DIE GLETSCHER DER SCHWEIZER ALPEN
1981/82 und 1982/83

103. und 104. Bericht

LES VARIATIONS DES GLACIERS SUISSES
1981/82 et 1982/83

103e et 104e 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

1991

DIE GLETSCHER DER SCHWEIZER ALPEN
1981/82 und 1982/83

103. und 104. Bericht

LES VARIATIONS DES GLACIERS SUISSES
1981/82 et 1982/83

103e et 104e rapports

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

JAHRBUCH DER GLETSCHERKOMMISSION DER SANW

ANNUAIRE DE LA COMMISSION DES GLACIERS DE L'ASSN

1991

Publikation mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften / SANW
(vormals Schweizerische Naturforschende Gesellschaft / SNG)

Publication subventionné par l'Académie suisse des sciences naturelles / ASSN
(ancienne Société helvétique des sciences naturelles / SHSN)

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 1991

Imprimé par Stämpfli+Cie AG, Bern 1991

© Gletscherkommission der SANW 1991

Commission des glaciers de l'ASSN 1991

NOTIZ

Die Gletscherkommission der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW), gegründet im Jahre 1893, verfolgt die gleichen Ziele wie das vorangehende, durch den Schweizerischen Alpenklub (SAC) und die SANW 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), constituée en 1893, poursuit les mêmes buts que le Collège glaciaire, fondé en commun par le Club alpin suisse (CAS) et l'ASSN 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***
Claude Jaccard, Davos:	Präsident - *président*	1965
Bruno Salm, Davos:	Vizepräsident - *vice-président*	1981
Markus Aellen, VAW Zürich:	Sekretär und Delegierter für die Gletscherbeobachtungen - *secrétaire et délégué aux contrôles glaciaires*	1981
Hans Röthlisberger, Uerikon:		1965
Bernhard Stauffer, Bern:		1984
Peter Wick, Luzern:		1984
Wilfried Haeberli, VAW Zürich:		1989
Michel Monbaron, Freiburg:		1990
Giovanni Kappenberger, Locarno Monti:		1991

VORWORT

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 vorliegenden Jahrbuchs sind in der Quartalszeitschrift des Schweizerischen Alpenklubs "Die Alpen" veröffentlicht [Kasser und Aellen, 1983 und 1984].

Die Jahrbücher sind im Inhalt generell gleich aufgebaut. Ihr Aussehen jedoch hat sich mit zunehmendem Gebrauch elektronischer Mittel bei Redaktion und Reinschrift gewandelt. Das vorliegende Jahrbuch, das nach einem Wechsel des Textverarbeitungssystems vollständig mittels des Computers angefertigt ist, weist - neben anderen - folgende Neuerungen auf:

- französischsprachige Teile in Kursivschrift (ausgenommen in Kap. 3.4),
- kapitelweise numerierte Tabellen, Abbildungen und Photos,
- Inhaltsverzeichnis unterteilt nach Text, Tabellen, Abbildungen und Photos,
- gesamthaftes (statt kapitelweises) Literaturverzeichnis.

Das vorliegende Jahrbuch mit dem 103. und 104. Gletscherbericht betrifft die Beobachtungsjahre 1981/82 und 1982/83.

Die Beschreibung der Witterungs- und Klimaverhältnisse der Berichtsjahre (Kap. 1.2 und 1.3) stützt sich auf die in der Einleitung (Kap. 1.1) zitierten 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 nachstehend mit den von ihnen beobachteten, durch die Nummer im Beobachtungsnetz (Tab. 3.3) bezeichneten Gletschern aufgeführt.

Kantonale Forstdienste:

Bern	52-56, 59-65, 109
Glarus	79
Graubünden	82-89, 92-98, 100, 102
Obwalden	75, 76
Sankt Gallen	81, 91
Uri	66-74
Tessin	103, 104, 117-120
Waadt	44-49
Wallis	7, 13, 14, 18-33, 39-42, 105

Freie Mitarbeiter:

J.-L. Blanc, Pully	34-36
H. Boss, Zweilütschinen	57, 58
V. Boss, Grindelwald	57
A. Godenzi, Chur	99, 101
E. Hodel, Adelboden	111
P. Mercier, Tolochenaz	1, 2, 15, 43
W. Wild, Glarus	77, 80
R. Zimmermann, Zermatt	16

Bundesinstitutionen:

Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (EISLF) Weissfluhjoch Davos 115

VAW/ETH Zürich, Abteilung Glaziologie
3-6, 8-12, 17, 78, 90, 106-108, 110, 112-114, 116

Kraftwerke:

Mauvoisin (FMM)	37, 38
Oberhasli (KWO)	50, 51

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

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

Kapitel 6 enthält kurze Inhaltsangaben aller Kapitel in englischer Sprache.

In Kapitel 7 sind sämtliche Literaturhinweise 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 Mitarbeitern und Institutionen, die jedes Jahr oder gelegentlich zu den laufenden Erhebungen und Untersuchungen beitragen. Sie dankt namentlich folgenden, in den Berichtsjahren ausgeschiedenen oder eingetretenen Beobachtern. Im ersten Berichtsjahr (1981/82) sind Kantonsoberförster E. Blumer, Glarus, und Forstmeister R. Kuoch, Spiez, in den Ruhestand getreten; Kreisoberförster W. Suter, Sargans, ist zum Kantonsoberförster in Sankt Gallen gewählt worden; A.Lemans, wissenschaftlicher Adjunkt an der SMA Zürich, ist nach langer Krankheit gestorben. Die Nachfolger auf den Forstämtern, H. Oppliger, Glarus, H. Balsiger, Spiez, und A. Hartmann, Sargans, haben wie G. Kappenberger, wissenschaftlicher Mitarbeiter am SMA-Observatorium Locarno-Monti, die Beobachtung der betreffenden Gletscher übernommen und alle Messreihen lückenlos weitergeführt. Im zweiten Jahr ist Kreisförster F. Juvalta, Bergün, in den Ruhestand getreten und durch Ch. Barandun, Bergün, abgelöst worden. Er wirkt bei den Gletscherbeobachtungen weiterhin mit. 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.

PREFACE

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 du présent annuaire ont été publiés en partie dans la revue trimestrielle du Club alpin suisse "Les Alpes" [Kasser et Aellen, 1983 et 1984].

En principe, les annuaires présentent tous le même ordre dans leur structure interne. Pourtant, ils ont changé d'aspect, d'une édition à l'autre, car pour les rédiger et les mettre au net on s'est servi de plus en plus de moyens électroniques. Le présent volume, complètement réalisé à l'aide de l'ordinateur (et en appliquant un autre système de traitement de texte), a subi - entre autres - les modifications suivantes:

- *parties en langue française imprimées en italique (à l'exception du chap. 3.4)*
- *tableaux, figures et photos numérotés par chapitres*
- *table des matières subdivisée pour textes, tableaux, figures et photos*
- *liste des références collective (au lieu d'une liste par chapitre).*

Le présent volume comprend les 103e et 104e rapports concernant les années 1981/82 et 1982/83.

La description des conditions météorologiques et climatiques des années du rapport (chap. 1.2 et 1.3) se fonde sur les sources citées dans l'introduction (chap. 1.1).

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 ci-après avec les numéros respectifs des glaciers qu'ils observent (cf. tabl. 3.3).

Services forestiers cantonaux:

Berne	*52-56, 59-65, 109*
Glaris	*79*
Grisons	*82-89, 92-98, 100, 102*
Obwald	*75, 76*
Saint Gall	*81, 91*
Uri	*66-74*
Tessin	*103, 104, 117-120*
Valais	*7, 13, 14, 18-33, 39-42, 105*
Vaud	*44-49*

Institutions fédérales:

Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches (IFENA) Weissfluhjoch-Davos *115*

VAW/EPF Zurich, Section de glaciologie *3-6, 8-12, 17, 78, 90, 106-108, 110, 112-114, 116*

Collaborateurs individuels:

J.-L. Blanc, Pully	*34-36*
H. Boss, Zweilütschinen	*57, 58*
V. Boss, Grindelwald	*57*
A. Godenzi, Chur	*99, 101*
E. Hodel, Adelboden	*111*
P. Mercier, Tolochenaz	*1, 2, 15, 43*
W. Wild, Glarus	*77, 80*
R. Zimmermann, Zermatt	*16*

Forces motrices:

Mauvoisin (FMM)	*37, 38*
Oberhasli (KWO)	*50, 51*

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 longue échéance 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 compilées par H. Siegenthaler (glaciers de Gries, de Limmern, de Plattalva et de Silvretta, bassin versant de l'Aegina), par M. Aellen (glaciers d'Aletsch, bassin de la Massa) et par M. Funk (glacier et bassin du Rhône). Les mensurations aux glaciers de l'Aar (chap. 5.4) sont effectuées par le bureau A. Flotron, Meiringen, à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli, qui mettent ces informations annuelles à disposition. Les relevés annuels sur l'accumulation nivale sur quelques glaciers (chap. 5.5) sont effectués par les collaborateurs de la Commission des glaciers qui sont cités dans les chapitres respectifs (chap. 5.5.2-5.5.4).

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

La liste complète 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, ainsi que les autres collaborateurs et institutions qui ont apporté leur contribution à ses travaux. Elle remercie en particulier ceux qui, au cours de ces deux années de rapport, ont quitté ou ont rejoint le rang des observateurs. Dans la première année, E. Blumer, inspecteur cantonal des forêts à Glaris et R. Kuoch, inspecteur en chef des forêts à Spiez, ont pris leur retraite; W. Suter, inspecteur forestier de l'arrondissement de Sargans, a été nommé inspecteur cantonal à Saint Gall; A. Lemans, adjoint scientifique de l'ISM à Zurich, est décédé après une longue maladie. Les successeurs aux postes des services forestiers, H. Oppliger, Glaris, H. Balsiger, Spiez, et A. Hartmann, Sargans, ainsi que le collaborateur scientifique de l'observatoire de l'ISM à Locarno-Monti, G. Kappenberger, ont repris l'observation des glaciers respectifs et assuré la continuité de toutes ces séries de mesures. Au cours de la seconde année, F. Juvalta, inspecteur forestier de l'arrondissement de Bergün, a pris sa retraite. Il assiste encore son successeur, Chr. Barandun, Bergün, aux mesures glaciaires. En outre, 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.

INHALT

1. KLIMA UND WITTERUNG **1**
1.1 Einleitung 1
1.2 Das Jahr 1981/82 3
Schnee und Lawinen im Winter 1981/82 5
1.3 Das Jahr 1982/83 6
Schnee und Lawinen im Winter 1982/83 9
1.4 Daten über die Winterschneedecke 26

2. GLETSCHERCHRONIK **31**
2.1 Tätigkeit und besondere Ereignisse im Jahre 1981/82 31
2.2 Tätigkeit und besondere Ereignisse im Jahre 1982/83 35

3. LAGEÄNDERUNG DER GLETSCHERENDEN **51**
3.1 Einleitung 51
3.2 Ergebnisse des 103. Beobachtungsjahres (1981/82) 52
3.3 Ergebnisse des 104. Beobachtungsjahres (1982/83) 53
3.4 Bemerkungen zu einzelnen Gletschern 66

4. BILDTEIL **93**
4.1 Bildfolge des 103. Berichts (1981/82) 93
4.2 Bildfolge des 104. Berichts (1982/83) 97

5. MASSENHAUSHALT **101**
5.1 Einleitung 101
5.2 Massenänderung im Haushaltsjahr 1981/82 103
5.3 Massenänderung im Haushaltsjahr 1982/83 104
5.4 Messungen an den Aaregletschern 124
5.5 Der Firnzuwachs in einigen Firngebieten 128
5.5.1 Einleitung 128
5.5.2 Clariden 128
Beobachtungen 1982 128
Beobachtungen 1983 129
5.5.3 Silvretta und Engadin 132
Beobachtungen 1982 132
Beobachtungen 1983 132
5.5.4 Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher) 134
5.5.5 Kurzfassung Kapitel 5.5 (französisch) 136

6. SUMMARY **137**
6.1 Introduction 137
6.2 Climate and Weather 138
6.3 Glacier Chronicle 138
6.4 Position Changes of Glacier Termini 138
6.5 Photographic Section 139
6.6 Mass Balance 139

7. LITERATUR **140**

CONTENU

1. CONDITIONS CLIMATIQUES *10*
1.1 Introduction *10*
1.2 L'annee 1981/82 *12*
Neige et avalanches de l'hiver 1981/82 *14*
1.3 L'année 1982/83 *15*
Neige et avalanches de l'hiver 1982/83 *17*
1.4 Données Nivologiques *26*

2. CHRONIQUE DES GLACIERS *38*
2.1 Activité et événements particuliers en 1981/82 *38*
2.2 Activité et événements particuliers en 1982/83 *42*

3. VARIATIONS DES FRONTS GLACIAIRES *54*
3.1 Introduction *54*
3.2 Résultats du 103e exercice (1981/82) *54*
3.3 Résultats du 104e exercice (1982/83) *55*
3.4 Remarques valables pour un seul glacier *66*

4. ILLUSTRATIONS PHOTOGRAPHIQUES *95*
4.1 Illustrations du 103e rapport *95*
4.2 Illustrations du 104e rapport *99*

5. BILANS DE MASSE *105*
5.1 Introduction *105*
5.2 Bilan annuel de masse en 1981/82 *107*
5.3 Bilan annuel de masse en 1982/83 *108*
5.4 Mensurations aux glaciers de l'Aar *124*
5.5 Accumulation nivale sur quelque glaciers *128*
5.5.1 Introduction *128*
5.5.2 Clariden *128*
5.5.3 Silvretta et Engadine *132*
5.5.4 Jungfraufirn (Grand Glacier d'Aletsch) *134*
5.5.5 Aperçu du chapitre 5.5 (en français) *136*

6. SUMMARY *137*
6.1 Introduction *137*
6.2 Climate and Weather *138*
6.3 Glacier Chronicle *138*
6.4 Position Changes of Glacier Termini *138*
6.5 Photographic Section *139*
6.6 Mass Balance *139*

7. REFERENCES *140*

TABLE OF CONTENTS

1. CLIMATE AND WEATHER 1
1.1 Introduction 1
1.2 The Year 1981/82 3
Snow and Avalanches in Winter 1981/82 5
1.3 The Year 1982/83 6
Snow and Avalanches in Winter 1982/83 9
1.4 Data on Winter Snow-Cover 26

2. CHRONICLE 31
2.1 Glaciological Activities and special Events in 1981/82 31
2.2 Glaciological Activities and special Events in 1982/83 35

3. VARIATION OF GLACIER TERMINI 51
3.1 Introduction 51
3.2 Results of the 103rd Exercise (1981/82) 52
3.3 Results of the 104th Exercise (1982/83) 53
3.4 Notes on individual Glaciers 66

4. PHOTO SECTION 93
4.1 Photos of the 103rd Report (1981/82) 93
4.2 Photos of the 104th Report (1982/83) 97

5. MASS BALANCE 101
5.1 Introduction 101
5.2 Results of the Balance Year 1981/82 103
5.3 Results of the Balance Year 1982/83 104
5.4 Surveys on the Aare glaciers 124
5.5 Snow and Firn Accumulation on some Glaciers 128
5.5.1 Introduction 128
5.5.2 Clariden Glacier 128
Surveys in 1982 128
Surveys in 1983 129
5.5.3 Silvretta Glacier and Engadine Region 132
Surveys in 1982 132
Surveys in 1983 132
5.5.4 Jungfraufirn (Aletsch Glacier) 134
5.5.5 Summary of chapter 5.5 in French 136

6. SUMMARY 137
6.1 Introduction 137
6.2 Climate and Weather 138
6.3 Glacier Chronicle 138
6.4 Position Changes of Glacier Termini 138
6.5 Photographic Section 139
6.6 Mass Balance 139

7. LITERATURE 140

TABELLEN

Tabelle 1.1: Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten Mai bis Oktober 1982 18
a) absolute Werte, Gradtagsumme [°C] 18
b) relative Werte, in Prozenten des Periodenmittels 1959/83 18

Tabelle 1.2: Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten Mai bis Oktober 1983 19
a) absolute Werte, Gradtagsumme [°C] 19
b) relative Werte, in Prozenten des Periodenmittels 1959/83 19

Tabelle 1.3: Schneedecke des Winters 1981/82 28

Tabelle 1.4: Schneedecke des Winters 1982/83 29

Tabelle 2.1: Vermessungsflüge in den Jahren 1982 und 1983 45
a) Jährlich wiederholte Aufnahmen 45
b) Mehrjährlich wiederholte Aufnahmen 47

Tabelle 3.1: Lageänderung der Gletscherenden 1981/82 - Zusammenfassungen 56
a) Einzugsgebiete der Hauptflüsse der Schweiz 56
b) Gebirgsregionen der Schweizer Alpen 56

Tabelle 3.2: Lageänderung der Gletscherenden 1982/83 - Zusammenfassungen 57
a) Einzugsgebiete der Hauptflüsse der Schweiz 57
b) Gebirgsregionen der Schweizer Alpen 57

Tabelle 3.3: Lageänderung der Gletscherenden 1981/82 und 1982/83 61

Tabelle 5.1: Jährliche Massenänderung einiger Gletscher 1981/82 und 1982/83 109

Tabelle 5.2: Hydrologische Bilanz einiger vergletscherter Einzugsgebiete in den Jahren 1981/82 und 1982/83 110
a) Einzugsgebiet der Aegina (Griesgletscher) 110
b) Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) 111
c) Einzugsgebiet der Rhone (oberhalb des Genfersees) 111

Tabelle 5.3: Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) - Hydrologische Bilanzen 1981/82 und 1982/83 112
a) Kalendermässig festgelegte Haushaltsperioden (Monate, Winter, Sommer, hydrologisches Jahr) 112
b) klimatische Haushaltsperioden (Zuwachs- und Schwundperioden, hydrologischer Jahreszyklus) 113

Tabelle 5.4: Einzugsgebiet der Rhone (oberhalb Genfersee) - Hydrologische Bilanzen 1981/82 für Monate, Winter, Sommer und hydrologisches Jahr 116

Tabelle 5.5: Einzugsgebiet der Rhone (oberhalb Genfersee) - Hydrologische Bilanzen 1982/83 für Monate, Winter, Sommer und hydrologisches Jahr 117

Tabelle 5.6: Griesgletscher (Aegina) - Massenänderung 1981/82 und 1982/83 in Höhenstufen 118

Tabelle 5.7: Limmern- und Plattalvagletscher - Massenänderung 1981/82 und 1982/83 in Höhenstufen 120
a) Limmern 120
b) Plattalva 120

Tabelle 5.8: Silvrettagletscher - Massenänderung 1981/82 und 1982/83 in Höhenstufen 122

Tabelle 5.9: Die Aaregletscher im Jahre 1981/82 - Hauptergebnisse 126

Tabelle 5.10: Die Aaregletscher im Jahre 1982/83 - Hauptergebnisse 127

Tabelle 5.11: Claridenfirn - Hauptergebnisse 1981/82. 130
a) Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung des Gletschers 130
b) Saison- und Jahresniederschlag in Totalisatoren und an Vergleichsstationen 130

Tabelle 5.12: Claridenfirn - Hauptergebnisse 1982/83. 131
a) Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung des Gletschers 131
b) Saison- und Jahresniederschlag in Totalisatoren und an Vergleichsstationen 131

Tabelle 5.13: Silvrettagletscher - Winterschneedecke und jährlicher Firnzuwachs 1981/82 und 1982/83 133

Tabelle 5.14: Berninagebiet - Höhenänderung der Firnoberfläche und jährlicher Firnzuwachs 1981/82 und 1982/83 133

Tabelle 5.15: Jungfraufirn - Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung im Jahre 1981/82 135

Tabelle 5.16: Jungfraufirn - Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung im Jahre 1982/83 135

TABLEAUX

Tableau 1.1: *Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air, mois de mai à octobre 1982* 18
a) valeurs absolues, somme des degrés-jour [°C] 18
b) valeurs relatives, en pour-cent des moyennes respectives de la période 1959/83 18

Tableau 1.2: *Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air, mois de mai à octobre 1983* 19
a) valeurs absolues, somme des degrés-jour [°C] 19
b) valeurs relatives, en pour-cent des moyennes respectives de la période 1959/83 19

Tableau 1.3: *Enneigement de l'hiver 1981/82* 28

Tableau 1.4: *Enneigement de l'hiver 1982/83* 29

Tableau 2.1: *Vols photogrammétriques des années 1982 et 1983* 45
a) Levés annuels 45
b) Levés à intervalles pluriannuels 47

Tableau 3.1: *Variation de longeur des glaciers en 1981/82 - Récapitulations* 56
a) Bassins versants principaux de la Suisse 56
b) Régions orographiques des Alpes suisses 56

Tableau 3.2: *Variation de longeur des glaciers en 1982/83 - Récapitulations* 57
a) Bassins versants principaux de la Suisse 57
b) Régions orographiques des Alpes suisses 57

Tableau 3.3: *Variations des fronts glaciaires en 1981/82 et 1982/83* 61

Tableau 5.1: *Bilans annuels de masse de quelques glaciers en 1981/82 et 1982/83* 109

Tableau 5.2: *Bilan hydrologique annuel de quelques bassins versants englacés en 1981/82 et 1982/83* 110
a) Bassin de l'Aegina (glacier de Gries) 110
b) Bassin de la Massa (glaciers d'Aletsch) 111
c) Bassin du Rhône (à l'amont du Léman) 111

Tableau 5.3: *Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques en 1981/82 et 1982/83* 112
a) Périodes du calendrier (mois, hiver, été, année hydrologique) 112
b) Périodes climatiques du bilan (périodes d'accumulation et d'ablation, cycle hydrologique annuel) 113

Tableau 5.4: *Bassin du Rhône (à l'amont du Léman) - Bilans hydrologiques 1981/82 mensuels, saisonniers et annuels* 116

Tableau 5.5: *Bassin du Rhône (à l'amont du Léman) - Bilans hydrologiques 1982/83 mensuels, saisonniers et annuels* 117

Tableau 5.6: *Glacier de Gries (Aegina) - Bilans de masse 1981/82 et 1982/83, en fonction de l'altitude* 118

Tableau 5.7: *Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilans de masse 1981/82 et 1982/83, en fonction de l'altitude* 120
a) Limmern 120
b) Plattalva 120

Tableau 5.8: *Glaciers de Silvretta - Bilans de masse 1981/82 et 1982/83, en fonction de l'altitude* 122

Tableau 5.9: *Glaciers de l'Aar en 1981/82 - Résultats principaux* 126

Tableau 5.10: *Glaciers de l'Aar en 1982/83 - Résultats principaux* 127

Tableau 5.11: *Glacier de Clariden - Résultats principaux de l'exercice 1981/82* 130
a) Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier. 130
b) Précipitations saisonnières et annuelle observées aux totalisateurs et aux stations pluviométriques 130

Tableau 5.12: *Glacier de Clariden - Résultats principaux de l'exercice 1982/83* 131
a) Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier. 131
b) Précipitations saisonnières et annuelle observées aux totalisateurs et aux stations pluviométriques 131

Tableau 5.13: *Glacier de Silvretta - Accumulations nettes hivernale et annuelle en 1981/82 et 1982/83* 133

Tableau 5.14: *Massif de la Bernina - Variation du niveau de la surface glaciaire et accumulation nette annuelle en 1981/82 et 1982/83* 133

Tableau 5.15: *Jungfraufirn - Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier en 1981/82* 135

Tableau 5.16: *Jungfraufirn - Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier en 1982/83* 135

TABLES

Table 1.1: Degree-days of months Mai to October 1982 18
a) absolute values 18
b) relative values, in percent of mean 1959/83 18

Table 1.2: Degree-days of months Mai to October 1983 19
a) absolute values 19
b) relative values, in percent of mean 1959/83 19

Table 1.3: Snow cover in winter 1981/82 28

Table 1.4: Snow cover in winter 1982/83 29

Table 2.1: Aerial survey of glaciers in 1982 and 1983 45

Table 3.1: Variation of glacier termini in 1981/82 - Summaries 56
a) River basins 56
b) Mountain regions 56

Table 3.2: Variation of glacier termini in 1982/83 - Summaries 57
a) River basins 57
b) Mountain regions 57

Table 3.3: Variation of glacier termini in 1981/82 and 1982/83 61

Table 5.1: Annual mass balances in 1981/82 and 1982/83 109

Table 5.2: Annual hydrological balances of glaciated river basins in 1981/82 and 1982/83 110
a) Aegina (with Gries glacier) 110
b) Massa (with Aletsch glacier) 111
c) Rhone (above lake of Geneva) 111

Table 5.3: Massa river basin (Aletsch glaciers) - Hydrological balances 1981/82 and 1982/83 112
a) Calender periods: months, seasons, hydrological year 112
b) Climatic periods: accumulation and ablation periods, annual cycle 113

Table 5.4: Rhone river basin (above Lake of Geneva) - Monthly, seasonal and annual hydrological balances in 1981/82 116

Table 5.5: Rhone river basin (above Lake of Geneva) - Monthly, seasonal and annual hydrological balances in 1982/83 117

Table 5.6: Gries glacier (Aegina) - Mass balance versus altitude in 1981/82 and 1982/83 118

Table 5.7: Limmern- and Plattalva glaciers - Mass balance versus altitude in 1981/82 and 1982/83 120
a) Limmern 120
b) Plattalva 120

Table 5.8: Silvretta glacier - Mass balance versus altitude in 1981/82 and 1982/83 122

Table 5.9: Oberaar and Unteraar glaciers - Results of survey in 1981/82 126

Table 5.10: Oberaar and Unteraar glaciers - Results of survey in 1982/83 127

Table 5.11: Clariden glacier - Results of 1981/82. 130
a) Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizontal movement 130
b) Seasonal and annual precipitation totalized in rain gauges and observed at pluviometric stations 130

Table 5.12: Clariden glacier - Results of 1982/83. 131
a) Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizontal movement 131
b) Seasonal and annual precipitation totalized in rain gauges and observed at pluviometric stations 131

Table 5.13: Silvretta glacier - Winter snow-cover and annual net accumulation in 1981/82 and 1982/83 133

Table 5.14: Glaciers of the Bernina group - Thickness changes and net accumulation in 1981/82 and 1982/83 133

Table 5.15: Jungfraufirn - Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizonal movement in 1981/82 135

Table 5.16: Jungfraufirn - Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizonal movement in 1982/83 135

ABBILDUNGEN

Abbildung 1.1: Witterung im Jahr 1981/82 an einigen automatischen Stationen der SMA 20

Abbildung 1.2: Witterung im Jahr 1982/83 an einigen automatischen Stationen der SMA 22

Abbildung 1.3: Abweichungen der Jahresniederschläge 1981/82 und der Sommertemperaturen 1982 vom Zentralwert der Bezugsperiode 1901/60 24
a) Jahresniederschläge 1981/82 24
b) Sommertemperaturen 1982 24

Abbildung 1.4: Abweichungen der Jahresniederschläge 1982/83 und der Sommertemperaturen 1983 vom Zentralwert der Bezugsperiode 1901/60 25
a) Jahresniederschläge 1982/83 25
b) Sommertemperaturen 1983 25

Abbildung 1.5: Schneemessstationen 27

Abbildung 3.1: Die Gletscher der Schweizer Alpen - Beobachtungsnetz 1982 58
a) Beobachtungen im Jahre 1982 58
b) Lageänderung der Zungenenden 1982 58

Abbildung 3.2: Die Gletscher der Schweizer Alpen - Beobachtungsnetz 1983 59
a) Beobachtungen im Jahre 1983 59
b) Lageänderung der Zungenenden 1983 59

Abbildung 3.3: Lageänderung der Gletscherenden in den Schweizer Alpen - Hauptergebnisse der Jahre 1879/80 bis 1982/83 60
a) Jährliche Stichproben 60
b) Prozentanteile der wachsenden und der schwindenden Gletscher 60
c) Mittlere Längenänderung (in Metern) 60

Abbildung 5.1: Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) - Hydrologische Tagesbilanzen 1981/82 und 1982/83 114
a) Tageswerte von Niederschlag, Abfluss und Reservenänderung 114
b) Jahresgang der Reservenänderung, mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1930/78 114

Abbildung 5.2: Einzugsgebiet Rhone-Porte du Scex - Jahresgang der Reservenänderung 1981/82 und 1982/83, mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1955/80 115

Abbildung 5.3: Griesgletscher (Aegina) - Massenhaushalt : Zonen gleicher Massenänderung in den Jahren 119
a) 1981/82 119
b) 1982/83 119

Abbildung 5.4: Limmern- und Plattalvagletscher - Massenhaushalt: Zonen gleicher Massenänderung in den Jahren 121
a) 1981/82 121
b) 1982/83 121

Abbildung 5.5: Silvrettagletscher - Massenhaushalt: Zonen gleicher Massenänderung in den Jahren 123
a) 1981/82 123
b) 1982/83 123

Abbildung 5.6: Aaregletscher - Lage der Querprofile 125

FIGURES

Figure 1.1: *Conditions météorologiques en 1981/82 à quelques stations de l'ISM* 20

Figure 1.2: *Conditions météorologiques en 1982/83 à quelques stations de l'ISM* 22

Figure 1.3: *Déviations des précipitations annuelles 1981/82 et des températures estivales 1982 par rapport aux valeurs centrales respectives de la période de référence de 1901 à 1960* 24
a) Précipitations annuelles 1981/82 24
b) Températures estivales 1982 24

Figure 1.4: *Déviations des précipitations annuelles 1982/83 et des températures estivales 1983 par rapport aux valeurs centrales respectives de la période de référence de 1901 à 1960* 25
a) Précipitations annuelles 1982/83 25
b) Températures estivales 1983 25

Figure 1.5: *Stations nivométriques* 27

Figure 3.1: *Les glaciers des Alpes suisses - Réseau d'observations en 1982* 58
a) Observations en 1982 58
b) Variation des fronts glaciaires en 1982 58

Figure 3.2: *Les glaciers des Alpes suisses - Réseau d'observations en 1983* 59
a) Observations en 1983 59
b) Variation des fronts glaciaires en 1983 59

Figure 3.3: *Variations des fronts glaciaires dans les Alpes suisses - Résultats principaux des années 1879/80 à 1982/83* 60
a) Echantillons annuels 60
b) Pourcentages des glaciers en crue et des glaciers en décrue 60
c) Variation moyenne de longueur (en mètres) 60

Figure 5.1: *Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques quotidiens en 1981/82 et 1982/83* 114
a) Précipitations, débits et variation des réserves quotidiennes 114
b) Evolution des réserves en eau, comparée aux valeurs statistiques de la période 1930/78 114

Figure 5.2: *Bassin versant du Rhône-Porte du Scex - Evolution des réserves en eau, en 1981/82 et 1982/83, comparée aux valeurs statistiques de la période 1955/80* 115

Figure 5.3: *Glacier de Gries (Aegina) - Bilan de masse: Zones d'égalité du bilan spécifique* 119
a) en 1981/82 119
b) en 1982/83 119

Figure 5.4: *Glacier de Limmern et de Plattalva - Bilan de masse: Zones d'égalité du bilan spécifique* *121*
a) en 1981/82 *121*
b) en 1982/83 *121*

Figure 5.5: *Glacier de Silvretta - Bilan de masse: Zones d'égalité du bilan spécifique* *123*
a) en 1981/82 *123*
b) en 1982/83 *123*

Figure 5.6: *Glacier de l'Aar - Situation des profils transversaux* *125*

FIGURES

Figure 1.1: Meteorological conditions in 1981/82 20

Figure 1.2: Meteorological conditions in 1982/83 22

Figure 1.3: Regional deviations from normal climate, shown for 24
a) annual precipitation in 1981/82 24
b) mean summer air temperature in 1982 24

Figure 1.4: Regional deviations from normal climate, shown for 25
a) annual precipitation in 1982/83 25
b) mean summer air temperature in 1983 25

Figure 1.5: The nivometric observation network 27

Figure 3.1: The glaciers of the Swiss Alps - Observation network in 1982 58
a) observed glaciers in 1982 58
b) variation of glacier termini in 1982 58

Figure 3.2: The glaciers of the Swiss Alps - Observation network in 1983 59
a) observed glaciers in 1983 59
b) variation of glacier termini in 1983 59

Figure 3.3: Variation of glacier termini in the Swiss Alps - Main results of exercises 1879/80 to 1982/83 60
a) Annual samples 60
b) Percentage of advancing and of retreating glaciers 60
c) Mean annual length variation [m] 60

Figure 5.1: Massa river basin (Aletsch glaciers) - Daily hydrological balance and variation of water storage 1981/82 and 1982/83 114
a) Specific values of precipitation, run-off and water storage 114
b) Water storage cumulated over hydrological years, with statistical values of the period 1930/78 114

Figure 5.2: Rhone river basin (above Lake of Geneva) - Monthly variation of water storage in hydrological years 1981/82 and 1982/83, with statistical values of the period 1955/80 115

Figure 5.3: Gries glacier(Aegina) - Annual mass balances: Zones of equal specific mass change 119
a) in 1981/82 119
b) in 1982/83 119

Figure 5.4: Limmern- and Plattalva glaciers - Annual mass balances: Zones of equal specific mass change 121
a) in 1981/82 121
b) in 1982/83 121

Figure 5.5: Silvretta glacier - Annual mass balances: Zones of equal specific mass change 123
a) in 1981/82 123
b) in 1982/83 123

Figure 5.6: Oberaar and Unteraar glaciers - Location of the profiles 125

BILDER

Bilder 1 bis 5:	Vorstoss des Bifertengletschers	93
Bilder 6 bis 9:	Vorstoss des Rossbodengletschers	93
Bilder 10 und 11:	Gornergletscher am 4. September 1983	97
Bild 12:	Rosenlauigletscher am 18. August 1983	97
Bild 13:	Muttgletscher am 19. Aug. 1983	97
Bild 14:	"Gletscheruhr" an der Zunge des Oberen Grindelwaldgletschers am 21. September 1983	97
Bilder 15 - 18:	Eislawinen am Balmhorngletscher	98

ILLUSTRATIONS

Photos 1 à 5:	*Avance du glacier de Biferten*	*95*
Photos 6 et 9:	*Avance du glacier de Rossboden*	*95*
Photos 10 11:	*Le glacier du Gorner, le 4 septembre 1983*	*99*
Photo 12:	*Le glacier de Rosenlaui, le 18 août 1983*	*99*
Photo 13:	*Le glacier de Mutt, le 19 août 1983*	*99*
Photo 14:	*"Horloge glaciaire", installée à la langue du glacier supérieur de Grindelwald, le 21 août 1983*	*99*
Photos 15-18:	*Avalanches de glace au glacier du Balmhorn*	*100*

PICTURES

Photos 1 to 5:	Advance of the Biferten glacier	93
Photos 6 to 9:	Advance of the Rossboden glacier	93
Photos 10 and 11:	Gorner glacier on 4 September 1983	97
Photo 12:	Rosenlaui glacier on 18 August 1983	97
Photo 13:	Mutt glacier on 19 August 1983	97
Photo 14:	"Glacier watch" at the tongue of the upper Grindelwald glacier on 21 September 1983	97
Photos 15 - 18:	Ice avalanches on the Balmhorn glacier	98

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, Locarno-Monti und Jungfraujoch, indem für jeden Tag der aktuelle Wert [SMA, 1981-83a] und der langjährige Mittelwert [Schüepp, 1972] der betreffenden Station aufgezeichnet sind. Der Niederschlag ist angegeben durch die Tagessummen [SMA, 1981-83b] der Stationen Zürich SMA, Locarno-Monti, Säntis und Sitten. Die Höhe der Nullgradisotherme über der aerologischen Station Payerne ist gemäss den Sondierungen um 13 Uhr aus den Temperaturprofilen in den täglichen Wetterberichten [SMA, 1981-83c] 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, 1981-83d] 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 [Kasser, 1983] normiert 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 früheren Vorbehalte hinsichtlich der Vergleichbarkeit der dargestellten Klimadaten mit der Massenänderung der Gletscher (vgl. Kap. 1.1 des 93. und 94. Berichts (1971/72 und 1972/73)) gelten für die neue Art der Darstellung in besonderem Masse. Die Umstellung auf automatische Wetterbeobachtung, die grossenteils in den Berichtsjahren vollzogen worden ist, ergibt zusätzlich Vorbehalte vor allem bei Temperaturreihen, die mit vorläufigen Anpassungen weitergeführt sind. Dies gilt für die Station Säntis [Schüepp, 1983] ab 1978, für die übrigen, in den Abbildungen 1.1, 1.2, 1.3b und 1.4b oder in den Tabellen 1.1 und 1.2 berücksichtigten Bodenstationen ab 1981.

In Ergänzung der Abbildungen 1.1 bis 1.4 sind in den Tabellen 1.1 und 1.2 die Summen der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur für einige Höhenstationen der Schweiz und für die aerologischen Stationen München, Payerne und Mailand als Messergebnisse, für die Pegelstellen, an denen der jährliche Firnzuwachs gemessen wird (vgl. Kap. 5.5), als extrapolierte Werte zusammengestellt. Die Daten der Tabellen 1.3 und 1.4 über die Winterschneedecke der Berichtsjahre [SLF, 1982 und 1983] an ausgewählten, in Abbildung 1.5 eingezeichneten Stationen des schweizerischen Beobachtungsnetzes sind im Abschnitt "Schnee und Lawinen" am Schluss der Kapitel 1.2 und 1.3 kommentiert und durch zusätzliche Informationen ergänzt.

Die Angaben über die Abflussverhältnisse in den vergletscherten Einzugsgebieten [LHG, 1981-83] sind im vorliegenden Jahrbuch infolge der Umgestaltung der Abbildungen 1.3 und 1.4 beschränkt auf kurze Hinweise im Text (Kap. 1.2 und 1.3) und auf die Daten der Tabellen 5.2 bis 5.5 über den Wasserhaushalt der Einzugsgebiete Aegina/Griessee, Massa/Blatten bei Naters und Rhone/Porte du Scex (vgl. Kap. 5).

Die Beschreibung der Klima- und Witterungsverhältnisse der Berichtsjahre (Kap. 1.2 und 1.3) entspricht bis auf notwendige Anpassungen der publizierten Fassung [Kasser und Aellen, 1983 und 1984].

1.2 DAS JAHR 1981/82

Im Bericht des Vorjahres wurde bereits erwähnt, dass im Herbst 1981 die Septemberniederschläge, die im gesamten Gebiet der Schweizer Alpen sehr gross waren, zum grössten Teil in der letzten Dekade des Monats fielen. Dies geschah vorerst bis hoch hinauf als Regen, sank doch die Nullgradisotherme der Luft um 13 Uhr über Payerne von mehr als 4000 m ü.M. am 19. September nur allmählich bis zum 27. September auf den langjährigen Mittelwert von rund 3000 m ü.M., um erst beim Kälteeinbruch an den beiden folgenden Tagen um weitere 1000 m abzusinken. Auf Gletschern mit sehr hoch gelegenen Firngebieten überwog die Bildung von Schneereserven bereits vom 22. September an die Abschmelzung in den tieferen Lagen. Auf Weissfluhjoch (2540 m ü.M.), Säntis (2490 m) und Gütsch (2287 m) lagerten sich am 28./29. September beträchtliche Schneemengen ab, die aber in der zu warmen ersten Oktoberdekade wieder wegschmolzen. Im Oktober erhielten Alpennordseite und Wallis sehr viel Niederschlag. In Mittelbünden fielen ebenfalls grosse, im Engadin und auf der Alpensüdseite normale Mengen. Im November war es im Engadin und auf der Alpensüdseite sehr trocken, in allen übrigen Gebieten wichen die Niederschlagssummen wenig von den Normalwerten ab.

Das Versuchsfeld Weissfluhjoch wurde am 12. Oktober 1981 definitiv eingeschneit. Säntis und Gütsch folgten am 21. Oktober, Grimsel, Andermatt, Bosco Gurin, La Drossa und die Talstationen des Oberengadins am darauffolgenden Tag. In den meisten Talstationen der Schweizer Alpen bildete sich die bleibende Winterschneedecke erst einen Monat später, zwischen dem 25. und dem 28. November (vgl. Tab. 1.3). Im viel zu kalten und viel zu niederschlagsreichen Monat Dezember wurde die Schneedecke überall weiter aufgebaut. Auch der Januar war sehr niederschlagsreich, mit Ausnahme der zu trockenen Alpensüdseite und des Engadins, wo die Normalmengen ungefähr erreicht wurden. Im Februar und noch ausgeprägter im April waren die Niederschläge überall zu gering, während im März die Durchschnittswerte auf der Alpennordseite und im Wallis überschritten wurden. Auf den Gletschern waren die Monate September 1981 bis Januar 1982 vor allem auf der Alpennordseite, im Wallis und in Mittelbünden sehr niederschlags- und schneereich, die Monate Februar bis April 1982 gesamthaft überall zu trocken. Nach der zu kalten ersten Maidekade begann in den Ablationsgebieten der Gletscher allgemein die Schneeschmelze. Abgesehen von der eher wechselvollen Witterung im August waren die Monate Mai bis September 1982 durch mehrere lang andauernde Wärmeperioden charakterisiert, in denen beträchtliche Mengen der überdurchschnittlich grossen Schneevorräte abgebaut wurden (vgl. Abb. 1.1).

Im Herbst 1982 kam der Winter in den Gletschergebieten nur zögernd. Von den Herbstmonaten waren September und November überall sehr warm. Der Oktober zeigte ein deutliches Nord - Südgefälle der Lufttemperaturen, die am Alpennordhang zu hoch, in den inneralpinen Gebieten normal und im Tessin relativ kalt waren. Die Niederschlagssummen der Monate September bis November lagen nur auf der Alpensüdseite deutlich über dem Durchschnitt. In den übrigen Gebieten war es zu trocken, abgesehen von Ueberschüssen an einigen Stationen in Mittelbünden im September, sowie im Wallis im Oktober und gebietsweise auch im November. Auf dem Säntis begann die permanente Winterschneedecke am 30. September 1982, auf dem Weissfluhjoch am 4. Oktober. Gütsch war vom 4. bis zum 31. Oktober schneebedeckt, vom 1. bis 7. November jedoch nochmals aper. Bis auf etwa 1600 m ü.M. hinunter wurden die Alpentäler grösstenteils zwischen dem 13. und 18. November definitiv eingeschneit.

Für die Jahresniederschlagssummen von Oktober 1981 bis September 1982 und für die mittleren Sommertemperaturen von Mai bis September 1982 ist die regionale Verteilung der Abweichungen von den Normalwerten graphisch dargestellt in Abbildung 1.3. Diese zeigt sehr grosse Niederschlagsmengen in den Gletschergebieten des Berner Oberlandes und nordöstlich der Linie Walensee bis Klosters. Gross waren die Niederschlagssummen auch in Teilen der südlichen Walliser Täler, in den Urner- und Glarner Alpen sowie in Mittelbünden. Auf der Alpensüdseite und im Engadin schwankten die Niederschläge um den Normalwert. Die Sommertemperaturen von Mai bis September 1982 waren im ganzen schweizerischen Alpengebiet viel höher als in einem Durchschnittsjahr. Besonders gross waren die Wärmeüberschüsse überall nördlich des Rhonetals, des Tessingebietes und des Veltlins. Unter diesen Witterungsbedingungen waren die Abflussmengen aller stark vergletscherten Gebiete grösser als die langjährigen Durchschnittswerte.

