Silvretta - Accumulation nivale 1985/86 et 1986/87***

Messperiode *Période de mesure* vom/*du*	bis/*au*	Messstelle *Site de mesure*	Höhe *Altitude* [m ü.M.][*m s.m.*]	Schneehöhe *Hauteur de neige* [cm]	Wasserwert *Equivalent en eau* [cm]	Raumgewicht *Densité* [g/cm^3]
Firnzuwachs - *Accumulation nivale* [1]						
11.9.86	17.9.87	Pegel 5	2718	- 98	- 88	0.9 [2a]
11.9.86	17.9.87	Pegel 4	2811	-100	- 60	0.6 [2b]

1 Pegelnetz 1985 nicht beobachtet. (vgl. Tab. 5.1) - *Réseau de balises non observé en 1985 (cf. tabl. 5.1).*
2 Schätzwert für a) Eis, b) Firn. - *Valeur estimée pour a) glace, b) névé.*

Tabelle 5.10: **Berninagebiet**
Tableau 5.10: Massif de la Bernina

a) Firnzuwachs und Dickenänderung 1985/86 und 1986/87
Accumulation nivale et variations d'épaisseur 1985/86 et 1986/87

Messdatum *Date de mesure*		Dickenänderung [1] *Variation d'épaisseur* Piz Misaun (3010) m	Piz Rosatsch (3100 m)	Firnzuwachs [2] *Accumulation nivale* Piz Palü (3850 m)
Jahr/*Année*	Datum/*Date*	[m]	[m]	[m]
1985/86	13.4.86	+ 3.6	+ 2.2	
	12.7.86	+ 1.8	+ 0.8	+ 2.5
	30.9.86	- 1.8	- 1.2	+ 2
1986/87	20.4.87	+ 2.7	+ 2.8	+ 1.5
	10.7.87	+ 2.5	+ 3.0	+ 2
	2.10.87	- 1.2	+ 0.3	+ 2

1 Änderung der Meereshöhe der Firnoberfläche seit 29.9.1985 bzw. 30.9.1986. - *Variation de l'altitude de la surface glaciaire à partir du 29.9.1985 resp. du 30.9.1986.*
2 Zuwachs seit Herbst 1985 bzw. 1986 - *Accumulation à partir de l'automne 1985 resp. 1986.*

b) Firnzuwachs - Mehrjahreswerte
Accumulation nivale - Valeurs pluriannuelles

	Firnzuwachs seit Herbst - *Accumulation nivale depuis l'automne*											
	1986 [m]	1985 [m]	1984 [m]	1983 [m]	1979 [m]	1977 [m]	1975 [m]	1972 [m]	1968 [m]	62/64 [m]	56/58 [m]	47/49 [m]
1986 (Ende September)												
Pers (3200-3250 m)		2.2[1]		3	6.2[1]	9.5						
Piz Morteratsch (3450 m)		1.5			4.5	7.5		11				
Palü (3800-3850 m)		2	3.2		11	16.8[1]		20 [2]	24.5[3]	29.5[3]	40[4]	54 [3]
1985 (12./29.9.)												
Pers (3200-3250 m)	1.8[3]											
Piz Morteratsch (3450 m)	2				4.8[3]							
Palü (3800-3850 m)				6	9	12.8[3]	15.8[3]	18.5[3]				

1 ± 3/4 m,
2 ± 1 m,
3 ± 1/2 m,
4 ± 2 m.

5.5.4 Jungfraufirn (Aletschgletscher)

Auf dem Jungfraufirn des Grossen Aletschgletschers hat die Abteilung für Glaziologie der VAW das Messprogramm am Pegelnetz unter der Leitung von M. Aellen im Herbst 1986 im gewohnten Umfang durchgeführt. 1987 sind nur die Ablesungen an den Pegeln 3 und 5 weitergeführt worden. An diesen beiden Pegeln hat das Personal der Hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch (HFS) in beiden Jahren wie bisher monatlich Fernrohrablesungen vorgenommen. Die Ergebnisse sind zusammengefasst in Tabelle 5.11 für das erste und in Tabelle 5.12 für das zweite Berichtsjahr.

Tabelle 5.11: **Jungfraufirn - Schnee- und Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung 1985/86**

Messperiode vom	bis	Messstelle Pegel	Höhe [m ü.M.] 1)	Schnee- oder Firnzuwachs Höhe [cm] 2)	Wasserwert [cm]	Raumgewicht [g/cm³]	Dickenänderung [m] 3)	Horizontalbewegung [m]
Schneezuwachs			1a)					
29.9.85		P 9	2928.6					
28.9.85	19.6.86	P 3	3348.4	520				
28.9.85	19.6.86	P 5	3505.1	615				
Firnzuwachs			1b)					
29.9.85	30.9.86	P 9	4)	- 125	- 81 4)	0.65	- 1.1	105.7
28.9.85	28.9.86	P 3	3345.6	428	250	0.585	- 1.5	28.0
28.9.85	28.9.86	P 5	3503.4	555	318	0.573	- 1.4	5)

1 Oberflächenkote a) zu Beginn und b) am Schluss der Messperiode, d.h. am Anfangs- und am Endpunkt der Verschiebungsbahn des Pegels.
2 Frühjahrswert sondiert, Herbstwert am Pegel gemessen - *Valeurs déterminées par sondages au printemps, sur la balise en automne.*
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 Pegel ausgeschmolzen; Abtrag am Vorjahrespegel gemessen; Dichte und Wasserwert geschätzt - *Balise renversée; hauteur mesurée sur ancienne balise; densité et équivalent en eau: valeurs estimées.*
5 Pegel im Frühjahr durch Lawine verschüttet - *Balise ensevelie par avalanche au printemps.*

Tableau 5.12: ***Jungfraufirn - Accumulation nivale, variation d'épaisseur et mouvement 1986/87***

Période de mesure du	*au*	*Site de mesure balise*	*altitude* [m s.m.] 1)	*Accumulation nette hauteur de neige* [cm] 2)	*équivalent en eau* [cm]	*densité* [g/cm³]	*Variation d'épaisseur* [m] 3)	*Déplacement horizontal* [m]
Accumulation de neige			1a)					
30.9.86	—	P 9	2927.9	—				
28.9.86	21.6.87	P 3	3346.9	665				
28.9.86	21.6.87	P 5	3503.8	750				
Accumulation de névé			1b)					
28.9.86	28.9.87	P 3	---	555	305 4)	0.55 4)	---	---
28.9.86	28.9.87	P 5	---	675	371 4)	0.55 4)	---	---

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) - Beobachtete (mit dem Fernrohr) Maximalwerte.
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.
4 Valeurs estimées - Schätzwerte.

5.5.5 Accumulation nivale (Aperçu)

Introduction

La liste des rapports annuels (dits "Firnberichte") publiés de 1914 à 1978 sur la pluviosité et l'accumulation nivale observées aux glaciers de Clariden, de Silvretta et d'Aletsch ainsi que dans quelques autres régions se trouve dans le chapitre 5.51 des 99e et 100e rapports (1977/78 et 1978/79).

Clariden

Les observations dans la région du glacier de Clariden [Müller et Kappenberger, 1991] ont été poursuivies, en 1986 et en 1987, par G. Kappenberger, qui a rédigé les rapports et les tableaux 5.7 et 5.8 y relatifs et avec l'assistance de H. Müller et du gardien de Cabane B. Marti ainsi que d'autres personnes.

Silvretta et Engadine

Les observations faites par le personnel de l'ENA dans les environs du glacier de Silvretta ont été arrêtées en ce qui concerne les mesures sur le glacier. Les observations sur le réseau de balises des VAW ont subi quelques modifications. En 1986, les mensurations (omises en 1985) ont été reprises par M. Funk sur un réseau réduit au nombre de 10 balises et, par conséquence, les méthodes de dépouillement ont été adaptées (tabl. 5.1, remarque 4). Les balises 4 (2810 m) et 5 (2715 m), situées à proximité de l'ancienne balise (2750 m) à laquelle se réfèrent les données publiées dans les précédents rapports, sont aussi proches de l'altitude moyenne de la ligne d'équilibre. Durant les 25 années de la période 1959-1985, la ligne d'équilibre se trouvait à une altitude moyenne de 2732 m, en variant entre les valeurs extrêmes de 2483 et 3101 m avec un écart-type de ±148 m. Les résultats de l'année 1986/87 (tabl. 5.9) indiquent la fonte remarquable de névé (au site supérieur) et de glace (au site inférieur).