Schnee und Lawinen im Winter 1981/82:
(P. Föhn und S. Gliott, EISLF)

"Der Winter 1981/1982 war wie seine beiden letzten Vorgänger lang und schneereich am Alpennordhang und im zentralen Alpengebiet der Schweiz, wogegen die südlichen Gebiete eine vorwiegend durchschnittliche Schneebedeckung aufwiesen. Der trübe Herbst 1981 brachte verschiedentlich Schnee bis in höhere Tallagen, der jedoch im Laufe des sonnigen, niederschlagsarmen November wieder wegschmolz. Wo der Schnee in Berglagen oberhalb rund 2000 m Meereshöhe liegenblieb, setzte alsbald eine intensive Umwandlung der dünnen Schneedecke ein, die als Basisschicht der Schneedecke anfänglich zu wenig tragfähig war. Infolgedessen führten die intensiven Schneefälle im Dezember vor allem im Wallis, in den Waadtländer- und Berner Alpen sowie im Gotthardgebiet zu gefährlichen Lawinensituationen mit zahlreichen Schadenlawinen, die aus hochgelegenen Einzugsgebieten, d.h. aus über 2500 m Meereshöhe, niedergingen. Nachher verfestigte sich die Basisschicht unter der zunehmenden Last der wachsenden Schneedecke immer mehr, wobei die Lawinengefahr für Touristen in allen Regionen gegen das Jahresende stark zurückging. Besonders zu erwähnen ist der ergiebige Schneefall vom 29. / 30. Januar 1982, der dem zenralen und östlichen Alpennordhang sowie den nördlichen und mittleren Teilen Graubündens innert 24 Stunden 80 bis 100 cm Neuschnee brachte. Bereits während des Schneefalls gingen viele Lawinen an ungewohnten Orten durch Waldcouloirs bis in die Täler nieder, wobei in zahlreichen Fällen Schaden entstand. Im Februar und in der ersten Monatshälfte des März waren die Verhältnisse trotz den gelegentlich auftretenden Schneefällen auch ausserhalb der Pisten so gut, dass die Schneedecke der Belastung durch die Skifahrer standhielt.

Gegen Ende März wurden in den meisten Regionen die grössten Werte der Schneehöhe im Berichtswinter gemessen. Dabei wurden die Maximalwerte früherer Jahre nur an wenigen Stationen mit vorwiegend kurzen, d.h. weniger als 15 jährigen Messreihen übertroffen. Beim Vergleich der durchschnittlichen Schneehöhen und Wasserwerte des Hochwinters erweist sich der Berichtswinter am Alpennordhang und in Nordbünden als einer der schneereichsten der Periode 1947/47 bis 1981/82. In Höhenlagen zwischen 1000 und 2000 m Meereshöhe aperte der Boden im Frühhahr 1982 fünf bis zehn Tage später aus als in durchschnittlichen Jahren.

Die regionalen Unterschiede in der mit dem Schneereichtum parallel laufenden Stabilität der Schneedecke kommen auch in den Unfall- und Schadenzahlen zum Ausdruck. In der schneereichen nördlichen Zone verloren 5 Menschen ihr Leben in Lawinen, in der weniger schneereichen südlichen Zone dagegen waren 15 Lawinenopfer zu beklagen. Umgekehrt traten Sachschäden durch Lawinen in der schneereichen Zone mit der überdurchschnittlich grossen Zahl von 161 Fällen viel häufiger auf als in der weniger schneereichen mit 28 Fällen."

1.3 DAS JAHR 1982/83

Der September 1982 gehörte im ganzen schweizerischen Alpengebiet noch zur Ablationsperiode der Gletscher. Verglichen mit den langjährigen Mittelwerten war es überall sehr warm. Am geringsten war der Wärmeüberschuss im sehr niederschlagsreichen Tessin, wo in einzelnen Stationen die Regenfälle von drei Tagen (5.6. und 26.9.) allein bis zu 90 Prozent der Monatssumme brachten. Diese übertrafen den Normalwert stellenweise um mehr als das Zweieinhalbfache. Die Zone grossen Niederschlags erstreckte sich vom Tessin nordwärts über das Bündner Oberland bis zu einer Linie von Göschenen nach Linthal und Weisstannen. Das Berner Oberland dagegen war zu trocken und in den übrigen Gebieten wichen die Niederschläge nur wenig von den Normalwerten ab. Am 26. September wurden die Alpen bis unter 2500 m Meereshöhe vorübergehend eingeschneit. Am 30. September brachte eine rasche von West nach Ost ziehende Tiefdruckrinne verbreitet Niederschläge, wobei die Schneefallgrenze gegen 2000 m absank. Am 1. Oktober wurde auf dem Säntis (2490 m ü.M.) der Beginn der permanenten Winterschneedecke gemessen, am 5. Oktober auch auf dem Weissfluhjoch (2540 m). Gütsch (2287 m) aperte am 1. November nochmals aus. In einem umfangreichen Tief über Mitteleuropa gab es vom 6. bis 8. Oktober verbreitete, stellenweise auch ergiebige Niederschläge, die am 6. nördlich der Alpen bis gegen 500, südlich der Alpen bis gegen 800 m Meereshöhe als Schnee fielen. Der Monat Oktober als Ganzes war auf der Alpennordseite zu warm, im Tessin deutlich zu kalt bei ungefähr normalen Temperaturen in den inneralpinen Gebieten und im Engadin. Dem Nord-Süd-Gefälle der Temperaturen stand ein West-Ost-Gefälle der Niederschläge gegenüber. Westlich des Haslitals, des Goms und der Vispertäler überschritten die Niederschläge den Normalwert beträchtlich, in den genannten Tälern und weiter östlich wichen sie meistens nur wenig davon ab. Der Novembermonat war in den gesamten Schweizer Alpen um etwa anderthalb bis drei Grad zu warm. Die Niederschläge waren nur im Tessin wesentlich grösser als normal. Im Berner Oberland und in der Zentralschweiz war es stellenweise viel zu trocken. Die dauernde Winterschneedecke vermochte nur zögernd und stufenweise vordringend bis in die Täler hinunter Fuss zu fassen. Mit einer zyklonalen Süd- bis Südwestlage wurden vom 7. bis 10. November Gütsch und vier Schneemessstationen der Alpensüdseite dauernd eingeschneit (vgl. Tab. 1.4). Die Tiefdrucklage vom 13. bis 15. November brachte am letzten Tag beidseits der Alpen einzelne Schneefälle bis in die Niederungen. Dieser Kälteeinbruch ist in den Temperaturkurven der Abbildung 1.2 ebenso deutlich erkennbar wie in der Kurve der Nullgradisotherme, die in Payerne erstmals auf den Boden absinkt. Von den 35 Stationen der Tabelle 1.4 sind in diesen Tagen 14 dauernd eingeschneit worden. Mit der zyklonalen Westlage vom 16. bis 18. November erhielten 5 weitere, im inneralpinen Bereich gelegene Stationen die bleibende Schneedecke. Im Dezember lagen die mittleren Monatstemperaturen in den Alpentälern um 1 bis 2 Grad über dem langjährigen Durchschnitt, in den Höhenstationen wichen sie wenig von der Norm ab. Die Dezemberniederschläge, die überall zur Hauptsache zwischen dem 7. und 20. Dezember fielen, zeigten ein ähnliches West-Ost-Gefälle wie die Oktoberniederschläge, mit dem Unterschied, dass sich die niederschlagsreiche Zone im Dezember in der Zentral- und Ostschweiz von Nordwesten her näher an den Alpenrand heranschob. Mit einer zyklonalen Südwest- bis Westlage setzte sich vom 6. bis 12. Dezember der Winter mit wenigen Ausnahmen auch in den tiefergelegenen Stationen der Tabelle 1.4 endgültig fest. Im Tessin waren die letzten Tage des Monats niederschlagsfrei. Der Januar 1983 war in den Schweizer Alpen überall sehr viel wärmer als normal und - abgesehen von den Höhenstationen - auf der Alpennordseite und im Tessin auch reich an Sonnenschein. Die Niederschläge vom 13. bis 16. Januar brachten vor allem der Alpennordseite, den inneralpinen Gebieten und dem Engadin einen beträchtlichen Schneezu-

wachs. In diesen Tagen erfasste die definitive Winterschneedecke auch die übrigen tiefgelegenen Schneemessstationen ausser Poschiavo. Die regionale Verteilung der Monatssummen der Niederschläge und ihrer Abweichung von den langjährigen Mittelwerten ist teilweise geprägt von Nordstaulagen. Sie zeigt relativ grosse Werte in einer Zone, die sich von den Lütschinentälern und dem Obergoms ostwärts über Gotthardgebiet, Glarnerland und Mittelbünden ins Unterengadin erstreckt. Von dieser Kernzone aus gab es im Süden zum sehr trockenen Sottoceneri hin ein stärkeres Niederschlagsgefälle als im Norden und Westen zu Gebieten mit normalen Werten.

Der überall zu kalte, in Mittelbünden, im Engadin und im Tessin auch zu trockene Februar beendete die Folge der zu warmen Monate, die in mancher Region der Alpennordseite neun Monate umfasste. Im März war es überall wiederum zu warm und ausserhalb des Tessins meistenorts auch zu trocken. Im April übertrafen die Niederschläge den Normalwert an den meisten Stationen deutlich, im Tessin sogar sehr stark, bei Temperaturen, die im Tessin zu kalt, im Wallis ungefähr normal und in den übrigen Gebieten zu warm waren. Im Mai, der überall relativ zu kalt war, fielen an den meisten Stationen grössere Niederschlagsmengen als die grössten, je in einem Mai der Vergleichsperiode 1901/60 gemessenen Monatssummen. Dabei fiel an vielen Messstationen auf Meereshöhen um 1600 m an mehr als der Hälfte der zahlreichen Niederschlagstage noch Schnee. Im Gegensatz dazu war der Juni - von normalen Temperaturen im Engadin abgesehen - überall zu warm und je nach Gebiet deutlich bis beträchtlich zu trocken. Noch gegensätzlicher zum Mai war der Juli. In diesem Monat wurden überall bei relativ viel Sonnenschein extrem kleine Niederschlagsmengen und aussergewöhnlich hohe Temperaturen gemessen. Das Temperaturmittel lag an den meisten Stationen um 4 bis 6 Grad über dem Normalwert. Dementsprechend lieferten die Gletschergebiete auf Kosten der Gletschersubstanz ungewöhnlich grosse Schmelzwassermengen. Auch in den Sommer- und Herbstmonaten August bis Oktober war es, wie Abbildung 1.2 zeigt, deutlich wärmer als im langjährigen Durchschnitt. Die Niederschlagsmengen im August waren in der Zentralschweiz grösser als normal, auf der übrigen Alpennordseite ungefähr normal und in den anderen Gebieten kleiner als normal. Im September erhielten alle Gebiete der Schweizer Alpen überdurchschnittlich viel Niederschlag. Weil der überall zu trockene Oktober warm und relativ reich an Sonnenschein war, ging die Ablationsperiode des Sommers 1983 mit diesem Monat noch nicht zu Ende. Stationen über 1600 bis 2000 m Meereshöhe wurden in den mittleren Dekaden der Monate September und Oktober zwar leicht angeschneit, doch überdauerten diese Schneedecken jeweils nur kurze Zeit. Der Winter 1983/84 kam spät und - im Gegensatz zum Vorjahr - für alle Höhenstufen gleichzeitig. Dieser plötzliche und vollständige Wintereinbruch erfolgte mit der zyklonalen Südwest- bis Westlage vom 25. bis 27. November 1983.

Für die Jahresniederschlagssummen von Oktober 1982 bis September 1983 und für die mittleren Sommertemperaturen von Mai bis September 1983 ist die regionale Verteilung der Abweichungen von den Normalwerten in Abbildung 1.4 dargestellt. Abbildung 1.4a zeigt für die Jahresperiode Oktober 1982 bis September 1983 eine Zone stark unterdurchschnittlicher Niederschlagsmengen, die sich von den Föhngebieten der Innerschweiz westwärts über Interlaken, ostwärts über Glarus und Ebnat ausdehnt. Sie ist allseitig umschlossen von Gebieten mit normalen Niederschlagsmengen, die überleiten zu Regionen mit stark bis sehr stark überdurchschnittlichen Werten. In den Feldern mit normalem Niederschlag liegen die Gebirgsgegenden von Oberhasli und Oberwallis, das Grenzgebiet zwischen Bündner Oberland und Glarnerland wie auch Mittelbünden bis zum Prättigau. Sehr grosse Niederschlagsmengen fielen in den Waadtländer und in den westlichen Berner Alpen, ferner in nördlichen Teilen des Tessins, im Misox und

in Vals. Die relativen Sommertemperaturen, dargestellt in Abbildung 1.4b, sind mit einem Nord-Süd-Gefälle ähnlich verteilt wie im Vorjahr. Sehr viel wärmer als normal war es nördlich einer Linie, die vom Rhonetal im Mittelwallis über Grimsel und Gotthard zum oberen Prättigau verläuft. In der südlichen, allgemein zu warmen Zone sind einige Inseln eingezeichnet, wo es wie in Visp normal warm oder wie in Zermatt und auf dem Corvatsch viel zu warm war.

Schnee und Lawinen im Winter 1982/83:
(P. Föhn, EISLF)

"Das warme und sonnige Sommer- und Herbstwetter liess auch mehrjährige Firnschneeflecken, die sich seit dem Winter 1979/80 in Senken unterhalb der mittleren Firngrenze gebildet hatten, wegschmelzen. Nach dem überaus frühen und heftigen Wintereinbruch von Ende September / anfangs Oktober 1982 auf der Alpensüdseite brachte der milde Frühwinter vor allem dem nördlichen Alpengebiet viele sonnige und warme Tage, aber wenig Schnee. Anfangs Dezember wies die Schneedecke nur am Alpensüdhang eine durchschnittliche Höhe auf. In den übrigen Regionen erreichte sie in höheren Tallagen eine Mächtigkeit von nur 10 bis 20 cm. In den Gipfelregionen war der Schnee durch die aussergewöhnlichen Novemberföhnstürme stark verblasen. Trotz gelegentlichen kleineren Schneefällen war unterhalb von 1500 m Meereshöhe auch über die Weihnachts- und Neujahrstage ein normaler Skibetrieb kaum möglich. Ausgeprägt war die Schneearmut vor allem in den Waadtländer und Berner Alpen wie auch in der Zentralschweiz. Lawinengefahr war dennoch ein ständiger Begleiter aller Skitouristen und Variantenskifahrer, weil das Fundament der Schneedecke vorerst locker und wenig tragfähig war. Erst mit dem Grossschneefall von Mitte Januar 1983 erreichte die Schneehöhe fast überall normale Werte und die älteren Schneeschichten wurden durch die Neuschneelast wie auch durch die nachfolgende Ewärmung zunehmend verfestigt. Der mehrheitlich kühle und sonnige Februar und der warme März führten zu idealen Schneeverhältnissen ausserhalb der schattseitigen Steilhänge. An diesen blieben lockere Zwischenschichten bestehen, die bei Belastung durch Skifahrer zu Schneebrettlawinen führen konnten. Die wechselhafte Witterung im April und Mai verzögerte den Abbau der Schneedecke am Alpennordhang nur geringfügig, am Alpensüdhang dagegen, bedingt durch häufige Schneefälle, um Wochen. Im kalten und niederschlagsreichen Frühlingsmonat Mai wurden in höheren Berglagen zwar noch grosse Schneemengen gemessen, die Wetterverhältnisse boten jedoch wenig Gelegenheit zu Skitouren."

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, de Locarno-Monti et du Jungfraujoch, les valeurs moyennes actuelle [SMA, 1981-83a] et pluriannuelle [Schüepp, 1972] de la température de l'air. Les précipitations [SMA, 1981-83b] sont indiquées par les sommes journalières mesurées aux stations de Zurich ISM, de Locarno-Monti, du Säntis et de Sion. 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, 1981-83c]. 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, 1981-83d]. 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". Quant à la comparabilité des données climatiques représentées avec les bilans de masse des glaciers, les réserves exprimées dans les rapports précédents (cf. chap. 1.1 des 93e et 94e rapports (1971/72 et 1972/73)) sont particulièrement valables pour le nouveau mode de présentation. En outre, l'automatisation des observations météorologiques, accomplie au cours des années du rapport à nombreuses stations de l'ISM, donne raison à étendre ces réserves, notemment sur les séries des températures, qui ne sont corrigées que provisoirement. Ainsi, il est à noter que, depuis 1978, la station de Säntis [Schüepp, 1983] est transformée en station automatique et que, à partir de 1981, c'est le cas des autres stations terrestres représentées dans les figures 1.1, 1.2, 1.3b et 1.4b ainsi que dans les tableaux 1.1 et 1.2.

Les tableaux 1.1 et 1.2, complémentaires aux figures 1.1 à 1.4, 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 par extrapolation pour les sites des balises d'accumulation sur quelques névés suisses (cf. chap. 5.5). Les données sur l'enneigement [SLF, 1982 et 1983], reportées dans les tableaux 1.3 et 1.4 pour les stations nivométriques indiquées dans la figure 1.5, sont commentées dans les rapports cités sous le titre "neige et avalanches" à la fin des chapitres 1.2 et 1.3.

Les informations sur les débits des bassins versants englacés [LHG, 1981-83] sont réduites aux remarques faites dans le texte (chap. 1.2 et 1.3) et aux données reportées dans les tableaux 5.2 à 5.5 qui décrivent le régime hydrologique des bassins de l'Aegina/barrage de Gries, de la Massa/Blatten sur Naters et du Rhône/Porte du Scex (cf. chap. 5).

La descriptions des conditions climatiques (chap. 1.2 et 1.3) est reproduite (à quelques modifications près) telle qu'elle a été publiée par Kasser et Aellen [1983 et 1984].

1.2 L'ANNEE 1981/82

Le rapport de l'année dernière a déja mentionné l'abondance des précipitations sur toute l'étendue des Alpes suisses en septembre 1981. Elles sont survenues en particulier durant la dernière décade de ce mois, tout d'abord sous forme de pluie jusqu'à une altitude élevée. Puis l'isotherme de zéro degré, observée au-dessus de Payerne à 13 heures, s'est abaissée graduellement de 4000 m s.m., le 19 septembre, à l'altitude, normale pour la saison, de 3000 m, le 27 septembre. Les deux jours suivants, une invasion d'air froid l'a fait chuter de 1000 m encore. Pour les glaciers dont les névés sont situés à très haute altitude, la formation des réserves de neige a surpassé, dès le 22 septembre déjà, l'ablation encore active de la zone inférieure. Les notables quantités de neige qui se sont accumulées, les 28 et 29 septembre, au Weissfluhjoch (2540 m), au Säntis (2490 m) et au Gütsch (2287 m), ont fondu sous l'influence de la température trop élevée des dix premiers jours d'octobre. Durant ce mois, les précipitations ont été très importantes au nord des Alpes et en Valais, un peu plus faibles sur le centre des Grisons, et normales en Engadine et au sud des Alpes. Sur ces deux dernières régions, le temps a été très sec en novembre, tandis que les autres contrées de la Suisse recevaient des lames d'eau s'écartant faiblement de la norme.

Le champ de mesures du Weissfluhjoch fut définitivement enneigé le 12 octobre 1981, ceux du Säntis et de Gütsch le 21 octobre et ceux du Grimsel, d'Andermatt, de Bosco Gurin, de la Drossa et des stations de vallée de la Haute-Engadine le jour suivant. La neige s'est installée dans la plupart des stations des vallées des Alpes suisses un mois plus tard seulement, entre les 25 et 28 novembre (cf. tabl. 1.3). Le manteau neigeux s'est épaissi partout durant le mois de décembre, trop froid et trop humide. Janvier aussi a été riche en précipitations, sauf au sud des Alpes et en Engadine où l'on a à peine atteint les quantités normales. La pluviosité, partout trop faible en février et plus encore en avril, a dépassé la norme en mars au nord des Alpes et en Valais seulement. C'est ainsi que, pour les glaciers, pluie et neige sont tombées en abondance de septembre 1981 à janvier 1982, surtout au nord des Alpes, en Valais et dans le centre des Grisons, tandis que la période de février à avril 1982 s'est signalée par sa grande sécheresse en toutes régions. La fonte des neiges a débuté de façon générale sur les zones d'ablation des glaciers après les froids encore vifs de la première décade de mai. A l'exception du temps plutôt changeant d'août, les mois de mai à septembre 1982 ont vu plusieurs longues périodes chaudes (cf. fig. 1.1) durant lesquelles une partie importante des surabondantes réserves de neige a disparu.

En automne 1982, la mauvaise saison est arrivée de manière hésitante sur les glaciers. Septembre et novembre ont été très chauds partout, tandis qu'octobre présentait, du nord au sud, un gradient marqué de la température de l'air: trop haute sur le versant nord des Alpes, elle était normale à l'intérieur de la chaîne alpine et assez basse au Tessin. De septembre à novembre, les valeurs mensuelles des précipitations ont nettement dépassé la norme au sud des Alpes seulement, tandis que les autres régions étaient trop sèches, à l'exception de quelques surplus mesurés à certaines stations du centre des Grisons en septembre, du Valais en octobre, et isolés çà et là en novembre. La neige s'est installée définitivement au Säntis le 30 septembre 1982 et au Weissfluhjoch le 4 octobre. Au Gütsch, elle a recouvert le sol du 4 au 31 octobre, puis a disparu du 1er au 7 novembre. Dans la plupart des vallées des Alpes, l'enneigement continu a débuté au-dessus de 1600 m environ, entre le 13 et le 18 novembre.

La distribution spatiale des écarts des sommes des précipitation d'octobre 1981 à septembre 1982 et des températures estivales moyennes de mai à septembre 1982, par rapport aux normes, est représentée graphiquement (fig. 1.3). La figure montre donc que la somme des précipitations d'octobre 1981 à septembre 1982 a été très forte sur les régions englacées de l'Oberland bernois et sur celles situées au nord-est d'une ligne allant du lac de Walenstadt à Klosters. Elle a été importante dans certaines parties des vallées méridionales du Valais, dans les Alpes uranaises et glaronaises, ainsi que dans le centre des Grisons. Au sud des Alpes et en Engadine, en revanche, elle s'est rapprochée de la norme. Les températures estivales de mai à septembre 1982, beaucoup plus élevées sur toutes les Alpes suisses que pendant une année normale, ont créé un excédent thermique particulièrement marqué sur toutes les contrées situées au nord de la vallée du Rhône, du canton du Tessin et de la Valtelline. Ces conditions météorologiques ont provoqué des débits nettement supérieurs à la norme dans toutes les régions fortement englacées de cette zone.

Neige et avalanches de l'hiver 1981/82:
(P. Föhn und S. Gliott, IFENA)

"Comme ses deux prédécesseurs, l'hiver 1981/82 s'est signalé par sa longueur et son abondance de neige sur le versant nord et dans le centre des Alpes suisses, tandis que le manteau neigeux était tout à fait normal dans les régions méridionales.

Les perturbations de l'automne 1981 ont apporté des quantités de neige très diverses jusque dans les parties supérieures des vallées, mais cette neige a fondu au cours des journées ensoleillées du mois de novembre, pauvre en pluie. En montagne, au-dessus de 2000 m, la neige s'est maintenue par endroits en une pellicule assez mince qui subit une transformation radicale. Devenue couche de base du manteau neigeux, elle s'est révélée tout d'abord très instable. Aussi les fortes chutes de neige de décembre ont-elles déterminé des situations de danger accru d'avalanche, surtout en Valais, dans les Alpes vaudoises et bernoises et sur le massif du Saint-Gothard. Dans ces régions, de nombreuses avalanches sont descendues de zones élevées, situées en général au-dessus de 2500 m, et ont provoqué des dommages importants. Par la suite, la couche de base s'est consolidée de plus en plus sous le poids croissant de la couche de neige, et le danger d'avalanches a diminué fortement pour les touristes en toutes régions, vers la fin de l'année. Il convient de mentionner notamment l'abondante chute de neige des 29 et 30 janvier 1982 qui a appporté 80 à 100 cm de neige fraîche (en 24 heures) sur le versant nord des Alpes de la Suisse centrale et orientale, ainsi que sur le nord et le centre des Grisons. Alors qu'il neigeait encore, des avalanches se sont déclenchées en des endroits inhabituels et se sont précipitées par des couloirs forestiers jusque dans les vallées où elles ont souvent causé de gros dégâts. En février et pendant la première moitié de mars, malgré des chutes de neige occasionnelles, les conditions ont été si favorables que le manteau neigeux a supporté facilement le passage des skieurs, même en dehors des pistes.

C'est vers la fin de mars que les épaisseurs maximales de la couche de neige ont été mesurées durant cet hiver. Les valeurs maximales des années précédentes n'ont été dépassées qu'aux stations ne présentant en général qu'une courte période de mesures (moins de 15 ans). La comparaison des moyennes des épaisseurs de neige et des valeurs en eau de la haute saison hivernale montre toutefois que l'hiver 1981/82 a été l'un des plus riches en neige depuis 1946/47, sur le versant nord des Alpes et dans le nord des Grisons. Au printemps 1982, entre 1000 et 2000 m d'altitude, le sol a été libre de neige, cinq à dix jours plus tard que d'habitude.

Evoluant parallèlement à la quantité de neige, la stabilité du manteau neigeux a été marquée par des différences régionales, qui se reflètent dans le nombre des accidents et l'importance des dommages dus aux avalanches. Dans la zone septentrionale, où la neige était abondante, 5 hommes ont perdu la vie, tandis qu'on déplorait 15 victimes dans la région méridionale, moins enneigée. En revanche, les dégâts matériels se sont révélés, par le chiffre excessivement élevé de 161 cas, beaucoup plus fréquents dans la région fortement enneigée que dans l'autre, où l'on ne dénombre que 28 cas."

1.3 L'ANNÉE 1982/83

Si l'on considère l'ensemble des Alpes suisses, le mois de septembre 1982 fait encore partie de la période d'ablation des glaciers. Comparé aux moyennes établies sur de nombreuses années, ce mois fut très chaud partout. Cet excédent de chaleur fut le plus faible au Tessin, où de très fortes pluies ont apporté, à certaines stations en trois jours seulement (5, 6 et 26 septembre), jusqu'à 90% de la lame d'eau mensuelle. Cette dernière a dépassé la norme plus de deux fois et demie par endroits. La zone de précipitations abondantes comprenait le Tessin et l'Oberland grison jusqu'à une ligne passant par Göschenen, Linthal et Weisstannen. En revanche, l'Oberland bernois a été trop sec, et les pluies ne se sont guère écartées de la norme dans les autres régions. Le 26 septembre, la neige est tombée sur les Alpes jusqu'au-dessous de 2500 m d'altitude et, le 30 septembre, un couloir dépressionnaire, se déplaçant d'ouest en est, a apporté d'abondantes précipitations, tout en abaissant la limite des chutes de neige jusque vers 2000 m s.m.. On a noté le début du manteau neigeux permanent du Säntis (2490 m) le 1er octobre et au Weissfluhjoch (2540 m) le 5 octobre, tandis que, au Gütsch (2287 m), la neige disparaissait à nouveau le 1er novembre. Une vaste dépression recouvrant l'Europe centrale a donné, du 6 au 8 octobre, des pluies généralisées et localement abondantes, qui ont tourné en neige, le 6, jusque vers 500 m au nord des Alpes, et jusque vers 800 m au sud de cette chaîne de montagnes. Dans son ensemble, le mois d'octobre a été trop doux au nord des Alpes, nettement trop froid au Tessin et assez normal à l'intérieur du massif alpin et en Engadine. Au gradient nord-sud de la température s'est opposé un gradient ouest-est de la pluviosité. En effet, les précipitations ont dépassé nettement la norme à l'ouest des vallées du Hasli, de Conches et de la Viège, tandis qu'elles se révélaient généralement normales dans ces vallées et plus à l'est. Sur toutes les Alpes suisses, le mois de novembre s'est signalé par un excès de température compris entre un et demi et trois degrés. Au Tessin, la pluviosité s'est révélée nettement supérieure à la norme, tandis que le temps était par endroits beaucoup trop sec sur l'Oberland bernois et sur la Suisse centrale. Le manteau neigeux ne s'est installé que lentement et par étapes dans les vallées. Du 7 au 10 novembre, le Gütsch et quatre stations nivométriques du sud des Alpes (cf. tabl. 1.4) ont été enneigées définitivement lors d'une situation cyclonique de sud à sud-ouest. La dépression qui a affecté notre pays du 13 au 15 novembre a apporté quelques chutes de neige isolées jusqu'en plaine des deux côtés des Alpes, le dernier jour seulement. Cette invasion *d'air froid se remarque aisément dans les courbes de température de la figure 1.2, ainsi que par la chute de l'isotherme de zéro degré qui atteint le sol à Payerne pour la première fois de la saison. Ces jours apportent un enneigement définitif à 14 des 35 stations mentionnées dans le tableau 1.4. Du 16 au 18 novembre, une nouvelle situation dépressionnaire d'ouest enneige définitivement cinq stations supplémentaires, toutes situées à l'intérieur des Alpes. La température moyenne de décembre s'est située à un ou deux degrés au-dessus de la norme dans les vallées alpines, tandis qu'elle ne s'en écartait guère dans les régions élevées. Les précipitations de ce mois, survenues surtout entre le 7 et le 20, présentent un gradient ouest-est, analogue à celui d'octobre, à la différence que la zone des fortes pluies s'est répandue du nord-ouest sur la Suisse centrale et orientale et s'est ainsi approchée du bord du massif alpin. Au cours d'une situation cyclonique de sud-ouest à ouest, l'hiver s'est installé pour de bon, à quelques exceptions près, jusque dans les stations de basse altitude mentionnées dans le tableau 1.4, entre le 6 et le 12 décembre. Les dix derniers jours du mois ont été absolument secs au Tessin. Janvier 1983 a été nettement trop chaud partout dans les Alpes et, sauf dans les stations d'altitude, riche en soleil au nord de la chaîne alpine et au Tessin. Les précipitations du 13 au 16 janvier ont augmenté passablement l'épaisseur du manteau neigeux au nord et à l'intérieur des Alpes, ainsi qu'en Engadine. C'est à*

cette occasion que l'enneigement définitif a atteint les dernières stations nivométriques situées à basse altitude, à l'exception de Poschiavo. La distribution régionale de la pluviosité mensuelle et de son écart par rapport à la moyenne pluriannuelle est partiellement affectée par des situations de barrage du nord. Les lames d'eau sont relativement importantes dans une zone s'étendant des vallées de la Lütschine et du haut de la vallée de Conches vers l'est jusque'en Basse-Engadine, et comprenant le massif du Saint-Gothard, le pays de Glaris et le centre des Grisons. De ce noyau de précipitations, on note un gradient plus important en direction du sud vers le Sottoceneri (resté très sec) que vers le nord et vers l'ouest, où la pluviosité a atteint des valeurs normales. Le mois de février, trop froid partout, et trop sec au centre des Grisons, en Engadine et au Tessin, a mis un terme à la longue série d'excédents thermiques qui, dans plusieurs régions des Alpes, a duré neuf mois. Mars fut à nouveau trop chaud en toutes régions et aussi trop sec presque partout, sauf au Tessin. En avril, les précipitations ont dépassé nettement la norme dans la plupart des stations, particulièrement au Tessin, où la température est restée trop basse, alors qu'elle était presque normale en Valais et trop élevée ailleurs. Le mois de mai, assez froid partout, a apporté une pluviosité plus qu'abondante, dépassant presque partout les sommes mensuelles maximales de ce mois, observées pendant la période de référence 1901/60. Pendant plus de la moitié des jours pluvieux, les précipitations sont tombées sous forme de neige dans de nombreuses stations situées au-dessus de 1600 m. En revanche, à l'exception de températures normales enregistrées en Engadine, le mois de juin a été trop chaud et a présenté un déficit de pluviosité modéré à fort suivant les régions. Ce contraste s'est encore accentué en juillet. Durant ce mois aux nombreuses heures ensoleillées, on a mesuré partout des lames d'eau extrêmement faibles et des températures extraordinairement élevées, la moyenne mensuelle dépassant la norme de quatre à six degrés dans la majorité des stations. Résultat logique de cette situation: les glaciers ont livré des quantités impressionnantes d'eau de fusion, au détriment de leur substance même. La température est montée également au-dessus de la norme durant les mois d'août à octobre (cf. fig. 1.2). Les précipitations ont été excédentaires en août en Suisse centrale, presque normales dans les autres régions du versant nord des Alpes et plus faibles dans les autres contrées. En septembre, la pluviosité s'est révélée abondante sur l'ensemble des Alpes suisses, tandis que le temps du mois d'octobre, partout trop sec et souvent bien ensoleillé, prolongeait la période d'ablation de l'été 1983. La neige a fait son apparition, dans les stations situées entre 1600 et 2000 m d'altitude, à la mi-septembre et à la mi-octobre déjà, mais elle a disparu assez rapidement. L'hiver 1983/84 a fait une entrée tardive, mais simultanée, dans toutes les zones d'altidude. C'était au cours de la situation cyclonique de sud-ouest à ouest des 25 à 27 novembre 1983.

La distribution spatiale des écarts des précipitations d'octobre 1982 à septembre 1983 et des températures estivales moyennes de mai à septembre 1983, par rapport aux normes, est représentée graphiquement dans la figure 1.4. La figure 1.4a montre que les précipitations ont été très faibles dans une zone s'étendant des vallées à foehn de la Suisse centrale vers l'ouest jusqu'à Interlaken, et vers l'est jusqu'à Glaris et Ebnat. Elle est encerclée de toutes parts par des régions à pluviosité normale, elles-mêmes entourées par des contrées à pluviosité forte, voire très forte. Il a plu et neigé normalement sur les régions montagneuses de l'Oberhasli et du Haut-Valais, sur la chaîne frontière entre les cantons de Glaris et des Grisons, sur le centre de ce dernier canton et sur le Prättigau. Des quantités d'eau très abondantes sont tombées sur les Alpes vaudoises et sur l'ouest des Alpes bernoises, ainsi que sur le nord du Tessin, le val Mesocco et la vallée de Vals. Les écarts des températures estivales, représentés sur la figure 1.4b, présentent un gradient nord-sud semblable à celui de l'année précédente. Un excédent thermique important affecte toute la région située au nord d'une ligne passant par la vallée du Rhône en Valais central, le

Grimsel, le Saint-Gothard et le Prättigau supérieur. Dans la zone méridionale, également trop chaude mais dans une moindre mesure, se distinguent des îlots, où la température a été normale (Viège) ou alors très élevée (Zermatt, Corvatsch).

Neige et avalanches de l'hiver 1982/83:
(P. Föhn und S. Gliott, IFENA)

"Le temps chaud et ensoleillé de l'été et de l'automne a fait disparaître les névés qui s'étaient formés depuis l'hiver 1979/80 dans des dépressions situées au-dessous de la limite moyenne des neiges persistantes. Après l'arrivée très précoce et vigoureuse de l'hiver (à la fin de septembre et au début d'octobre 1982) au sud des Alpes, le commencement de cette saison, assez doux, a peu apporté de neige (notamment au nord des Alpes), mais beaucoup de journées ensoleillées et chaudes. Au début de décembre, l'épaisseur de la couche de neige n'était normale que sur le versant sud de la chaîne alpine. Ailleurs, elle n'atteignait qu'une épaisseur de 10 à 20 cm dans le haut des vallées et, au voisinage des crêtes, la neige était fortement soufflée par les très violentes tempêtes de foehn de novembre. Malgré quelques faibles chutes de neige occasionnelles, une pratique normale du ski n'était guère possible, entre Noël et Nouvel-An, au-dessous de 1500 m d'altitude. Le manque de neige était particulièrement sensible dans les Alpes vaudoises et bernoises, ainsi qu'en Suisse centrale. Pourtant, le skieur qui s'aventurait hors des pistes balisées et aménagées devait tenir compte d'un certain danger d'avalanche, car la base du manteau neigeux était à ce moment instable et peu solide. Ce n'est qu'avec les grosses chutes de la mi-janvier 1983 que l'épaisseur de la couche de neige a atteint presque partout la norme; les anciennes strates se sont alors consolidées peu à peu grâce au poids de la neige fraîche et à la suite du réchauffement. Le froid et le soleil de février, ainsi que la douceur de mars, ont créé des conditions de neige idéales presque partout. Cependant, sur les pentes raides situées à l'ombre, où se sont maintenues des couches intermédiaires instables, des glissements de plaques de neige pouvaient être déclenchés par le poids des skieurs. Le temps variable d'avril et de mai n'a guère ralenti la fonte des neiges au nord des Alpes, tandis qu'il l'a retardée de plusieurs semaines sur le versant sud, en raison de fréquentes chutes de neige. On a mesuré encore d'importantes épaisseurs du manteau neigeux en haute altitude durant ce mois de mai pluvieux, mais les conditions météorologiques n'ont guère favorisé les randonnées à ski."

Tabelle 1.1: **Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten Mai bis Oktober 1982[1)]**

a) absolute Werte, Gradtagsumme [°C]

Station	Höhe [m ü.M.]	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai-Sep.
Messstationen:								
Gütsch	2287	80	177	293	226	222	47	998
Säntis	2490	67	128	234	164	189	44	782
Weissfluhjoch	2690	48	120	217	159	167	22	710
Jungfraujoch	3578	0	5	47	20	26	0	98
Payerne (700 mb)[2)]	3100	10	46	128	77	86		347
München (700 mb)[2)]	3100	13	44	96	70	92		395
Mailand (700 mb)[2)]	3100	12	102	178	138	88		518
Extrapolierte Werte für Firngebiete:								
Clariden[3a)]	2700	31	104	209	145	142	13	630
Clariden[3a)]	2900	12	73	169	108	107	4	470
Silvretta[3b)]	2750	42	110	204	148	155	18	659
Jungfraufirn (P3)[3c)]	3350	3	16	80	45	52	0	196

b) relative Werte, in Prozenten des Periodenmittels 1959/83

Station	Höhe [m ü.M.]	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai-Sep.
Messstationen:								
Gütsch	2287	149	121	127	101	133	53	121
Säntis	2490	163	120	143	103	156	64	132
Weissfluhjoch	2690	160	125	135	99	144	39	126
Jungfraujoch	3578		(62)	173	88	229		140
Payerne (700 mb)[2)]	3100	133	128	160	101	154		135
München (700 mb)[2)]	3100	149	138	149	103	192		142
Mailand (700 mb)[2)]	3100	115	192	165	133	133		153
Extrapolierte Werte für Firngebiete:								
Clariden[3a)]	2700	162	114	138	98	139	32	124
Clariden[3a)]	2900	137	125	140	96	147	14	127
Silvretta[3b)]	2750	175	127	139	100	148	37	129
Jungfraufirn (P3)[3c)]	3350	172	86	167	105	208	5	143

1 Temperaturmessungen der SMA. Sommersummen publiziert im Auszug des 103. Gletscherberichts in "Die Alpen" 4/1983, extrapolierte Werte bereinigt. Monatssummen berechnet aufgrund der Monatstabellen, die in den Annalen der SMA 1982 für Säntis ausführlich wiedergegeben, für die andern Stationen in Jahresübersichten zusammengefasst sind.

2 Temperaturmessungen in der freien Atmosphäre (Radiosondierungen der Landeswetterdienste). Durch G. Gensler, SMA, berechnete Werte, gemittelt aus den Ergebnissen im Niveau 700 Millibar (etwa 3100 m ü.M.) der Sondenaufstiege um 0 und um 12 Uhr Weltzeit.

3 Schätzwerte, berechnet aus den Messwerten der Station: a) Gütsch, b) Weissfluhjoch, c) Jungfraujoch (Sphinx).

Tableau 1.2: ***Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air, mois de mai à octobre 1983[1)]***

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

Station	*Altitude [m s.m.]*	*Mai*	*Juin*	*Juil.*	*Août*	*Sept.*	*Oct.*	*Mai-Sep.*
Stations d'observations:								
Gütsch	2287	18	165	372	265	221	105	100
Säntis	2490	22	138	312	195	146	55	813
Weissfluhjoch	2690	10	110	276	172	140	60	707
Jungfraujoch	3578	-	13	90	20	20	5	143
Payerne (700 mb)[2)]	3100	-	48	183	90	94	27	415
Munich (700 mb)[2)]	3100	8	35	157	91	75	21	366
Milan (700 mb)[2)]	3100	6	79	226	122	131	54	564
Valeurs extrapolées pour les névés de:								
Clariden[3a)]	2700	2	95	288	183	145	53	714
Clariden[3a)]	2900	0	64	248	146	112	35	571
Silvretta[3b)]	2750	6	100	263	161	131	53	661
Jungfraufirn (P3)[3c)]	3350	-	26	133	52	42	9	254

b) valeurs relatives, en pour-cent des moyennes respectives de la période 1959/83

Station	*Altitude [m s.m.]*	*Mai*	*Juin*	*Juil.*	*Août*	*Sept.*	*Oct.*	*Mai-Sep.*
Stations d'observations:								
Gütsch	2287	32	112	161	118	132	118	126
Säntis	2490	55	129	191	123	121	81	137
Weissfluhjoch	2690	32	114	171	107	121	107	125
Jungfraujoch	3578	-	(162)	333	89	176	(139)	205
Payerne (700 mb)[2)]	3100	-	133	229	118	168		162
Munich (700 mb)[2)]	3100	92	109	243	134	156		165
Milan (700 mb)[2)]	3100	58	149	209	117	198		166
Valeurs extrapolées pour les névés de:								
Clariden[3a)]	2700	10	105	190	124	143	127	141
Clariden[3a)]	2900	2	110	205	129	154	141	155
Silvretta[3b)]	2750	24	115	179	110	125	111	130
Jungfraufirn (P3)[3c)]	3350	-	138	276	121	170	110	185

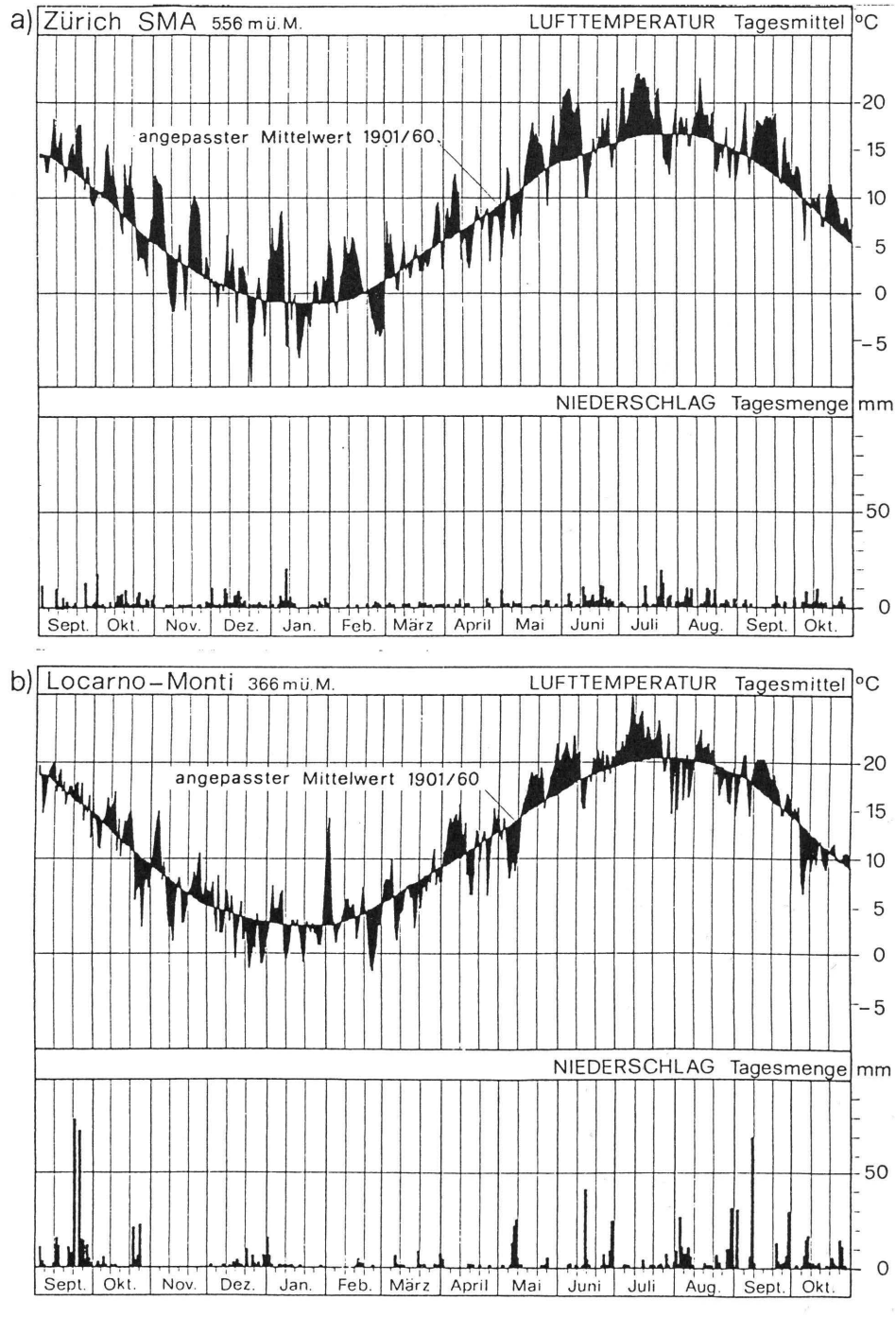
1 *Observations de l'ISM. Sommes estivales publiées dans l'extrait de notre 104e rapport (v. "Les Alpes" 4/1984), valeurs extrapolées corrigées. Sommes mensuelles déterminées à partir des tableaux mensuels, publiés in extenso pour Säntis, en extrait pour les autres stations dans "Annalen der SMA 1983".*

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

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

Abbildung 1.1: **Witterung im Jahr 1981/82 an einigen automatischen Stationen der SMA**

Lufttemperatur (Tagesmittel): a) Zürich, b) Locarno, c) Jungfraujoch,
Höhe der Nullgradisotherme: d) Payerne,
Niederschlag (Tagesmenge): a) Zürich, b) Locarno, e) Säntis, f) Sitten.