Les résultats des observations télémétriques que G. Gensler a effectuées, en 1986 et 1987, dans le massif de la Bernina, sont résumés dans le tableau 5.10 et commentés par lui-même.

Jungfraufirn (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 M. Aellen et avec l'assistance du personnel de la station scientifique du Jungfraujoch, comme d'habitude, en 1986, mais réduites aux lectures des balises 3 et 5, en 1987. Les résultats sont présentés en partie dans les tableaux 5.11 et 5.12.

6. SUMMARY

6.1 INTRODUCTION

An annuel survey of the actual state and recent variations 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 1985/86 and 1986/87, reports no. 107 and 108" are part of a series founded by F.A. Forel in 1880. Since 1964, the GK/SANW has been indepted 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 measurments are carried out with the help of cantonal forestry services, hydrolelectric 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 are 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 Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL) in Bern, the Swiss Federal Institute for the Study of Snow and Avalanches (Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, SLF) in Davos-Weissfluhjoch and the VAW in Zurich (cf. chapter 7, literature).

The present bilingual French-German glacier report is based on texts, tables, figures and photos published in the journal of the Swiss Alpine Club (SAC) called "Die Alpen" [Aellen, 1987 and 1988]. 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. XIII, XVIII-XIX, XXII, XXV).

6.2 CLIMATE AND WEATHER

In both balance years 1985/86 and 1986/87, the beginning of the accumulation and ablation seasons was delayed by a couple of weeks. In both winters, dry and warm periods at the beginning were followed by wet and cold ones leading to a thick snow cover by the end of the winter season. Heavy melting due to very warm and dry periods in both summer seasons, as well as exceptionally heavy and warm rainfalls in the second summer lead to large amounts of meltwater, and therefore, to low mass gains and to high mass losses on the glaciers (fig. 1.1, 1.2, 5.1 and 5.2). In most regions, the annual precipitation rate was normal in the first year, and excessive in the second. As in most years, the extreme precipitation values ranged from very low to very high in particular areas (fig. 1.3a and 1.4a), which explains the difference in the mass balance values (table 5.1).

In the summer of 1987, heavy rains caused severe floods, debris flows and land slides in several areas. High air temperatures were a common feature of the two most disastrous events in July and in August. As a result, precipitation fell as rain up to unusually high elevations and over unusually large areas at a time when snow and firn cover were already completely saturated with meltwater. The consequence was a large number of debris flows which formed mainly within the periglacial belt with its abundant morainic or other accumulated unconsolidated sediments.

6.3 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 [Haeberli, 1988]. A list of the flights made over glaciers for aerial photogrammetrical survey in the years 1984 and 1985 is given in table 2.1.

6.4 LENGTH VARIATIONS

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

	Number of glaciers				mean variation in length	
Year	advancing	stationary	retreating	sample size	[m]	number of values
1985/86	42	9	63	114	- 2.7	102
1986/87	35	13	58	106	- 6.4	94

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 1986/87.

6.5 PHOTO SECTION

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

6.6 MASS BALANCE

The specific changes in mass have been determined for 5 glaciers (table 5.1, 5.3 and 5.4 and fig. 5.3). The following rates were observed (expressed in g/cm^2 or cm water equivalent):

	Mass balances [cm]				
Year	Gries	Aletsch	Limmern	Plattalva	Silvretta
1985/86	- 69	- 5	- 36	- 75	- 27
1986/87	- 94	+17	+ 19	+ 26	- 21

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 5.5 and 5.6. Data on firn accumulation, thickness and velocity variations, collected on **Claridenfirn** (Glaronese Alps) and other glaciers, are presented in chapter 5.5 (table 5.7 to 5.12). 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. LITERATUR - *LITERATURE*

Aellen, M. 1987: Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1985/86. Auszug aus dem 107. Bericht der GK/SNG. -- Zeitschr. "Die Alpen" 4/1987, 63. Jg., S. 196-220. - *Les glaciers des Alpes suisses en 1985/86. Extrait du 107e rapport de la CG/SHSN. -- Revue "Les Alpes" 4/1987, 63e année, p. 196-220.*

Aellen, M. 1988: Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1986/87. Auszug aus dem 108. Bericht der GK/SANW. -- Zeitschr. "Die Alpen" 4/1988, 64. Jg., S. 344-370. - *Les glaciers des Alpes suisses en 1986/87. Extrait du 108e rapport de la CG/ASSN. -- Revue "Les Alpes" 4/1988, 64e année, p. 344-370.*

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.

Aellen, M. et Funk, M. 1990: Bilan hydrologique du bassin versant de la Massa et bilan de masse des glaciers d'Aletsch (Alpes bernoises, Suisse). - IAHS Publ. no. 193, p. 89-98.

Aellen, M., Haeberli, W., Hutter, K., Iken, A. and Röthlisberger, H. 1987: Glaciology at VAW/ETH Zurich. -- ICE. Bulletin of the Int. Glaciological Society 1/1987, p. 8-13.

BWW/LHG 1991: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987 - Ergebnisse der Untersuchungen. -- Mitteilung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft 4 / Mitteilung der Landeshydrologie und -geologie 14, Verlag EDMZ Bern, 192 S.

Funk, M. and Röthlisberger, H. 1989: Forecasting the effects of a planned reservoir that will partially flood the tongue of Unteraargletscher. -- Annals of Glaciology 13, p. 76-81.

Gäggeler, H., Baltensberger, U., Jost, D., Haeberli, W. und Schotterer, U. 1987: Depositionsmessungen von Spaltnukliden auf Schweizer Gletschern. -- Radioaktivitätsmessungen in der Schweiz nach Tschernobyl, Bern, Tagungsbericht Bd. I, S. 238-248.

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.

Haeberli, W. 1988: Recent glaciological work in Switzerland (1986-1988). -- ICE. Bulletin of the Int. Glaciological Society 3/1988, p. 2-9.

Haeberli, W. (ed.) 1990: Pilot analyses of permafrost cores from the active rock glacier Murtel I, Piz Corvatsch, eastern Swiss Alps. A workshop report, -- Arbeitsheft der VAW 9, 38 S.

Haeberli, W., Gäggeler, H., Baltensberger, U. and Jost, D. 1988a: The signal from the Chernobyl accident in high-altitude firn areas of the Swiss Alps. -- Annals of Glaciology 10, p. 1-4.

Haeberli, W., Schmid, W. and Wagenbach, D. 1988b: On the geometry, flow and age of firn and ice at the Colle Gnifetti core drilling site (Monte Rosa, Swiss Alps). -- Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 24, S. 1-19.

Haeberli, W., Rickenmann, D., Zimmermann, M. and Rösli, U. 1991: Murgänge -- in: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987 - Ergebnisse der Untersuchungen, Mitteilung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft 4 / Mitteilung der Landeshydrologie und -geologie 14, Verlag EDMZ Bern, S. 77-88.

Iken, A 1988: Adaption of the hot-water-drilling method for drilling to great depth. -- Mitteilungen der VAW 94, Festschrift Hans Röthlisberger, S. 211-230.

Kasser, P. 1983: Die Variation der Wasservorräte im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. -- 97. und 98. Bericht (1975/76 und 1976/77), Jb., Kap. 6.2, S. 148-183.