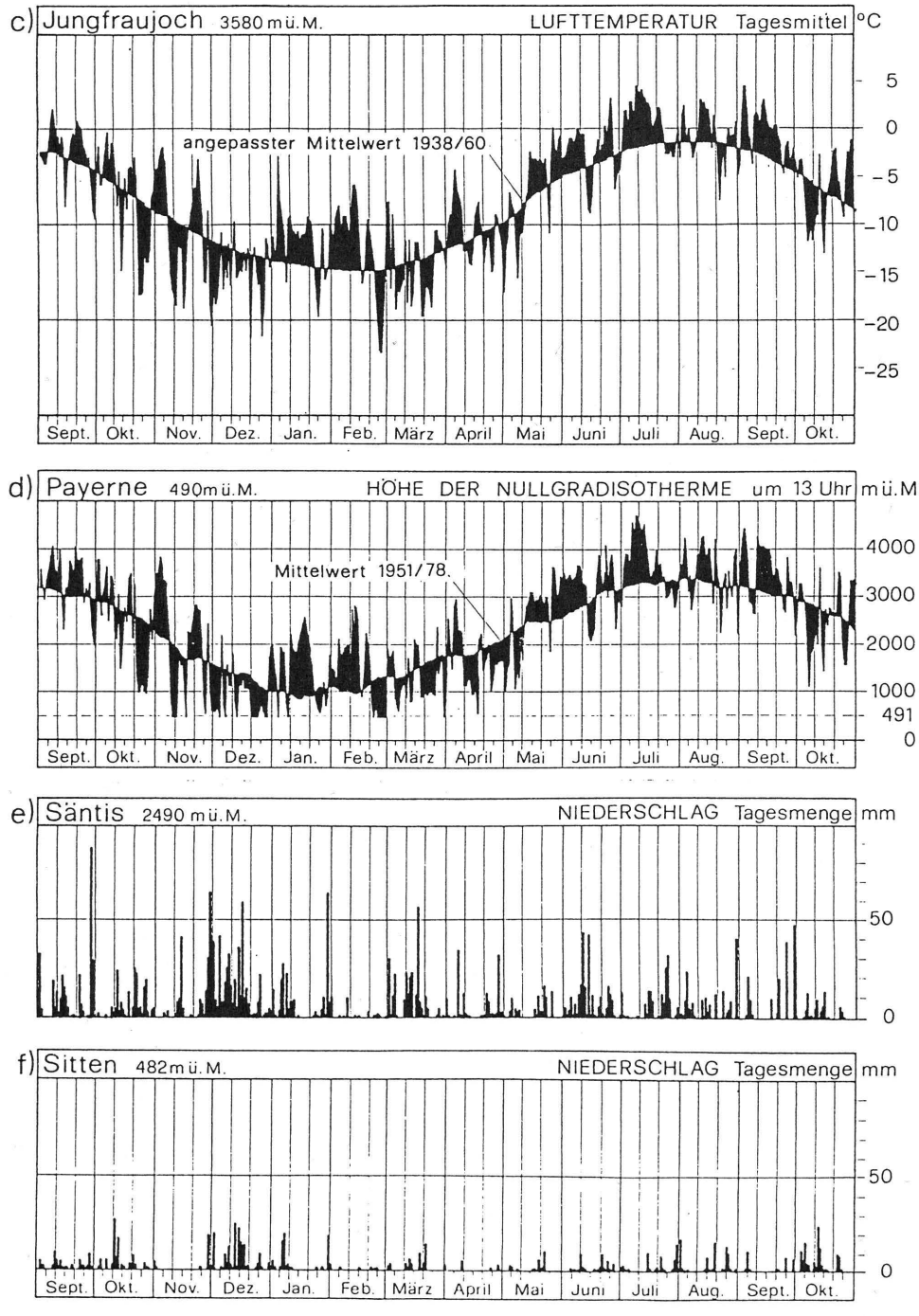
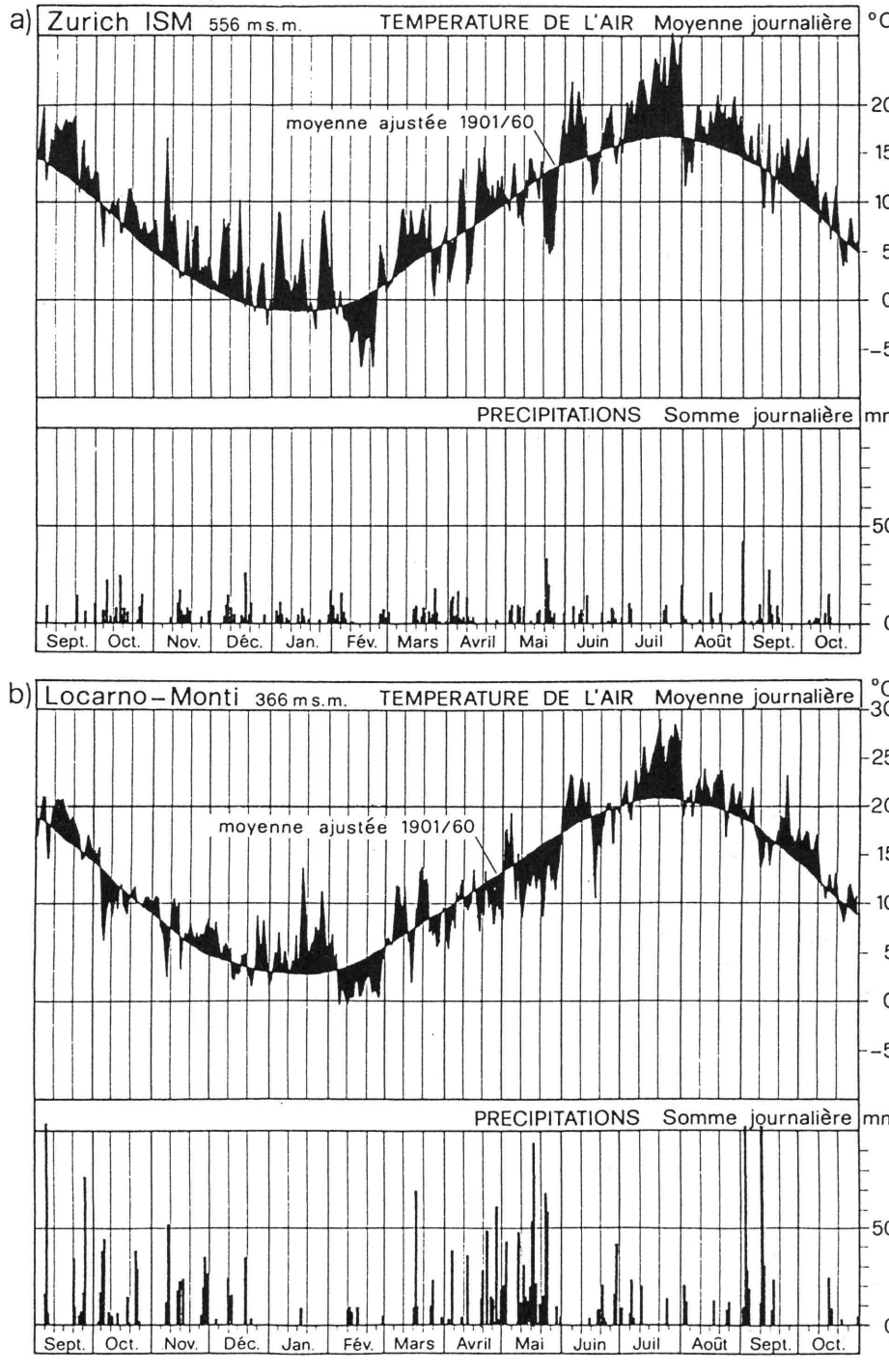

c) Jungfraujoch 3580 m ü.M.
LUFTTEMPERATUR Tagesmittel °C
angepasster Mittelwert 1938/60
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
Sept. Okt. Nov. Dez. Jan. Feb. März April Mai Juni Juli Aug. Sept. Okt.
d) Payerne 490 m ü.M.
HÖHE DER NULLGRADISOTHERME um 13 Uhr m ü.M.
Mittelwert 1951/78
4000
3000
2000
1000
491
0
Sept. Okt. Nov. Dez. Jan. Feb. März April Mai Juni Juli Aug. Sept. Okt.
e) Säntis 2490 m ü.M.
NIEDERSCHLAG Tagesmenge mm
50
0
f) Sitten 482 m ü.M.
NIEDERSCHLAG Tagesmenge mm
50
0
Sept. Okt. Nov. Dez. Jan. Feb. März April Mai Juni Juli Aug. Sept. Okt.

Figure 1.2: ***Conditions météorologiques en 1982/83 à quelques stations de l'ISM***

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



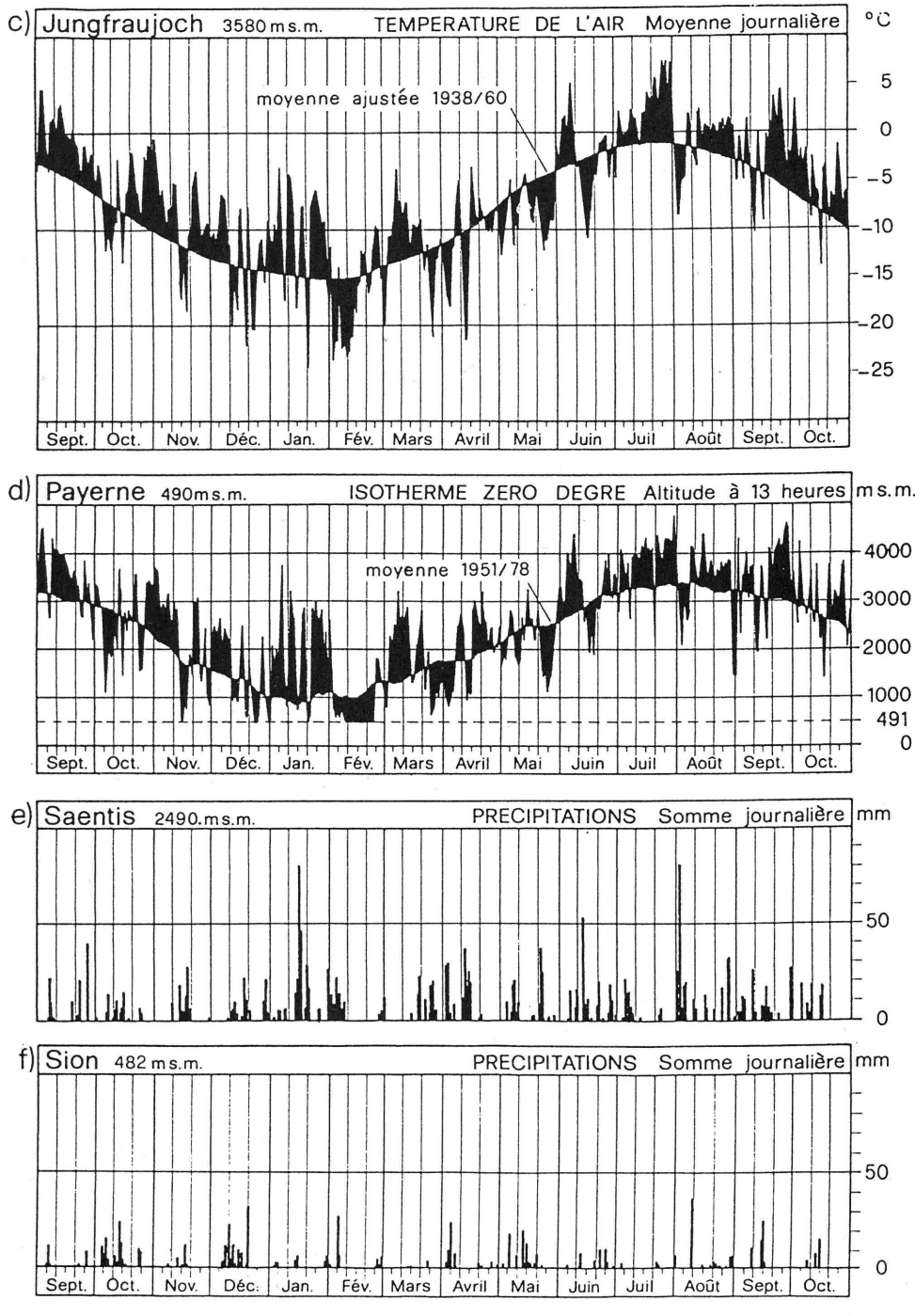
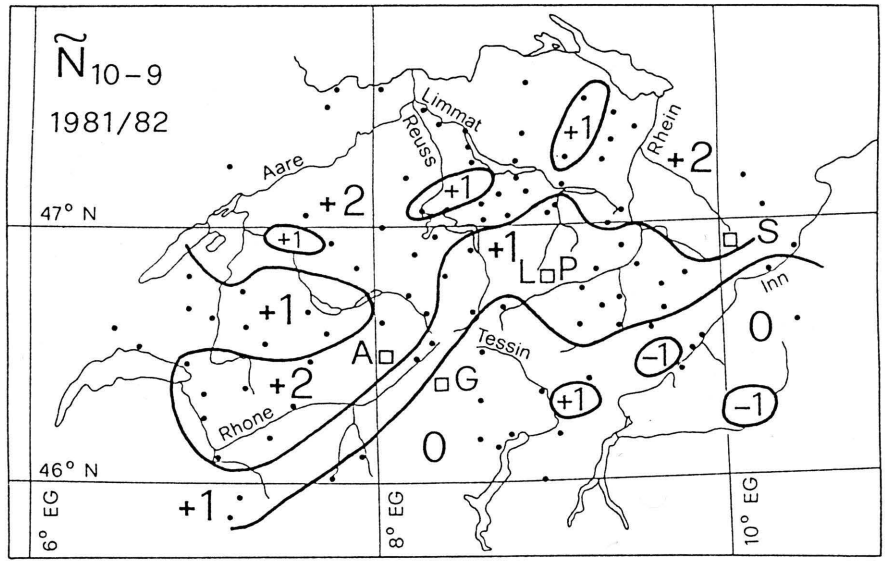

c) Jungfraujoch 3580 m s.m. TEMPERATURE DE L'AIR Moyenne journalière °C
moyenne ajustée 1938/60
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
Sept. Oct. Nov. Déc. Jan. Fév. Mars Avril Mai Juin Juil Août Sept. Oct.
d) Payerne 490 m s.m. ISOTHERME ZERO DEGRE Altitude à 13 heures m s.m.
moyenne 1951/78
4000
3000
2000
1000
491
0
Sept. Oct. Nov. Déc. Jan. Fév. Mars Avril Mai Juin Juil Août Sept. Oct.
e) Saentis 2490.m s.m. PRECIPITATIONS Somme journalière mm
50
0
f) Sion 482 m s.m. PRECIPITATIONS Somme journalière mm
50
0
Sept. Oct. Nov. Déc. Jan. Fév. Mars Avril Mai Juin Juil Août Sept. Oct.

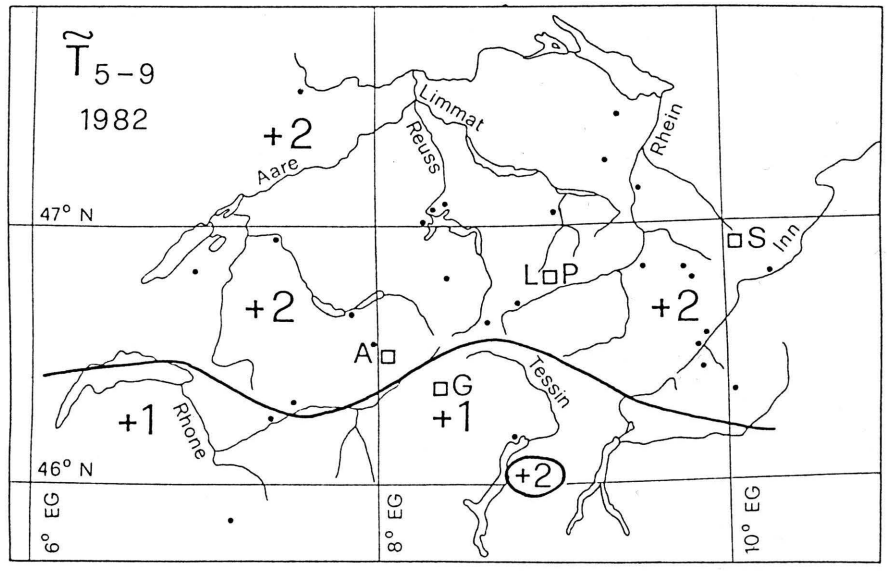
Abbildung 1.3: **Abweichungen der Jahresniederschläge 1981/82 und der Sommertemperaturen 1982 vom Zentralwert der Bezugsperiode 1901/60**

a) **Jahresniederschläge 1981/82:** Summe der Niederschläge vom 1. Oktober 1981 bis 30. September 1982.



Klassierung der Niederschlagsmengen 1981/82: +2 = sehr gross, +1 = gross, 0 = normal, -1 = klein, -2 = sehr klein.

b) **Sommertemperaturen 1982:** Durchschnittliche Lufttemperatur vom 1. Mai bis 30. September

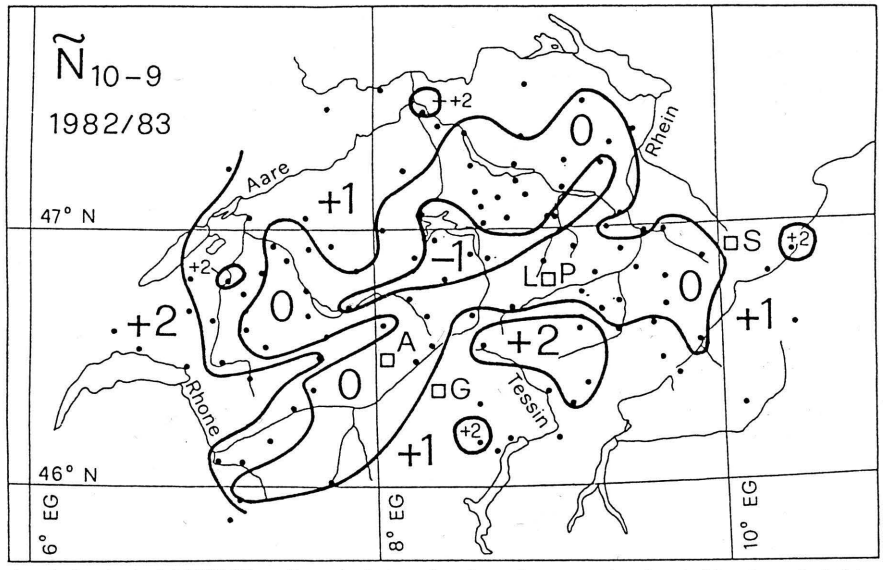


Klassierung der Sommertemperatur 1982: +2 = sehr warm, +1 = warm, 0 = normal, -1 = kalt, -2 = sehr kalt.

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

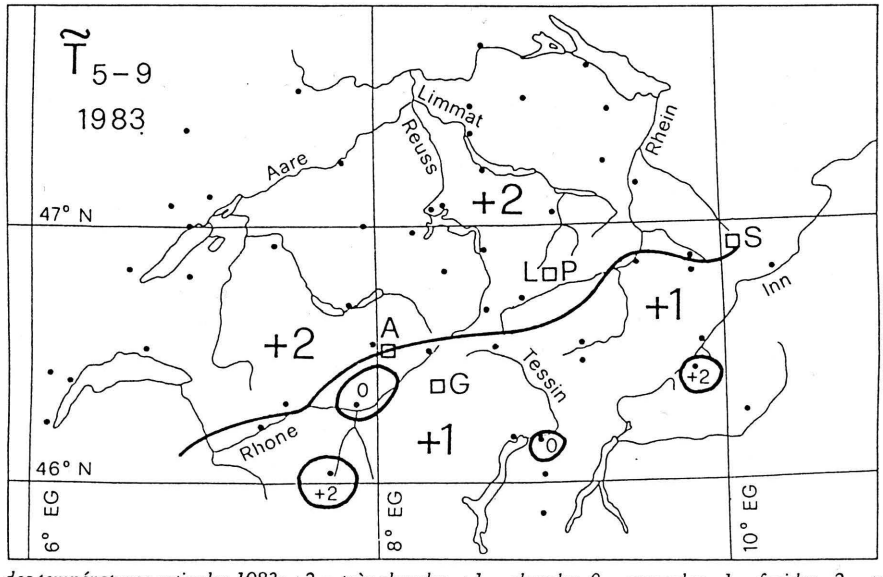
Figure 1.4: ***Déviations des précipitations annuelles 1982/83 et des températures estivales 1983 par rapport aux valeurs centrales respectives de la période de référence de 1901 à 1960***

a) ***Précipitations annuelles 1982/83:*** *Somme des précipitations cumulées du 1er octobre 1982 au 30 septembre 1983.*



Classification de la pluviosité 1982/83: +2 = très forte, +1 = forte, 0 = normale, -1 = faible, -2 = très faible.

b) ***Températures estivales 1983:*** *Moyenne des valeurs journalières de la température de l'air du 1er mai au 30 septembre 1983.*



Classification des températures estivales 1983: +2 = très chaudes, +1 = chaudes, 0 = normales, -1 = froides, -2 = très froides.

- *Stations pluviométriques (fig. 1.4a) ou climatologiques (fig. 1.4b) de l'ISM.*
- □ *Glaciers de bilan (cf. tabl. 5.1): A = Aletsch, G = Gries, LP = Limmern/Plattalva, S = Silvretta.*

1.4 DATEN ÜBER DIE WINTERSCHNEEDECKE

Bemerkungen zu den Schneemessstationen

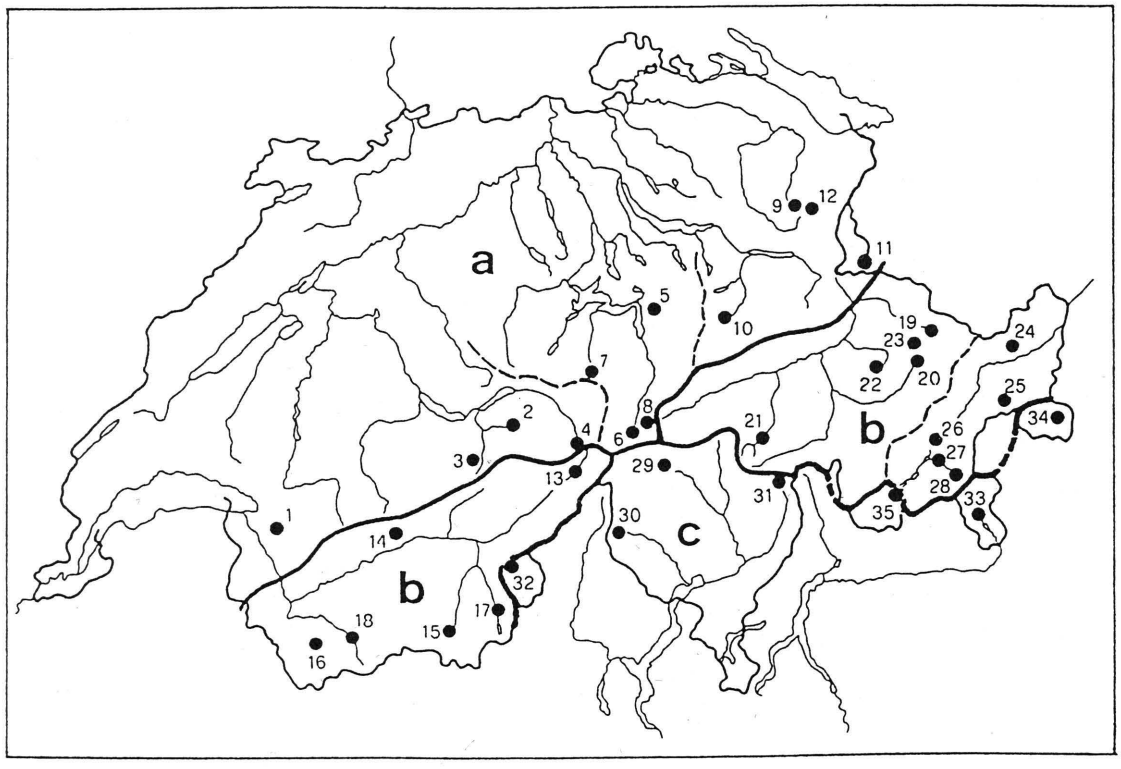
In Abbildung 1.5 eingezeichnet und in den Tabellen 1.3 und 1.4 aufgeführt sind Stationen, die aus den Messnetzen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch-Davos (EISLF), der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt Zürich (SMA) oder der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) an der ETH Zürich ausgewählt sind. Die Stationen Nr. 8, 12 und 17 gehören zum Netz der SMA, Nr. 19, 21, 23, 24, 25, 28, 31, 34 und 35 zum Beobachtungsnetz des EISLF, die übrigen Stationen zum gemeinsamen Netz des EISFL und der VAW. Weitere Daten sind im Jahrbuch "Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1981/82", Winterbericht des EISLF Nr. 46, und im entsprechenden Jahrbuch für das Jahr 1982/83, Winterbericht Nr. 47, veröffentlicht.

1.4 DONNEES NIVOLOGIQUES

Remarques concernant les stations nivométriques

Les stations nivométriques indiquées à la figure 1.5 ainsi que dans les tableaux 1.3 et 1.4 sont choisies parmi les stations exploitées par l'Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches au Weissfluhjoch-Davos (IFENA), par l'Institut suisse de météorologie, Zürich (ISM) ou par les Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'EPF Zürich. Les stations no. 8, 12 et 17 appartiennent au réseau de l'ISM, les stations no. 19, 21, 23, 24, 25, 28, 31, 34 et 35 font partie du réseau de l'IFENA, tandis que les autres font partie du réseau commun à l'IFENA et aux VAW. Des données complémentaires sont publiées dans l'annuaire "Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1981/82", rapport hivernal no. 46 de l'IFENA, concernant l'hiver 1981/82, et dans l'annuaire respectif no. 47, concernant l'hiver 1982/83.

Abbildung 1.5: **Schneemessstationen** - *Figure 1.5: Stations nivométriques*



Legende - *Légende*

a) **Alpennordseite** *Versant nord des Alpes*

b) **inneralpine Gebiete** *Régions internes*

c) **Alpensüdseite** *Versant sud des Alpes*

Nr.	Station [m ü.M.]	Höhe
1	Leysin	1250
2	Grindelwald Bort	1570
3	Mürren	1670
4	Grimsel	1970
5	Stoos	1290
6	Andermatt	1440
7	Trübsee	1800
8	Gütsch	2287
9	Schwägalp	1290
10	Braunwald	1320
11	Malbun (FL)	1600
12	Säntis	2500

No.	*Station* [*m s.m.*]	*Altitude*
13	Ulrichen	1345
14	Montana	1470
15	Zermatt	1610
16	Bourg-Saint Pierre	1650
17	Saas Almagell	1667
18	Mauvoisin	1840
19	Klosters	1200
20	Davos	1560
21	Zervreila	1735
22	Arosa	1818
23	Weissfluhjoch	2540
24	Ftan	1710
25	La Drossa	1710
26	Samedan	1710
27	Pontresina	1840
28	Berninahäuser	2049

No.	*Stazione* [*m s.M.*]	*Altezza*
29	Ambri	1000
30	Bosco-Gurin	1510
31	San Bernardino Dorf	1630
32	Simplon Hospiz	2000
33	Poschiavo	1014
34	Santa Maria	1400
35	Maloja	1810

Tabelle 1.3: **Schneedecke des Winters 1981/82**

Station	Höhe	Periode mit permanenter Schneedecke			Grösste Schneehöhe		Grösster Wasserwert der Schneedecke	
		erster	letzter	Dauer	Betrag	Datum	Betrag	Datum
	[m ü.M.]	[Tag]	[Tag]	[Tage]	[cm]		[mm]	
Leysin	1250	28.11.	16. 4.	140	138	21. 3.	369	14.+31.3.
Grindelwald Bort	1570	26.11.	16. 5.	172	223	19.+21.3.	577	1. 4.
Mürren	1670	25.11.	18. 5.	175	184	21. 3.	495	1. 4.
Grimsel	1970	22.10.	24. 6.	246	478	24. 3.	—	—
Stoos	1290	25.11.	29. 5.	186	263	21. 3.	900	27. 3.
Andermatt	1440	22.10.	19. 5.	210	220	30. 1.	726	2. 4.
Trübsee	1800	12.11.	20. 6.	221	352	21. 3.	1279	1. 5.
Gütsch	2287	21.10.	25. 6.	248	450	19.+20.3.[1]	—	—
Schwägalp	1290	25.11.	21. 5.	178	282	23. 3.	997	15. 3.
Braunwald	1340	12.11.	25. 5.	195	271	23. 3.	804	2. 4.
Malbun	1600	12.11.	18. 5.	188	200	19. 3.	562	16. 3.
Säntis	2500	21.10.	8. 8.	292	610	19. 3.	—	---
Ulrichen	1345	25.11.	2. 5.	161	225[2]	30. 1.	636	1. 3.
Montana	1500	28.11.	28. 4.	152	235	17.12.	578	2. 4.
Zermatt	1610	28.11.	17. 4.	141	140	7. 1.	319	1. 4.
Bourg-St. Pierre	1650	28.11.	20. 4.	144	128	21. 3.	404	1. 4.
Saas Almagell	1667	28.11.	20. 4.	144	90	9. 1.	—	—
Mauvoisin	1840	25.11.	28. 5.	185	238	21. 3.	814	1. 4.
Klosters EW	1200	12.11.	13. 5.	183	242	30. 1.	608	29. 3.
Davos Flüelastr.	1560	8.11.	10. 5.	184	181	30. 1.	424	15. 3.
Zervreila	1735	22.10.	19. 5.	210	170	30. 1.	471	1. 4.
Arosa	1818	22.10.	22. 5.	213	210	30. 1.	559	31. 3.
Weissfluhjoch	2540	12.10.	10. 7.	272	308	19. 3.	1106	18. 5.
Ftan	1710	12.11.	27. 4.	167	117	30. 1.	291	31. 3.
La Drossa	1710	22.10.	10. 5.	201	135	30. 1.	329	1. 4.
Samedan	1710	22.10.	12. 4.	173	97	30. 1.	—	---
Pontresina	1840	22.10.	13. 4.	174	102	30. 1.	—	—
Berninahäuser	2049	22.10.	30. 4.	191	219	30. 1.	—	—
Ambri	1000	28.11.	7. 4.	131	121	9. 1.	—	—
Bosco Gurin	1490	22.10.	19. 5.	210	175	9.1.+1.4.	605	1. 4.
San Bernardino Dorf	1630	28.11.	3. 5.	157	142	18. 3.	379	1. 4.
Simplon Hospiz	2000	27.11.	22. 5.	177	190	1. 4.	—	—
Poschiavo	1014	14.12.	2. 2.	51	55	29.+30.12.	—	—
Santa Maria	1400	28.11.	7. 4.	131	73	18. 3.	135	15. 3.
Maloja	1810	22.10.	16. 5.	207	171	18. 3.	474	1. 4.

1 sowie am 10.4.82 - *ainsi que le 10.4.82.*
2 interpolierter Wert - *valeur interpolée.*

Tableau 1.4: ***Enneigement de l'hiver 1982/83***

Station	*Altitude*	*Période d'enneigement continu*			*Hauteur maximale la couche de neige*		*Valeur maximale de l'équivalent en eau*	
		premier	*dernier*	*durée*	*hauteur*	*date*	*valeur*	*date*
	[m s.m.]	*[jour]*	*[jour]*	*[jours]*	*[cm]*		*[mm]*	
Leysin	1250	14. 1.	21. 3.	67	102	8. 2.	201	1. 3.
Grindelwald Bort	1570	15.11.	29. 4.	166	133	7.2.	388	1. 3.
Mürren	1670	15.11.	26. 4.	163	109	10. 2.	291	1.3.+1.4
Grimsel	1970	14.11.	25. 6.	224	340	13. 4.	---	---
Stoos	1290	11.12.	23. 4.	134	136	7. 2.	615	15. 4.
Andermatt	1440	16.11.	6. 5.	172	155	4.2.+2.3.	443	18. 3.
Trübsee	1800	14.11.	9. 6.	208	234	7. 4.	827	15. 4.
Gütsch	2287	9.11	1. 7.	235	290	25. 4.	---	---
Schwägalp	1290	18.12	23. 4.	127	146	8. 2.	355	1. 3.
Braunwald	1320	11.12.	6. 5.	147	172	7. 2.	509	1. 4.
Malbun	1600	14.11.	22. 4.	160	100	6. 2.	294	2. 3.
Säntis	2500	1.10.	28. 7.	301	580	16. 4.	---	---
Ulrichen	1345	16.11.	28. 4.	164	135	2. 3.	340	15. 2.
Montana	1500	11.12.	19. 4.	130	130	6. 2.	301	1. 3.
Zermatt	1610	16.11.	22. 4.	158	101	1. 2.	257	1. 4.
Bourg-St. Pierre	1650	11.12.	19. 4.	130	93	10. 2.	259	1. 3.
Saas Almagell	1667	16.11.	25. 4.	161	94	7. 4.	---	---
Mauvoisin	1800	14.11.	19. 5.	187	192	6. 2.	593	15. 4.
Klosters	1200	14.11.	30. 4.	168	140	22.+23.1.	387	14. 3.
Davos Flüelastr.	1560	14.11.	27. 4.	165	131	1. 3.	372	1. 3.
Zervreila	1735	14.11	14. 5.	182	120	4. 4.	383	15. 4.
Arosa	1818	14.11.	12. 5.	180	115	4. 2.	369	15. 4.
Weissfluhjoch	2540	5.10.	17. 7.	286	290	24. 5.	1125	1. 6.
Ftan	1710	14.11.	9. 4.	147	102	17. 1.	214	2. 3.
La Drossa	1710	10.11.	29. 4.	171	104	1. 2.	244	1. 3.
Samedan	1710	14.11.	15. 4.	153	70	17. 1.	---	---
Pontresina	1840	14.11.	14. 4.	152	78	17. 1.	---	---
Bernina Diavolezza	2090	10.11	30. 5.	202	154	5. 4.	---	---
Ambri	1000	31. 1.	11. 3.	40	42	11. 2.	---	---
Bosco Gurin	1490	15.11.	21. 5.	188	135	14. 2.	104	1. 4.
San Bernardino Dorf	1630	8.11.	14. 5.	188	110	18.12.	265	5. 4.
Simplon Hospiz	2000	14.11.	8. 6.	207	175	7. 4.	---	---
Poschiavo	1014	6. 2.	20. 2.	15	20	16. 1.	---	---
Santa Maria	1400	9.12.	22. 3.	104	50	16. 1.	93	15. 2.
Maloja	1810	8.11.	20. 5.	194	142	17. 1.	386	15. 2.

2. GLETSCHERCHRONIK

2.1 TÄTIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1981/82

Die Erhebungen der Gletscherkommission für ihren 103. Bericht über den jährlichen Stand und die Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen sind im Herbst 1982 im gewohnten Rahmen und grösstenteils bei günstigen Bedingungen sowohl für die Messungen am Boden als auch für die Aufnahme von Luftbildern durchgeführt worden. Nach den langen Schönwetterperioden des Sommers waren die Gletscher stark ausgeapert, bevor im Süden und im Wallis bereits anfangs Oktober erste Schneefälle die Talsohlen erreichten. Im Gegensatz zu den meisten hochgelegenen kleinen Gletschern, die von diesem Zeitpunkt an eingeschneit blieben, aperten die Zungen der grösseren Talgletscher im Laufe des Oktobers wieder aus und waren bis anfangs November zugänglich für die Messungen am Boden. Nur bei wenigen Gletschern im Wallis und im Tessin ist die Bodenmessung durch die im Süden besonders ergiebigen frühen Schneefälle verhindert worden. Hier traf es sich günstig, dass Vermessungsflüge für die in mehrjährigem Turnus wiederholten Luftaufnahmen in diesem Gebiet durchgeführt wurden. So ist im Berichtsjahr wiederum eine erfreulich grosse Zahl von Gletschern beobachtet worden. Von den 120 Gletschern im Beobachtungsnetz der GK/SANW sind 9 nicht beobachtet worden, von denen 3 zu den 113 jährlich, 6 zu den 7 in mehrjährigen Intervallen kontrollierten Gletschern gehören. Von den 111 beobachteten Gletschern sind 97 im Gelände besucht, 40 im Luftbild erfasst worden (vgl. Tab. 2.1).

Die Angaben über den Stand der Gletscher im Herbst 1982 verdanken wir in 68 Fällen den Mitarbeitern der kantonalen Forstdienste Wallis (für 22 Gletscher), Waadt (4), Bern (10), Uri (8), Obwalden (1), Glarus (1), St. Gallen (2), Graubünden (16) und Tessin (4), in 15 Fällen den privaten Mitarbeitern P. Mercier (4), J.-L. Blanc (3), H. und V. Boss (2), W. Wild und A. Godenzi (je 2) sowie R. Zimmermann und E. Hodel (je 1), in 4 Fällen den Kraftwerken Mauvoisin und Oberhasli (je 2), in den übrigen 24 Fällen den Mitarbeitern der Abteilung für Glaziologie der VAW (für 13 am Boden gemessene und 11 nach Luftbildern bewertete Gletscher). Wir verdanken besonders die Ergebnisse der aufwendigen luftphotogrammetrischen Auswertungen, die uns Jahr für Jahr mitgeteilt werden. Sie sind bei 2 Gletschern für die Kraftwerke Oberhasli durch das Vermessungsbüro A. Flotron in Meiringen, bei 1 Gletscher für die Kraftwerke Mauvoisin durch das Vermessungsbüro H. Leupin in Bern und bei 1 Gletscher für die VAW durch deren Mitarbeiter W. Schmid am Autographen des Geodätischen Instituts der ETHZ erarbeitet worden. Dank der grosszügigen Unterstützung durch das Bundesamt für Landestopographie (L+T) und die Eidgenössische Vermessungsdirektion (V+D) sind im Herbst 1982 wiederum zahlreiche Vermessungsflüge über Gletschern durchgeführt worden. Neben den im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli jährlich überflogenen **Aaregletschern** sind Luftbilder aufgenommen worden von 37 in jährlicher Wiederholung und 27 in mehrjährigem Turnus überflogenen. Dabei sind mindestens ebensoviele weitere Gletscher beiläufig erfasst worden (vgl. Tab. 2.1). Die jährlichen Aufnahmen dienen in erster Linie zur Dokumentation über gefährliche Gletscher (bei 20 Gletschern), den Erhebungen der GK/SANW (bei 11 Gletschern) und den Untersuchungen der VAW im Auftrag von Dritten (bei 6 Gletschern). In mehrjährigem Turnus sind für die Erhebungen der GK/SANW 24 Gletscher, für wissenschaftliche Forschungsprojekte der VAW 3 Gletscher beflogen worden.

Im Berichtsjahr sind neben den vorgängig erwähnten Gletscherzungenmessungen und Firnbeobachtungen jährlich wiederholte Messungen zur Bestimmung des Firn- oder Eishaushalts und der Bewegungsgeschwindigkeit an einzelnen, durch Pegelstangen markierten Punkten der Gletscheroberfläche im Rahmen verschiedener in früheren Berichten vorgestellter Forschungsprojekte oder Untersuchungen im Auftrag von Dritten weitergeführt worden durch die VAW auf den Gletschern **Gries, Aletsch, Allalin, Hohlaub, Schwarzberg, Findelen, Giétro, Limmern, Plattalva** und **Silvretta,** durch das Geographische Institut der ETHZ auf dem **Rhonegletscher**. Von der VAW sind neue Pegelnetze eingerichtet worden für wissenschaftliche Untersuchungen auf dem **Saleina**- und auf dem **Rossbodengletscher**, für Untersuchungen im Auftragsverhältnis auf dem **Titlisgletscher** und auf dem **Belvédèregletscher** bei Macugnaga (Italien). Am **Rossboden** wird das Bewegungsverhalten der durch einen vorstossenden Eiswulst reaktivierten schuttbedeckten Gletscherzunge [VAW, 1984] beobachtet, am **Saleina** die Verformung und Stabilität von bogenförmigen Strukturen im Gletscher [Ott, 1985] untersucht. Das Verhalten der beiden andern Gletscher wird beobachtet, um Gefahrensituationen beurteilen und entschärfen zu können. Beim **Titlisgletscher** geht es um die Sicherheit der Touristen im Bereich des von der Abfahrtspiste mehrmals überquerten, steilen Rotegghangs, in den sich eine seitliche Zunge des Gletschers vorschiebt, die in den letzten Jahren stark angewachsen und im Sommer 1982 teilweise abgerutscht ist [VAW, 1987]. Beim **Belvédèregletscher** sucht man nach Massnahmen, die eine kontrollierte Entwässerung des Randsees Lago delle Loccie auch während des in Gang gekommenen Gletschervorstosses gewährleisten. Nach einem Ausbruch des Sees, der im Sommer 1978 ein Schadenhochwasser verursachte, ist die Ausflussrinne durch ein Stahlblechrohr befestigt worden, das inzwischen durch das vorrückende Eis zusammengedrückt und verstopft wurde, so dass die Gefahr eines erneuten Aufstaus des Sees zunimmt, solange der Gletscher wächst [Haeberli, 1985; Haeberli und Epifani, 1986].

Am **Findelengletscher** sind die Zusammenhänge zwischen kurzfristigen Schwankungen des Wasserdruckes am Gletscherbett und der Bewegungsgeschwindigkeit des Eises an der Gletscheroberfläche im Frühjahr 1982 weiter erforscht worden [Iken und Bindschadler, 1986]. Den nachstehenden Bericht verdanken wir der Projektleiterin A. Iken (VAW):

"Nach einer Verzögerung wegen schlechten Wetters konnte unser Material am 7. Mai auf den **Findelengletscher** geflogen werden. Dort richteten wir zunächst zwei zusätzliche Vermessungsprofile ein, dann begannen wir mit den Heisswasserbohrungen zum Gletscherbett. Von 25 Bohrlöchern traten 11 - sechs von diesen nur zeitweise - in Verbindung mit dem subglazialen Abflusssystem. Der Wasserspiegel in diesen Bohrlöchern lag im allgemeinen 70 bis 80 m unter der Gletscheroberfläche. An 4 Querprofilen wurde 1 bis 4 mal täglich die Gletscherbewegung gemessen. Ab Mitte Mai traten kleinere Geschwindigkeitsvariationen auf. Am 28. und 29. Mai nahm die Geschwindigkeit trotz relativ geringer Schneeschmelze zu, was zunächst unerklärlich schien. In der Nacht vom 29. zum 30. Mai erfolgte dann ein Ausbruch einer grösseren Wassertasche, deren Wassermassen vor der Gletscherzunge einen Damm durchbrachen. Am 29. Mai, gegen 24 Uhr, wurde im oberen Teil des Messgebiets (etwa 2800 m ü.M.) eine Phase sehr hohen Wasserdruckes registriert, erst drei Stunden später auch im unteren Teil, etwa 500 m gletscherabwärts. Beim Durchgang der "Wasserdruckwelle" nahm die Geschwindigkeit des Gletschers im jeweils betroffenen Gebiet sehr stark zu, ebenso die seismische Aktivität, die durch zwei vom Geophysikalischen Institut der ETHZ geliehene Seismographen aufgezeichnet wurde. Die örtlich und zeitlich variierende Geschwindigkeit des Gletschers verursachte Deformationen des Eises, vor allem in der Bewegungsrichtung. Zur Messung der Deformation dienten zwei 15 m lange Invardrähte in Tunneln unter der Schneedecke. B. Ott hatte diese Messstellen gerade rechtzeitig für den Wasserausbruch eingerichtet. Die Längenänderungen der Messstrecken wurden mehrmals täglich mit dem Distometer des Instituts für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau der ETHZ gemessen.