Kasser, P., Aellen, M., und Siegenthaler, H. 1986: Die Gletscher der Schweizer Alpen, 1977/78 und 1978/79, 99. und 100. Bericht der GK/SNG, Jb, 288 S. - *Les variations des glaciers suisses, 1977/78 et 1978/79, 99e et 100e rapports de la CG/SHSN, Annuaire, 288 p.*

LHG 1985-87: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz. -- Hrsg. Landeshydrologie und -geologie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Verlag EDMZ Bern. - *Annuaire hydrologique de la Suisse. -- éd. Service hydrologique et géologique national de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, imp. OFIM, Berne.*

LHG 1988: Hochwasserereignisse im Jahre 1987 in der Schweiz. Messdaten und ausgesuchte Auswertungen. -- Mitteilung der Landeshydrologie und -geologie 10, 142 S.

Müller, H. und Kappenberger, G. 1991: Claridenfirn - Messungen 1914-1984. -- Zürcher Geographische Schriften 40, 79 S.

Müller, P. 1988: Parametrisierung der Gletscher-Klima-Beziehung für die Praxis: Grundlagen und Beispiele. -- Diss ETHZ, Mitteilungen der VAW 95, 228 S.

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. Bericht (1975/76 und 1976/77) Jb., Kap. 6.1, S. 136-147.

SLF 1986: Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winterbericht des SLF Weissfluhjoch-Davos, Winter 1985/86. -- Verlag EDMZ Bern 50.

SLF 1987: Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winterbericht des SLF Weissfluhjoch-Davos, Winter 1986/87. -- Verlag EDMZ Bern 51.

SMA 1985-87a: Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Jg. 122 - 124.

SMA 1985-87b: Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den Meteorologischen und Regenmess-Stationen der Schweiz. -- Quartalshefte der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, 3/1985 - 4/1987.

SMA 1985-87c: Täglicher Wetterbericht der SMA, 1. September 1985 - 31. Oktober 1987. - *Bulletins meteorologiques quotidiens de l'ISM, 1er septembre 1985 - 31 octobre 1987.*

SMA 1985-87d: Monatlicher Witterungsbericht der SMA, September 1985 - Oktober 1987. - *Bulletins climatologiques mensuels de l'ISM, septembre 1985 - octobre 1987.*

VAW 1986: Jahresbericht der VAW 1986, 92 S.

VAW 1987a: Jahresbericht der VAW 1987, 96 S.

VAW 1987b: Bericht Nr. 50.27 über die Hydrologie und Glaziologie des Griesseegebietes im Jahre 1985/86 im Auftrag der Kraftwerk Ägina AG, Ulrichen (unveröffentlicht).

VAW 1988: Bericht Nr. 50.28 über die Hydrologie und Glaziologie des Griesseegebietes im Jahre 1986/87 im Auftrag der Kraftwerk Ägina AG, Ulrichen (unveröffentlicht).

PUBLIZIERTE BERICHTE - *RAPPORTS PUBLIÉS*

Jährliche Berichte über die Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen, begonnen im Jahre 1880 durch F.A. Forel (1841-1912).
Rapports annuels sur les variations des glaciers dans les Alpes suisses, crées en 1880 par F.A. Forel (1841-1912).

Verfasser der Berichte - *Auteurs des rapports*	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 - 112	1983/84 - 1990/91
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 - 107/108	1981/82 - 1986/87

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

Zeitschrift - *Périodique*	Bericht Nr. - *Rapport No.*
ECHO DES ALPES XVII - XVIII, Genève 1881 - 1882	1 - 2
JAHRBUCH DES SAC - *ANNUAIRE DU CAS* XVIII - LVIII, Bern 1883 - 1924	3 - 44
DIE ALPEN - *LES ALPES,* Jahrgang - *Année* 1-68, Bern 1925 -1992	45 - 112*)
*) publiziert ohne Tabellen - *publiés sans les tableaux*	71 - 75
publiziert in gekürzter Fassung - *publiés en extrait*	85 - 112
erhältiche Sonderdrucke - *Tirés-à-part disponibles*	
Extrait de la revue LES ALPES	81 - 86
Extrait complété de la revue LES ALPES	87 - 90
Publication de la Commission des glaciers de la SHSN	91 - 93/94
Publikation der Gletscherkommission der SNG	93/94
Jahrbuch der Gletscherkommission - *Annuaire de la Commission des glaciers*	95/96 - 107/108