Ein weiterer, kleinerer Wassertaschenausbruch erfolgte zwei Wochen später. Im Anschluss an die Ausbrüche war die Aktivität des Gletschers jeweils geringer. Jedoch normalisierte sich das subglaziale Abflusssystem während einer Kälteperiode um den 14. Juni, so dass bei der nächsten Schönwetterperiode, vom 18. bis 20. Juni, ein ausgeprägter Tagesgang des Wasserdruckes und der Gletscherbewegung gemessen werden konnte."

Am **Grubengletscher** ob Saas Balen wurden die Bohrlöcher, die mit dem Heisswasserbohrer der VAW auf das Gletscherbett abgetieft wurden, für die Untersuchung des Glescherbetts mittels geoelektrischer Messungen benützt [Haeberli und Fisch, 1985]. Indem die Elektroden in den Bohrlöchern in direktem Kontakt mit dem Gletscherbett gebracht werden, ist es möglich, schneller und einfacher als mit mechanischen Probebohrungen gewisse Aufschlüsse über die Beschaffenheit des Untergrunds zu erhalten, beispielsweise ob dieser aus Fels oder aus Lockergestein besteht.

Im Anschluss an die Gletscherkatastrophe von Mattmark ist 1973 die "Arbeitsgruppe für gefähr–liche Gletscher" (AGG) gegründet worden, deren Zusammensetzung und Ziele in unserem 93. Gletscherbericht umrissen sind. Eine ihrer Tätigkeiten besteht im Zusammenstellen einer Dokumentation über aktuelle und frühere Ereignisse wie Gletscherstürze, Eislawinen, Ausbrüche von Gletscherrandseen oder subglazialen Wassertaschen und ähnliche Vorfälle mit oder ohne Schadenfolgen, bei denen die Gletscher in irgendwelcher Form beteiligt sind. Aus einer solchen "Schadenchronik" können auf empirischem Weg Hinweise für die Früherkennung künftiger Gefahrensituationen und Anhaltspunkte für die Beurteilung der Risiken bei erkannten Gefahrensituationen gewonnen werden. So sind in einer Studie Häufigkeit und Charakteristik von Gletscherhochwassern analysiert worden [Haeberli, 1983]. Im Rahmen einer Dissertation sind ähnliche Untersuchungen auch über Eislawinen im Gang [Alean 1984 und 1985]. Die nachstehende Zusammenstellung derartiger Ereignisse in den Jahren 1981 und 1982 verdanken wir W. Haeberli und J. Alean:

"Das Jahr 1981 war charakterisiert durch eine Anzahl kleinerer Ereignisse: Im Frühjahr zerstörte eine Schnee-Eislawine aus dem Gebiet des **Hohbalmgletschers** die Skilifte im "Leeboden" bei Saas Fee und stiess bei der nach "Chalbermatten" führenden Brücke bis zur Feevispa vor. Ausbrüche kleiner Wassertaschen ereigneten sich in der Zeit vom 16. bis 19. Juni am **Glacier de Tsidjiore Nouve**, im Juli am **Festigletscher** und am 21./22. Oktober am **oberen Grindelwaldgletscher**, ohne nennenswerte Schäden anzurichten. Der Ausbruch am **Tsidjiore Nouve** wurde von einer englischen Forschergruppe untersucht. Ihren Messungen und Berechnungen zufolge führte die ausgebrochene Wassermasse von rund 183 000 m^3 rund 2000 m^3 oder 5500 Tonnen Schutt mit sich. Verteilt auf die Fläche des Gletschers entspricht diese Schuttmenge einem durchschnittlichen Abtrag des Gletscherbetts um 0,4 mm [Gurnell et al., 1988]. Eine Eislawine verschüttete den Weg zur Fründenhütte. Die jährlich für die AGG aufgenommenen Luftbilder zeigen grössere Lawinen auch am **Balmhorngletscher** (etwa 100 000 m^3) und am **Tälligletscher** (LK: "**Fletschhorngletscher**"; ungefähr 500 000 m^3).

Im Auftragsverhältnis hat sich die VAW mit Eissturzrisiken befasst am **Glacier des Rosses** oberhalb des Stausees Emosson und am **Doldenhorngletscher** oberhalb des Öschinensees hinsichtlich der Bildung von Schwallwellen, am **Plateau Rosa** hinsichtlich der Eisschlaggefahr für die Benützer der Skipiste am Kleinen Matterhorn. Im letzteren Fall hat man die Gefahr beseitigt, indem ein rund 4000 bis 6000 m^3 grosser, schiefstehender Firnblock durch Sicherheitssprengungen zerlegt wurde.

Im Sommer 1982 warnte der SAC vor zunehmender Eissturzgefahr auf dem Weg von der Wengernalp zur Silberhornhütte, der unterhalb des **Giessengletschers** durchführt. Am 10./11. Juni wurde durch den Ausbruch einer Wassertasche im **Bidergletscher** das Bett der Saaser Vispa verstopft. Zur Räumung mussten schwere Baumaschinen eingesetzt werden. Der Vorstoss des **Grubengletschers** ob Saas Balen machte umfangreiche Bauarbeiten nötig: Das Entwässerungsrohr des 1968 und 1970 ausge-

brochenen Randsees musste tiefer in den Boden gelegt und verlängert werden. Da es nun in ganzjährig gefrorenen Schutt eingebettet ist, sollte es dem Druck des vorstossenden Eises während einiger Jahre standhalten.

Im Auftragsverhältnis hat die VAW Untersuchungen über das Verhalten des **Titlisgletschers** am Rotegghang und des **Belvédèregletschers** beim Lago delle Loccie oberhalb Macugnagas begonnen. Für den Neubau des Berghauses auf dem **Jungfraujoch** werden die Temperaturverhältnisse im Baugrund untersucht und in Zusammenarbeit mit Lawinenfachleuten die zu erwartenden Schneelasten auf dem Dach des Gebäudes abgeschätzt. Im Rahmen seiner Dissertation hat Alean [1984] u. a. folgende Ereignisse festgehalten: Im Mai oder Juni stürzte eine Eislawine aus der **Westflanke des Eigers** auf die Zunge des Eigergleschers. Bei einem Volumen von etwa 300 000 m^3 kam sie erst unterhalb der Bahnstation zum Stillstand. Am **Unteren Grindelwaldgletscher** fiel im Gebiet der Strahlegg eine grosse Eislawine (etwa 1'000 000 m^3) auf das obere Eismeer. An der **Südflanke des Mönchs**, die bei gutem Wetter durch das Personal der Hochalpinen Forschungsstation täglich photographiert wird, erreichte die grösste von mehreren, zu verschiedenen Zeiten abgegangenen Eislawinen eine Grösse von rund 50 000 m^3. Vom **Balmhorngletscher**, der durch eine automatische Kamera ebenfalls täglich aufgenommen wird, sind im Winter verschiedene Eislawinen losgebrochen und z.T. über den Weg, der zur Balmhornhütte führt, hinausgefahren. Schnee-Eislawinen stürzten im Februar 1982 und im Winter 1982/83 vom **Nestgletscher** an der Nordflanke des Bietschhorns bis auf den Schwemmkegel am Hangfuss."

2.2 TÄTIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1982/83

Die Erhebungen der Gletscherkommission über den Stand und die Veränderung der Gletscher in den Schweizer Alpen in der 104. Berichtsperiode sind im Herbst 1983 im üblichen Umfang und im allgemeinen bei günstigen Bedingungen für die Messungen am Boden wie auch für die Beobachtungen aus der Luft durchgeführt worden. Die ausserordentlich intensive Schmelzung im Hochsommer hat die Schnee- und Firnlagen, die in den vorangehenden Jahren manches hochgelegene Gletscherende verbargen, nur im Tessin nicht restlos abgeräumt. Von einzelnen schuttbedeckten Gletscherzungen abgesehen, lagen die Gletschergrenzen klar zutage. Die frühen, zumeist aber wenig ergiebigen Schneefälle im September und Oktober erwiesen sich für die Messungen im Gelände weniger hinderlich als in einzelnen Fällen für die Auswertung der Luftbilder. Die meisten Begehungen haben vor dem grösseren Schneefall von Mitte Oktober stattgefunden. Von der ungewohnten, durch die besonderen Wetter- und Schneeverhältnisse gebotenen Möglichkeit, den Gletscher noch im Spätherbst bei guten Weg- und Messbedingungen zu besuchen, musste kaum Gebrauch gemacht werden. Von den 120 Gletschern des Beobachtungsnetzes sind im Berichtsjahr 111 beobachtet worden, indem 102 am Boden besucht und 51 im Luftbild (vgl. Tab. 2.1) erfasst wurden. Von den 9 im Herbst 1983 nicht beobachteten Gletschern werden 7 in mehrjährigem Turnus nur aus der Luft aufgenommen. Sie liegen alle ausserhalb des Aufnahmebereichs der Vermessungsflüge, die im Berichtsjahr über Gletschern durchgeführt worden sind. Für 109 Gletscher ist die Längenänderung seit der letzten Messung bekannt. Sie ist in 99 Fällen durch die Messungen am Objekt und in 7 Fällen anhand der Luftbilder quantitativ, in 3 Fällen anhand der Luftbilder qualitativ bestimmt worden. Zwei Beobachtungen führten zu keinem schlüssigen Ergebnis. Im einen Fall fehlen Vergleichswerte zu den im Gelände ausgeführten Messungen, weil die früher benutzte, in den vorangehenden Jahren eingeschneite Messbasis noch nicht ausgeapert ist. Im anderen Fall liess sich der von Neuschnee überdeckte Gletscherrand auf dem neuen Luftbild nicht genau festlegen.

Zum guten Ergebnis des 104. Berichtsjahres haben beigetragen mit 73 Meldungen die Mitarbeiter der kantonalen Forstdienste Wallis (24), Waadt (4), Bern (10), Uri (9), Obwalden (1), Glarus (1), St. Gallen (2), Graubünden (16) und Tessin (6), mit 15 Meldungen die privaten Mitarbeiter P. Mercier (4), J.-L. Blanc (3), H. und V. Boss (2), W. Wild und A. Godenzi (je 2) sowie R. Zimmermann und E. Hodel (je 1), mit 4 Meldungen die Kraftwerke Mauvoisin und Oberhasli (je 2) sowie mit 19 Meldungen für 12 am Boden gemessene und 7 nach Luftbildern bewertete Gletscher die Mitarbeiter der Abteilung für Glaziologie der VAW. In verdankenswerter Weise sind uns auch die Ergebnisse der luftphotogrammetrischen Auswertungen wiederum zur Verfügung gestellt worden. Die Auswertungen sind wie bisher bei 2 Gletschern für die Kraftwerke Oberhasli durch das Vermessungsbüro A. Flotron in Meiringen, bei 1 Gletscher für die Kraftwerke Mauvoisin durch das Vermessungsbüro H. Leupin in Bern und bei 1 Gletscher für die VAW durch deren Mitarbeiter W. Schmid am Autographen des Geodätischen Instituts der ETH Zürich aurgeführt worden. Das Bundesamt für Landestopographie (L+T) und die Eidgenössische Vermessungsdirektion (V+D) haben uns erneut grosszügig unterstützt mit zahlreichen Vermessungsflügen, die sie in jährlicher Wiederholung über 37 Gletschern und in mehrjährigem Turnus über 29 Gletschern durchgeführt haben. Dabei ist eine etwa gleich grosse Zahl von Gletschern zusätzlich im Luftbild erfasst worden (vgl. Tab. 2.1). Die jährlich wiederholten Aufnahmen dienen in erster Linie den Erhebungen der Arbeitsgruppe für gefährliche Gletscher (in 29 Fällen) und der GK/SANW (in 11 Fällen)

sowie den Untersuchungen der VAW im Auftrag von Dritten (in 6 Fällen). Die übrigen Flüge sind für die Erhebungen der GK/SANW über 25 Gletschern und für Forschungsprojekte der VAW über 4 Gletschern durchgeführt worden.

Den Erhebungen der Gletscherkommission über den jährlichen Stand und die Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen steht im Sinne einer Landesaufnahme ein gewisser Selbstzweck zu. Dieser ist jedoch den von Anfang an weiter gesteckten Zielen der seit mehr als hundert Jahren betriebenen systematischen Beobachtungen untergeordnet. Ein übergeordnetes Ziel ist die weltweite Erfassung der Gletscherveränderungen in ihren Beziehungen zu globalen Klimaveränderungen (um über das Verständnis der Zusammenhänge zwischen den heutigen Klima- und Gletscherveränderungen Erklärungen zu finden für die Klima- und Gletscherschwankungen der Vergangenheit oder auch Grundlagen zu schaffen für eine brauchbare Vorhersage der künftigen Entwicklung). Im Bestreben, die weltweiten Zusammenhänge in den heutigen Gletscherveränderungen zu erfassen, ist bereits 1894 eine internationale Gletscherkommission gegründet worden, die u. a . von 1895 an in periodischen Berichten die Ergebnisse der Gletscherbeobachtungen aus den verschiedenen Ländern und Erdteilen zusammengefasst hat. Ihre Nachfolgerin, die Internationale Kommission für Schnee und Eis (ICSI) der Internationalen Vereinigung für wissenschaftliche Hydrologie (IASH), hat diese Arbeit einem 1967 gegründeten permanenten Dienst, dem "permanent service on the fluctuations of glaciers (PSFG)", als Hauptaufgabe zugewiesen, mit Peter Kasser, Zürich, als erstem Direktor. Als Nachfolger leitete Fritz Müller, Zürich, den PSFG von 1976 bis 1980 und 1983 wurde Wilfried Häberli, Zürich, als neuer Direktor eingesetzt.

Bei der wachsenden Zahl und der zunehmenden Vielfalt der gegenwärtig in der Schweiz laufenden glaziologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit praktischen Problemen oder für die wissenschaftliche Forschung, die neuerdings vermehrt auch im Bereich der reinen Theorie vorangetrieben wird, kann im Rahmen dieses Berichts nicht auf jedes einzelne Projekt näher eingetreten werden. Von den im letzten oder in früheren Berichten skizzierten Untersuchungen sind namentlich die vom Geographischen Institut der ETZ Zürich seit 1979 am **Rhonegletscher** und im Einzugsgebiet der Rhone oberhalb Gletsch betriebenen glaziologischen, hydrologischen und klimatologischen Studien abgeschlossen worden. Die Ergebnisse sind in verschiedenen Dissertationen [Funk, 1985; Bernath, 1990] verarbeitet. Eine ergänzende Studie dazu bilden die Strahlungsmessungen der Abteilung für Hydrologie der VAW während des Sommers 1983 auf dem **Muttgletscher** [Müller, 1984].

Durch sein ausserordentlich kräftiges Vorstossen im Winter 1982/83 hat der **Obere Grindelwaldgletscher** das Interesse eines grossen Publikums wie auch von Presse, Radio und Fernsehen auf sich gezogen. Den zahlreichen Besuchern der traditionellen Eisgrotte, die von Hand mit den in Grindelwald eigens zu diesem Zweck entwickelten besonderen Eisäxten in die Stirn der Gletscherzunge eingehauen wird, ist während des ganzen Sommers mittels einer "Gletscheruhr" der tägliche Vorschub des Eises sichtbar vor Augen geführt worden. Gegen Ende des Sommers machte auch der **Untere Grindelwaldgletscher** auf sich aufmerksam durch zwei Wasserausbrüche, die keinen grossen Schaden verursachten, aber durch die grosse Menge des mitgeführten, im Staubecken von Burglauenen aufgeschwemmten Eises auffielen. Sie stehen vermutlich in direktem Zusammenhang mit beträchtlichen Eisstürzen, die kurz vorher vom **Kallifirn** durch die Runse der "Schlosslauenen" auf das Zungenende des Unteren Grindelwaldgletschern und in die davorliegende "Gletscherschlucht" abgegangen waren.

Über weitere Gletscherstürze und Eislawinen im Berichtsjahr macht J. Alean, VAW, folgende Angaben:

"Das Jahr 1982/83 ist gekennzeichnet durch eine ausserordentlich grosse Zahl von Unglücksfällen mit Todesopfern, die durch Eislawinen oder Eisschlag verursacht wurden: 5. September 1982: Vorfeld des **Oberen Grindelwaldgletschers** (1 Toter); 6. November 1982: Trümmletental unterhalb **Giessengletscher** (1 Toter); 1. Mai 1983: **Nordflanke des Aletschhorns** (1 Toter); 12. Mai 1983: **Morteratschgletscher** (3 Tote); 15. Juni 1983: **Nordflanke des Piz Roseg** (3 Tote); 19. September 1983: Vorfeld des **Rosenlauigletschers** (1 Toter).

Eine Zusammenstellung von Unfällen und Schadenereignissen, die seit dem 16. Jahrhundert durch Eislawinenniedergänge verursacht wurden, ist in meiner Dissertation [Alean, 1984] enthalten. Diese Arbeit enthält auch verschiedene Kartenskizzen und Photographien von Eislawinen aller Grössenordnungen zwischen Eisabbrüchen von einigen m^3 bis zu Eislawinen von mehr als 10 Millionen m^3 aus den Alpen und aus Alaska. Besonders bemerkenswert war die Eislawinenaktivität im Herbst 1983 am **Balmhorngletscher** aus einer Anrisszone in 2800 m Meereshöhe und ebenso am **Fletschhorngletscher** stürzten innert mehrerer Wochen im September und Oktober rund 600 000 m^3 Eis ab, vermutlich eher in zahlreichen kleineren Stürzen als in einer einzelnen Grosslawine.

Im Rahmen der erwähnten Dissertation sind durch das Personal der Hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch bei guter Sicht täglich Aufnahmen vom Hängegletscher an der **Südflanke des Mönchs** gemacht worden. Deren Auswertung zeigt, dass dieser hochgelegene Hängegletscher an seiner Abbruchfront in 3600 bis 3700 m Meereshöhe in allen Jahreszeiten etwa gleich viele Eislawinen erzeugte. Von den 62 im Laufe eines Jahres erfassten Lawinenabgängen erreichte der grösste eine Kubatur von 60 000 m^3 und 40 wiesen eine Kubatur zwischen 3000 und 30 000 m^3 auf. Im Unterschied zu diesem Gletschertyp mit ziemlich gleichmässig über das ganze Jahr verteilter Lawinentätigkeit erzeugen Gletscher einer anderen Art ihre Lawinen vor allem in den Monaten Juli bis Oktober. Einzelheiten der Entstehungsbedingungen und Reichweiten von Eislawinen, die vor allem für Bergsteiger eine Gefahr darstellen, sind in einer besonderen Publikation beschrieben [Alean, 1985]."

Die Lawinentätigkeit des **Balmhorngletschers** gab Anlass zu intensiven Beobachtungen und Messungen der Fliessgeschwindigkeiten des Gletschers im Anrissgebiet. Sie ergaben wichtige Aufschlüsse über die Verformungs- und Bruchmechanismen steiler Gletscher. In erster Linie aber dienten sie dem praktischen Zweck, eine gefährliche Beschleunigung im Anrissgebiet frühzeitig zu erkennen, damit die Filmequipe, die im Gasterntal im Ablagerungsbereich der in früheren Jahren beobachteten Grosslawinen mit Dreharbeiten beschäftigt war, vor einem möglichen grossen Absturz gewarnt werden konnte. Die Beobachtungen und Messungen sind durch die VAW ausgeführt worden [Röthlisberger, 1987].

2. CHRONIQUE DES GLACIERS

2.1 ACTIVITÉ ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1981/82

Ce 103e Rapport de la Commission des glaciers se fonde sur les enquêtes de l'automne 1982 portant sur l'état annuel et les variations des glaciers des Alpes suisses. Effectués selon le programme habituel, ces relevés se sont déroulés, pour la plupart, dans des conditions favorables, qu'il s'agisse des mesures sur le terrain ou des prises de vues aériennes. A la suite des lon gues périodes de beau temps estival, les glaciers ont été bien dégagés jusqu'aux premières chutes de neige qui ont atteint le fond des vallées, au sud des Alpes et en Valais, au début d'octobre. Contrairement aux petits glaciers situés à une altitude élevée et qui, dès ce moment-là, sont restés enneigés, les langues des grands glaciers de vallée sont réapparues dans le courant d'octobre et restées accessibles pour les mesures sur le terrain jusqu'au début de novembre. Les chutes de neige, particulièrement précoces et abondantes au sud des Alpes, ont empêché la mensuration de quelques glaciers du Valais et du Tessin.

Un hasard favorable a permis toutefois que les vols photogrammétriques (programmés sur plusieurs années) puissent être réalisés en 1982 dans cette région. De cette manière, un nombre important de glaciers ont été observés cette année. Du nombre total de 120 glaciers du réseau de la CG/ASSN, seuls 9 n'ont pas été visités (dont trois contrôlés annuellement et six contrôlés à des intervalles plus espacés). Sur les 111 glaciers restants, 97 ont été observés sur le terrain et 40 par avion (cf. tabl. 2.1).

Les relevés de l'automne 1982 sont dus, pour 68 glaciers, aux Services forestiers des cantons du Valais (22 glaciers), de Vaud (4), de Berne (10), d'Uri (8), d'Obwald (1), de Glaris (1), de Saint-Gall (2), des Grisons (16) et du Tessin (4); pour 15 glaciers, aux collaborateurs privés P. Mercier (4), J.-L. Blanc (3), H. et V. Boss (2), W. Wild at A. Godenzi (2 chacun), ainsi que R. Zimmermann et E. Hodel (1 chacun); pour 4 glaciers, au personnel des Forces motrices de Mauvoisin et de l'Oberhasli (2 chacun) et, pour les 24 glaciers restants, aux collaborateurs de la section de glaciologie des VAW (13 sur le terrain et 11 au moyen de photos aériennes). Année après année, nous bénéficions de nombreuses et excellentes restitutions photogrammétriques. Elles ont été effectuées pour deux glaciers, à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli, par le bureau A. Flotron de Meiringen, pour un glacier à la demande des Forces motrices de Mauvoisin, par le bureau H. Leupin de Berne et, pour un glacier, à la demande des VAW, par W. Schmid (VAW) et grâce à l'autographe de l'institut de géodésie de l'EPFZ. Grâce à l'appui généreux de l'Office fédéral de topographie (S+T) et de la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M), on a pu de nouveau réaliser plus d'un vol photogrammétrique sur les glaciers. Sans compter ceux effectués sur les **glaciers de l'Aar** *pour les Forces motrices de l'Oberhasli, ils ont porté sur 37 glaciers, photographiés habituellement chaque année, et sur 27 autres survolés selon un roulement de plusieurs années. Avec les clichés obtenus par ces vols, on a pu relever la situation d'un nombre presque aussi élevé de glaciers supplémentaires (cf. tabl. 2.1). Les vols répétés chaque année servent surtout aux enquêtes du groupe de travail pour l'étude des glaciers dangereux (20 cas) et de la CG/ASSN (11 cas), ainsi qu'aux recherches que les VAW effectuent pour des tiers (6 cas). Les autres vols, répétés à intervalles pluriannuels, ont porté sur 24 glaciers observés par la CG/ASSN et sur 3 glaciers étudiés par les VAW.*

Outre les mensurations des langues glaciaires et les observations de névés dont nous venons de parler, on a poursuivi, au cours de l'année du présent rapport, les programmes de mesures répétés chaque année et qui sont destinés à observer à long terme le bilan de masse et la vitesse du mouvement de certains glaciers balisés par des perches enfoncées dans la glace. Découlant de projets de recherches déjà évoqués dans les rapports antérieurs ou d'expertises exécutées à la demande de tiers, ils ont été réalisés par les VAW pour les ***glaciers de Gries, d'Aletsch, de Giétro, de Limmern, de Plattalva*** *et de la* ***Silvretta,*** *et par l'Institut de géographie de l'EPFZ pour le* ***glacier du Rhône.*** *Les VAW ont, en outre, établi de nouveaux réseaux de balises sur les* ***glaciers de Saleina*** *et de* ***Rossboden*** *pour des études scientifiques, et sur les* ***glaciers du Titlis*** *et du* ***Belvédère*** *près de Macugnaga (Italie) à la suite de mandats qui leur ont été confiés. A* ***Rossboden,*** *on observe la langue glaciaire recouverte d'éboulis et dont le mouvement est réactivé par l'avance d'un renflement du glacier en amont [VAW, 1984]. A* ***Saleina,*** *on examine la déformation et la stabilité de certaines structures cintrées du glacier [Ott, 1985]. Dans les deux autres cas, l'étude demandée porte sur le comportement du glacier, ce qui permettra de reconnaître les situations dangereuses et de les atténuer dans la mesure du possible. Au* ***Titlis,*** *il s'agit d'assurer la sécurité des touristes sur la pente de Rotegg, traversée plusieurs fois par la piste de descente; en effet, une langue latérale du glacier s'y est fortement avancée ces dernières années et s'est même éboulée partiellement durant l'été de 1982 [VAW, 1987]. Au* ***glacier du Belvédère,*** *on cherche à trouver les mesures adéquates permettant une vidange contrôlée du lac latéral appelé Lago delle Loccie, même pendant l'avance actuelle de la glace. Après un déversement de ce lac qui provoqua une inondation et des dégâts en été 1978, on a renforcé le chenal d'écoulement par un tuyau en tôle d'acier; depuis lors, il a été complètement écrasé par l'avance des glaces, à tel point que le danger de formation d'un nouveau lac de barrage s'accroît avec la crue du glacier [Haeberli, 1985; Haeberli und Epifani, 1986].*

Au ***glacier de Findelen,*** *on a poursuivi (au printemps 1982) l'étude des rapports entre les oscillations rapides de la pression hydrostatique mesurée près du lit du glacier et la vitesse d'écoulement de la glace en surface [Iken und Bindschädler, 1986]. Nous reproduisons in extenso le rapport de A. Iken (VAW):*

*"Après un certain retard dû au mauvais temps, notre matériel a pu être apporté par hélicoptère à pied d'oeuvre (****glacier de Findelen****), le 7 mai. Nous avons tout d'abord établi deux profils de mensuration supplémentaires, puis nous avons creusé 25 trous au moyen de la foreuse hydrothermique, jusqu'au lit du glacier. Onze forages ont permis le contact - temporairement pour six d'entre eux - avec le réseau d'écoulement sous-glaciaire. Dans ces trous, le niveau de l'eau se stabilisait en général à 70 ou 80 m au-dessous de la surface du glacier. Le mouvement de la glace (mesuré une à quatre fois par jour le long des profils transversaux) a présenté quelques variations dès la mi-mai. Malgré une fonte assez faible de la neige, la vitesse a augmenté rapidement les 28 et 29 mai, ce qui a paru inexplicable de prime abord. La nuit du 29 au 30 mai, l'éclatement d'une poche d'eau a rompu une digue située devant la langue glaciaire. Le 29 mai, vers minuit, on a enregistré une phase de pression hydrostatique très élevée dans la partie supérieure du champ de mesures (vers 2800 m). Elle se fit sentir dans la partie inférieure, cinq cents m environ en aval, trois heures plus tard seulement. Au passage de cette "onde de pression", la vitesse d'écoulement du glacier a augmenté très fortement dans la région considérée, de même que l'activité sismique, enregistrée par deux sismographes, obligeamment mis à disposition par l'Institut de géophysique de l'EPFZ. Ces variations de vitesse dans l'espace et le temps ont provoqué des déformations de la glace, surtout dans le sens de son écoulement. Celles-ci ont été mesurées au moyen de deux câbles d'invar, longs de quinze mètres et scellés dans des galeries creusées sous la couche de neige. B. Ott avait placé ce dispositif de mesure à temps avant l'éclatement de la poche d'eau. Les variations de longueur de ces câbles étaient relevées plusieurs fois par jour au moyen d'un distomètre de l'Institut pour la construction des routes, des chemins de fer et la construction en rocher de l'EPFZ.*

Une poche d'eau de dimensions plus faibles a éclaté deux semaines plus tard. L'activité du glacier a diminué après chacune de ces vidanges. Par la suite, le système d'écoulement sous-glaciaire s'est normalisé pendant une période froide (autour du 14 juin) à tel point que, durant la série suivante de beau temps, du 18 au 20 juin, on a observé une variation journalière caractéristique de la pression hydrostatique et du mouvement du glacier."

*Au **glacier de Gruben** (au-dessus de Saas-Balen), on a percé des trous jusqu'au lit du glacier au moyen de la foreuse hydrothermique des VAW pour procéder à des mesures géo-électriques [Haeberli und Fisch, 1985]. Les électrodes placées au fond des forages se trouvent en contact direct avec la couche sous-jacente, ce qui permet de tirer rapidement et aisément des conclusions sur la qualité du sous-sol, en particulier s'il est composé de roche ou de matériaux meubles.*

Un groupe de travail chargé d'étudier les glaciers dangereux (Arbeitsgruppe für gefährliche Gletscher, AGG) s'est constitué en 1973, à la suite de la catastrophe de Mattmark. Nous avons décrit sa composition et ses buts dans notre 93e rapport. L'une de ses activités consiste à rassembler une documentation complète sur tous les écroulements de glaciers, les avalanches de glace, les vidanges de lacs glaciaires ou de poches d'eau sous-glaciaires, ainsi que sur tout autre événement de même nature (récent ou ancien) ayant un rapport quelconque avec les glaciers. Tous ces phénomènes naturels seront étudiés, même s'ils n'ont pas provoqué de dégâts. Une telle "chronique" devrait permettre à l'avenir d'obtenir de manière empirique des indices propres à reconnaître suffisamment tôt des situations potentiellement dangereuses et donner des renseignements nécessaires à l'estimation des risques. A ces fins, une étude a été faite sur la fréquence et les caractéristiques des inondations dues aux glaciers [Haeberli, 1983]. Des observations analogues sur les avalanches de glace sont actuellement analysées dans le cadre de la préparation d'une thèse [Alean, 1984 et 1985]. W. Haeberli et J. Alean ont résumé comme il suit les événements de ce genre survenus en 1981 et 1982:

*"L'année 1981 s'est signalée par un certain nombre de faits d'importance mineure. Au printemps, une avalanche de neige et de glace s'est détachée du **glacier de Hohbalm**, a détruit les téléskis de "Leeboden", au-dessus de Saas-Fee (près du pont conduisant à "Chalbermatten") et a atteint la Viège de Fee. De petites poches d'eau se sont ouvertes au **glacier de Tsidjiore Nouve**, entre le 16 et le 19 juin, au **glacier de Festi** (en juillet) et au **glacier supérieur de Grindelwald**, les 21 et 22 octobre. Elles n'ont heureusement pas provoqué de dégâts notables. Un groupe de recherche anglais a étudié le cas du **glacier de Tsidjiore Nouve**. Ses mesures et ses calculs ont démontré que la poche d'eau, d'un volume de 183 000 m^3, avait emporté avec elle 2000 m^3 environ, soit 5500 tonnes, de graviers. Répartie sur la surface totale du lit du glacier, cette masse de débris correspond à une usure moyenne de 0,4 mm [Gurnell et al., 1988]. Une avalanche de glace a obstrué le chemin conduisant à la cabane Fründen. Les prises de vues aériennes effectuées chaque année pour l'AGG ont révélé des avalanches très importantes sur les **glaciers du Balmhorn** (100 000 m^3 environ) et de **Tälli**, appelé **Fletschhorngletscher** sur les cartes nationales (500 000 m^3 environ). Mandatés par des tiers, les VAW ont étudié les risques de chute de séracs au **glacier des Rosses** et du **Doldenhorn**, susceptibles de provoquer des lames de fond dans les lacs d'Emosson et d'Oeschinen. Au **Plateau Rosa**, suivant leur conseil, on a fait sauter préventivement un morceau de névé de 4000 à 6000 m^3 qui, en s'inclinant progressivement, a failli tomber sur la piste de ski du Petit Cervin.*

*En été 1982, le CAS a signalé le danger d'écroulement de séracs sur le chemin allant de la Wengernalp à la cabane du Silberhorn et passant au-dessous du **glacier de Giessen**. Les 10 et 11 juin, l'éclatement d'une poche d'eau dans le **glacier de Bider** a obstrué le lit de la Viège de Saas; de lourdes machines de chantier furent nécessaires pour déblayer ces matériaux. L'avance du **glacier de Gruben** (au-dessus de Saas-Balen) a nécessité d'importants travaux de génie civil pour adapter le déversoir artificiel du lac marginal, qui s'était déjà vidé en 1968 et en 1970. On a dû prolonger et enterrer plus profondément dans*

le sol sous-glaciaire le tuyau d'écoulement, qui devrait dorénavant résister à la poussée du glacier, puisque il se trouve maintenant entièrement enseveli dans des sédiments consolidés par le gel permanent.

Mandatés par des tiers, les VAW ont entrepris des études sur le comportement du ***glacier du Titlis*** *le long du versant de Rotegg et du* ***glacier du Belvédère*** *près du Lago delle Loccie, au-dessus de Macugnaga (Italie). On a aussi examiné les conditions thermiques du terrain où sont prévues les fondations du futur bâtiment du* ***Jungfraujoch*** *et calculé, avec le concours d'experts en avalanches, les charges dues à la neige sur le toit de cette construction. Dans le cadre d'une thèse, on a relevé, entre autres choses, les faits suivants: en mai ou en juin, une avalanche de glace, d'un volume de 300 000 m^3 environ, a roulé du* ***flanc ouest de l'Eiger*** *sur la langue du glacier du même nom. Elle ne s'est arrêtée qu'au-dessous de la station du chemin de fer. Dans la région de Strahlegg (****glacier inférieur de Grindelwald****) une autre avalanche semblable (1'000 000 m^3 environ) est tombée sur l'Oberes Eismeer. Sur le* ***flanc sud du Mönch*** *qui, par beau temps, est photographié quotidiennement par le personnel de la station scientifique du Jungfraujoch, on a compté de nombreuses avalanches de glace dont la plus importante avait un volume d'environ 50 000 m^3. De même, au* ***glacier du Balmhorn****, constamment surveillé par une caméra automatique, plusieurs avalanches de glace se sont détachées durant l'hiver, et certaines d'entre elles sont descendues jusqu'au-dessous du chemin conduisant à la cabane du Balmhorn. En février 1982 et en hiver 1982/83, des avalanches mixtes de neige et de glace se sont précipitées du* ***glacier de Nest****, accroché au flanc nord du Bietschhorn, jusque sur le cône de déjection situé au bas de la pente."*

2.2 ACTIVITÉ ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1982/83

Ce 104e rapport annuel de la Commission des glaciers a été établi d'après les relevés effectués en automne 1983, réalisés selon le programme habituel, dans des conditions généralement favorables aussi bien en ce qui concerne les mesures sur le terrain que les prises de vues aériennes. L'ablation extraordinaire du milieu de l'été a nettoyé complètement (sauf au Tessin) les amas de neige et de névé qui recouvraient nombre de fronts glaciaires situés à haute altitude et invisible depuis plusieurs années. La limite de la glace était nettement repérable partout, sauf sur quelques langues recouvertes de débris rocheux. Les chutes de neige de septembre et d'octobre, précoces, mais peu abondantes, ont moins entravé les relevés sur le terrain que l'interprétation de certaines photographies aériennes. La plupart des inspections ont été faites avant l'importante chute de neige de la mi-octobre, et on n'a pas eu besoin de mettre à profit les avantages qu'offrait un arrière-automne sans neige pour mesurer les glaciers dans des conditions favorables. Des 120 glaciers que compte le réseau de la CG/ASSN, 111 ont été observés durant l'exercice, dont 102 ont été visités sur le terrain et 51 ont été saisis par clichés aériens (cf. tabl. 2.1). Parmi les 9 glaciers non visités, certains sont contrôlés par voie aérienne et à intervalles pluriannuels. Ils se trouvaient hors de la zone couverte par les vols photogrammétriques de 1983. Le déplacement du front du glaciaire depuis la dernière observation a été déterminé pour 109 glaciers. Dans 99 cas, les mesures ont été effectuées sur le terrain; la photogrammétrie a livré des indications absolues dans 7 cas et des données relatives dans 3 cas. Deux observations n'ont pas conduit à des résultats concluants. Pour l'une, la comparaison des valeurs relevées sur le terrain n'était pas possible, car la base de mesure utilisée auparavant et ensevelie sous la neige des années précédentes était encore invisible. Pour l'autre, le bord du glacier recouvert de neige fraîche n'était pas nettement reconnaissable sur la photo aérienne.

Les relevés du 104e exercice sont dus, pour 73 glaciers, aux services forestiers des cantons du Valais (24 glaciers), de Vaud (4), de Berne (10), d'Uri (1), d'Obwald (1), de Glaris (1) de Saint-Gall (2), des Grisons (16) et du Tessin (6); pour 15 glaciers, aux collaborateurs privés P. Mercier (4), J.-L. Blanc (3), H. et V. Boss (2), W. Wild et A. Godenzi (2 chacun), ainsi que R. Zimmermann et E. Hodel (1 chacun); pour 4 glaciers au personnel des Forces motrices de Mauvoisin et de l'Oberhasli (2 chacun) et, pour les 19 glaciers restants, aux collaborateurs de la section de glaciologie des VAW (12 sur terrain et 7 au moyen de photos aériennes). Nous bénéficions, comme à l'accoutumée, de nombreuses et excellentes restitutions photogrammétriques. Elles ont été effectuées: pour deux glaciers, à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli, par le bureau A. Flotron de Meiringen; pour un glacier, à la demande des Forces motrices de Mauvoisin, par le bureau H. Leupin de Berne; et pour un glacier, à la demande des VAW, par son collaborateur W. Schmid, à l'aide de l'autographe de l'Institut de géodésie de l'EPFZ. Grâce à l'appui généreux de l'Office fédéral de topographie (S+T) et de la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M), on a pu réaliser, à nouveau, de nombreux vols photogrammétriques. Ils ont porté sur 37 glaciers, photographiés habituellement chaque année, et sur 29 autres survolés à intervalles pluriannuels. Les photos obtenues ont permis l'observation d'un nombre presque aussi élévé d'autres glaciers (cf. tabl. 2.1). Les vols répétés chaques année servent surtout aux enquêtes de groupe du travail pour les glaciers dangereux (20 cas) et de la CG/ASSN (11 cas), ainsi qu'aux recherches que les VAW effectuent pour des tiers (6 cas). Les autres vols ont porté sur 25 glaciers observés par la CG/ASSN et sur 4 glaciers étudiés par les VAW.

Les relevés annuels de la CG/ASSN sur l'état actuel et les variations des glaciers dans les Alpes suisses, effectués depuis plus de cent ans, ont le caractère d'une enquête statistique et quasi officielle sur le plan national. Mais cela n'est pas leur unique objectif, ni leur dessein primordial. Dès le début, on s'est engagé à poursuivre à longue échéance ces observations systématiques, dans le dessein prépondérant d'enregistrer sur le plan mondial les variations des glaciers, en rapport avec des changements climatiques à grande échelle. Mieux on connaît les mécanismes des variations actuelles du climat et des glaciers, mieux on peut expliquer les modifications climatiques et glaciologiques du passé et améliorer ainsi les bases d'une prévision raisonnée de l'évolution future. Afin de saisir les interférences des variations actuelles des glaciers à l'échelle mondiale, on a fondé, en 1894 déjà, une Commission internationale des glaciers qui, entre autres travaux, publie depuis 1895 des rapports périodiques résumant les résultats des observations glaciologiques, fournis par divers pays et continents. L'organe qui lui a succédé, la Commission internationale de la neige et de la glace (ICSI) en a fait la tâche principale du PSFG (Permanent Service on the Fluctuations of Glaciers) fondé en 1967, dont le premier directeur fut Peter Kasser de Zurich. Son successeur, Fritz Müller de Zürich présida aux destinées du PSFG de 1976 à 1980 et depuis 1983 la direction de ce service est confiée à Wilfried Haeberli de Zurich.

Vu le nombre croissant des études glaciologiques, nous ne pouvons, dans le cadre de ce rapport, présenter toutes les études actuellement en cours en Suisse. Parmi les études mentionnées dans les rapports précédents, rappelons que les recherches glaciologiques, hydrologiques et climatologiques entreprises par l'Institut de géographie de l'EPFZ depuis 1979 sur le glacier et sur le bassin versant supérieur du Rhône (en amont de Gletsch) sont arrivées à terme. Leurs résultats feront l'objet de différentes thèses [Funk, 1985; Bernath 1990]. Une contribution complémentaire est fournie par les mesures de rayonnement entreprises sur le ***glacier de Mutt*** *durant l'été 1983 par la section d'hydrologie des VAW [Müller, 1984].*

Le ***glacier supérieur de Grindelwald*** *a suscité un grand intérêt dans le public, dans la presse, à la radio et à la télévision par son avance extraordinaire de l'hiver 1982/83. A l'entrée de la célèbre grotte creusée chaque printemps dans le front du glacier au moyen de haches spécialement fabriquées à Grindelwald, on a montré aux nombreux touristes de la saison estivale l'avance de la glace au moyen d'une "horloge glaciaire". Vers la fin de l'été, le* ***glacier inférieur de Grindelwald*** *a aussi fait parler de lui par deux crues de son émissaire. Sans causer de dégâts, elles ont apporté des masses considérables de glace dans la retenue de Burglauenen. Ces événements sont probablement en relation directe avec les nombreuses chutes de glace qui, peu auparavant, ont dégringolé du* ***névé du Kalli*** *par le dévaloir de la Schlosslauenen sur la langue du glacier inférieur et dans la gorge située à son aval.*

J. Alean (VAW) rapporte les faits suivants sur d'autres ruptures de glaciers et avalanches de glace de cet exercice:

"L'année 1982/83 s'est distinguée par un nombre extrêmement élevé d'accidents mortels causés par des avalanches ou des chutes de glace: 5 septembre 1982: abords du ***glacier supérieur de Grindelwald*** *(1 mort); 6 novembre 1982: vallée de Trümmleten, au-dessous du* ***glacier de Giessen*** *(1 mort); 1er mai 1983:* ***face nord de l'Aletschhorn*** *(1 mort); 12 mai 1983:* ***glacier de Morteratsch*** *(3 morts); 15 juin 1983:* ***face nord du Piz Roseg*** *(3 morts); 19 septembre 1983: abords du* ***glacier de Rosenlaui*** *(1 mort).*

Une liste des accidents et des dégâts provoqués par des avalanches de glace depuis le XVI^e siècle se trouve dans ma thèse [Alean, 1984] qui contient aussi des croquis et des photographies d'avalanches de glace de toutes dimensions, allant de blocs isolés de quelques m^3 aux éboulements de plus de dix millions de m^3, observés dans les Alpes et en Alaska.

Ces avalanches de glace ont été étonnamment nombreuses en automne 1983 sur le ***glacier du Balmhorn****, aux abords d'une zone d'arrachement située à 2800 m d'altitude, ainsi qu'au* ***glacier du Fletschhorn****, au niveau de 3200 m. Sur ce dernier, 600 000 m^3 de glace se sont détachés en quelques semaines de septembre à octobre, probablement sous forme de nombreuses petites coulées plutôt que lors d'une seule et unique avalanche.*

Dans le cadre de la thèse citée, des prises de vues du glacier suspendu dans ***la face sud du Mönch*** *ont été faites tous les jours de bonne visibilité par le personnel de la Station de recherches alpines du Jungfraujoch. Leur interprétations a montré que les avalanches de glace, dont la fréquence ne varie guère avec les saisons, se détachent de la falaises frontale du glacier située entre 3600 et 3700 m d'altitude. Parmi les 62 avalanches observées en une année, la plus grosse a atteint un volume de 60 000 m^3 et 40 d'entre elles ont un volume compris entre 3000 et 30 000 m^3. Outre ce type de glacier, qui produit des avalanches en toutes saisons, on en trouve d'autres qui présentent cette activité surtout pendant les mois de juillet à octobre. Un article traitant des conditions de formation et de l'ampleur des avalanches de glace s'adresse particulièrement aux alpinistes [Alean, 1985]."*

La fréquence des avalanches sur le ***glacier du Balmhorn*** *a incité les VAW à organiser des campagnes intensives d'observations et surtout à mesurer les vitesses du mouvement glaciaire au niveau de la zone d'arrachement. Elles ont livré de précieuses indications sur les mécanismes de déformation et de rupture des glaciers à pente raide. Mais leur but primordial et pratique était de déceler suffisamment tôt une accélération dangereuse du mouvement dans la zone instable, afin d'avertir d'un éventuel éboulement important l'équipe cinématographique occupée à des travaux de tournage dans la vallée de Gastern, à l'endroit du dépôt des grosses avalanches observées autrefois [Röthlisberger, 1987].*

Tabelle 2.1: **Vermessungsflüge in den Jahren 1982 und 1983**
Tableau 2.1: Vols photogrammétriques des années 1982 et 1983

a) Jährlich wiederholte Aufnahmen - *Levés annuels*

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

Nr.[1]	Gletscher	Aufnahmedatum 1982	Aufnahmedatum 1983	Luftbild-nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch[2]	Fuss-note
1	Rhone	14. 9.		4116 - 4122	GlK 1-W	L+T	3)
			19. 9.	9837 - 9843	1	L+T	3)
			19. 9.	9822 - 9829	2	L+T	
5	Grosser Aletsch	13. 9.		4047 - 4058	3	L+T	4)
			21. 9.	9929 - 9938	7	L+T	
			23. 9.	9956 - 9968	5	L+T	
			23. 9.	9969 - 9979	6	L+T	
47	Sex Rouge	9. 9.		3937 - 3949	GlK 2-W	L+T	5)
48	Prapio		15. 9.	9421 - 9431	15	L+T	5)
55	Trift (Gadmen)	9. 9.		3956 - 3964	GlK 4-W	L+T	
			19. 9.	9830 - 9836	6	L+T	
56	Rosenlaui	30. 8.		3835 - 3840	GlK 6-W	L+T	
			23. 9.	9952 - 9955	10	L+T	
57	Oberer Grindelwald	30. 8.		3841 - 3847	GlK 2-W	L+T	
			15. 8.	8128 - 8136	2	L+T	
58	Unterer Grindelwald	9. 9.		3950 - 3955	GlK 1-W	L+T	
			15. 8.	8122 - 8127	1	L+T	
61	Gamchi	2. 9.		3898 - 3910	GlK 10-W	L+T	6)
64	Blümlisalp		18. 8.	8270 - 8281	9	L+T	6)
104	Basodino	13. 9.		4067 - 4071	GlK 1-W	L+T	
			19. 9.	9815 - 9821	1	L+T	

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

Nr.[1]	Gletscher	Aufnahmedatum 1982	Aufnahmedatum 1983	Luftbild-nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch[2]	Fuss-note
Mö	Mönch (Südflanke)	30. 8.		3809 - 3819	GlK 7-W	L+T	7)
			15. 8.	8109 - 8114	7	L+T	7)
Rb	Rotblatt	28.10.		922 - 934	9	V+D	8)
Rt	Rottal VS		23. 9.	8260 - 8271	9	V+D	8)
Hb	Hohlaub	28.10.		893 - 921	5	V+D	
13	Fee		15. 9.	7766 - 7792	5	V+D	
Hm	Hohbalm						
Tr	Tälli (Fletschhorn)	28.10.		953 - 964	8	V+D	9)
Ht	Hohlentrift		23. 9.	8249 - 8259	8	V+D	9)

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

No.[1]	*Glacier*	*Date du levé* 1982	1983	*Clichés numéros*	*Ligne de vol no.*	*Levé par*[2]	*Note expl.*
Bi	Bider	28.10.		893 - 921	5	V+D	
			15. 9.	7793 - 7796	10	V+D	
Gr	Gruben (Grüebu)	28.10.		881 - 892	6	V+D	
			19. 9.	7989 - 7998	6	V+D	
Ki	Kin	29. 9.		4526 - 4535	12	V+D	10)
Fi	Festi	29. 9.		4517 - 4522	12a	V+D	
Hg	Hohberg		15. 9.	7832 - 7841	12	V+D	10)
			15. 9.	7824 - 7831	12a	V+D	
107	Bis	29. 9.		4593 - 4616	18	V+D	11)
Hl	Hohlicht		19. 9.	8039 - 8046	17	V+D	12)
			19. 9.	8065 - 8075	18	V+D	11)
49	Pierredar	9. 9.		3937 - 3949	GlK 2-W	L+T	5)
			15. 9.	9421 - 9431	15	L+T	5)
Hf	Hochfirn (Jungfrau)	30. 8.		3796 - 3808	GlK 6-W	L+T	13)
			15. 8.	8115 - 8121	6	L+T	13)
Si	Sillern	9. 9.		3919 - 3936	GlK 11-W	L+T	14)
Ba	Balmhorn		13. 9.	9228 - 9251	11	L+T	14)
Al	Altels						
105	Rossboden	1.11.		1020 - 1030	7	V+D	15)
			19. 9.	8030 - 8038	7a	V+D	15)

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

No.[1]	*Glacier*	*Date du levé* 1982	1983	*Clichés numéros*	*Ligne de vol no.*	*Levé par*[2]	*Note expl.*
10	Schwarzberg	1.11.		1037 - 1043	4	V+D	
			15. 9.	7806 - 7813	4	V+D	
11	Allalin	28.10.		870 - 880	2	V+D	
			15. 9.	7814 - 7823	1	V+D	16)
			15. 9.	7797 - 7805	2	V+D	
			7.10.	8378 - 8388	1	V+D	16)
			7.10.	8369 - 8377	2	V+D	
19	Turtmann	29. 9.		4537 - 4553	14	V+D	17)
Di	Diablons		15. 9.	7842 - 7857	14	V+D	17)
TB	Tournelon Blanc	29. 9.		4639 - 4646	24	V+D	18)
			23. 9.	8217 - 8225	24	V+D	18)
37	Giétro	29. 9.		4647 - 4654	25	V+D	19)
			23. 9.	8238 - 8247	22	V+D	
			23. 9.	8226 - 8237	23	V+D	
			23. 9.	8209 - 8216	25	V+D	19)

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

b) Mehrjährlich wiederholte Aufnahmen - ***Levés à intervalles pluriannuels***

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

Nr.[1]	Gletscher	Aufnahmedatum 1982	Aufnahmedatum 1983	Luftbild-nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch[2]	Fuss-note
Ge Wi	Geren Witenwasseren	13. 9.		4089 - 4098	GIK 8-W	L+T	20)
3	Gries	2. 9.		9206 - 9227	106	V+D	21)
St	Steinen	28.10.		965 - 970	104	V+D	22)
7 Hn Ap	Kaltwasser Hohmatten Alpjer	1.11.		1061 - 1068	103	V+D	
Tr	Hohkraut (Trift)	13. 9.		3978 - 3990	GIK 9	L+T	23)
8 9	Tälliboden Ofental	17. 9.		4451 - 4458	GIK 10	L+T	
14	Gorner	13. 9.		4031 - 4046	GIK 9	L+T	
15	Zmutt		15. 8.	8018 - 8031	54	L+T	
Hw 22	Hohwäng Zinal		15. 8.	8051 - 8076	48	L+T	
23	Moming		15. 8.	8094 - 8108	49	L+T	24)
24	Moiry		18. 8.	8229 - 8249	47	L+T	
25	Ferpècle		15. 8.	8077 - 8093	46	L+T	
26	Mont Miné		18. 8.	8251 - 8268	45	L+T	
27 28 29 30	Arolla bas Tsidjiore Nouve Cheillon En Darrey		21. 9.	9906 - 9927	44	L+T	25)
31 32	Grand Désert Mont Fort (Tortin)		15. 9.	9432 - 9448	43	L+T	26)
34	Otemma		15. 9.	9496 - 9522	52	L+T	27)
35 36	Mont Durand Breney		21. 9.	9856 - 9893	53	L+T	
38	Corbassière		15. 9.	9449 - 9470	50	L+T	
39 40	Valsorey Tseudet		21. 9.	9894 - 9905	55	L+T	28)

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

No.[1]	*Glacier*	*Date du levé* 1982	1983	*Clichés numéros*	*Ligne de vol no.*	*Levé par*[2]	*Note expl.*
41	Boveyre		23. 9.	9983 - 9989	51	L+T	
An MD 42 108	Aneuve Mont Dolent Saleina Orny	18. 8.		3601 - 3629	GlK 2-W	L+T	29)
43	Trient	12. 8.		3314 - 3331	GlK 1-W	L+T	30)
80	Glärnisch		23. 9.	15 - 20	32	L+T	
84 86	Lenta Paradies		18. 9.	9632 - 9645	36	L+T	31)
84 103	Lenta Bresciana		18. 9.	9646 - 9652	37	L+T	32)
87	Suretta		8. 8.	7644 - 7652	35	L+T	
120	Corno	13. 9.		4072 - 4075	GlK 4-W	L+T	
117 118	Valleggia Val Torta	13. 9.		4076 - 4083	GlK 7-W	L+T	
119	Cavagnoli	13. 9.		4084 - 4088	GlK 6-W	L+T	
Zf Wm Zb	Zibelenfluh Weissmies Zwischbergen	28.10.		935 - 945	102	V+D	33)

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

No.[1]	*Glacier*	*Date du levé* 1982	1983	*Clichés numéros*	*Ligne de vol no.*	*Levé par*[2]	*Note expl.*
16	Findelen	29. 9.		4572 - 4592	19	V+D	
			15. 9.	7898 - 7919	19	V+D	
42	Saleina		19. 9.	7983 - 7988	36	V+D	
Ti	Titlis (Galtiberg)	28.10.		991 - 998	E	V+D	34)
Si	Sirwolten		19. 9.	8022 - 8029	35	V+D	
105	Rossboden	1. 1.		1031 - 1036	7b	V+D	
			19. 9.	8005 - 8014	7	V+D	
			19. 9.	8015 - 8021	7b	V+D	

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

1 In Abbildung 3.1a bzw. 3.2a sind die Gletscher des Beobachtungsnetzes (s. Tab. 3.4) 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. 3.4) 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 - 30 Zusätzlich erfasste Gletscher:

3 Gersten
4 Schönbühl, Wannenhorn
5 Dard, Mauvais, Culan
6 Gspaltenhorn, Bütlassen, Vord. Blümlisalp, Öschinen, Fründen
7 Eiger, Guggi
8 Mellig (Mälliga)
9 Bodmer, Zibelenfluh
10 Weingarten
11 Rothorn, Schali
12 Gabelhorn, Trift
13 Kühlauenen, Giessen, Rottal (Jungfrau)
14 Rinderhorn, Schwarz, Tatlishorn, Faulen, Doldenhorn
15 Griessernen, Bodmer
16 Kessjen
17 Brunegg
18 Bocheresse
19 Cheillon, Luette, Lire Rose
20 Rotondo, Kühboden, Sidelen
21 Ritz, Merezenbach, Blinnen, Sulz Turben, Feldbach
22 Hillen, Rämi, Bortel
23 alle Gletscher des Massivs
24 Weisshorn
25 Arolla haut, Pièce, Luette Pleureur, Liapey, La Salle
26 Mourti, Prafleuri, Mt.Fort Louettes Econdoi
27 Aiguillette, Aouille, Epicoun Crête Sèche, Fenêtre
28 Sonadon
29 Nordseite Val Ferret
30 Grands, Berons, Petoudes
31 Zapport
32 Grauhorn, Casletto
33 Bodmer, Laquin, Tälli, Zwischbergen
34 Firnalpeli (West)

3. LAGEÄNDERUNG DER GLETSCHERENDEN

3.1 EINLEITUNG

Die Ergebnisse der Beobachtungen am Netz der GK/SNG sind in Tabelle 3.1 für das erste, in Tabelle 3.2 für das zweite der beiden Berichtsjahre zusammengefasst. Die Kartenskizzen der Abbildungen 3.1b und 3.2b geben eine Uebersicht der Einzelergebnisse, die in Tabelle 3.3 zusammengestellt und grossenteils durch besondere in Kapitel 3.4 zusammengefasste Bemerkungen der Beobachter kommentiert sind. In Abbildung 3.3 sind die Hauptergebnisse der 104 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 im Anhang des Jubiläumsjahrbuchs (99./100. Gletscherbericht, Kap. 6B.3, Tab. 35) für die Beobachtungsjahre 1879/80 bis 1978/79 veröffentlicht.

3.2 ERGEBNISSE DES 103. BEOBACHTUNGSJAHRES (1981/82)

Sinkende Prozentanteile der vorstossenden Gletscher und abnehmende Werte der mittleren Längenänderung während der letzten drei Jahre sind deutliche Anzeichen für allgemein nachlassende Wachstumstendenz der Gletscher in den Schweizer Alpen. Anhand der Einzelergebnisse in Tabelle 3.3 und in Abbildung 3.1b lassen sich die Unterschiede zwischen den verschiedenen Gebirgsregionen leicht erkennen: nur auf der Alpennordseite ist noch etwas mehr als die Hälfte der beobachteten Gletscher weiter vorgestossen. Auf der Alpensüdseite ist der Anteil der vorstossenden Gletscher auf einen Fünftel der Stichprobe zurückgegangen. Der einzige Gletscher, der im schwach vergletscherten inneralpinen Einzugsgebiet des Rheins an Länge zugenommen hat, ist nicht durch das Vorrücken des Eises, sondern durch angelagerten Lawinenschnee verlängert worden. In den stärker vergletscherten inneralpinen Gebieten des Wallis und des Engadins ist die Stichprobe mit etwas weniger vorstossenden als schwindenden Gletschern wiederum ähnlich aufgeteilt wie im Gesamtgebiet der Schweizer Alpen.

Im Berichtsjahr sind vorwiegend Gletscher vorgestossen, bei denen ein Vorstoss bereits seit Jahren oder gar Jahrzehnten im Gang ist. Einige sind trotz stärkerer Abschmelzung um eine längere Strecke vorgerückt als in den Vorjahren, was auf eine Beschleunigung der Bewegungsgeschwindigkeit des Eises schliessen lässt, die in einzelnen Fällen in Form von Zungenrutschungen aufgetreten ist. Bewegungsmessungen auf verschiedenen Gletschern haben bestätigt, dass die in den Vorjahren festgestellte Beschleunigung der Gletscherbewegung im Berichtsjahr angedauert oder nur wenig nachgelassen hat.

Als Ergänzung zu den in den vorangehenden Gletscherberichten in Bildern dargestellten unterschiedlichen Vorstossmechanismen, zeigen die Photos des vorliegenden Berichts das Vorrücken des **Bifertengletschers** über eine Wassergassung der Kraftwerke Linth-Limmern und den Vorstoss des **Rossbodengletschers**, der sich gewissermassen unterirdisch vollzieht, indem der meterdick mit Gesteinsschutt überdeckte vordere Teil der Zunge durch einen aus dem rückwärtigen Teil vorrückenden Eiswulst reaktiviert wird. Eine Dickenzunahme der rückwärtigen Zungenteile ist auch bei andern Gletschern, beispielsweise beim **Fiescher** und beim **Gorner,** beobachtet worden. Beim Fiescher hat die Aufwölbungszone die Talverengung hinter dem Felsrücken des Titers nahe am Zungenende erreicht.

3.3 ERGEBNISSE DES 104. BEOBACHTUNGSJAHRES (1982/83)

Das Ergebnis der Zungenmessungen im Berichtsjahr lässt für die Interpretation einen gewissen Spielraum offen. In den gleich grossen Stichproben von 1982 und 1983 sind auch die Anzahl und der Anteil der vorstossenden, stationären oder schwindenden Gletscher nahezu gleich geblieben. Demnach hat sich die seit 1978 nachlassende Vorstosstendenz im Berichtsjahr eher wieder erholt als weiter abgeschwächt. Im Gegensatz dazu lässt die mittlere Längenänderung auf andauerndes Nachlassen der Vorstosstendenz oder sogar auf den Beginn einer Schwundtendenz schliessen. Ebenso ist im Massenhaushalt (vgl. Tab. 5.1) sowohl abnehmendes Wachstum (bei **Aletsch**), als auch nachlassender Schwund (bei **Gries**) oder zunehmender Schwund (bei den übrigen Haushaltsgletschern) festzustellen. Die Fliessgeschwindigkeit des Eises, die wiederum auf rund einem Dutzend Gletschern gemessen worden ist, hat sich im Zungenbereich der Gletscher wie im Vorjahr deutlich verlangsamt, ist aber noch höher als vor der Beschleunigungsphase von 1977 bis 1980. Als Anzeichen nachlassender Vorstosstendenz gedeutet, entspricht sie etwa dem Mittel aller vorgängig erwähnten Interpretationsmöglichkeiten. In den verschiedenen Regionen haben sich die Anteile der vorstossenden und der schwindenden Gletscher in den jeweiligen Stichproben im allgemeinen dem nahezu unveränderten Landesdurchschnitt angenähert. Auf der Alpensüdseite und im Rhonegebiet mit waren weniger als die Hälfte der erfassten Gletscher im Schwinden und in den bündnerischen Einzugsgebieten von Rhein und Inn lag der Anteil der vorstossenden Gletscher deutlich unter dem Landesdurchschnitt.

3. VARIATIONS DES FRONTS GLACIAIRES

3.1 INTRODUCTION

Les résultat des observations faites sur le réseau CG/SHSN sont résumés dans les tableaux 3.1 et 3.2 pour chacune des années du rapport. Ils sont présentés in extenso sur les figures 3.1b et 3.2b ainsi que dans le tableau 3.3. Pour la plupart des glaciers, le résultat est commenté par l'observateur dans une note explicative que l'on trouve dans le chapitre 3.4. La figure 3.3 montre les résultats principaux des observations s'étendant sur 104 ans, soit de 1879/80 jusqu'à 1982/83, par les données suivantes: a) nombre de glaciers observés et nombre de valeurs comprises dans la moyenne de la variation en longueur, b) pourcentages des glaciers en crue et des glaciers en décrue, c) variation moyenne en longueur. Les chiffres, sur lesquels se fonde cette figure, sont publiés dans l'annexe du volume jubilaire (99e/100e rapports, chap. 6B.3, tabl. 35) pour la série centenaire de 1879/80 à 1978/79.

3.2 RÉSULTATS DU 103e EXERCICE (1981/82)

La baisse du pourcentage des glaciers en crue et la valeur décroissante de la variation moyenne des fronts glaciaires durant ces trois dernières années montrent clairement la diminution générale de l'accroissement des glaciers des Alpes suisses. Les données du tableau 3.3 et de la figure 3.1b révèlent les différences régionales entre les diverses chaînes de montagnes.

Seulement sur le versant nord (externe) des Alpes, un peu plus de la moitié des glaciers observés est encore en crue, tandis que, sur le versant sud (externe), ceux-ci ne représentent plus qu'un cinquième. Dans le bassin alpin (interne et peu englacé) du Rhin, le seul glacier en crue doit sa progression non pas à une avance de la glace, mais aux avalanches de neige qui ont prolongé sa langue. Dans les régions (internes et plus fortement englacées) du Valais et de l'Engadine, le nombre des glaciers en crue est un peu plus faible que celui des glaciers en décrue, ce qui correspond, une fois de plus, à la moyenne établie sur l'ensemble des Alpes suisses.

Les glaciers qui ont avancé durant cet exercice sont en général ceux dont la crue dure depuis des années, voire des décennies. Malgré une ablation renforcée, l'avance de certains d'entre eux à été plus importante que les années précédentes. Cela s'explique par une accéléraion du mouvement de la glace qui s'est traduite, dans certains cas, par des glissements de la langue glaciaire. Les mesures de mouvement faites sur différents glaciers ont confirmé que l'accélération observée ces dernières années persisté ou prfois diminué quelque peu durant ce dernier exercice.

C'est par l'image que nous avons présenté divers mécanismes de crue dans les rapports précédents. Les photographie illustrant ce rapport montrent l'avance du ***glacier de Biferten*** *sur une prise d'eau des Forces motrices de la Linth-Limmern, ainsi que la crue du* ***glacier de Rossboden****, souterraine en*

quelque sorte, puisque la partie extême de la langue glaciaire, recouverte de débris rocheux sur une épaisseur de plus d'un mètre, a été réactivée par l'avance d'un renflement du glacier venant de l'amont. Sur d'autres glaciers (notamment sur ceux de ***Fiesch*** *et du* ***Gorner****), on a aussi observé une augmentation de l'épaisseur de la partie arrière de la langue. Dans le cas du* ***glacier de Fiesch****, le renflement, butant contre l'éperon rocheux du Titer, a atteint le rétrécissement de la vallée et s'approche du front terminal.*

3.3 RÉSULTATS DU 104e EXERCICE (1982/83)

Le résultat des mesures das langues glaciaires pendant l'exercice écoulé permet une certaine liberté d'interprétation. D'après l'échantillonnage de glaciers d'égale grandeur choisis en 1982 et en 1983, le nombre de glaciers en crue, en décrue ou stationnaires s'est peu ou pas modifié. La tendance générale à la progression, faiblissante depuis 1978, s'est plutôt renforcée durant ce dernier exercice. En revanche, la variation moyenne de longueur suggère que la tendance à la crue a continué de s'affaiblir et peut-être même est devenue une tendance à la décrue. De même les chiffres des bilans de masse (cf. tabl. 5.1) montrent non seulement une diminution de l'accroissement (dans le cas du ***glacier d'Aletsch****), mais également un affaiblissement du rétrécissement (****glacier de Gries****), alors que les autres glaciers examinés sont soumis à une décrue grandissante. Quant à la vitesse du mouvement glaciaire, mesurée une nouvelle fois sur un bon nombre de glaciers, on note un net ralentissement, analogue à celui de l'année précédente, dans la zone des langues glaciaires, mais la vitesse n'est pas encore aussi faible que celle mesurée avant la phase d'accélération survenue de 1977 à 1980. Signe du ralentissement de la tendance à la crue, elle correspond à peu près à la moyenne des autres possibilités d'interprétaion signalées précédemment. Dans les "échantillons" partiels des différentes régions, le nombre de glaciers en crue et en décrue a atteint à peu près la moyenne de l'ensemblede l'échantillon suisse. Au sud des Alpes, et dans le bassin du Rhône, moins de la moitié des glaciers observés sont en décrue, tandis que la proportion des glaciers en crue est nettement inférieure à la moyenne du pays dans le bassin grison du Rhin et dans le bassin de l'Inn.*

Tabelle 3.1: **Lageänderung der Gletscherenden 1981/82 - Zusammenfassungen**

Gebiet	Anzahl Gletscher n der Stichprobe und Prozentanteil p der Klassen							
	Netz	Stichprobe (p = 100%)	Klassen der Stichprobe wachsend		stationär		schwindend	
	n[1]	n[2]	n[3]	p [%]	n[4]	p [%]	n[5]	p [%]
a) Einzugsgebiete der Hauptflüsse der Schweiz								
Rhone (II)	52	49	22		3		24	
Aare (Ia)	21	18	9		2		7	
Reuss (Ib)	11	9	7		0		2	
Linth/Limmat (Ic)	6	6	1		0		5	
Rhein/ Bodensee (Id)	11	10	1		0		9	
Inn (V)	7	7	3		0		4	
Adda (IV)	5	3	1		0		2	
Tessin (III)	7	7	1		1		5	
Schweiz insgesamt	120	109	45	41.3	6	5.5	58	53.2
b) Gebirgsregionen der Schweizer Alpen								
nördliche Hauptkette	56	50	21	42.0	2	4.0	27	54.0
- Nordseite (extern)	42	36	18		2		16	
- Südseite (intern)	14	14	3		0		11	
südliche Hauptkette	64	59	24	40.7	4	6.8	31	52.5
- Nordseite (intern)	52	49	22		3		24	
- Südseite (extern)	12	10	2		1		7	
externe Gebiete	54	46	20	43.5	3	6.5	23	50.0
interne Gebiete	66	63	25	39.7	3	4.8	35	55.5
Schweizer Alpen	120	109	45	41.3	6	5.5	58	53.2
Durchschnittliche Längenänderung:		83[6]	- 0.4 Meter / Gletscher					

1 In den nachstehenden Aufzählungen sind die Gletscher des Beobachtungsnetzes mit ihrer Nummer (1-120) aus Tabelle 3.3 bezeichnet. Ihre Zuordnung zu den Flusseinzugsgebieten (I-V) ist aus der gleichen Tabelle oder aus Abbildung 3.1a ersichtlich. Die Grenze zwischen den Hauptketten folgt den Tal- oder Passfurchen auf der Linie Col de Balme - Rhone - Furka - Urseren - Oberalp - Vorderrhein - Schanfigg - Flüela - unteres Inntal.

2 In der Stichprobe nicht erfasst sind 11 Gletscher aus folgenden Gründen.
- nicht beobachtet: 46, 72, 76, 100, 110, 112, 113, 115, 116
- nicht messbar (eingeschneit): 7, 30.

3 Wachsende Gletscher: 2, 10, 11, 13, 16, 18, 23, 24, 25, 27, 28, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 48, 53, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 64, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 77, 87, 92, 93, 96, 99, 105, 107, 108, 109.

4 Stationäre Gletscher: 20, 21, 26, 52, 54, 104.

5 Schwindende Gletscher: 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 14, 15, 17, 19, 22, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 44, 47, 49, 50, 51, 58, 62, 63, 65, 67, 74, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 97, 98, 101, 102, 103, 106, 111, 114, 117, 118, 119, 120.

6 Für die Berechnung der mittleren Längenänderung ist das Ergebnis von 26 Gletschern nicht berücksichtigt aus folgenden Gründen :
- Beeinflussung durch künstlichen See: 3, 50
- Wert für mehrere Jahre oder ungenau: 9, 12, 13, 33, 34, 35, 36, 67, 68, 69, 99, 101
- keine Zahlenangabe: 14, 23, 49, 55, 56, 58, 64, 107, 108, 117, 118, 120.

Tableau 3.2: ***Variation de longeur des glaciers en 1982/83 - Récapitulations***

Région	*Nombre des glaciers n des ensemble et part relative p des classes*							
	réseau	*échantillon (p = 100%)*	*classes de l'échantillon*					
			en crue		*stationnaires*		*en décrue*	
	$n^{1)}$	$n^{2)}$	$n^{3)}$	*p [%]*	$n^{4)}$	*p [%]*	$n^{5)}$	*p [%]*
a) Bassins versants principaux de la Suisse								
Rhône (II)	52	49	24		4		21	
Aare (Ia)	21	18	8		1		9	
Reuss (Ib)	11	10	5		0		5	
Linth/Limmat (Ic)	6	6	3		0		3	
Rhin/ Bodan (Id)	11	10	1		0		9	
Inn (V)	7	7	1		0		6	
Adda (IV)	5	3	2		0		1	
Tessin (III)	7	6	2		1		3	
total suisse	120	109	46	42.2	6	5.5	57	52.3
b) Régions orographiques des Alpes suisses								
chaînes septentrionales	56	50	19	38.0	3	6.0	28	56.0
- versant nord (externe)	42	36	16		2		18	
- versant sud (interne)	14	14	3		1		10	
chaînes méridionales	64	59	27	45.8	3	5.1	29	49.1
- versant nord (interne)	52	50	23		2		25	
- versant sud (externe)	12	9	4		1		4	
régions externes	54	45	20	44.4	3	6.7	22	48.9
régions internes	66	64	26	40.6	3	4.7	35	56.7
Alpes suisses	120	109	46	42.2	6	5.5	57	52.3
Variations moyenne de longueur		$96^{6)}$	-1.58 *mètres / glacier*					

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

2 *Pour les raisons suivantes, 11 glaciers ne sont pas compris dans l'échantillon:*
- non observés: 46, 75, 100, 108, 110, 112, 113, 115, 116
- résultat incertain: 49, 118.

3 *Glaciers en crue: 2, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 53, 54, 57, 59, 60, 61, 64, 68, 69, 70, 71, 73, 77, 78, 80, 89, 93, 99, 101, 103, 104, 107, 109.*

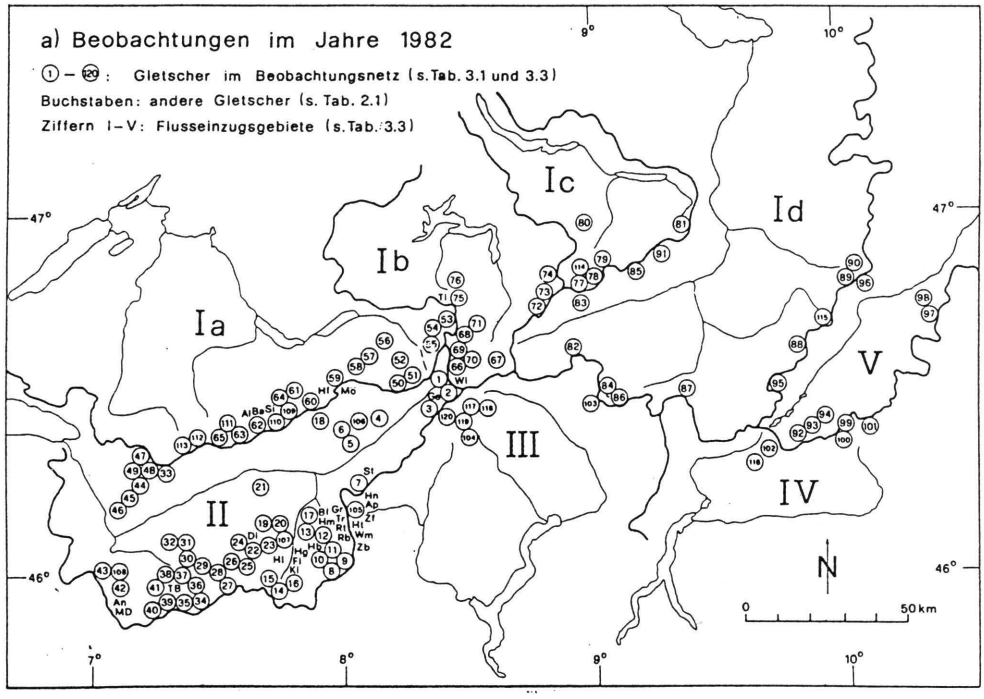
4 *Glaciers stationnaires: 1, 7, 29, 47, 63, 120.*

5 *Glaciers en décrue: 3, 4, 5, 6, 9, 12, 14, 17, 21, 22, 24, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 44, 45, 48, 50, 51, 52, 55, 56, 58, 62, 65, 66, 67, 72, 74, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 102, 105, 106, 111, 114, 117, 119.*

6 *Pour les raisons suivantes, les résultats récoltés sur 13 glaciers ont été éliminés pour le calcul de la variation moyenne de longueur:*
- influence d'un lac d'accumulation: 3, 50
- valeur imprécise ou valable pour plusieurs années: 7, 14, 30, 72, 76, 117
- valeur non chiffrée: 55, 56, 58, 64, 107.

Abbildung 3.1: **Die Gletscher der Schweizer Alpen - Beobachtungsnetz 1982**

a) Beobachtungen im Jahre 1982



b) Lageänderung der Zungenenden 1982

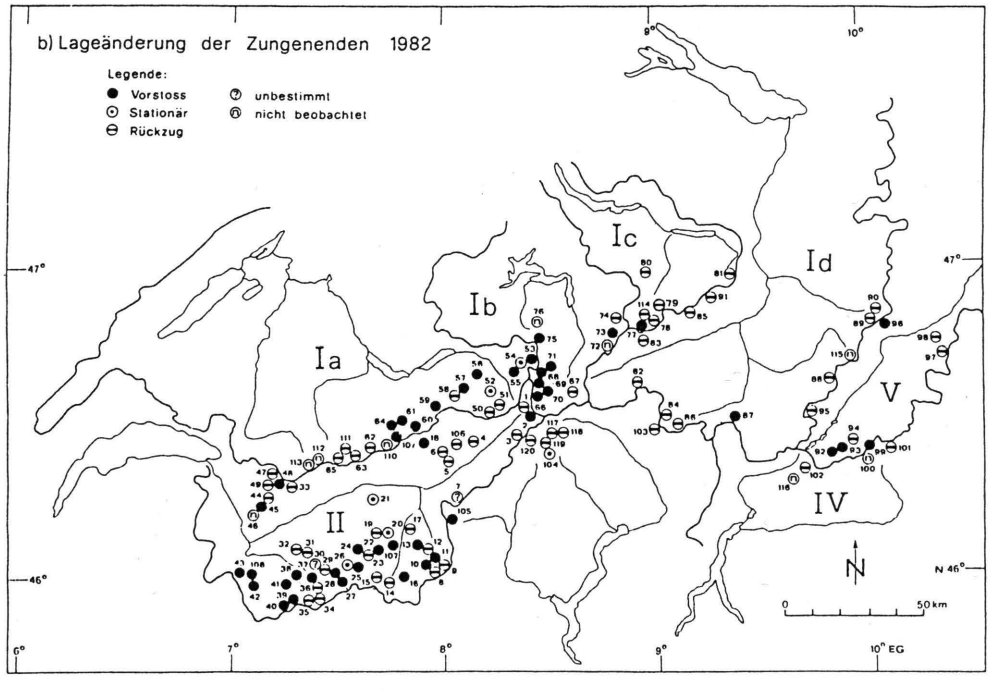
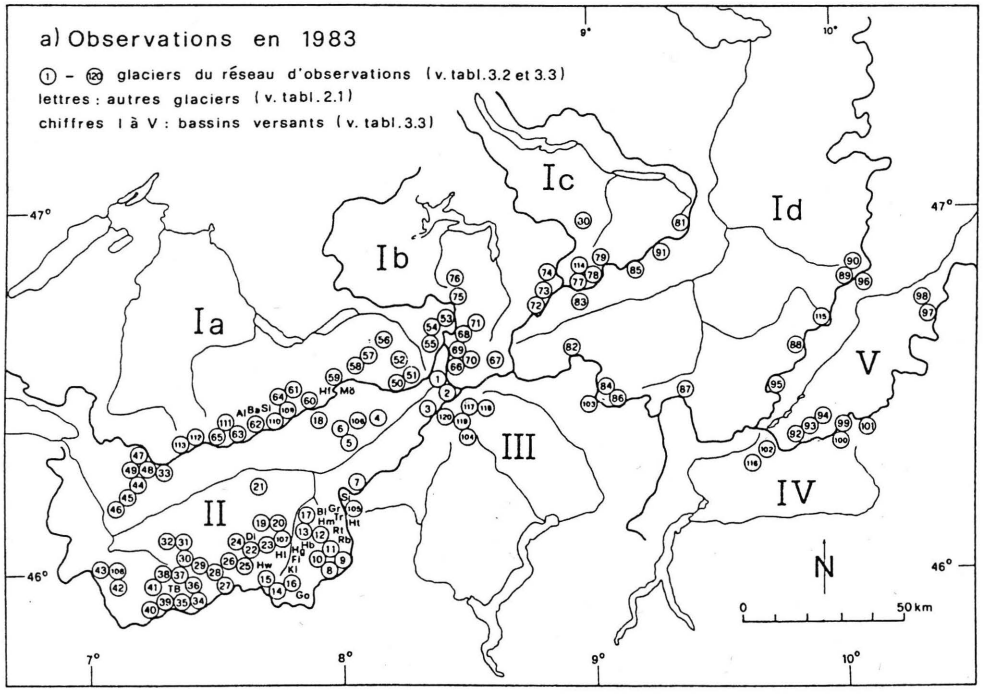


Figure 3.2: ***Les glaciers des Alpes suisses - Réseau d'observations en 1983***

a) Observations en 1983



b) Variation des fronts glaciaires en 1983

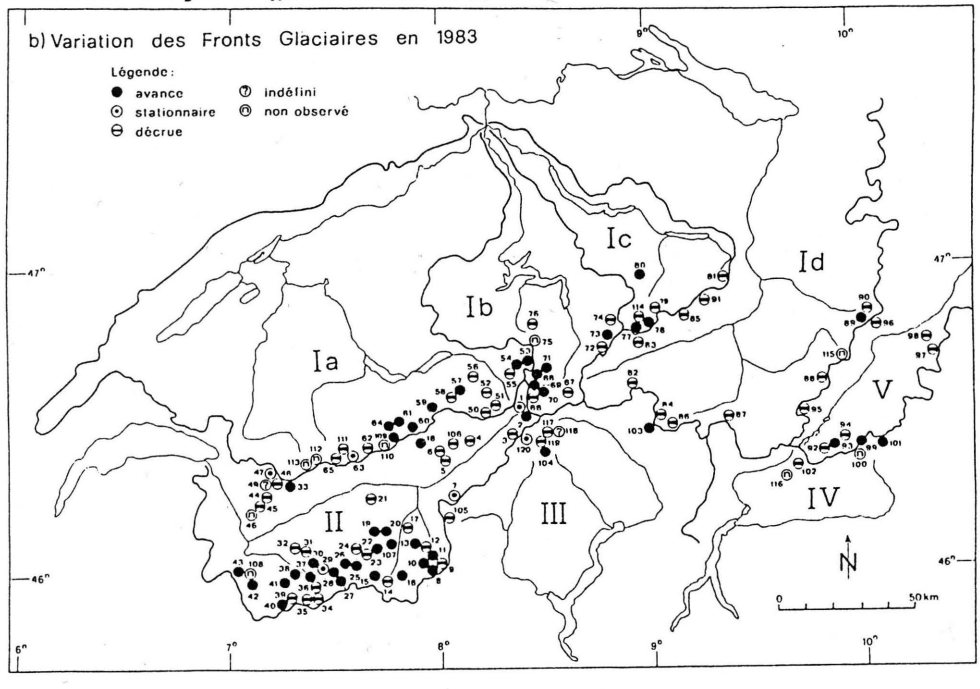
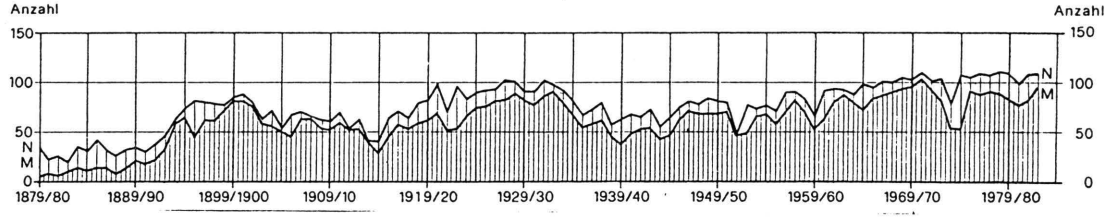


Abbildung 3.3: **Lageänderung der Gletscherenden in den Schweizer Alpen - Hauptergebnisse der Jahre 1879/80 bis 1982/83**

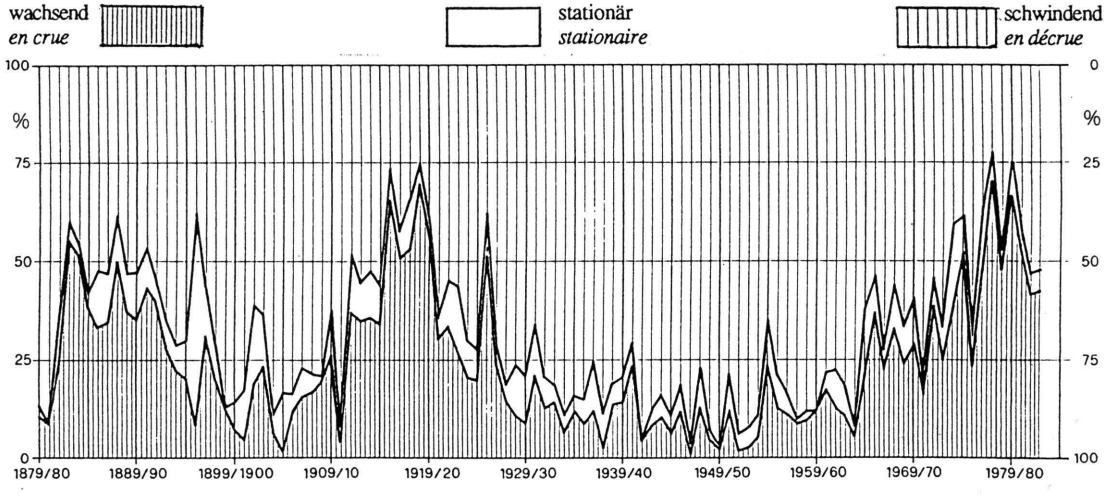
Figure 3.3: ***Variations des fronts glaciaires dans les Alpes suisses - Résultats principaux des années 1879/80 à 1982/83***

a) Jährliche Stichproben - *Echantillons annuels*

N = Anzahl klassierte Gletscher (Abb. 3.3b) - *Nombre de glaciers classés (fig. 3.3b)*
M = Anzahl gemittelte Werte (Abb. 3.3c) - *Nombre de valeurs comprises dans la moyenne (fig. 3.3c)*



b) Prozentanteile der wachsenden und der schwindenden Gletscher - *Pourcentages des glaciers en crue et des glaciers en décrue*



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

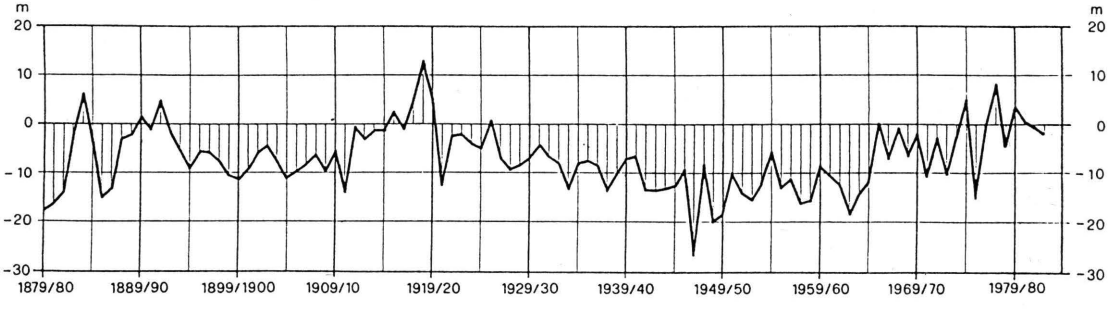


Tabelle 3.3: **Lageänderung der Gletscherenden 1981/82 und 1982/83**
*Tableau 3.3: **Variations des fronts glaciaires en 1981/82 et 1982/83***

Nr.[a]	Gletscher	Kt.[b]	Lageänderung[c] [m] 1981/82	1982/83	Höhe[d] [m ü.M.] 1983	Messdatum [Tag, Monat] 1981	1982	1983
Einzugsgebiet der Rhone - *Bassin du Rhône* (II)								
1 [e]	Rhone	VS	- 4.6	- 0.7	2124	20. 9.	21. 8.	14. 9.
2	Mutt	VS	+19	+11.0	2590	19. 9.	22. 8.	19. 8.
3 [e]	Gries (Aegina)	VS	- 13.6	- 2.1	2382[81]	1.11.	1.10.	27. 9.
4 [e]	Fiescher	VS	- 8	- 10.0	1663.6	20. 9.	9.10.	22. 9.
5 [e]	Grosser Aletsch	VS	- 12	- 95	1510.7[81]	19. 9.	30. 8.	21. 9.
106	Mittelaletsch	VS	- 11.4	- 12.6	–	20. 9.	5.11.	21. 9.
6	Oberaletsch	VS	- 11.5	- 7.7	2139.1	17. 9.	2.10.	6.11.
7 [e]	Kaltwasser	VS	sn	- 0.5[2a]	2640	25. 9.	1.11.	22. 9.
8	Tälliboden	VS	- 12.9	+10.5	2629.0	29. 9.	29. 9.	30. 9.
9	Ofental	VS	- 28.0[2a]	- 25.3	2631.0	29. 9.	29. 9.	30. 9.
10 [e]	Schwarzberg	VS	+ 7.6	+ 3.6	2648.9	30. 9.	1.10.	28. 9.
11 [e]	Allalin	VS	+25.6	+ 1.4	2184.2	8.10.	28.10.	7.10.
12	Kessjen	VS	- 59.3[2a]	- 1.0	2852.5	3.10.	28. 9.	27. 9.
13 [e]	Fee (Nord)	VS	+64.6	+49.6	1938.0	8.10.	4.11.	11.10.
14 [e]	Gorner	VS	- x	- 93.2[5a]	2068	8.10.	13. 9.	7.10.
15 [e]	Zmutt	VS	- 8	+ 1	2241	12. 8.	15. 9.	18. 8.
16 [e]	Findelen	VS	+48.1	+18.0	2482.1	14.10.	22.10.	7.10.
107 [e]	Bis	VS	+ x	+ x	2000 ca.	8.10.	29. 9.	19. 9.
17	Ried	VS	- 20.1	- 7.5	2053.6	28. 9.	2.10.	1.10.
18 [e]	Lang	VS	+23	+16	2020	17. 9.	17. 9.	27. 9.
19	Turtmann (West)	VS	- 1.5	+18.5	2262	25. 9.	24. 9.	12.10.
20 [e]	Brunegg (Turtmann-Ost)	VS	+ 0.4	+12	2452	25. 9.	24. 9.	12.10.
21 [e]	Belle Tola	VS	- 0.5	- 3.0	–	22. 9.	14. 9.	28. 9.
22	Zinal	VS	- 22.0	- 40.3	2030	6.10.	1.10.	2.10.
23 [e]	Moming	VS	+ x	+ 7.5	2370	6.10.	1.10.	2.10.
24	Moiry	VS	+17.2	- 7.2	–	26. 9.	25. 9.	28. 9.
25	Ferpècle	VS	+10.2	+21	–	16.10.	26. 9.	15.10.
26	Mont Miné	VS	0	+ 1	1965 ca.	16.10.	25. 9.	15.10.
27	Arolla (M. Collon)	VS	+ 8.4	+10.6	–	21.10.	25. 9.	15.10.
28	Tsidjiore Nouve	VS	+25	+38	–	21.10.	12.10.	15.10.
29	Cheillon	VS	- 7.9	- 0.9	2625	4.10.	3.10.	29. 9.
30 [e]	En Darrey	VS	sn	+ 7[4a]	2475[64]	3.10.	2.10.	24. 9.
31 [e]	Grand Désert	VS	- 24	18.7	2800[64]	25. 9.	25. 9.	9.
32	Mont Fort (Tortin)	VS	- 8.3	1.4	2720[67]	23. 9.	25. 9.	9.
33	Tsanfleuron	VS	- 4[2a]	+ 6	–	n	25. 9.	27. 9.
34 [e]	Otemma	VS	- 71.5[2a]	- 35	2430 ca.	n	30. 9.	24. 9.
35 [e]	Mont Durand	VS	- 20[2a]	- 6	2290[73]	n	29. 9.	25. 9.
36 [e]	Breney	VS	- 25[2a]	- 29	2575[82]	n	29. 9.	24. 9.
37 [e]	Giétro	VS	+ 4.0	+ 8.7	2480 ca.	20.10.	20. 9.	23. 9.
38 [e]	Corbassière	VS	+ 4	+14	2180	2. 9.	31. 8.	31. 8.

a-e Bemerkungen zu den Fussnoten und Legende der Abkürzungen siehe Seite 65 - *Remarques ou notes explicatives et légende des abréviations voir page 65.*

Tabelle 3.3: **Fortsetzung 1** - *Tableau 3.3:* ***Continuation 1***

No.[a]	*Glacier*	*Ct.*[b]	*Variation du front*[c] [m] 1981/82	1982/83	*Altitude*[d] [m s.m.] 1983	*Date des mesures [jour, mois]* 1981	1982	1983
39	Valsorey	VS	+ 1.0	- 17.0	2395	9.10.	18.10.	8. 9.
40	Tseudet	VS	+ 2.0	+20.0	2423	9.10.	18.10.	8. 9.
41 [e]	Boveyre	VS	+ 3.0	+10.0	2597.5	9.10.	18.10.	8. 9.
42 [e]	Saleina	VS	+17.0	+ 14.0	1699	9.10.	18.10.	8. 9.
108 [e]	Orny	VS	+ x[5a]	n	–	n	18. 8.	n
43 [e]	Trient	VS	+15	+ 9	1758	8. 9.	21.10.	12. 8.
44 [e]	Paneyrosse	VD	-12.8	- 7.7	–	20.10.	25. 9.	29. 9.
45 [e]	Grand Plan Névé	VD	- 1.6	- 21.0	–	20.10.	25. 9.	29. 9.
46	Martinets	VD	n	n	–	n	n	n
47 [e]	Sex Rouge	VD	-10.0	+ 0.5	–	17.10.	1.10.	25. 9.
48 [e]	Prapio	VD	+ 2.0	- 44.3	–	18.10.	7.10.	25. 9.
49 [e]	Pierredar	VD	- x	sn	–	8.10.	9. 9.	15. 9.
Einzugsgebiet der Aare - *Bassin de l'Aar* (Ia)								
50 [e]	Oberaar	BE	- 1.5	- 24.4	2302.7	8.10.	11. 8.	15. 9.
51 [e]	Unteraar	BE	- 12.4	- 26.6	1909.5	8.10.	11. 8.	15. 9.
52	Gauli	BE	0	- 12	2220	9.10.	11.10.	30. 9.
53 [e]	Stein	BE	+20	+40	1934	4.10.	16. 9.	30. 9.
54 [e]	Steinlimmi	BE	0	+ 1	2092	4.10.	16. 9.	30. 9.
55 [e]	Trift (Gadmen)	BE	+ x	- x	–	18. 9.	9. 9.	19. 9.
56 [e]	Rosenlaui	BE	+ x	- x	–	8.10.	30. 8.	23. 9.
57 [e]	Oberer Grindelwald	BE	+65	+35.5	1225 ca.	3.11.	11.10.	5.11.
58 [e]	Unterer Grindelwald	BE	- 60 ca.	- 65 ca.	1085 ca.	8.10.	9. 9.	15. 8.
59 [e]	Eiger	BE	+14.3	+ 9.1	2115	10. 9.	16. 9.	29. 9.
60 [e]	Tschingel	BE	+10.9	+ 5.0	2267	11. 9.	17. 9.	30. 9.
61 [e]	Gamchi	BE	+ 7.3	+ 2.0	1990	19. 9.	2.10.	28. 9.
109 [e]	Alpetli (Kanderfirn)	BE	+ 2.5	+ 1.9	2250	17. 9.	17. 9.	15. 9.
110	Lötschberg	BE	n	n	–	n	n	n
62 [e]	Schwarz	VS	- 14.5	- 2	2215	21. 9.	17. 9.	6. 9.
63 [e]	Lämmern	VS	- 4.7	+ 0.3	2520	22. 9.	17. 9.	7. 9.
64 [e]	Blümlisalp	BE	+ 6 ca.	+ 7 ca.	2197[80]	8.10.	2. 9.	18. 8.
111 [e]	Ammerten	BE	- 3.6	- 2.6	2345	20. 9.	19. 9.	25. 9.
65 [e]	Rätzli	BE	- 30.5	- 21.7	2370	6.11.	17. 9.	27. 9.
112	Dungel	BE	n	n	–	n	n	n
113	Gelten	BE	n	n	–	n	n	n
Einzugsgebiet der Reuss - *Bassin de la Reuss* (Ib)								
66 [e]	Tiefen	UR	+ 2	- 6.0	2490[67]	6.10.	9. 9.	21. 9.
67 [e]	Sankt Anna	UR	- 4.2[2a]	- 4.4	2592[67]	n	13. 9.	14. 9.
68 [e]	Kehlen	UR	+42.4[2a]	+ 12.0	2080	n	15. 9.	21. 9.
69 [e]	Rotfirn (Nord)	UR	+36.5[2a]	+ 10.2	2031	n	15. 9.	20. 9.
70 [e]	Damma	UR	+13.2	+32.0	2044[64]	25. 9.	15. 9.	21. 9.
71 [e]	Wallenbur	UR	+ 3	+ 13.0	2234	8.10.	14. 9.	22./27.9.
72 [e]	Brunni	UR	n	- 50[2a]	–	n	n	27.10.
73 [e]	Hüfi	UR	+10	+ 14.0	1640	18. 9.	17. 9.	23. 9.
74 [e]	Griess (Unterschächen)	UR	- 15.4	- 11.0	2217	20.10.	14. 9.	15. 9.
75 [e]	Firnalpeli	OW	+ 1.0	n	–	18.10.	19. 9.	n
76 [e]	Griessen (Obwalden)	OW	n	- 14.1[2a]	–	18. 9.	n	29. 9.

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

Nr.[a]	Gletscher	Kt.[b]	Lageänderung[c] [m] 1981/82	1982/83	Höhe[d] [m ü.M.] 1983	Messdatum [Tag, Monat] 1981	1982	1983
Einzugsgebiet der Linth/Limmat - *Bassin de la Linth/Limmat* (Ic)								
77 [e]	Biferten	GL	+ 7	+ 9	1888.5	18. 9.	3. 9.	5. 9.
78 [e]	Limmern	GL	- 3.8	+ 2.8	–	27. 8.	26. 8.	25. 8.
114 [e]	Plattalva	GL	- 9.1	- 2.0	–	29. 8.	30. 8.	27. 8.
79 [e]	Sulz	GL	- 9.7	- 4.1	1788	4. 9.	29. 9.	10.10.
80 [e]	Glärnisch	GL	-10.5	+ 7	2293	5.10.	20.10.	9. 9.
81 [e]	Pizol	SG	-10.4	- 37.0	2550	18. 9.	14. 9.	21. 9.
Einzugsgebiet des Rheins/Bodensee - *Bassin du Rhin/Bodan* (Id)								
82 [e]	Lavaz	GR	-11	- 30	–	18. 9.	15. 9.	22. 9.
83 [e]	Punteglias	GR	-39	- 11	2350	9./10.10	1.10.	30. 9.
84 [e]	Lenta	GR	-10.7	- 16.7	2290	8.10.	30.10.	29. 9.
85 [e]	Vorab	GR	- 8.0	- 8.1	–	21. 9.	10. 9.	8. 9.
86 [e]	Paradies	GR	-20.4	- 19.8	2389	1.10.	23. 9.	7.10.
87 [e]	Suretta	GR	+ 3.6	- 30.7	2213	11. 9.	9. 9.	14. 9.
115	Scaletta	GR	n	n	–	n	n	n
88 [e]	Porchabella	GR	-10.0	- 3.0	2642	5.10.	17. 9.	20. 9.
89 [e]	Verstankla	GR	- 5	+ 6	2390	31. 8.	5. 9.	28. 8.
90 [e]	Silvretta	GR	- 3.9	- 3.0	2429.2	11. 9.	13. 9.	14. 9.
91 [e]	Sardona	SG	- 1.2	- 3.3	2500	17. 9.	9. 9.	20. 9.
Einzugsgebiet des Inns - *Bassin de l'Inn* (V)								
92 [e]	Roseg	GR	+13.2	- 6.8	2175	19. 8.	21.10.	14.10.
93 [e]	Tschierva	GR	+29.2	+ 5.1	2140	19. 8.	21.10.	14.10.
94 [e]	Morteratsch	GR	- 2.2	- 10	2000	18. 8	18.10.	13.10.
95 [e]	Calderas	GR	- 8.8	- 10	2720	9. 9.	3.11.	10.10.
96 [e]	Tiatscha	GR	+33	- 5	2500	2.10.	19. 9.	1.10.
97 [e]	Sesvenna	GR	- 5.1	- 2.8	2745	18. 9.	11. 9.	19. 8.
98 [e]	Lischana	GR	-25.0	- 1.4	2800	12. 9.	18. 9.	7. 9.
Einzugsgebiet der Adda - *Bassin de l'Adda* (IV)								
99 [e]	Cambrena	GR	+ 1.5[2a]	+ 3.9	2519 ca.	?	20. 9.	18. 9.
100	Palü	GR	n	n	–	10.11.	n	n
101 [e]	Paradisino (Campo)	GR	-21.8[2a]	+ 11	2800 ca.	n	9. 9.	25. 9.
102 [e]	Forno	GR	-28.5	- 13.5	2225	2. 9.	20.10.	19.10.
116	Albigna	GR	n	n	–	n	n	n
Einzugsgebiet des Tessins - *Bassin du Tessin* (III)								
120 [e]	Como	TI	- x	+ 0.6	2570	n	5. 8.	31. 8.
117 [e]	Valleggia	TI	- x	- 10.5[3a]	2420	n	13. 9.	23. 8.
118 [e]	Val Torta	TI	- x	sn	2520	n	13. 9.	23. 8.
103 [e]	Bresciana	TI	- 9.4	+ 21.0	2725	17. 9.	22. 9.	15. 9.
119 [e]	Cavagnoli	TI	-16.7	- 3.5	2560	15. 9.	15. 9.	21. 9.
104 [e]	Basodino	TI	+ 0.8	+ 14	2520	14. 9.	14. 9.	20. 9.
105 [e]	Rossboden	VS	+ 5.0	- 10.7	1950	24. 9.	21. 9.	26. 9.

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*
+	wachsend	+	*en crue*
st	stationär	st	*stationnaire*
-	schwindend	-	*en décrue*
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 1983 gemessen, ist das Jahr der Messung folgenderweise angezeigt: 2326.2^{80} = Meereshöhe 2326.2 Meter, gemessen im Jahr 1980.
Si l'altitude indiquée de la langue terminale ou du portail glaciaire n'a pas été déterminée en 1983, l'année de la mesure est indiquée comme il suit: 2326.2^{88} = cote 2326.2 mètres, 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 VALABLES POUR UN SEUL GLACIER

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

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

1 Rhone

1982: Dem Lageplan, den der Beobachter P. Mercier , Tolochenaz, jeweils im Massstab 1 : 1000 aufzeichnet, ist zu entnehmen, dass die Gletscherstirn im Berichtsjahr vor allem in den randlichen Partien zurückgeschmolzen ist, in der Mitte jedoch stellenweise um mehrere Meter weiter vorgerückt ist. Sie liegt durchwegs um Beträge zwischen 10 und 70 m, im Mittel rund 30 m vor dem Minimalstand von 1973 (VAW - M. Aellen).

1983: Du 21 août 1982 au 19 août 1983, le front du glacier a avancé de 2.6 m, en moyenne. Un mois plus tard, le 14 septembre, cette avance a été compensée par un recul moyen de 3.4 m (P. Mercier).

3 Gries

1982: Die Schneedecke des Winters 1981/82, die anfangs Juni etwa gleich mächtig war wie im Vorjahr und wie im Durchschnitt der letzten 12 Jahre, wurde im Zungengebiet bereits vor Ende Juli fast restlos, im Firngebiet bis anfangs Oktober weitgehend abgebaut, so dass lediglich das Gebiet oberhalb 3000 m Meereshöhe einen bescheidenen Firnzuwachs von durchschnittlich einem halben Meter erhielt. Bei entsprechend hohen Abschmelzbeträgen - bis zu 7 m am Zungenende - ist das Volumen des Gletschers um insgesamt 6.2 Millionen m^3, die mittlere Eisdicke um nahezu einen Meter vermindert worden. An den Ausgangspunkten der 6 Bojenpegel ist der Gletscher 0.9 bis 3.8 m dünner geworden. Infolge der starken Abschmelzung hat sich der Stausee, der am Winterende auf die minimale Staukote abgesenkt war, ungewöhnlich rasch gefüllt: der Wasserspiegel lag anfangs Juni bereits 5 m über der Minimalkote, erreichte im Juli das Gletscherende und Ende August das Stauziel. Starke Regenfälle am 26. und 27. September haben den See kurzfristig sogar zum Überlaufen gebracht. Infolge der langen Dauer des hohen Wasserstandes ist von einer eingestauten Zungenfront in zahlreichen und grossen Kalbungen viel Eis in den See abgebrochen. Der Schwund zeigte sich auch in der starken Ausaperung des Firngebiets, wo ungewohnt viele Spalten zum Vorschein kamen, oder im Umstand, dass ein seit 1979 eingeschneites Vermessungsstativ am Fuss des kleinen Blinnenhorns wieder freistand (VAW - H. Siegenthaler).

1983: Anfangs Juni ist auf der Gletscherzunge mit 4 bis über 6 m, im Vorfeld mit 2 bis 4 m die grösste seit 1970 beobachtete Mächtigkeit der Winterschneedecke gemessen worden. Diese reichte noch anfangs August - trotz überaus starker Schmelze im Juli - bis in die Nähe des Gletscherendes. Auch auf dem See, der schon fast am Gletscher stand, war die Wintereisdecke noch nicht vollständig geschmolzen. Ein Wasserausbruch, der etwa Mitte Juni auf fast 2550 m Meereshöhe erfolgt war, hatte am linken Gletscherrand in einer 50 bis 100 m breiten Rinne den Schnee ausgeräumt. In diesem Bereich sind im Juli 1 bis 2 m Eis abgeschmolzen. Am 23. September lag die Altschneegrenze auf rund 3000 m, überdeckt von Neuschnee, der bis etwa 2700 m herunter reichte. Da ausser der Winterschneedecke auch überdurchschnittlich viel Eis abschmolz und zudem in der zweiten Sommerhälfte reichlich Niederschlag fiel, erreichte der Wasserspiegel des Stausees das Stauziel bereits Ende August und konnte während mehrerer Wochen auf diesem Niveau gehalten

werden. Weil die Zungenfront nur noch teilweise benetzt wurde, blieb der Einfluss des Sees auf die Veränderung des Gletschers sichtlich kleiner als in den Vorjahren. Im Berichtsjahr ist das Zungenende weniger zurückgeschmolzen als in den übrigen Jahren der Messreihe, die bis 1961 zurückreicht. An der Eisfront traten Kalbungen weniger oft auf und im See waren nur wenige Eisberge vorhanden (VAW - Siegenthaler).

4 Fiescher

1982: Das steile, mit Moränenschutt überdeckte Zungenende in der engen Felsschlucht des Weisswassers wird durch Schneelawinen zusätzlich mit Gehängeschutt beladen, so dass der Eisrand oft nur am Gletschertor freiliegt. Nach schneereichen Wintern überdauern die Lawinenablagerungen zum Teil den ganzen Sommer, wobei das Gletschertor, das oft von einer Talflanke an die andere wechselt, gelegentlich auch längs der Talachse verlagert wird. Beispielsweise ist 1978 die Zunge durch Lawinenablagerungen um durchschnittlich 20 m verlängert, das Gletschertor von der westlichen auf die östliche Talseite und um 65 m talwärts verlegt worden. Die letzten Reste der damals angelagerten Masse sind erst im Sommer 1982 weggeschmolzen. An der westlichen Talflanke lag im Herbst der Eisrand an der Stelle frei, wo sich 1977 das Gletschertor befunden hatte. Das Weisswasser entströmt seit 1978 den Ablagerungen vor dem Gletscher am Fuss der östlichen Talflanke. Inzwischen hat sich der Bachaustritt dem früheren Gletschertor halbwegs wieder genähert (VAW - M. Aellen).

5 Grosser Aletsch

1982: Der Gletscher endet gegenwärtig an einer Stelle in der Massaschlucht, die von den Vermessungsfixpunkten aus nicht sichtbar ist. Die Längenänderung ist anhand der Luftbilder vom 18.9.1981 und vom 30.8.1982 photogrammetrisch (mittels Stereoskop ST4) näherungsweise (auf ± 2 m) genau bestimmt worden (VAW - W. Schmid).

1983: Das Zungenende war wie im Vorjahr von den Vermessungsstationen im Gelände aus nicht sichtbar. Die Längenänderung ist anhand der Luftbilder vom 21.9.1983 wiederum photogrammetrisch bestimmt worden (VAW - W. Schmid).

7 Kaltwasser

1982: Infolge des frühen Schneefalls konnte die Messung am Gletscher nicht durchgeführt werden (M. Borter). - Auf den Luftbildern vom 1.11.1982 ist der mit Neuschnee überdeckte Gletscherrand nicht sichtbar (VAW - M. Aellen).

1983: Das Zungenende ist in den letzten 2 Jahren stationär geblieben. Die Schneezungen, die in den vorangehenden Jahren angelagert worden waren, sind mittlerweile vergletschert und merklich mächtiger geworden (M. Borter).

10 Schwarzberg

1982: Am Zungenende, das jetzt über eine Felsstufe hinabhängt und unzugänglich geworden ist, konnten erstmals keine Messmarken angebracht werden. Durch Anpeilen auffälliger Stellen des Eisrandes konnte dessen Lage trotzdem wie üblich durch Vorwärtseinschnitte von den Vermessungsstationen 22 und 23 aus mit guter Genauigkeit bestimmt werden (VAW - W. Schmid).

11 Allalin

1982: Vermessungsflüge am 28.10.1982 im Auftrag der Kraftwerke Mattmark (KWM), ausgewertet durch die VAW am Autographen des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ. Das Gletscherende verharrte bis Ende September nahezu auf dem Stand des Vorjahres. Erst im Verlauf der Rutschung, die im Oktober im Zungengebiet in Gang kam, rückte es noch kräftig vor (VAW - W. Schmid).

1983: Von den Vermessungsflügen für KWM am 15.9. und 7.10.1983, ist der zweite durch die VAW ausgewertet worden. Am Datum des ersten Fluges lag das Gletscherende hinter dem Vorjahresstand. Es war noch weiter zurückgeschmolzen, als Ende September eine verhältnismässig schwache Zungenrutschung einsetzte, die am Datum des zweiten Fluges noch im Gang war (VAW - W. Schmid).

13 Fee

1982: Der Vergleich der Luftbilder vom 28.10.1982 mit den Aufnahmen der Vorjahre zeigt, dass sich der Vorstoss nochmals beschleunigt hat. Für die Messungen im Gelände sind gemeinsam mit dem Forstpersonal neue, leichter zugängliche Fixpunkte auf dem Kamm der Stirnmoräne markiert worden (VAW -W. Schmid / M. Aellen).

1983: Im Sommer 1954 ist der vorderste Teil der Nordzunge durch einen Bergsturz auf gut einen halben Kilometer Länge mehrere Meter hoch mit grobem Blockschutt überdeckt worden. Verschüttetes Eis ist später, von 1958 bis 1964, in steilen Schmelzfronten etwa 350 m oberhalb des Zungenendes von 1953 wieder zum Vorschein gekommen. Am nicht verschütteten rückwärtigen Teil der Zunge hat sich alsbald eine neue Stirn aufgewölbt, die sich seit 1956 über die Bergsturzmasse vorschiebt. Heute hat sie die Stelle, an der das ehemalige Zungenende unter dem Bergsturz verschwunden ist, nahezu erreicht. Damit tritt der Gletscher wieder in sein flaches Zungenbecken ein, das bei seinem Vorstoss um 1920 letztmals mit Eis gefüllt war. Die Vermessung des Zungenendes im Gelände, erschwert durch die Unwegsamkeit der frischen Bergsturzablagerungen und wegen der vor der hohen Zungenwölbung abstürzenden Steine, Fels- und Eisblöcke nicht ungefährlich, konnte zeitweise nicht jedes Jahr wiederholt werden. Anhand von Ansichtsphotos und der seit 1968 jährlich aufgenommenen Luftbilder sind die Messlücken zunächst mit qualitativen Angaben überbrückt worden, die neuerdings durch Zahlenangaben ergänzt worden sind. Danach ergeben sich für die letzten 30 Jahre folgende, auf Meter gerundete Längenänderungen:

1953/56	-520ca.	1964/65	+ 10	1971/72	+30	1978/79	+ 17
1957/58	+ 35	1965/66	+ 6	1972/73	+21	1979/80	+ 16
1958/59	+ 4	1966/67	+ 6	1973/74	+12	1980/81	+ 40
1959/61	+ 34	1967/68	+ 12	1974/75	+14	1981/82	+ 65
1961/62	+ 16	1968/69	+ 10	1975/76	+ 6	1982/83	+ 50
1962/63	+ 13	1969/70	+ 16	1976/77	+ 9	1956/83	+476
1963/64	+ 10	1970/71	+ 18	1977/78	+ 6	1953/83	- 44

Der Vorstoss des Feegletschers, räumlich und zeitlich der längste der laufenden Vorstösse, ist gewissermassen vorzeitig durch das mit dem Klima nicht oder nur indirekt verknüpfte Zufallsereignis des Bersturzes ausgelöst worden. Im übrigen zeigt sein Verlauf ähnliche klimabedingte Schwankungen wie etwa jene des Trientgletschers mit einer deutlichen Verzögerung (1972 bis 1976) zwischen den ausgeprägten Beschleunigungsphasen von 1965 bis 1972 und 1978 bis 1982 (VAW - M. Aellen).

14 Gorner

1982: Wegen der frühen Schneefälle konnte die Messung im Gelände nicht durchgeführt werden (A. Bodenmann). - Der Vergleich der Luftbilder vom 13.9.1982 mit denen des Vorjahres zeigt, dass von der Dickenzunahme des Gletschers, die z.B. am Weg vom äusseren Gornerli zur Monte Rosahütte augenfällig ist, am Zungenende noch kaum etwas zu bemerken ist. Die Höhenkote ist dem Übersichtsplan des Kantons Wallis, Blatt 5685, entnommen (VAW - M. Aellen).

15 Zmutt

1982: Les observation ont été rendues plus difficiles par la construction d'une digue surélévant le lac naturel, formé devant le glacier par le retrait de son front, et rendant le point principal d'observation inaccessible (P. Mercier).

1983: L'avance moyenne, quoique très faible, est à prendre en considération, car elle est due à une poussée de la partie centrale du glacier devenue active, où le front a avancé de 5 à 7 m (P. Mercier).

16 Findelen

1982: Die Luftbilder vom 29.9.1982 wurden photogrammetrisch ausgewertet durch die VAW am Autographen des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ. Das Zungenende ist bei kaum verminderter Bewegungsgeschwindigkeit des Eises und stärkerer Abschmelzung etwas weniger weit vorgerückt als im Vorjahr. Durch Messungen der VAW konnte im Mai und Juni zeitweise ein ausgeprägter Tagesgang des Wasserdrucks am Gletscherbett und der Bewegungsgeschwindigkeit des Eises an der Oberfläche nachgewiesen werden. Der Ausbruch einer Wassertasche führte in der Nacht zum 30. Mai zu einem Hochwasser, das bei der Wasserfassung, die wegen des vorstossenden Gletschers umgebaut wurde, einen Damm durchbrach und die Baustelle überflutete. In den vorangehenden Tagen hatte die Bewegungsgeschwindigkeit des Gletschers trotz verhältnismässig geringer Schneeschmelze deutlich zugenommen. Der Ausbruch war begleitet von einer Phase sehr hohen Wasserdrucks, die gegen Mitternacht in den oberen, drei Stunden später in den rund 500 m entfernten unteren Messstellen auftrat. Beim Durchgang dieser Druckwelle nahm an den betreffenden Stellen jeweils auch die Geschwindigkeit des Gletschers sehr stark zu, ebenso wie dessen Erschütterung, die durch Seismographen des Geophysikalischen Instituts der ETHZ aufgezeichnet wurde. Mittels zweier je 15 m langer Invardrähte konnten auch die durch die Geschwindigkeitsschwankungen verursachten, in der Bewegungsrichtung besonders ausgeprägten Verformungen des Eises an der Oberfläche erfasst werden. Zwei Wochen später erfolgte ein weiterer, kleinerer Ausbruch einer Wassertasche (VAW - A. Iken / W. Schmid). - Die Längenänderung des Gletschers wurde wie bisher durch R. Zimmermann, Zermatt, gemessen (VAW - M. Aellen).

1983: Die Ergebnisse der Geschwindigkeits- und Wasserdruckmessungen im Sommer 1982 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Schwankungen des Wasserspiegels waren in den verschiedenen Bohrlöchern im allgemeinen ähnlich.
- Es bestand eine gute Korrelation zwischen der Höhe des Wasserspiegels und der Geschwindigkeit des Gletschers.
- Auch relativ niedrige Wasserdrücke (9.3 bar Wasserdruck am Gletscherbett bei einem Ueberlagerungsdruck des Eises von 15.9 bar) hatten noch einen Einfluss auf die Gletscherbewegung.
- Die Beziehung zwischen Wasserdruck und Geschwindigkeit veränderte sich nicht im Verlauf der Schneeschmelze (Mitte Mai bis Mitte Juni).

Von den verschiedenen Schlussfolgerungen aus diesen Ergebnissen sei hier kürzehalber lediglich erwähnt, dass die höheren Geschwindigkeiten des Gletschers (und die grösseren Vorstossbeträge) zu Beginn des Vorstosses (im Sommer 1980) hauptsächlich durch höhere Wasserdrücke verursacht gewesen sein dürften (VAW - A. Iken).

18 Lang

1982: Die Längenänderung ist an der vorstossenden Zungenfront bestimmt worden. Die schuttbedeckten seitlichen Zungenreste im Bereich der neuen Messlinie sind verschwunden (M. Borter).

1983: Die Längenänderung ist an der vorstossenden Zungenfront bestimmt worden. Im Bereich der Messlinie sind erneut schuttbedeckte Eismassen bis in eine Entfernung von 170 m vom Gletschertor zum Vorschein gekommen. Weil sich der alte Basispunkt unter dem Moränenschutt nicht mehr leicht auffinden lässt, ist ein neuer Basispunkt auf anstehendem Fels angebracht worden (R. Sperisen / M. Borter).

20 Brunegg

1983: Der Vorstoss von 12 Laufmetern ist neben der Messlinie bestimmt worden. Diese trifft seitlich auf die Gletscherzunge, wo sich durch Abschmelzen des Gletscherrandes ein Rückgang von 11.7 Laufmetern ergeben hat (A. Tscherrig).

21 Bella Tola

1982: Erstmals seit Jahren waren wieder einmal alle 5 Messpunkte schneefrei. Bei Punkt 2 reichte das Eis bis an den Block mit der Messmarke (A. Tscherrig).

23 Moming

1982: Die alten Messpunkte sind infolge des Vorstosses nicht mehr sichtbar (R. Epiney / M. Torrent).

30 En Darrey

1982: Les points repères ne sont pas visibles. Le névé formé par les chutes de neige et les avalanches recouvre toujours l'avant-glacier. Sa longueur en aval de la glace est actuellement de 340 m et se situe sur la ligne de base établie en 1956 (M. Pitteloud / P. Nendaz).

1983: Des 3 points de repère, qui ont été recouverts par le névé pendant les années 1980 à 1982, un seul a réapparu (B. Seivis).

31 Grand Désert

1982: Deux repères latéraux, x et y, ont été posés de manière qu'on pourra mieux suivre l'évolution de la langue glaciaire (M. Pitteloud).

34 Otemma

1982: La partie gauche du glacier est en recul accentué et s'est beaucoup rétrécie depuis 1980. La ligne de visée du point 3/71, devenue tangente, a été abandonnée. Le repère 2/71, trop éloigné du glacier, a été remplacé par le nouveau point 6/82. La partie droite du front glaciaire a avancé légèrement. En général, le régime de décrue s'est accentué depuis 1980. Les petits glaciers de cirque au fond du Val de Bagnes, qui étaient en crue manifeste, en 1980, semblent de nouveau en recul. Celui d'Epicoun, en particulier, a perdu son abrupt frontal et se termine en lame de glace mince sur un banc rocheux. Le glacier régénéré en aval est réduit à un talus de glace noire sans alimentation depuis l'amont. L'été 1982, chaud et humide, a eu raison de la plupart des névés semi-permanents de la région. A la fin de l'été, les glaciers étaient dénudés très haut (J.-L. Blanc).

1983: Le recul s'est atténué. La Drance sort du glacier tangentiellement à sa rive droite et la longe sur quelques centaines de m. Les glaciers de cirque, descendant de la chaîne frontière, sont en crue. Au glacier d'Epicoun, un glacier régénéré s'est formé sous la forme d'un talus remarquable au pied de la laisse rocheuse, bientôt recouverte par la glace (J.-L. Blanc).

35 Mont Durand

1982: La glacier est toujours en recul, bien que son épaisseur ait augmenté, depuis 1980, dans sa partie moyenne (J.-L. Blanc).

1983: Le glacier est toujours en recul, cependant atténué. Dans sa partie moyenne, il semble avoir augmenté de volume. Son front se trouve encore au fond d'une gorge étroite, dont l'accès est difficile (J.-L. Blanc).

36 Breney

1982: Le recul s'est atténué depuis 1980. La configuration du terrain devant le front est toujours compliquée et rend les mensurations difficiles. Le front du glacier se présente sous la forme de deux lobes, gauche et droit, séparés par la partie centrale de glace nue, très en retrait, d'où s'échappe le torrent (J.-L. Blanc).

1983: Le recul s'est accentué, en particulier au centre du front, qui est en retrait par rapport aux lobes latéraux gauche et droit, tous deux recouverts de débris morainiques. Afin de faciliter les contrôles sur le terrain compliqué avec un lagot, des torrents et des lambeaux de glace morte devant le front glaciaire, 3 nouveau points ont été balisés (J.-L. Blanc).

37 Giétro

1982: Vermessungsflug am 29.9.1982 im Auftrag der Kraftwerke Mauvoisin (FMM), photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro H. Leupin in Bern. Die Gletscherzunge hat sich auf der Südseite weiter über den angelagerten grossen Sturzkegel und die flache Felsterasse vorgeschoben. Auf der Nordseite ist sie teils durch Eisabbrüche an der Front, teils durch Schmelzung an den Seitenlappen mehrheitlich kürzer geworden. Die Sturzkegel auf den Felsterassen sind sichtlich kleiner geworden; sie sind zweifellos stärker abgeschmolzen als in den Vorjahren, dürften aber auch langsamer wachsen, seit sie vom Gletscher überfahren werden und somit durch ihre Stützwirkung die Eissturztätigkeit an den seitlichen Abbruchfronten hemmen. Berücksichtigt man ihren Flächenschwund bei der mittleren Längenänderung, reduziert sich der Vorstoss auf 1.4 m. Von der bogenförmigen frontalen Eiswand, die infolge des Vorstossens von Jahr zu Jahr breiter und auch höher wird, gehen die Eisstürze in kaum verminderter Häufigkeit ab (VAW - M. Aellen).

1983: Vermessungsflug am 23.9.1983 für FMM, ausgewertet durch Leupin. Der Gletscher endet in einer rund 100 m breiten Zunge, die sich vorne über die Felsterrasse südlich der Schlucht und seitlich über den ihr angelagerten Sturzkegel vorschiebt. Auf den höher gelegenen Felsstufen beiderseits der Zunge hat sich der Gletscherrand im allgemeinen wenig verlagert. Durch das Abschmelzen der Sturzkegel ist die eisbedeckte Fläche etwas kleiner geworden, so dass sich gesamthaft ein bescheidener Schwund um 1.6 m ergibt. Die Zahlenangabe in der Tabelle (3.3) bezieht sich auf die Zungenmasse aus unverstürztem Gletschereis, die eineutig noch im Vorstossen begriffen ist. Die Gletscherbewegung hat sich nach einer fünfjährigen Beschleunigungsphase wieder merklich verlangsamt (VAW - M. Aellen).

38 Corbassière

1982: Cette année le glacier a subi un décroissement général, mis à part une légère augmentation de sa longueur. Au profil supérieur, le niveau de la surface a baissé de 0.3 à 1.2 m et le mouvement glaciaire s'est ralenti de 5 à 14 %, par rapport à l'année dernière. Au profil inférieur, le glacier s'est abaissé de 0.9 à 1.2 m dans la partie médiane, tandis que dans les parties marginales il est resté stable ou a même épaissi un peu. La vitesse du mouvement glaciaire y a diminué de 3 à 4 %, en moyenne. Sur le ressaut, situé entre les deux profils, le niveau de la surface a baissé de 1.1 m et la vitesse du mouvement a diminué de 4 %. Aux environs de la cabane de Corbassière, le bord du glacier a continué sa poussée contre la moraine latérale, malgré les tendances observées, qui vont plutôt vers la décrue (Ch. Wuilloud). - A la demande des Forces motrices de Mauvoisin, l'ingénieur forestier Ch. Wuilloud, Sion, a poursuivi les mensurations exécutés dès 1967 par le géomètre A. Mathier, Sion, qui a pris sa retraite. Les résultats principaux sont résumés dans le tableau suivant. (VAW - M. Aellen).

1983: Après un accroissement général, de 1977 à 1980, suivi d'une légère décroissance, en 1981 et 1982, le glacier a repris, dans l'année du rapport, une très faible augmentation de volume, qui n'est toutefois que locale: le profil du haut a augmenté en hauteur, le ressaut du milieu a baissé et le profil du bas est resté plus ou moins équilibré, tandis que la partie frontale du glacier a avancé et pris de l'ampleur en surface. Sur la rive droite, une petite langue glaciaire latérale s'est formée. Au profil inférieur (A), la partie centrale a légèrement baissé, mais les flancs des deux côtés se sont haussés de 20 à 50 cm. Au profil supérieur (B), les variations du niveau vont de +1 à -0.5 m, la hausse la plus marquée se trouvant au centre du glacier. Par rapport aux vitesses de l'année précédente, le mouvement glaciaire s'est ralenti de 7 à 12 % au profil A et de 20 % au ressaut du milieu, mais accéléré de 3 à 6 % au profil B (Ch. Wuilloud). - Les résultats principaux des mensurations, effectuées à la demande des forces motrices de Mauvoisin par Ch. Wuilloud, inspecteur forestier à Saillon, sont résumés dans le tableau suivant.

Profil *Profil*	Höhe *altitude*	Mittlere Dickenänderung *Variation moyenne de l'épaisseur*				Mittlere Fliessgeschwindigkeit *Vitesse moyenne du mouvement*			
	[m s.m.]	1980/81 [m]	1981/82 [m]	1982/83 [m]	1967/83 [m/an]	1980/81 [m/an]	1981/82 [m/an]	1982/83 [m/an]	1967/83 [m/an]
Tsessette	2500	+1.0	-0.5	+0.1	+7.9	51.3	49.4	46.6	38.9
Ressaut	2640	+1.6	-1.1	-1.1	-	53.3	50.3	40.0	-
Panossière	2660	-0.2	-0.9	+0.2	+4.8	52.1	46.6	47.1	45.3

41 Boveyre

1983: Le glacier avance fortement, en particulier sur son flanc droit (M. May).

42 Saleina

1983: La poussée de ce glacier est extraordinaire, de sorte qu'on a dû établir une nouvelle ligne de base devant sont front (M. May).

43 Trient

1982: Seit 1974 hat der Beobachter, P. Mercier, Tolochenaz, am Gletscherende nicht nur den Grundriss, sondern auch ein Längsprofil durch die Zungenachse vermessen. Die Profilschnitte zeigen ebenso wie die jährlich aufgenommenen Photos, wie die von 1975 bis 1978 nur noch langsam vorrückende aufgewölbte Gletscherstirn abflachte, bevor sie, von 1979 an, von neuem sich stark aufwölbte und auch wieder schneller vorrückte. Am 30.8.1982, von 11 bis 14 Uhr, hat P. Mercier mit einem Kryokinemeter die Bewegungsgeschwindigkeit des Eises an der Gletscherstirn in etwa viertelstündlichen Intervallen bestimmt, wobei sich ein Durchschnittswert von 3.2 mm pro Stunde (rund 28 m/Jahr) ergab. Vom 12.8. bis 21.10.1982 ist diese Geschwindigkeit durch die Abschmelzung nahezu kompensiert worden; das Zungenende ist in dieser Zeitspanne um einen mittleren Betrag von nur 0.4 m vorgerückt (VAW - M. Aellen).

44 Paneyrosse

1982: Lors des mesures, qui ont eu lieu dans des bonnes conditions, on a constaté, près du point 113, un éboulement de gros blocs de glace (J.-P. Marlétaz).

1983: Au point 113, où pour la première fois la mesure a été faite au-dessus de la barre rocheuse, le glacier a reculé de 24.5 m. Sur les deux autres lignes de mesure, il a avancé de 1.7 et 2.8 m (J.-P. Marlétaz).

45 Grand Plan Névé

1982: Par accumulation de névés, le bord du glacier a avancé de 1.1 à 26.4 m sur les lignes de mesure latérales, tandis que sur les lignes centrales il a reculé jusqu'à 10.9 m (J.-P. Marlétaz).

1983: Le névé accumulé devant le front glaciaire ayant disparu, la vielle glace compacte est exposée au bord du glacier sur 5 des 7 lignes de mesure. Sur les lignes centrales, le glacier a reculé de 24 à 43.5 m, mais de 0.9 à 23.3 m seulement sur les lignes latérales (J.-P. Marlétaz).

47 Sex Rouge

1982: Le glacier est en léger recul; par sa minceur, la couche de glace de la partie terminale est sensible aux conditions météorologiques qui règnent pendant l'été (J.-P. Besençon).

1983: D'après les mesures, le glacier est resté stationnaire. Dans la partie terminale, l'épaisseur de la glace a pourtant nettement diminué, surtout pendant la grande série de chaud de mi-juillet. Après avoir fait, début juillet, une première visite des lieux, nous avons pu constater, en automne, l'effet considérable de la fonte sur l'épaisseur du glacier (J.-P. Graf / J.-P. Besençon).

48 Prapio

1982: L'accès au glacier s'est fait par Creux de Champ-Pierredar, vu les conditions, rendues difficiles par la neige fraîche, tombée du 4 au 6 octobre. La partie inférieure du glacier étant recouverte non seulement de neige mais aussi de pierres, le résultat de la mesure n'est pas garanti sans réserves. Le calcul donne une légère avance, mais l'épaisseur du glacier semble diminuer (J.-P. Besençon).

1983: L'accès au glacier s'est fait par le Sex Rouge et dans de bonnes conditions de sécurité, car les crevasses, peu "pontées", étaient bien visibles. Dans la partie inférieure du glacier, abondamment recouverte de pierres, il n'y avait presque plus de névés. Le chiffre du tableau se réfère à la langue principale du glacier. La langue latérale au nord, qui n'est pas mesurée régulièrement, a reculé d'environ 30 m (J.-P. Graf / J.-P. Besençon).

49 Pierredar

1982: Der Gletscher ist seit 1976 nie mehr so stark ausgeapert wie im Berichtsjahr. Dabei haben die hauptsächlich durch Lawinen aufgeschütteten Eis- und Schneemassen der regenerierten Gletscherzunge und der vorgelagerten Sturzkegel durch starkes Abschmelzen in ihrer Flächenausdehnung und vor allem auch in ihrer Dicke deutlich abgenommen. Auf der tatzenförmigen Zunge am östlichen Gletscherrand, deren Länge kaum geändert hat, sind durch das Verschwinden der zum Teil mehrjährigen Schneedecke sehr viele Spalten zum Vorschein gekommen (VAW - M. Aellen).

1983: Die Luftbilder vom 15.9.1983 zeigen den Gletscher unter einer dünnen Neuschneedecke, unter der sich der auskeilende Rand der regenerierten Zunge nicht genau orten lässt. Im Bereich eines frischen Eissturzes auf der Westseite reicht das Eis über den Vorjahresstand ins Vorgelände hinaus. Sonst dürfte der Gletscherrand durchwegs eher zurückgeschmolzen als vorgerückt sein (VAW - M. Aellen).

50 Oberaar

1982: Vermessungsflug V+D am 11.8.1982 im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli (KWO), photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro A. Flotron, Meiringen. Die Zunge hat im Berichtsjahr eine Fläche von 460 m^2 freigegeben, was bei einer Breite von 300 m einen durchschnittlichen Längenschwund von 1.5 m ergibt. Das Zungenende, das an einigen Stellen vorgestossen, an andern Stellen kürzer geworden ist, hat seine Lage durchwegs nur um wenige Meter verändert. Der Oberaarsee reichte vom 8. bis 22.10.1981 und vom 2. bis 11.8.1982 an den Gletscher. Wegen der kurzen Berichtsperiode, bedingt durch den sehr frühen Vermessungsflug vom 11.8.1982, war die gesamte Einstauzeit nur 23 Tage. Diese Tatsache dürfte erklären, weshalb die Eisfront des Gletscherendes in der Berichtsperiode nicht weiter zurückgeschmolzen ist und weshalb die Verschiebung der Höhenkurven im vordersten Zungenbereich (vgl. folgende Tabelle), unterhalb des Querprofils 14, eine Zunahme des Volumens anzeigt, nämlich um 36'000 m^3 Eis (A. Flotron).

1983: Vermessungsflug V+D am 15.9.1983 für KWO, ausgewertet durch Flotron. Die Zunge hat sich über eine Fläche von 7 316 m^2 oder - bei einer Breite von 300 m - über eine mittlere Länge von 24.4 m zurückgezogen. Bedingt durch die lange Einstauzeit von 108 Tagen (11.8. - 11.11.1982 und 31.7. - 15.9.1983), ist die Zungenfront in der Mitte um 40 m zurückgewichen. An den Rändern hat sie sich wenig verändert. Die frontale Eiswand ist um durchschnittlich 3 m, im Maximum um 5 m höher geworden. Ihre höchste Kote liegt auf 2332.9 m Meereshöhe, ziemlich genau 30 m über dem Seespiegel bei Vollstau. Für den vordersten Bereich der Zunge, unterhalb Querprofil 14, ist aus den Verlagerungen der Höhenkurven, die sich um die nachstehend angegebenen Beträge bergwärts verschoben haben, eine Verminderung des Eisvolumens um 263 000 m^3 berechnet worden (A. Flotron).

Höhenkurve [m ü.M.]	2310	2320	2330	2340	2350	2360
Flächenzunahme 1982 [m^2]	240	56	400	1152	976	836
mittlerer Vorschub 1982 [m]	0.9	0.2	1.1	3.5	3.9	4.6
Flächenabnahme 1983 [m^2]	6960	7240	5970	3840	2540	1050
mittlerer Rückzug 1983 [m]	24.9	20.7	17.1	11.6	10.6	6.2

51 Unteraar

1982: Vermessungsflug V+D am 11.8.1982 für KWO, ausgewertet durch Flotron. In der Berichtsperiode hat sich das Zungenende über eine Fläche von 6 808 m^2 um durchschnittlich 12.4 m zurückgezogen. In der nördlichen Hälfte hat sich seine Lage seit dem Vorjahr kaum verändert, abgesehen von einigen Stellen mit Schwundbeträgen von wenigen Metern. In der südlichen Hälfte dagegen, wo der Gletscherrand an den südexponierten schuttfreien Eisflanken stellenweise über 20 m zurückgeschmolzen ist, hat es sich über eine Breite von 200 m um durchschnittlich 10 m zurückgezogen. Der Seespiegel erreichte knapp und während nur weniger Tage die untersten Eispartien. Das Wasser des Stausees bewirkte somit keine nennenswerte zusätzliche Abschmelzung. Für den vordersten, unterhalb Querprofil 1 gelegenen Teil der Gletscherzunge ergibt sich aus der Verschiebung der Höhenkurven, die in der nachstehenden Tabelle angegeben ist, eine Volumenverminderung um 439 000 m^3 Eis.

Für die Bewertung der Ergebnisse ist wie beim Oberaargletscher zu berücksichtigen, dass die Abschmelzung nach dem Vermessungsflug, der etwa drei Wochen vor dem üblichen Termin stattfand, bis zum Kälteeinbruch in den letzten Augusttagen kräftig weiterging (A. Flotron).

1983: Vermessungsflug V+D am 15.9.1983 für KWO, ausgewertet durch Flotron. Die Gletscherfläche ist am Zungenende um 14 648 m^2 kleiner und dementsprechend die mittlere Länge um 26.6 m kürzer geworden. Die schattseits gelegene rechte Zungenflanke hat sich wenig verändert, abgesehen vom kesselförmigen Einschnitt beim Gletschertor, der sich stellenweise bis zu 20 m ausgeweitet hat. Die Zungenmitte ist um 40 m, die linke Zungenflanke ziemlich gleichmässig um 10 m zurückgeschmolzen. Der Seespiegel steigt auch bei Vollstau nicht mehr bis zum Gletscherende. Das Wasser des Stausees bewirkte im Berichtsjahr keine zusätzliche Abschmelzung des Gletscherendes. Zwischen Zungenende und Querprofil 1 hat das Volumen des Gletschers um 626 000 m^3 abgenommen. Dies ergibt sich aus der Verschiebung der Höhenkurven, die um folgende Beträge bergwärts versetzt worden sind (A. Flotron):

Höhenkurve [m ü.M.]	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980
Flächenabnahme 1982 [m^2]	2060	6510	6780	6400	8030	2720	4300	1140
mittlerer Rückzug 1982 [m]	5.9	15.5	14.4	12.1	14.1	5.9	10.8	3.2
Flächenabnahme 1983 [m^2]		13540	10060	8450	12960	5170	9650	1540
mittlerer Rückzug 1983 [m]		32.2	21.4	16.0	22.7	12.6	26.1	11.0

53 Stein

1983: Auf der rechten Seite ist der Gletscher sehr stark vorgestossen, schätzungsweise gegen 60 m. Dabei hat er sämtliche Mess- und Versicherungspunkte überfahren. Das Gletschertor in der rechten Seitenmoräne ist noch vorhanden. Der Hauptbach entströmt jedoch wiederum einem Gletschertor auf der linken Seite (R. Straub).

54 Steinlimmi

1982: Die Messungen bei den Punkten 4 und 5 haben bestätigt, dass das Zungenende im Vorjahr in diesem Bereich tatsächlich um 18 bzw. 38, im Durchschnitt also um 28 m vorgestossen sein muss (R. Straub).

1983: Auf der mittleren Messlinie, wo der Gletscher einen mehrere m hohen Schuttwall vor sich herschiebt, ist der Eisrand nicht sichtbar. Das Gletschertor in der Zungenmitte hat sich erhalten. Zum ersten Mal seit vielen Jahren hat sich bei Messlinie 5 ein zweites Tor gebildet (R. Straub).

55 Trift

1982: Die Luftbilder vom 9.9.1982 lassen erkennen, dass der Gletscher etwas weiter in die Schlucht hinabreicht als im Vorjahr. Auf den Flanken ist er stellenweise zurückgeschmolzen (VAW - M. Aellen).

1983: Die Luftbilder vom 19.9.1983 lassen erkennen, dass der Gletscherrand in der Schlucht ungefähr auf seinen Stand von 1981 zurückgeschmolzen ist. Auch an der Windegg steht das Eis weniger hoch als im Vorjahr (VAW - M. Aellen).

56 Rosenlaui

1982: Die Luftbilder vom 30.8.1982 lassen erkennen, dass der Gletscher seinen Vorstoss auf der Dossenseite, wo sich eine kompakte Zunge mit aufgewölbter Stirn durch die Talfurche vorschiebt, eindeutig fortgesetzt hat. In den übrigen Teilen hat das meist als zerspaltene Abbruchfront ausgebildete Gletscherende naturgemäss seine Lage wenig verändert, ist aber dünner geworden. Die Sturzkegel im Vorgelände sind deutlich zurückgeschmolzen (VAW - M. Aellen).

1983: Die Luftbilder vom 23.9. 1983 belegen den starken Rückgang des Eises auf der Wellhornseite, wo die vor zwei und drei Jahren rutschungsartig vorgeschobenen Eismassen weitgehend verschwunden sind. Auf der Dossenseite dagegen ist die kompakte, in den letzten Jahren neu gebildete Zunge dem Talweg entlang weiter vorgestossen (VAW - M. Aellen).

57 Oberer Grindelwald

1982: Der grosse Vorstossbetrag ergibt sich zum guten Teil aus dem Umstand, dass der hinterste der drei Sturzkegel im Vorfeld, dem sogenannten Gletschersand, mit der Gletscherzunge zusammengewachsen ist. Die vorstossende Zungentatze hat das abgebrochene Eis völlig verfestigt und zu kompaktem Gletschereis regeneriert (V. Boss). - Standardphotos sind von H. Boss, Zweilütschinen, am 1.5. und 20./21.10.1982 sowie am 23.4.1983 aufgenommen worden. Die Frühjahrsaufnahmen zeigen u.a., dass der mittlere und der vorderste der drei Sturzkegel im Gletschersand, die jeweils im Winter stark zugenommen haben und von Jahr zu Jahr grösser geworden sind, mittlerweile bis nahe an die Abbruchfronten auf dem sogenannten "Hehlischopf" (entspricht dem "Felsnollen" in den vorangehenden Berichten) und in der östlich davon herunterziehenden Felsrinne hinaufreichen (VAW - M. Aellen).

1983: Das Jahr 1983 war wohl das spannungsreichste, aber auch das arbeitsreichste Jahr in meiner Tätigkeit als Gletschermesser. Das Gletschervorfeld hat sich in kurzer Zeit stärker als je zuvor verändert. Zunächst hat der Gletscher bei einem raschen Vorstoss im Frühjahr seine Zungentatze um etwa 120 m über den Stand des Vorjahres hinaus vorgeschoben. Dann hat ein neuerlicher Ausbruch des Milchbachs ein Hochwasser verursacht, das längs des linken Gletscherrandes eine tiefe Rinne ausfrass und Teile des Hangs unter der Halsegg zum Abrutschen brachte. Dabei sind junge

Rottannen samt ihrem Wurzelteller in aufrechter Stellung bis an den Eisrand hinunter geglitten, was den Eindruck einer starken Ausbreitung des Gletschers verstärkte. Durch das Hochwasser ist die Lütschine in ein altes Bett umgeleitet worden. Dadurch ist der Messpunkt von 1982 unzugänglich geworden und musste durch einen neuen Punkt diesseits des reissenden Baches ersetzt werden. Schliesslich hat die grosse Sommerhitze ein ungewöhnlich starkes Abschmelzen der Gletscherzunge bewirkt. Gegen Ende Juli bekam die Zungentatze durch ausschmelzendes Moränenmaterial ein dreckiges Aussehen. Das Eis über der im Mai ausgehauenen Grotte schmolz dermassen rasch dahin, dass im August eine neue Grotte angelegt werden musste. Der grosse Sturzkegel, der im Juni durch den Gletscher überfahren wurde, ist im Laufe des Sommers teilweise wieder freigegeben worden. Das kompakt gewordene konglomeratische Eis des Sturzkegels war bei der Messung nicht ohne weiteres vom massigen Eis der Gletscherzunge zu unterscheiden. Erst im Oktober begann sich der Gletscher vom Schwund zu erholen: Eisabbrüche in den Gletschersand ereigneten sich wieder häufiger, auf dem Nollen und auf der Wetterhornseite rückte der Eisrand sichtlich wieder vor. Die Längenänderung ist an der Stirn der Zungentatze bestimmt worden. Der Gletscher, der durch mehrere Zeitungsartikel und ein Radiogespräch grosse Publizität erfuhr, zog wohl noch selten so viele Besucher an, denen mit einer "Gletscheruhr" die tägliche Bewegung des Gletschers sichtbar gemacht wurde (V. Boss).

58 Unterer Grindelwald

1982: Die Luftbilder vom 9.9.1982 lassen erkennen, dass der Sturzkegel vor der Zunge am oberen Rand der Schlucht schmaler und niedriger geworden ist und am Grund der Schlucht mindestens etwa 50 m weiter hinten endet als im Vorjahr. Das obere Eismeer schiebt seine tatzenförmige Zunge immer weiter in das untere Eismeer vor. Dieses ist im anschliessenden Bereich, von Bänisegg bis gegen Stieregg hinunter in den beiden letzten Vorjahren sehr viel dicker geworden. Die Photos, welche H. Boss, Zweilütschinen, am 16.10.1982 vom gleichen Standort wie in den Vorjahren aufgenommen hat, bestätigen den sehr starken Schwund des in die Schlucht vorgedrungenen Eises. Dieses ist im Gegensatz zu den Vorjahren durch tiefe Randklüfte von den Felsen der Schluchtwände abgetrennt und von Gesteinsschutt fast völlig überdeckt (VAW - M. Aellen).

1983: Den Luftbildern vom 15.8.1983 und den Standardphotos, die H. Boss, Zweilütschinen, am 22.10.1983 im Gelände aufgenommen hat, ist zu entnehmen, dass das Zungenende oberhalb der Gletscherschlucht deutlich, das in die Schlucht abgestürzte Eis sehr stark zurückgeschmolzen ist. Hinter dem Zungenende hat sich die Gletscheroberfläche sichtlich weiter angehoben: auf der Standardphoto, die vom Punkt "1967" aus aufgenommen ist, reicht die Silhouette der Zungenoberfläche neuerdings bis an den Fuss der vom Eis umflossenen Felsen der Heissen Platte. Ueberträgt man (mit blossem Auge) die in und oberhalb der Gletscherschlucht sichtbaren Eisränder von den Luftbildern auf den Uebersichtsplan 1 : 10 000, ergeben sich folgende Schätzwerte für die jährliche Längenänderung (in Metern) seit dem Minimalstand des Gletschers im Herbst 1977.

Jahr	am Grund der Schlucht	oberhalb der Schlucht
1977/78		+45
1978/79		stationär
1979/80	+ 460 (in 4 Jahren)	+ 80
1980/81	+ 200	- 40
1981/82	- 60	- 20
1982/83	- 65	- 10

Der Längenzuwachs ergab sich in- und ausserhalb der Schlucht ausschliesslich durch Anlagerung von Eislawinen (siehe 101. Gletscherbericht). Der vorderste Teil der schmalen Eiszunge in der Schlucht war durch eine etwa 50 m lange Strecke, wo die Lütschine offen floss, vom Gletscher abgetrennt. Zählt man diesen Teil nicht zum Gletscher, erhöht sich der Schwundbetrag des Berichtsjahrs am Grund der Schlucht um rund 200 m. Anfangs September ist durch grössere

Berichtsjahrs am Grund der Schlucht um rund 200 m. Anfangs September ist durch grössere Eisstürze vom Kallifirn auf das Zungenende und in die Gletscherschlucht die Lütschine gestaut worden. Durch die Flutwelle bei Ausbruch des gestauten Wassers sind Eistrümmer in grosser Menge murgangähnlich mitgeführt und hinter dem Stauwehr Burglauenen angeschwemmt worden (VAW - M. Aellen).

59 Eiger

1982: Die Zunge ist im Gegensatz zu früheren Jahren auf ihrer rechten Seite weiter vorgestossen als auf der linken. Sie ist seit dem Vorjahr mächtiger geworden und stark zerrissen in plattige, teils auch turmartige Eisbrocken. Im Bereich des Gletschertores ist sie bis an die Lawinenkegel aus Schnee und Eis am Weg zur Guggihütte vorgestossen und endet jetzt 5 m unterhalb der Stelle, wo der Hüttenweg die Bachrinne quert. Die Längenzunahme durch den Zusammenschluss mit den Lawinenkegeln ist für die Berechnung der mittleren Längenänderung nicht berücksichtigt worden (R. Zumstein).

1983: Der warme Sommer hat die Ablagerungen von Lawinenschnee erstmals seit Jahren zum Verschwinden gebracht und die Kanten der Eisnadeln und -türme in der aufgebrochenen Zungenwölbung stark abgerundet. Der Gletscher ist in den Felsrunsen weiter vorgestossen als auf den dazwischenliegenden Rippen und Kuppen, wobei der Eisrand durchwegs nahe am Vorstosswall lag. Das Gletschertor befand sich weiter oben als im Vorjahr. Die Messbasis ist durch einen zusätzlichen Punkt in der Nähe des Gletschertors verlängert worden (R. Zumstein).

60 Tschingel

1982: Der Gletscher, der seit 1928 in keinem Jahr so weit vorgestossen ist wie im Berichtsjahr, hat die Messpunkte B, C und J, die im Vorjahr durch vorgeschobene Neupunkte versichert worden sind, überdeckt oder verschoben. Deshalb sind vier weitere Punkte neu angelegt worden. Auf dem Gletscher sind allenthalben neue Spalten aufgerissen, der direkte Zugang zur Mutthornhütte war durch etwa 40 m tiefe Schründe versperrt. Die Eisdicke hat im Zungenbereich stark zugenommen, was ein Andauern des Vorstosses erwarten lässt. Der Wetterlückengletscher ist ebenfalls und wie vermutlich die übrigen Gletscher des Tales auch (z.B. Breithorn, Schmadri, Breitlauenen) weiter vorgestossen (R. Zumstein).

1983: Der Gletscher, der weiter vorstösst, ist vom Tschingeltritt noch mindestens 45 m entfernt. Die Eismächtigkeit am Zungenende hat wie auch die Höhe des Vorstosswalles eher zu- als abgenommen. Die Risse und Schründe im Eis haben sich vergrössert. Im weichen Boden des Vorgeländes sind die Messpunkte D und H verschoben worden. Die Höhe des Gletschertores ist, vom alten Basispunkt E ausgehend, neu vermessen worden. Der Wetterlückengletscher ist ebenfalls weiter vorgestossen (R. Zumstein).

61 Gamchi

1982: Der Gletscher hat im Berichtsjahr zwei weitere Messpunkte verschoben oder überdeckt. Die Messung wurde von weiter entfernten Hilfspunkten aus vorgenommen (F. Zurbrügg).

1983: Bei zwei Messpunkten (E 160 und b 140), die durch die Stirnmoräne verchoben wurden, ist von weiter entfernten Hilfspunkten (E 100 und b 80) aus gemessen worden (F. Zurbrügg).

62 Schwarz

1982: Das Gletschertor ist eingefallen, das Zungenende stark mit Schutt überführt (J. Wenger / U. Vogt).

1983: Der Gletscher ist auf der mittleren Messlinie (d) um 13 m vorgerückt, auf den seitlichen Messlinien (B und C) um 10 bzw. 9 m zurückgeschmolzen. Bei Messpunkt d, wo die Zunge mit viel Schutt überdeckt ist, musste der Eisrand durch Sondieren ermittelt werden. Zwischen den Punkten d und B ist die Zungenoberfläche eingefallen. In diesem Bereich ist etwa 80 m hinter dem Gletscherende eine vertikale Spalte aufgerissen, an der sich die unterliegende Eismasse talwärts abgesetzt hat. Vermutlich hat dieses Abgleiten auch den Gletscherrand bei d nach vorn geschoben. Der Schwarzbach führte am Messdatum ausserordentlich viel Schmelzwasser (J. Wenger / U. Vogt).

63 Lämmern

1982: Die Höhenkote des Gletschertors ist nach der Landeskarte und dem Höhenmesser neu bestimmt worden. Ein Messpunkt (A') war einen halben m tief unter Schutt begraben. Der Gletscherrand ist stark zerklüftet. Bei Messpunkt C, wo er verstürzt ist, lag er einen Meter weiter vorn als im Vorjahr (J. Wenger / U. Vogt).

1983: Bei den Messpunkten A' und b' ist der Eisrand um 0.5 bzw. 2 m zurückgeschmolzen, bei Punkt e um 3.5 m vorgerückt. Dieser Vorschub dürfte wie im Vorjahr darauf zurückzuführen sein, dass hier das stark zerklüftete Zungenende in grosse Eisblöcke zerfällt (J. Wenger / U. Vogt).

64 Blümlisalp

1982: Nach den Luftbildern vom 2.9.1982 dürfte sich auch bei diesem Gletscher der Vorstoss im Berichtsjahr trotz stärkerer Abschmelzung beschleunigt haben (VAW - M. Aellen).

1983: Die Luftbilder vom 18.8.1983 und der vorangehenden 15 Jahre sind manuell ausgemessen und mit den auf dem Uebersichtsplan 1 : 10 000 und in der Landeskarte 1 : 25 000 dargestellten Gletscherständen von 1959, 1969 und 1980 verglichen worden. Hieraus ergaben sich folgende Schätzwerte für die Längenänderung (in Metern) längs des Talwegs seit 1957, d.h. seit der letzten Messung im Gelände:

1957/59	- 37	1970/71	- 2	1974/76	+4	1979/80	+9
1959/68	-232	1971/72	+1	1976/77	+6	1980/81	+7
1968/69	+ 2	1972/73	+5	1977/78	+7	1981/82	+6
1969/70	0	1973/74	+3	1978/79	+1	1982/83	+7

Die Angaben sind bis 1959 auf den 3 Messlinien der von 1893 bis 1957 bei den Vermessungen im Gelände benutzten Basis ermittelt worden. Für die späteren Jahre sind sie aus der Verlagerung des Gletschertors am vordersten Zungenlappen bestimmt worden (VAW - M. Aellen).

65 Rätzli

1982: Der Bach trat etwa 120 m weiter östlich aus dem Gletscher als im Vorjahr. Ein Messpunkt musste verlegt, eine Messlinie aufgegeben werden (K. Steiner).

1983: Die Messung beim mittleren Basispunkt (C) kann wegen zunehmender Eissturzgefahr künftig wohl nicht mehr durchgeführt werden (K. Steiner).

66 Tiefen

1982: Der Gletscher stösst auf der ganzen Breite vor. Das Eis trägt ausserhalb des Moränenbands nur vereinzelte kleine Steine. Der Driftblock im Moränenband ist 1 m weit gewandert (J. Marx / K. Oechslin).

1983: Der Gletscher ist auf 2 Messlinien (B und D) zurückgeschmolzen, auf der dritten (GL 79) geländebedingt annähernd stationär geblieben. Er ist im heissen Sommer 1983 stark ausgeapert. Die Driftblöcke 71 und 73 sind in einem mit Schutt bedeckten Bereich des Gletschers aufgefunden worden. Sie sind im Berichtsjahr um 4 bzw. 7 m weiter gewandert (J. Marx / K. Oechslin).

67 St. Anna

1982: Bei diesem, im Verhältnis zu seiner Länge sehr breiten Gletscher fliesst das Eis nicht in einer schmalen Zunge zusammen. Vielleicht stösst er deshalb weniger vor und pendelt häufiger vor und zurück als manche andere Gletscher. Die wenig dicke Zunge ist von starken Querrissen zerspalten. Auf der östlichen Seite, im Bereich der viel befahrenen, mit Pistenmaschinen festgewalzten Skipiste, bleibt der Schnee vor dem Zungenende liegen und verdeckt den Eisrand. Oberhalb des Schnees ist im Eis ein Loch aufgebrochen, in dem der Geröllluntergrund sichtbar ist (K. Oechslin).

1983: Nach dem heissen Sommer ist erstmals seit Jahren der Gletscherrand bei allen Messpunkten eindeutig feststellbar, obwohl er unter einer 10 bis 15 cm hohen Neuschneedecke liegt. Durch die präparierte Skipiste wird bei Punkt GL 76 eine relativ dünne Eiszunge konserviert (J. Marx / K. Oechslin).

68 Kehlen

1982: Die rechte (östliche) Flanke stösst stärker vor als die linke. Der Messpunkt GL 72 ist unter dem Eis verschwunden. Bei Punkt 1975, der nur 8 m vor dem Eisrand liegt, hat die Kontrollmessung zum Punkt 1979 ergeben, dass er nicht verschoben worden ist. Die Gletscherzunge ist sehr dick. In der Mitte ist das Eis fast blank, auf den Seiten durch Möränenschutt leicht überdeckt (J. Aschwanden / K. Oechslin).

1983: Abgesehen davon, dass die Gletscherzunge weniger Schutt trägt und dass an ihrem Ende mit zunehmender Aufwölbung der Stirn in vermehrtem Masse das Eis zum Vorschein kommt, hat sich das Erscheinungsbild des Gletschers gesamthaft wenig verändert (J. Aschwanden / K. Oechslin).

69 Rotfirn

1982: Von den früheren Messpunkten ist je einer vom Eis überfahren (GL 70), von Schutt überdeckt ("1979") oder vom Gletscher um rund 8 m verschoben worden ("1972"). Nur einer ("1980") ist noch brauchbar. Er ist durch einen neuen Punkt ("1982") ergänzt worden. Der Gletscher stösst auf breiter Front über die Kehlenreuss vor. Das talseitige Gletschertor ist rund 70 m talauswärts verlegt worden. Das mehr oder weniger waagrecht geschichtete Eis trägt kiesgroben Schutt mit nur wenigen grösseren Steinen (J. Aschwanden / K. Oechslin).

1983: Das Gletscherende, sichtlich breiter und flacher geworden, ist beim Gletschertor stark vorgestossen (22.5 m), auf der zweiten Messlinie etwas zurückgeschmolzen. Die aufragenden Eistürme des Vorjahres sind verschwunden. Das grosse Tor überspannt die Kehlenreuss, die unter der Zunge des Rotfirns durchfliesst. Sie führte am Messdatum verhältnismässig wenig Wasser. Der Gletscher ist seit 1966 ausser in 2 Jahren dauernd vorgestossen, über eine Strecke von insgesamt 114 m (J. Aschwanden / K. Oechslin).

70 Damma

1982: Der Gletscherbach führte so viel Wasser, dass man ihn nur mit Mühe überqueren konnte. Die Gletscherzunge ist dick und endet in steiler hoch aufgewölbter Stirn. Im Vorgelände liegen neuerdings viele grosse Felsblöcke, die vom Gletscher heruntergerollt sind. Die alten Blöcke mit den Messmarken haben ihre gegenseitigen Abstände unverändert beibehalten (J. Aschwanden / K. Oechslin).

1983: Auf der östlichen Seite liegt mehr Geröll auf dem Gletscherfirn als im Vorjahr. Die Zunge endet in einer steilen Eiswand, über die während des Messens dauernd Steine herunterrollten. Mit ihrem Fuss schiebt sie einen Schuttwall vor sich her. Der Gletscher ist seit 9 Jahren ohne Unterbruch um insgesamt 124 m vorgestossen (K. Oechslin).

71 Wallenbur

1982: Der Gletscher ist vor allem in der Mitte vorgestossen. Auf der linken (östlichen) Seite ist das Zungenende von Schnee überdeckt. Die Oberfläche der dicken Zunge ist mit kiesgrobem Schutt und kleinen Blöcken vollständig überdeckt. Die Voralpreuss entfloss dem Gletscher mit mässiger Wassermenge (M. Gisler / K. Oechslin). - Der Vermessungsskizze und den vom Beobachter als Halbpanorama aufgezogenen Farbphotos ist zu entnehmen, dass der älteste, mehrjährige Teil der Schneedecke, der als westwärts auskeilender Saum bis über die Mitte hinaus den Fuss der aufgewölbten Zungenstirn bildet, dem Gletscher bereits völlig einverleibt ist. Der entsprechende Längenzuwachs von 5 m in der Mitte und etwa 30 m im östlichen Teil ist im Tabellenwert nicht berücksichtigt. Dieser beziffert wie in den Vorjahren das Vorrücken des sichtbaren Randes des Gletschereises (VAW - M. Aellen).

1983: Der Gletscher ist auf allen Messlinien fast gleichviel vorgestossen. Er endet vor allem auf der östlichen Seite in Lawinenschnee. Der Eisrand ist auf zwei Messlinien durch Abstechen mit der Lawinensonde geortet worden. Das Wasser tritt neben der Zungenmitte in einem Hauptbach und östlich davon auch in einem Nebenbach aus dem Gletschertor. In den letzten 4 Jahren ist der Gletscher ohne Unterbruch um insgesamt 35 m vorgestossen. In den vorangehenden 9 Jahren sind die Vorstösse in 5 Jahren durch die Rückgänge in 4 Jahren ausgeglichen worden (M. Gisler / K. Oechslin).

72 Brunni

1983: Die Angabe für die Längenänderung bezieht sich auf die schollenförmige Zunge am Fuss der Felswand, über die das Eis von der Front des Hauptgletschers abbricht. Diese scheint etwas geschlossener zu sein als bei der letzten Beobachtung im Herbst 1980. Die vom abgestürzten Eis genährte regenerierte Zunge ist in der Breite und in der Länge stark verkleinert worden (M. Gisler / K. Oechslin).

73 Hüfi

1982: Der Gletscher stösst weiter vor. Das Eis wächst vor allem schattenhalb, längs der Felswand, auf der linken Flanke, wobei es sich wieder, der Talumbiegung folgend, auf den alten Messpunkt am Seeauslauf ("1961") zu bewegt. Deshalb sind erstmals auch die Strecken zwischen diesem Punkt und drei Punkten am Gletscherende gemessen worden. Die Längenänderung im Berichtsjahr ist wie bisher auf den Messlinien, die von den Punkten "1965" und GL 165 ausgehen, ermittelt worden. Die Gletscheroberfläche besteht fast durchwegs aus blankem Eis. Am bogenförmig einspringenden Zungenende wölbt sich ein grosses Tor über dem als Sandbank noch sichtbaren, durch

die vorspringenden Zungenflanken abgeschnürten Uferrand des Schwemmkegels (W. Tresch / K. Oechslin).

1983: Der Firnschnee, der im Vorjahr am Fusse der Felswand an der Ostflanke des Gletschers lag, ist weggeschmolzen. Wegen Steinschlags war diese Stelle am Messtag nicht zugänglich. Nach den Photos ist das Eis hier seit 1980 um etwa 5 m dicker geworden. Auch in den übrigen Teilen ist die Zunge massiger geworden, das Eis ist weniger stark zerklüftet. Seit 6 Jahren ist der Gletscher ununterbrochen vorgestossen, um insgesamt 83 m (W. Tresch / K. Oechslin).

74 Griess

1982: Der Rand der breiten und dünnen, mit Gesteinsschutt völlig überdeckten Gletscherzunge ist nur im Bacheinschnitt vor dem Gletschertor sichtbar. In drei Schmelztrichtern ist der Untergrund des Gletschers auch weiter hinten zum Vorschein gekommen (E. Gisler / K. Oechslin).

1983: Auf der östlichen Messlinie war das Eis unter der Schuttüberdeckung nicht erfassbar. Die Längenänderung ist am Gletschertor bestimmt worden, das mit einer mehr als mannshohen Eisfront tief in das schuttbedeckte Zungenende eingeschnitten ist (E. Gisler / K. Oechslin).

75 Firnalpeli

1982: Wieder Erwarten ist der Gletscher trotz der warmen Witterung im Sommer 1982 leicht vorgestossen. Auf der linken (südwestlichen) Seite, auf den Messlinien 1 bis 3, halten sich Zuwachs (bis 5 m) und Abtrag (bis 3 m) am Gletscherrand aus Firnschnee gesamthaft die Waage. Im mittleren Teil reicht grobblockiges zerbrochenes Firneis bis zu einem Meter über den letzten Stand hinaus und bei Messlinie 8 ist eine etwa 25 m breite Firnschneeschicht an das Firneis angelagert worden (W. Rohrer).

76 Griessen

1983: Der Gletscherrand ist auf allen Messlinien, aber ziemlich ungleichmässig zurückgeschmolzen. Die Felsrinnen vor der Zunge, die in den letzten Jahren mit Schnee und Eis angefüllt waren, sind aper geworden (W. Rohrer).

77 Biferten

1982: Bei der Wasserfassung 2 der Kraftwerke Linth-Limmern hat sich der Gletscher mit über 50 m hoher, steiler und glatter Front über das Bauwerk vorgeschoben und überdeckt den im Winter umgebauten und verstärkten Rechen jetzt ganz. Fassung 1 wird immer wieder von Eislawinen verschüttet, die von der mindestens 30 m hohen, stark zerklüfteten Eiswand über der Felsstufe abbrechen. Der Bifertengletscher ist allgemein ungewöhnlich stark zerspalten. Eine zusammenhängende Zone wirrer Spalten reicht jetzt hinauf bis in den Gletscherboden unterhalb der Grünhornhütte. Auch im oberen Teil weist der Gletscher von Jahr zu Jahr mehr Spalten auf, z.T. infolge der starken Ausaperung. Auf dem Gletscher ist der Schnee bis auf eine Höhe von mindestens 2700 m ü.M. völlig weggeschmolzen und auch in der Umgebung, im Tentiwangkessel auf dem Bifertenalpeli, oder am Fusse der Vorderen und der Hinteren Schibe, sind keine Altschneereste mehr zu sehen. Auf der Visurlinie, vom Mauerende bei der neuen Fridolinshütte über den Talgiebel der alten Hütte auf die Gletscheroberfläche, ist das Eis immer noch etwa 10 m dicker als 1957, nachdem seine Oberfläche im Berichtsjahr um etwa 1 m abgesunken ist. Bemerkenswert scheint auch der Umstand, dass am Eiswulst unterhalb des Bifertenstockes, am sogenannten "Isbagge", erstmals Längsspalten auftraten an einer Stelle, wo solche bisher nie festgestellt worden waren (W. Wild).

1983: Bei den seitlichen Messpunkten (E, F und G) hat sich der Gletscherrand wenig verändert. Oberhalb der Wasserfassung 1 ist die Eisfront trotz der grossen Steilheit des Vorgeländes (100 - 150 %) bis zu 35 m vorgestossen. Wegen der häufigen Eisabbrüche sind die Zugänge zur Wasserfassung und von dieser zur Fridolinshütte nur unter grosser Gefahr begehbar. Bei der Fassung 2 ist der Gletscher um 21 m, d.h. um ebensoviel über das Bauwerk hinaus in die Schlucht vorgestossen, in der das sehr steile Zungenende eingekeilt ist. Wegen der dauernd vom Gletscher herunterfallenden Steine ist der Messpunkt auf dem Helikopter-Landeplatz aufgegeben und durch zwei günstiger gelegene Punkte (H und J) ersetzt worden. Von den neuen Punkten aus kann die Zungenfront an mehreren Stellen eingeschnitten werden. Im ausgesprengten Eisstollen, durch den das Wasser in die Fassung geleitet wird, sind im Juli und August tägliche Eisbewegungen um 7 bis 8 cm beobachtet worden. Das Wasser floss von anfangs Juli bis zum 26. August nur zu einem geringen Teil auf diesem Weg ab. Der Hauptbach floss weiter östlich hinter einer Felsrippe an der Wasserfassung vorbei. Vom 26. August an folgte er wieder dem alten Weg in die Fassung. Die Schneedecke ist im Juli und August rasch und bis auf einige Lawinenreste im Scheibenruns vollständig abgeschmolzen. Der Gletscher ist zusehends stärker zerschrundet. Auf der Visurlinie von der neuen über die alte Fridolinshütte zum Gletscher hat sich die Höhe der Eisoberfläche gegenüber dem Stand im Vorjahr nicht geändert (W. Wild).

78 Limmern

1982: Die Höhenangabe in der Tabelle gilt für den tiefsten Punkt der vermessenen Strecke am nordseitigen Rand des Zungenendes, dessen vorderster Teil mit Lawinenschutt überdeckt und für die Beobachtung unzugänglich ist. Die Winterschneedecke war trotz überdurchschnittlicher Mächtigkeit bereits am Messdatum, etwa einen Monat vor dem Ende der Schmelzperiode, auf dem Gletscher weitgehend, in der Umgebung fast restlos abgebaut. Der Gletscher ist in der Messperiode um eine Eismenge von gut 2 Millionen m^3 vermindert worden. Gemessen an den Ergebnissen der vorangehenden 35 Jahre, ist dieser Schwund gerade noch als mässig zu bezeichnen. Dementsprechend hat die Eisdicke an den Ausgangspunkten der Bojen I bis III um 0.3, 0.4 und 3.6 m abgenommen. Die Geschwindigkeit der Gletscherbewegung hat sich bei Boje II leicht verringert, bei Boje III leicht erhöht. Im Gegensatz zu den Vorjahren ist der Winterschnee sogar im oberen Limmernband restlos weggeschmolzen (VAW - H. Siegenthaler).

1983: Der Gletscherrand, der teils tachymetrisch, teils durch Vorwärtseinschneiden vermessen wurde, ist - wider Erwarten - etwas vorgerückt. Nach einem schneearmen Winter, aber ausserordentlich niederschlagsreichen Mai, der dem Gebiet 2 bis 3 m Schneezuwachs brachte, war die Schneedecke anfangs Juni überdurchschnittlich mächtig. Im Laufe des Sommers ist sie auf dem Gletscher bis über 2900 m Meereshöhe, im Umgelände bis obenaus fast restlos abgeschmolzen. Einzig am Fusse der Bifertenwand haben kleine Lawinenreste und in Geländesenken auch ältere Firnreste den Hochsommer überdauert. Die Gletschermasse hat im Berichtsjahr etwa gleichviel abgenommen wie im Vorjahr (rund 2 Millionen m^3), die Eisdicken bei den Bojenpegeln haben sich um ähnliche Beträge vermindert (0.4 bis 2.0 m). Die Gletscherbewegung hat sich bei der unteren und bei der mittleren der drei Bojen etwas beschleunigt, bei der oberen verlangsamt (VAW - H. Siegenthaler).

79 Sulz

1982: Das Gletschertor ist weit geöffnet wie schon seit vielen Jahren nicht mehr. Seitlich des Tores ist die mit Schutt überdeckte Zunge eher vorgestossen (Th. Rageth).

1983: Beim Gletschertor, das schuttfrei und sehr weit offen ist, scheint die Schmelzfront etwas steiler zu sein als in früheren Jahren (B. Zweifel / R. Lemm).

80 Glärnisch

1982: Am Messdatum kann bei einer 20 bis 70 cm hohen Neuschneedecke in der mutmasslichen Abflussrinne im Bereich des letztjährigen Gletschertors kein Wasser festgestellt werden. Hingegen fliesst der Bach, der südlich des Messpunktes 4 etwa bei Kote 2366 m ü.M. aus dem Gletscher tritt (W. Wild).

1983: Im Vorjahr ist der von Neuschnee überdeckte Gletscherrand auf den ersten 80 m auf der Westseite des 430 m breiten Zungenendes nicht genau erfasst worden. Im Berichtsjahr lag auch diese Strecke frei. Die mittlere Längenänderung 1982/83 ist ohne Berücksichtigung der Messergebnisse aus diesem Bereich bestimmt worden. Mit ihrer Berücksichtigung hätte sich ein mittlerer Vorstossbetrag von 8.8 m ergeben. Die Höhenangabe in der Tabelle gilt für die tiefste, am Westrand des Zungenendes gelegene Stelle des Gletscherendes, wo sich ein rund 500 m^2 grosser See mit spärlichem Zufluss und ohne sichtbaren Abfluss gebildet hat. Als einziger oberirdischer Abfluss tritt der sogenannte Firnbach am Ostrand der Zunge bei Kote 2366 m ü.M. aus dem Gletscher. Vor der Zungenmitte hat das vorstossende Eis mehrere Schutt- und Steinhaufen aufgeworfen (W. Wild).

81 Pizol

1982: Der durchwegs freiliegende, aus Firn bestehende Gletscherrand ist wie im Vorjahr von der Basislinie A aus eingemessen worden. Da auch alle Punkte der näher am Gletscher gelegenen Basislinie B aufgefunden werden konnten, sind die Messungen zusätzlich von diesen aus gemacht worden. Obwohl die Schneemenge am Winterende gross war, ist im ausserordentlich warmen Sommer der dünne Gletscherrand auf den Messlinien 1 bis 5 um Beträge zwischen 5.3 und 25.7 m zurückgeschmolzen. Einzig auf Messlinie 6 ist er durch Firnanlagerung um 1.5 m vorgerückt. Bei anhaltendem Schwund dürfte die 15 m breite Firnbrücke, die den Zungenlappen bei den Messlinien 5 und 6 mit dem Gletscher verbindet, bereits im nächsten Jahr durchschmelzen. Das Firnfeld, das die beiden Toteisflecken im Gletschervorfeld überdeckt und bei den Messungen ausser Acht gelassen wurde, hat sich zweigeteilt. Sein östlicher, zwischen den Messlinien 3 und 5 gelegener Teil hängt mit dem Gletscher über einen 5 m breiten, dünnen Firnstreifen zusammen. Oberhalb der Messlinie 3, wo in der Firndecke auf dem Gletscher stellenweise wieder blankes Eis zum Vorschein kam, waren auch 2 offene Spalten zu sehen (W. Suter).

1983: Der Gletscherrand wird von einer Firnzunge gebildet, die sich je nach Witterung von Jahr zu Jahr stark verändert. Im Berichtsjahr ist er auf den einzelnen Messlinien um Beträge zwischen 12 und 64 m zurückgeschmolzen. Die Messung wurde von der oberen Basis aus vorgenommen, da alle Punkte leicht aufzufinden waren. Die erwartete Abtrennung des Toteisfleckens zwischen den Messpunkten 3 und 5A hat sich vollzogen (A. Hartmann).

82 Lavaz

1982: Das Zungenende ist gegenwärtig sehr unregelmässig geformt, was die Einmessung sehr stark erschwert. Es konnte nur noch auf den drei westlichen Messlinien zuverlässig erfasst werden. Ein eigentliches Gletschertor ist nicht vorhanden (A. Sialm).

83 Punteglias

1982: Die Einbuchtung in der Zungenmitte hat sich weiter vertieft. Der westliche Zungenlappen ist im obersten Teil durch einen Bachlauf unterhöhlt. Der Tunnel hat sich seit dem Vorjahr so stark ausgeweitet, dass die Eisüberdachung stellenweise kaum mehr als 1 bis 2 m betragen dürfte. Der Innenrand des östlichen Zungenlappens ist besonders stark zurückgeschmolzen, stellenweise auch

eingesunken oder eingestürzt und wegen der starken Schuttüberdeckung oft schwierig zu orten. Vermutlich sind unter dem Moränenschutt im Abschmelzbereich auch noch kleinere Toteismassen vorhanden. Nach den Aussagen von Strahlern, die im Zusammenhang mit Kristallfunden über eine detaillierte Ortskenntnis mit Anhaltspunkten über die Gletscherdicke verfügen, hat die Mächtigkeit des Eises über einen grösseren Flächenbereich rasch abgenommen. Der Hauptbach fliesst zuhinterst im Zungeneinschnitt über eine kurze Strecke in offenem Gerinne, bevor er unter dem östlichen Zungenlappen verschwindet und etwa 130 m weiter unten den Gletscher verlässt (H. Klöti).

1983: Die zweigeteilte Zunge ist im Berichtsjahr weniger verkürzt worden als im Vorjahr. Von den beiden Zungenlappen, die beträchtlich dünner geworden sind, wird der westliche demnächst vom Hauptgletscher abgetrennt werden (H. Klöti).

84 Lenta

1982: Die Messung, erschwert durch eine 20 bis 30 cm hohe Neuschneedecke, ist nur am bisher vermessenen vorderen Zungenende wiederholt worden. Dieses ist vor allem in der Mitte wiederum stark zurückgeschmolzen. Der östliche Zungenlappen liess sich wegen der starken Ueberdeckung mit Moränenschutt und Schnee schlecht abgrenzen. Im Gegensatz zum Vorjahr entfloss der Bach einem einzigen, stark geöffneten Gletschertor (B. Parolini).

1983: Der Zungenrand ist in der Mitte um 1 m, auf den seitlichen Messlinien um 17 bzw. 33 m zurückgeschmolzen. Erstmals seit langem ist der Eisrand auch auf der westlichen Randlinie in einer Schmelzfront aufgeschlossen und eindeutig bestimmbar. Am Messdatum trat verhältnismässig viel Wasser an drei verschiedenen Stellen ohne eigentliche Torbildung aus dem Gletscher (B. Parolini).

85 Vorab

1982: Das Gletscherende ist erstmals seit 1979 wieder vollständig ausgeapert und konnte auf der ganzen, 717 m langen Messstrecke einwandfrei gemessen werden. In den drei Jahren ist der Gletscher insgesamt um durchschnittlich 2.7 m kürzer geworden. Die östliche Hälfte des Zungenendes ist in der gleichen Zeitspanne im Mittel um 4.2 m zurückgeschmolzen, die westliche dagegen um 1.5 m vorgestossen (R. Danuser).

1983: Der Gletscher ist stark ausgeapert, weshalb der Sommerskibetrieb am 3. September eingestellt wurde. Auch im Vorjahr war aus dem gleichen Grund der Betrieb vom 9. September bis 15. Oktober geschlossen. In den ersten drei Jahren, von 1979 bis 1981, waren derart ungünstige Schneeverhältnisse nie aufgetreten. Der Gletscherrand ist auf der ganzen Breite von 700 m ziemlich gleichmässig etwa gleichviel abgeschmolzen wie im Vorjahr (R. Danuser).

86 Paradies

1982: Der Gletscher war noch nie so stark ausgeapert wie in diesem Herbst. Der Abtrennungsprozess des Zungenendes, ungefähr auf Kote 2600 m ü.M., ist weiter fortgeschritten (O. Hugentobler).

1983: Der Gletscher war wie im Vorjahr vollständig ausgeapert. Vorgelagerte Lawinenschneereste wurden für die Messung nicht berücksichtigt. Der Massenverlust während des Sommers war beträchtlich. Die Einrichtung neuer Messpunkte auf Kote 2600, wo die Zunge an einer Felsstufe nahezu durchtrennt ist, muss ins Auge gefasst werden. Die Messung ist unter Mithilfe der Kantonspolizei Graubünden durchgeführt worden (O. Hugentobler).

87 Suretta

1982: Die Längenzunahme ist nicht durch ein Vorstossen des Gletschers im eigentlichen Sinne des Wortes zustande gekommen. Sie ergibt sich aus dem Umstand, dass das verfirnte Gletscherende am Messtag noch mit Lawinenschnee überdeckt war. Wie ein Vergleich der Photos zeigt, hat die Gletschermasse insbesondere im höher gelegenen Teil des Gletschers weiter abgenommen (O. Hugentobler).

1983: Die offensichtlich von Lawinen an das Zungenende angelagerten Schneereste sind bei der Bestimmung der mittleren Längenänderung nicht berücksichtigt worden. Wie das Zungenende ist auch die Masse des Gletschers zurückgegangen (O. Hugentobler).

88 Porchabella

1982: Der Gletscher endet am talseitigen Rand einer Mulde von möglicherweise beträchtlichem Ausmass. Der Gletscherrand ist gleichmässig zurückgewichen, im Vergleich zu früheren Jahren jedoch kompakter und dicker ausgebildet. Der Schwund scheint sich infolge einer Stauung des Eises am Rand der vermuteten Mulde im Gletscherbett und durch deren seitliche Verengung abgeschwächt zu haben (F. Juvalta).

1983: Das Zungenende ist im 240 m breiten vermessenen Bereich bei starkem Volumenschwund in der Mitte und am westlichen Rand ziemlich gleichmässig um wenige Meter zurückgeschmolzen, am östlichen Rand in unbedeutendem Masse vorgestossen. Bei der Farbmarke "1982" ist der Eisrand bei nahezu unveränderter Lage um 2 m dünner geworden. Die Durchsicht der früheren Messprotokolle hat ergeben, dass der Gletschervorstoss um rund 43 m von 1954 bis 1956, der mir immer verdächtig vorgekommen ist, auf einer irrtümlichen, durch verschiedene Gründe erklärbaren Berechnung beruht. Statt mit einem Vorstoss um 43 m ist vielmehr mit einem Rückzug um 30 m in 2 Jahren zu rechnen (F. Juvalta).- Die Korrektur der Längenänderung 1954/56, durch F. Juvalta in einer schriftlichen Mitteilung ausführlich und einleuchtend erklärt, ist u.a. bei der Benützung der Zahlenangaben in Tabelle 17 des 95./96. Gletscherberichts (S. 130) und der zugehörigen Abbildung 16 (S. 131) zu berücksichtigen (VAW - M. Aellen).

89 Verstankla

1982: Die Zeichen des Schwundes waren von weitem sichtbar, sowohl am stark abgeschmolzenen Gletscherende als auch in den höheren Teilen des Gletschers, die über weite Flächen bis auf das blanke Eis ausgeapert waren. Das ehemals höher gelegene Gletschertor führte mehr Wasser als das Tor in der Mulde. Die mittlere Längenänderung ergibt sich aus den Rückzugsbeträgen zwischen 3.5 und 8 m, die auf den Messlinien 0, P1 und P3 gemessen wurden. Auf Messlinie 2 ist infolge eines unbedeutenden Eisschlipfes der Gletscherrand um 19 m vorgerückt. Weil dieser ganz lokale und für das allgemeine Verhalten des Gletschers untypische Vorstosssbetrag unverhältnismässig stark ins Gewicht fallen würde, ist er bei der Berechnung der mittleren Längenänderung weggelassen worden (J. Stahel).

1983: Die hohen Temperaturen im Juli und anfangs August brachten grosse Eismengen zum Schmelzen. Durch das Ausapern älterer Firnschichten erhielt der bis gegen die Mitte hin schneefreie Gletscher ein marmorähnliches Aussehen. Der Gletscherrand ist beim südlichsten Messpunkt um 4 m zurückgeschmolzen, bei den 3 übrigen Messpunkten um 3.5 bis 18 m vorgestossen. Das Ablösen grösserer Eisschollen im nördlichen Teil weist auf ein verstärktes Gleiten des Eises als unmittelbare Ursache des Vorstossens hin. Der Gletscherbach, der dem höher gelegenen Tor am nördlichen Zungenrand entströmt, führte wesentlich mehr Wasser als die Bäche, die am schuttüberdeckten Rand des südlichen Zungenlappens aus dem Gletscher treten (J. Stahel).

90 Silvretta

1982: Die vollständig apere Gletscherzunge bricht auf ihrer linken Seite immer noch über eine Felsstufe ins Vorgelände ab. Der Sturzkegel hat sich im Vergleich zum Vorjahr in der Grösse wenig verändert. Der Gletscher ist auch in den höheren Teilen stark ausgeapert, in der Mitte durchgehend bis 2700 m, an exponierten Stellen und in Spaltenzonen sogar bis 2900 m Meereshöhe. In den Randzonen hat sich der alte Firn bis 2550 m hinunter gehalten. Es haben sich viele Spalten geöffnet. Infolge der ausserordentlichen Wärme war der Schmelzwasseranfall zur Zeit der Messungen ungewöhnlich gross. Der Gletscher ist im Berichtsjahr um eine Eismenge von rund 0.7 Millionen m^3 kleiner, im Durchschnitt also um 23 cm dünner geworden. An den Ausgangspunkten der Bojenpegel sind Dickenänderungen zwischen 0.9 m Zunahme und 0.9 m Abnahme gemessen worden. In der Umgebung des Gletschers ist die Winterschneedecke restlos geschmolzen, auf dem Gletscher oberhalb einer mittleren Meereshöhe von 2790 m als Firnrücklage für die nächste Messperiode teilweise erhalten geblieben (VAW - H. Siegenthaler).

1983: Die Höhenangabe in der Tabelle gilt für den tiefsten Punkt im vermessenen Bereich des Zungenendes. Auf der linken Seite stösst das Eis offensichtlich nicht mehr über die Felsstufe hinaus, die früher vorhandenen Sturzkegel sind abgeschmolzen. Der Gletscher ist stärker ausgeapert und abgeschmolzen als im Vorjahr. Der Verminderung des Volumens um 1.9 Millionen m^3 entspricht eine mittlere Dickenabnahme um rund 60 cm. An einzelnen Messstellen sind Dickenabnahmen bis zu 2.6 m bestimmt worden. Die Gletscherbewegung hat sich deutlich (um 15-20% der Vorjahresgeschwindigkeit) verlangsamt. Im umgebenden Gelände sind die Firn- und Altschneeflecken restlos verschwunden (VAW - H. Siegenthaler).

91 Sardona

1982: Der Gletscherrand bestand bei den Messpunkten 1, 2, 4 und 5 aus blankem Eis, bei den übrigen Messpunkten aus vereistem Firn. Bei den vordersten Punkten (1 und 2) ist der Eisrand um 0.5 und 7.5 m vorgerückt, in der Mulde südlich von Punkt 1 um rund 20 m. Der 1977 neu markierte Punkt 2, der nur noch über das Eis erreicht werden kann, ist von der Vorstossmoräne zugedeckt worden. Der neue Messpunkt, eine Farbmarke an einer Felsnase, wird bei andauerndem Vorstossen ebenfalls bald einmal verschüttet sein. Die Messlinie muss dann wegen der Steilheit des Geländes aufgegeben werden. Der 50 m^3 grosse Block mit der Messmarke 4 ist vom Eis um rund 45 Grad gedreht worden. Bei Punkt 3 ist der Firnrand um 2.3, bei Punkt 6 um 9.5 m zurückgeschmolzen. Die Firnfelder zwischen den Punkten 4 und 6 haben etwa dasselbe Ausmass wie in den Vorjahren (W. Suter).

1983: Der Gletscherrand, der beim obersten Messpunkt aus Firn, sonst durchwegs aus Eis besteht, ist bei den zwei vordersten Punkten wenig, aber eindeutig vorgestossen, bei den übrigen 4 Punkten um 1 bis 10 m zurückgeschmolzen. Bei Punkt 2 ist der Block mit der Messmarke durch den vorstossenden Gletscher mit Schutt zugedeckt oder ins steile Vorgelände hinausgeschoben worden. Der Gletscherrand besteht hier aus einer hohen Eiswand, von der das Eis abbricht, so dass der Messpunkt vorderhand nicht erneuert werden kann. In den höher gelegenen Teilen des Gletschers sind nach Aussage von Revierförster H. Jäger Geländestrukturen wieder zum Vorschein gekommen, die jahrelang nicht mehr sichtbar waren. Diese Beobachtung weist auf eine Abnahme des Volumens hin. Das Vorstossen im vordersten Zungenbereich ist vermutlich in erster Linie auf lokale rutschungsartige Bewegungen des Eises auf dem steilen Untergrund zurückzuführen (A. Hartmann).

92 Roseg

1982: Um eine der möglichen Fehlerquellen bei der Messung auszuschalten, sind die Messlinien wie bei den anderen Gletschern von den ungeraden auf die geraden Zehnmeterabstände verlegt worden. Am Zungenende ist das Eis stellenweise eingebrochen. Man hat den Eindruck, dass der Gletscher in diesem Bereich nur noch aus Toteis besteht (C. Mengelt). - Die mittlere Längenänderung ist ermittelt worden, indem die Abstände zwischen altem und neuem Gletscherrand auf den bisher gemessenen Ordinatenlinien auf der Planskizze des Beobachters abgegriffen worden sind. Das Ergebnis - deutliche Längenzunahme - hat zunächst überrascht. Zieht man auch den bei der vorletzten Aufnahme erfassten Gletscherstand von 1979 zum Vergleich heran, zeigt sich, dass die linke (westliche) Seite der Zunge in den letzten Jahren stets an Länge zugenommen hat, um insgesamt 50 bis 60 m. Auf der rechten Seite scheint sich die Umkehr von Schwund zu Vorstoss erst im Berichtsjahr vollzogen zu haben. Die Annahme, es könnte tatsächlich ein Vorstoss in Gang gekommen sein, wird durch den vom Beobachter beschriebenen Eindruck des Zerfalls nicht ausgeschlossen. In der Regel wird ja das Eis des ausgedünnten und oft schuttüberdeckten, durch Schmelzformen zerteilten Gletscherendes zu Beginn des Vorstosses zunächst passiv vorgeschoben. Die Aufwölbung der Stirn zur typischen Tatzenform der Zunge ist beispielsweise beim Trientgletscher erst im 5. bis 10. Jahr nach Beginn des Vorstosses erfolgt (VAW - M. Aellen).

1983: Am schuttbedeckten und zerklüfteten nördlichen Teil des Zungenendes lässt sich der Gletscherrand nur mit grosser Mühe bestimmen. Deshalb ist auch der Rand des schuttfreien Eises vermessen worden, der stellenweise bis zu 170 m weiter hinten liegt (C. Mengelt). - Die mittlere Längenänderung ist wie in den Vorjahren am vorderen Rand bestimmt worden, der sich gut ins Gesamtbild der letzten Jahre einfügt. Die Feststellung, dass der schuttfreie Eisrand der östlichen Zungenhälfte auf drei Messlinien deutlich (um 5 bis 10 m) vorgerückt ist, spricht für die Vermutung, dass auch bei diesem Gletscher die Schwundtendenz nachgelassen hat und möglicherweise bereits durch eine Vorstosstendenz abgelöst worden ist (VAW - M. Aellen).

93 Tschierva

1983: Beim letztjährigen, inzwischen eingestürzten Gletschertor ist der Eisrand auf 2 Messlinien um 3 bzw. 22 m zurückgegangen, sonst aber deutlich (bis 16 m) vorgerückt. Der Bach tritt jetzt weiter östlich aus dem Gletscher (C. Mengelt).

94 Morteratsch

1982: Der Gletscher ist - wie das Messprotokoll zeigt - auf 11 Messlinien um Beträge zwischen 2 und 12 m vorgestossen, auf einer stehen geblieben und auf den übrigen vieren um Beträge zwischen 4 und 43 m zurückgeschmolzen (VAW - M. Aellen).

95 Calderas

1983: Das Gletscherende konnte im Gegensatz zum Vorjahr, als es unter einer 30 bis 40 cm hohen Schneedecke lag, eindeutig erfasst werden (C. Mengelt).

96 Tiatscha

1982: Die Gletscherzunge hat sich stark vorgeschoben. Dabei hat sie sich im oberen Teil des Eisbruchs sackungsartig abgesenkt wie schon in früheren Jahren (z.B. 1979). Der Vorstoss ist also nicht nur als klimatisch bedingter Eiszuwachs, sondern zum guten Teil durch eine rutschungsähnliche Verschiebung der vordersten Eismassen zustande gekommen (J. Könz).

1983: Der westliche Teil der Zunge hat sich weiter vorgeschoben (bis 18 m), der mittlere ist zurückgeschmolzen (bis 24 m). An der stationär gebliebenen seitlichen Eisfront waren keine frischen Abbrüche festzustellen (J. Könz).

97 Sesvenna

1982: Seit der Unterzeichnete die Messung durchführt, war der Gletscher noch nie mit so wenig Altschnee bedeckt. Der Gletscher hat sich auch dieses Jahr im östlichen Teil mit Beträgen zwischen 5.7 und 8.8 m bedeutend stärker zurückgezogen als im westlichen Abschnitt mit Beträgen zwischen 1 und 3.9 m. Das Gletschertor konnte wiederum bequem begangen werden. Beim Möränenschutt auf dem mittleren und unteren Teil des Gletschers handelt es sich um Bergsturzmaterial, das auf dem Rücken des Gletschers transportiert wird (L. Rauch).

1983: In Anbetracht der langen Hitzeperiode im Hochsommer und der stellenweise geringen Eisdicke am Gletscherrand hat der Längenschwund mit maximal 3.1 m (auf Messlinie 3) ein sehr bescheidenes Ausmass erreicht. In den nächsten Jahren dürfte der besonders dünne östliche Teil stärker abschmelzen (L. Rauch).

98 Lischana

1982: Der warme Sommer bewirkte einen starken Schwund des ohnehin geringe Mächtigkeit aufweisenden unteren Gletscherrandes. Dabei hat sich unsere in den vorangehenden Berichten geäusserte Vermutung bestätigt, dass der kurzfristige Vorstoss der letzten Jahre auf die Verfirnung von Altschnee zurückzuführen sei. Der Gletscherrand hat gegenwärtig ungefähr dieselbe Lage wie im Herbst 1975 (L. Rauch).

1983: Der Gletscherrand, der nach der langen Schönwetterperiode vollständig ausgeapert und gut sichtbar war, ist in der Mitte geringfügig vorgestossen, in den Randzonen dagegen verhältnismässig stark abgeschmolzen (L. Rauch).

99 Cambrena

1982: Die Gletscherzunge ist stark aufgewölbt. Ihre Stirn ist besonders steil auf der rechten Seite, wo sie vor 10 Jahren noch sehr flach war. Ein Vorstossen ist nun auch in diesem Bereich zu erwarten. Auf der linken Seite reicht der Gletscher weiter in die Talmulde hinunter. Am rechten Muldenrand hat sich das Eis unterhalb der Felswand um etwa 10 m vorgeschoben. Am linken Muldenrand bricht es über eine hohe Felswand ab. Im vermessenen Bereich ist das durchwegs aufgewölbte, kaum noch zerspaltene Zungenende nahezu stationär geblieben (A. Godenzi).

1983: Die Längenänderung wird an der kleineren südlichen Zunge und auf dem Felssporn gemessen, der die südliche von der nördlichen Zunge trennt. Die nördliche Zunge, die über steile Felsen abbricht, wächst sehr schnell und könnte so in einigen Jahren die Sturzkegel am Fusse der Felsen erreichen (A. Godenzi).

101 Paradisino ("Vedreit da Camp")

1982: Zum ersten Mal seit 25 Jahren ist das Zungenende in aperem Zustand angetroffen worden. Neuerdings hat sich in der Mitte ein Gletschertor gebildet. Auch auf der linken, durch Messlinie 6 neu erfassten Seite, die sonst unter Schnee lag, ist das Eis zum Vorschein gekommen (A. Godenzi).

1983: Mit Ausnahme des von einer harten Schneemasse zugedeckten Gletschertors war die ganze Zunge schneefrei. Sie ist immer noch sehr flach und völlig spaltenlos, obwohl sie auf der linken Seite bis zu 25 m vorgerückt ist (A. Godenzi).

102 Forno

1983: Der Gletscherrand ist auf der Westseite, wo er möglicherweise aus Toteis besteht, schlecht bestimmbar (C. Mengelt).

103 Bresciana

1983: Il ghiacciaio è avanzato. E possibile che l'aumento è dovuto ad un scorrimento con diminuzione dello spessore del ghiaccio. Il punto P 13 ricoperto da blocchi, non è più utilizzabile. Sul lato sinistro sono apparsi profondi solchi longitudinali (F. Viviani).

104 Basodino

1982: La situazione nello fronte è simile a quella del 1981. Il rilievo è reso facile dal fatto che il fronte del ghiacciaio è molto netto e preciso (C. Valeggia).

1983: Il fronte avanzato del ghiacciaio è meno accentuato degli anni precedenti (C. Valeggia).

105 Rossboden

1982: Der vorderste, mit Blockschutt überdeckte Teil der Zunge ist durch den in ihrem hinteren Teil vorrückenden Eiswulst reaktiviert worden. Das Gletscherende ist auf zwei Messlinien um 6 und 11 m vorgerückt, auf der dritten um 1 m zurückgegangen. Um das Vorrücken des Eiswulstes zu erfassen, sind im Herbst 1980 mehrere Felsblöcke in der Schuttdecke des Gletschers markiert und eingemessen worden. Sie haben sich in der Berichtsperiode um Beträge zwischen 45.1 und 58.0 m, im Durchschnitt um 52.2 m verschoben. Die Bewegung hat sich somit seit dem Vorjahr um rund 4 m vergrössert (M. Borter). - Die Geschwindigkeitszunahme seit dem Vorjahr beträgt aufgrund der Luftbilder vom 13.9.1982 und 1.11.1982 bei den vorderen Messpunkten in der Gletschermitte bis 17 %. Bei den hinteren und bei den randlichen Messpunkten ist sie unbedeutend klein. Offensichtlich hat man mit den Messungen den Durchgang einer wellenartigen Beschleunigungsphase gerade noch erwischt (VAW - M. Aellen).

1983: Die Längenänderung ist wie bisher an der meterhoch mit Blockschutt beladenen inaktiven Zunge gemessen worden, die auf allen 3 Messlinien um Beträge zwischen 4 und 16 m zurückgeschmolzen ist. Die markierten Blöcke im mittleren Teil der Zunge, wo ein von hinten vorrückender Eiswulst die unterliegenden Eis- und Schuttmassen reaktiviert, haben sich um Beträge zwischen 4 und 50 m, im Mittel um 45.7 m fortbewegt. Die Durchschnittsgeschwindigkeit liegt knapp 15 % unter dem Vorjahreswert (R. Sperisen / M. Borter).

107 Bis

1982: Die Luftbilder vom 29.9.1982 lassen erkennen, dass sich die aufgewölbte Zunge am linken (nördlichen) Rand der breiten Abbruchfront seit dem Vorjahr nochmals um eine beträchtliche Strecke weiter vorgeschoben hat. Auch der Hohlichtgletscher ist im Berichtsjahr deutlich vorgerückt (VAW - M. Aellen).

1983: Den Luftbildern vom 19.9.1983 ist zu entnehmen, dass sich die Zunge am Nordrand des Gletschers um ein gutes Stück weiter in die steile Bachrunse vorgeschoben hat. Eine ähnliche Zunge hat sich im Berichtsjahr auch in der Runse am Südrand des Gletschers ausgebildet (VAW - M. Aellen).

108 Orny

1982: Die Auswertung erfolgte aufgrund der Luftbilder vom 18.8.1982. Seit dem Vermessungsflug am 14.9.1977 hat sich die aufgewölbte Zunge über die damals sichtbaren, vom Eis abgesetzten Stirnwälle hinaus vorgeschoben. Die Ausaperung war 1982 am 18. August wesentlich weiter fortgeschritten als 1977 am 14. September, wo die Schneedecke sogar in der Mitte des Gletschers noch bis in die Gegend der Klubhütte herunterreichte (VAW - M. Aellen).

109 Alpetli

1983: Auf den 3 Messlinien ist der Gletscher um Beträge zwischen 0.7 und 2.7 m, zwischen den Messlinien A und B sogar bis 8 m vorgestossen. Er hat in der Dicke wieder stark zugenommen (U. Fuhrer / K. Ogi).

111 Ammerten

1982: Obwohl der Winter dieser Gegend wieder viel Schnee brachte, ist 1982 für den Gletscher ein Schwundjahr geworden. Dies liegt daran, dass der Sommer sonniger und heisser war als in den vorangehenden 13 Jahren, d.h. seit dem Beginn meiner Beobachtungen im Herbst 1969. Bei Punkt 1 war noch ein winziger Rest Firnschnees aus dem Jahre 1977 vorhanden. Das erlaubte mir festzustellen, dass das Gletschereis unter den Firnablagerungen möglicherweise noch im Herbst 1976 oder durch Schmelzwirkung des hier durchfliessenden Baches um gut 1 m zurückgegangen ist (E. Hodel).

1983: Der Schneemangel im Winter betraf die Talregion mehr als die Hochlagen, wo sich grosse Schneemengen anhäuften, ganz besonders noch im Mai. Im Sommer wurde zwar auch in Stigelschwand (1490 m ü.M.) mit 32°C ein neuer Höchstwert der Lufttemperatur (bisher 27°C) gemessen. Trotzdem überdauerte ein Gwächtenrest am Albristhorn (2700 m ü.M.) den Sommer, was nicht alle Jahre vorkommt. Die Firnkuppen auf dem Wildstrubel jedoch haben an Mächtigkeit verloren (E. Hodel).

114 Plattalva

1982: Hinter dem grösstenteils aperen Zungenende liegen auf beiden Seiten des Gletschers noch Altschneereste. Am Ausgangspunkt des Bojenpegels ist das Eis bei unveränderter Bewegungsgeschwindigkeit um 0.6 m dünner geworden (VAW - H. Siegenthaler).

1983: Der Gletscher war bis auf einige Schneereste am Fuss des Scheibengrates aper. Am Bojenpegel hat im Berichtsjahr die Gletscherdicke um 1.1 m, die Durchschnittsgeschwindigkeit der Gletscherbewegung um rund 10 % abgenommen (VAW - H. Siegenthaler).

117 Valleggia

1982: Non è stato possibile misurarlo a causa della forte copertura nevosa (C. Valeggia). - Die Luftbilder vom 13.9.1982 zeigen den im unteren Drittel völlig aperen, in der Mitte mit älteren Firnschichten und im obersten Drittel mit Altschnee bedeckten Gletscher noch vor den Neuschneefällen, welche die Messung am Boden verhinderten. Durch den Abbau der Firnablagerungen aus den Vorjahren hat sich zweifellos eine Verkürzung ergeben. Der Eisrand hat sich dort, wo er auch auf den Vergleichsaufnahmen vom 8.10.1975 sichtbar ist, nur wenig verändert (VAW - M. Aellen).

1983: Dal rilievo risulta un ritiro notevole grande sul lato orientale (dai punti base a, b, A) che non è da attribuire ad un ritiro dal fronte del ghiacciaio. Questo è dovuto ad una formazione del fronte più netto e preciso. Si può costatare un certo ritiro di circa 10 metri in 3 anni (C. Valeggia). - Für die Berechnung der mittleren Längenänderung sind die Ergebnisse der Messungen bei den Punkten a, b und A nicht berücksichtigt worden (VAW - M. Aellen).

118 Val Torta

1982: Non è stato possibile misurarlo a causa della forte coperture nevosa (C. Valeggia). - Die Luftaufnahmen vom 13.9.1982 zeigen den Gletscher stärker ausgeapert als auf den Vergleichsaufnahmen vom 8.10.1975. Am Zungenende ist das Eis verdeckt durch mehrjährige Firnablagerungen. Solche sind auch im mittleren Teil des Gletschers sichtbar. Dieser ist etwa zur Hälfte mit Schnee bedeckt (VAW - M. Aellen).

1983: La forte copertura nevosa che si trova davanti al fronte del ghiacciaio ci ha costretti a fare una nuova base per poter anche in futuro effettuare i rilievi. Quindi si dovrà attendere le misurazioni del prossimo anno per poter avere un confronto (C. Valleggia).

119 Cavagnoli

1982: Il rilievo è stato facilitato dal fatto che la conca dove il fronte del ghiacciaio termina era completamente libera da neve (C. Valeggia). - Der Gletscher ist auf den Luftaufnahmen vom 13.9.1982 sonnseits stärker, schattseits weniger stark ausgeapert als 1976. Auf den Vergleichsaufnahmen vom 6.9.1976 sind die Ausaperungsmuster weniger deutlich erkennbar (VAW - M. Aellen).

1983: Anche quest'anno il rilievo è stato facilitato dalle eccezionali condizioni avute durante i mesi estivi. La conca dove il fronte del ghiacciaio termina era completamente libera da neve (C. Valleggia).

120 Corno

1982: Grazie alle condizioni eccezionali di quest'anno si è potuto costatare che le misurazioni effettuati nel 1979 non sono attendibili per il fatto che il fronte ghiacciaio nôn era reso visibile della coltra nevosa. Quindi si dovrà attendere le misurazioni del prossimo anno per poter avere un confronto (C. Valeggia). - Die Luftbilder vom 2.9.1982 und 13.9.1982 zeigen, dass die Schnee- und Firnablagerungen in der Mulde vor dem Gletscherende weitgehend abgeschmolzen sind. Weil es sich um mehrjährige, mit dem Gletscher zusammenhängende Bildungen handelt, darf man sie als dessen vordersten Teil betrachten. Das Gletschereis schiebt sich mit stark aufgewölbter, radial zerspaltener Stirn immer weiter in diesen weitgehend durch Lawinen ernährten und deshalb mit viel Gesteinsschutt beladenen Teil vor. Am westlichen Gletscherrand zieht sich die Firndecke aus dem Nährgebiet über den in diesem Bereich an einer aperen Felsstufe ausflachenden Rand des Eises hinunter auf die angelagerten Firn- und Lawinenkegel, die unterhalb der Felsstufe zum östlichen Gletscherrand durchziehen. Bei den gegenwärtig recht komplexen Verhältnissen, die auf dem

Luftbild leichter zu überblicken sein dürften als im Gelände, ist es verständlich, dass der Vergleich der neuen mit den früheren Messungen Mühe bereitet und sich kaum in einem einfachen Zahlenwert ausdrücken lässt. Der Gletscher könnte mit entsprechenden Vorbehalten auch zu den vorstossenden Gletschern gezählt werden (VAW - M. Aellen).

1983: Quest'anno il rilievo è stato facilitato dalle eccezionali condizioni avute durante i mesi estivi. Si può costatare un certo aumento che è dovuto alla formazione molto netta e precisa del fronte del ghiacciaio (C. Valeggia).

4. BILDTEIL

4.1 BILDFOLGE DES 103. BERICHTS (1981/82)

Bildlegenden

Bilder 1 bis 5: Vorstoss des Bifertengletschers.
Aufnahmen: H. Zweifel, Linthal (1-4); M. Aellen, VAW (5).

1 Zungenende des Bifertengletschers am 2. Juli 1982. Der schuttbedeckte Eislappen, der sich am östlichen Rand des Gletscherendes durch die Felsrinne in der Bildmitte vorschiebt, hat in den letzten Jahren eine Wasserfassung der Kraftwerkanlagen Linth-Limmern überfahren (Bilder 2 bis 5). Eine weitere Fassung ist verschüttet worden durch die Eisstürze von der Abbruchfront in der Zungenmitte (rechts im Bild). In schwieriger und gefährlicher Arbeit hat man beide Fassungen so umgebaut, dass das Wasser unter dem Gletscher (subglazial) gefasst werden kann.

2 Stand am 6. Oktober 1980: der Gletscher stösst an die Wasserfassung in der Felsrinne.

3 Stand am 3. November 1981: der Gletscher schiebt sich auf das Bauwerk. Die Umbauarbeiten zur Verstärkung des Rechens sind nur bei geringer Wasserführung, d.h. im Winter, durchführbar. Neben viel Geschick und Mut erfordern sie auch grosse Vorsicht wegen der ständig drohenden Gefahr von Steinschlag oder Schneerutschen.

4 Stand am 14. Oktober 1982: die vom Gletscher überfahrene, nunmehr subglaziale Wasserfassung ist teilweise noch sichtbar.

5 Stand am 14. Juni 1983: die Wasserfassung ist unter dem Gletschereis verschwunden.

Bilder 6 bis 9: Vorstoss des Rossbodengletschers.
Aufnahmen: M. Aellen, VAW.

6 Ansicht vom 4. August 1983. Ueber die rund 1500 m hohe, durch eine Karnische gestufte Nordflanke des Fletschhorns (3993 m ü.M.) fliesst und stürzt der fast 4 km lange Rossbodengletscher zur gleichnamigen Alp, wo er mit deutlichem Gefällsknick rechtwinklig nach Osten umbiegt. Seine meterdick mit grobblockigem Gesteinsschutt beladene, von mächtigen Moränenwällen umgrenzte Zunge endet heute wenig oberhalb der lokal tief liegenden Waldgrenze, in einer Meereshöhe von 1950 m. Bei den Maximalständen im 17. bis 19. Jahrhundert erreichte sie rund 300 m tiefer, am untern Bildrand, knapp den Rand des Talgrundes.

7,8 Im Bereich des Gefällsknicks an der Zungenumbiegung, in etwa 2300 m Meereshöhe, hat sich - vermutlich zwischen 1965 und 1970 - das Eis zu einem Wulst aufgestaut, dessen steile, radial zerspaltene Front sich seither um jährlich 30 bis 50 m vorschiebt. Bild 7, vom Kamm der nördlichen Seitenmoräne gegen die Sengkuppe (3606 m ü.M.) aufgenommen, zeigt den Stand am 21. August 1982, die Vergleichsaufnahme, Bild 8, den Stand am 4. August 1983.

9 Blick von der nördlichen Seitenmoräne talwärts auf das Zungenende, am 4. August 1983. Infolge der abschirmenden Wirkung der talwärts an Mächtigkeit zunehmenden Moränendecke schmilzt auf dem Rossboden - im Gegensatz zu schuttarmen Gletschern - in den tiefergelegenen Teilen der Zunge weniger Eis als in den höhergelegenen. Dies führt in langdauernden Schwundperioden zu einem raschen Ausdünnen und damit zu einer Verminderung der Aktivität des Gletschers in einem verhältnismässig grossen Bereich der Zunge.

Die Zunge des Rossbodengletschers ist in der Schwundperiode zwischen den Vorstössen um 1920 und um 1980 bis gegen den Gefällsknick hinauf eingesunken und weitgehend inaktiv geworden. Auf der Moränendecke haben sich stellenweise Pionierpflanzen, Gräser und bereits auch die ersten Lärchen angesiedelt. Nun sind durch den Schub des Eiswulstes die unterliegenden Teile der Zunge gestaucht und reaktiviert worden, das Zungenende hat vorzustossen begonnen. An den Stauchwülsten bricht die Schuttdecke zusehends auf, wobei die helle graue Farbe des unverwitterten Gesteins zum Vorschein kommt und der Pflanzenbewuchs überschüttet wird oder im Schutt versinkt.

4. ILLUSTRATIONS PHOTOGRAPHIQUES

4.1 ILLUSTRATIONS DU 103e RAPPORT

Légendes des illustrations

Photos 1 à 5: Avance du glacier de Biferten.
Clichés: H. Zweifel, Linthal (1-4), M. Aellen, VAW (5).

1 *Langue du glacier de Biferten, le 2 juillet 1982. A l'extrémité orientale du front glaciaire, un lobe de glace, recouvert de débris pierreux et progressant sur la gauche, a passé, ces dernières années, par-dessus une prise d'eau des Forces motrices de Linth-Limmern (photos 2 à 5). Une autre prise d'eau a été ensevelie sous les écroulements de glace provenant de la partie centrale du front glaciaire (à droite, sur la photo). A la suite de travaux difficiles, même périlleux, ces deux installations ont été transformées en captages d'eau sous-glaciaires.*

2 *Etat au 6 octobre 1980: le glacier arrive à la hauteur de la prise d'eau dans la gorge.*

3 *Etat au 3 novembre 1981: le glacier submerge la construction. Les travaux de renforcement de la grille de la prise d'eau doivent être exécutés pendant les périodes d'étiage, c'est-à-dire en hiver. Outre beaucoup d'habileté et de courage, ils nécessitent une grande prudence en raison du danger permanent de chutes de pierres et d'avalanches.*

4 *Etat au 14 octobre 1982: la prise d'eau, envahie par la glace, est transformée en captage sous-glaciaire, mais elle est encore visible.*

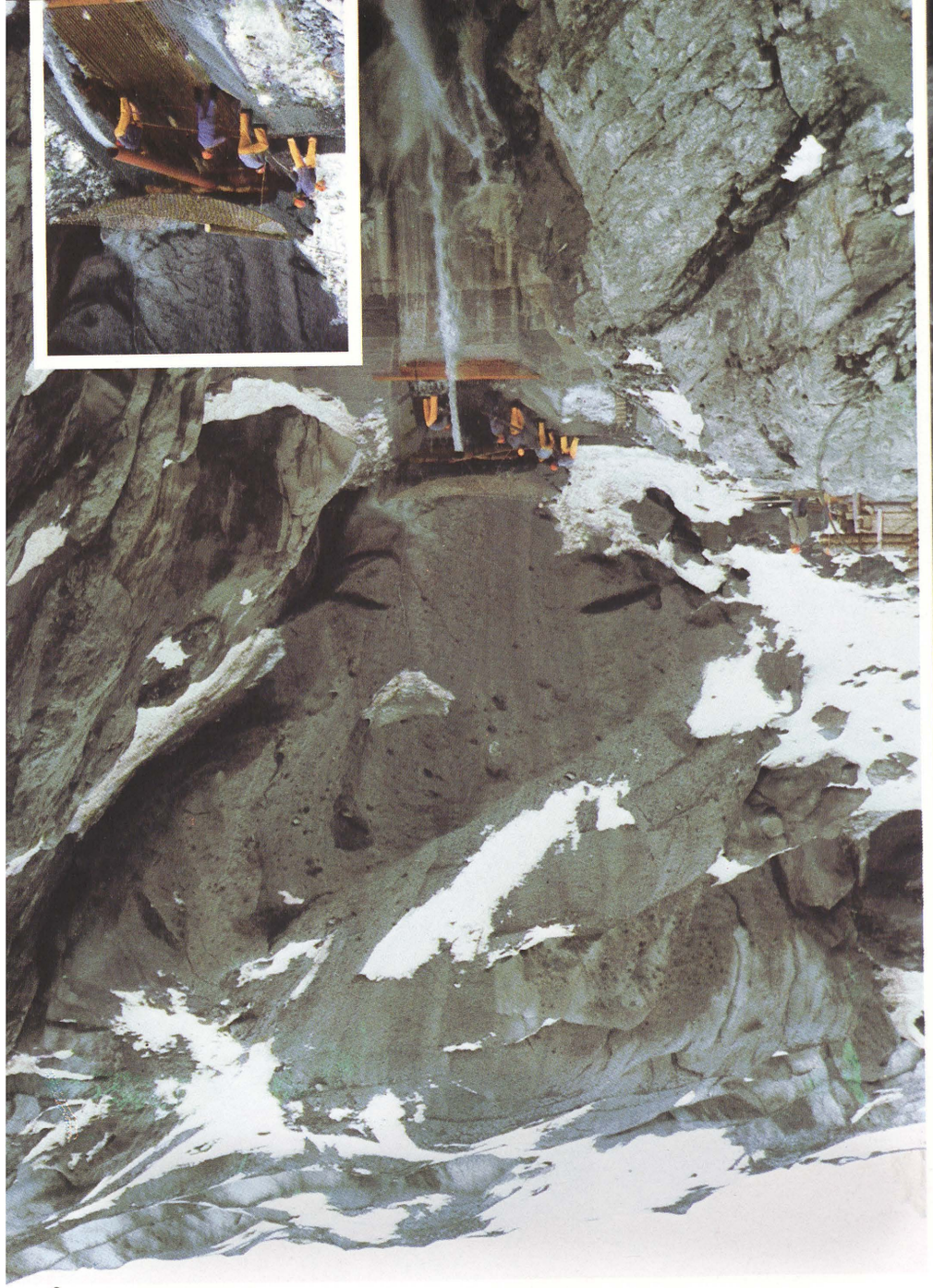
5 *Etat au 14 juin 1983: la prise d'eau a totalement disparu sous la glace.*

Photos 6 à 9: Avance du glacier de Rossboden.
Clichés: M. Aellen, VAW.

6 *Prise le 4 août 1983. Le glacier de Rossboden (qui a une longueur de presque 4 km) recouvre la face nord du Fletschhorn (3393 m), haute de 1500 m et entaillée par un cirque glaciaire. Au-dessus de l'alpe de Rossboden, il oblique à angle droit vers l'est avec une nette rupture de pente. Sa langue, recouverte d'un bon mètre de débris pierreux grossiers et entourée de puisants remparts morainiques, se termine actuellement à une altitude de 1950 m, un peu au-dessus de la limite des forêts, assez basse en cet endroit. Lors des crues maximales des XVII^{e} et XIX^{e} siècles, le glacier descendait 300 m plus bas, presque au fond de la vallée, visible sur le bord inférieur de la photo.*

7,8 Dans le coin formé par la rupture de pente et par le coude du glacier tournant vers l'est (à env. 2300 m d'altitude), la glace est refoulée. C'est ici que s'est formé (probablement entre 1965 et 1970) un renflement dont le front abrupt et fissuré de crevasses radiales progresse (depuis ce moment-là) de 30 à 50 m par an. La photo 7, prise de la crête de la moraine latérale septentrionale en direction de la Sengkuppe (3606 m), montre l'état des lieux le 21 août 1982. On peut la comparer avec la photo 8, prise du même endroit, le 8 août 1983.

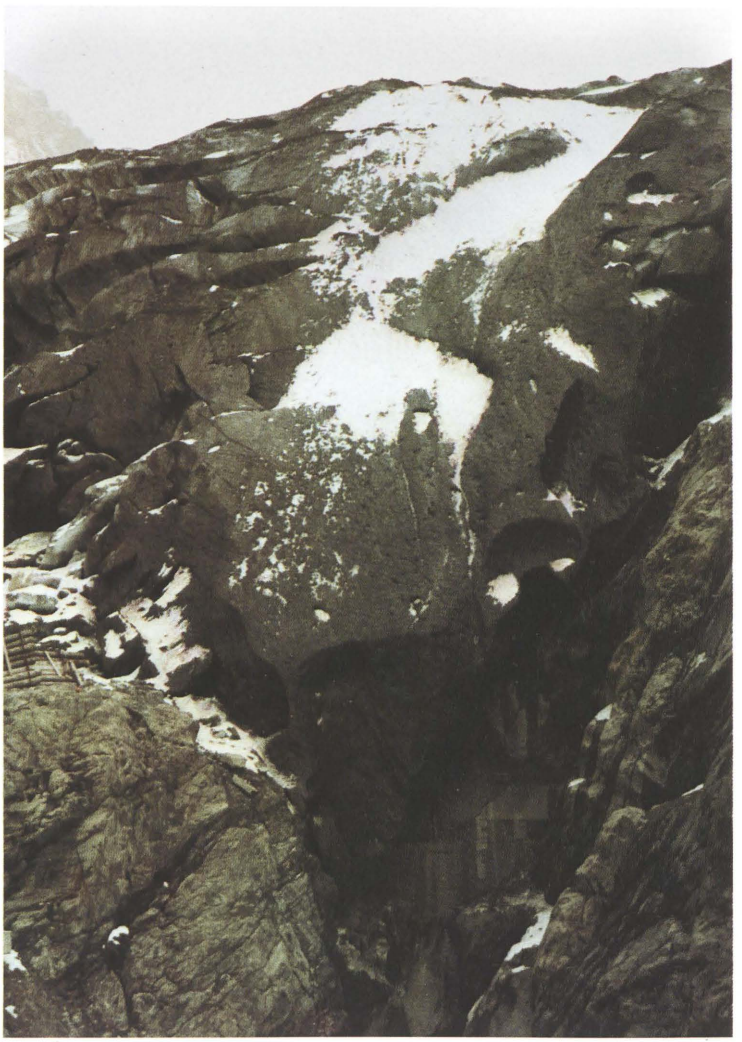
9 Prise le 4 août 1983. Vue plongeante de la moraine latérale nord et en direction de l'extrémité de la langue glaciaire. Grâce à l'effet protecteur de la couche morainique qui s'épaisit vers l'aval, la glace fond moins rapidement sur la zone inférieure du glacier de Rossboden que sur celle situeée au-dessus, phénomène contraire à ce qui se passe habituellement sur les glaciers peu ou pas recouverts de débris. Pendant les longues périodes de décrue, cela conduit à un amincissement rapide de grandes parties de la langue glaciaire et à une diminution de l'activité du glacier. Entre les crues de 1920 et de 1980, le glacier de Rossboden a subi cet amaigrissement jusqu'au voisinage de la rupture de pente, et son activité est devenue presque nulle. Des plantes colonisatrices, des herbes et même déjà les premiers mélèzes se sont établis par endroits sur cette couverture morainique. Maintemant, la poussée du renflement de glace heurte et réactive les parties les plus basses de la langue glaciaire qui a commencé à avancer. La couche de débris se brise visiblement par endroits, ce qui fait apparaître la couleur gris clair des roches inaltérées, tandis que le couvert végétal est enseveli ou englouti dans les cailloux.



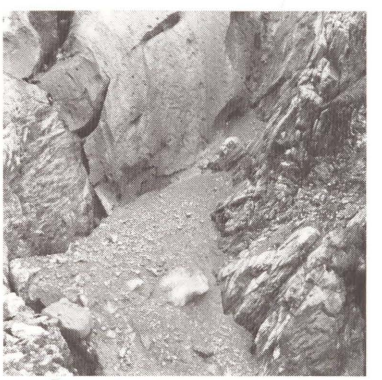
3

2

1



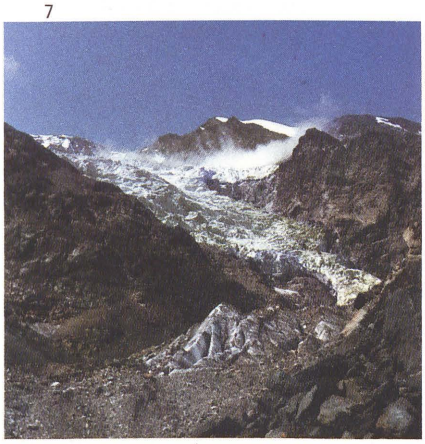
4



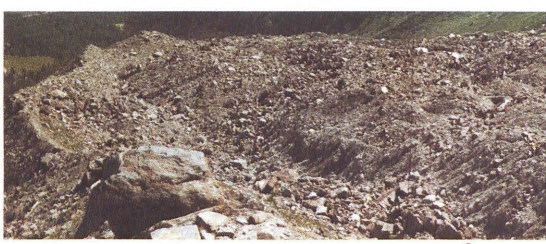
5

6

7

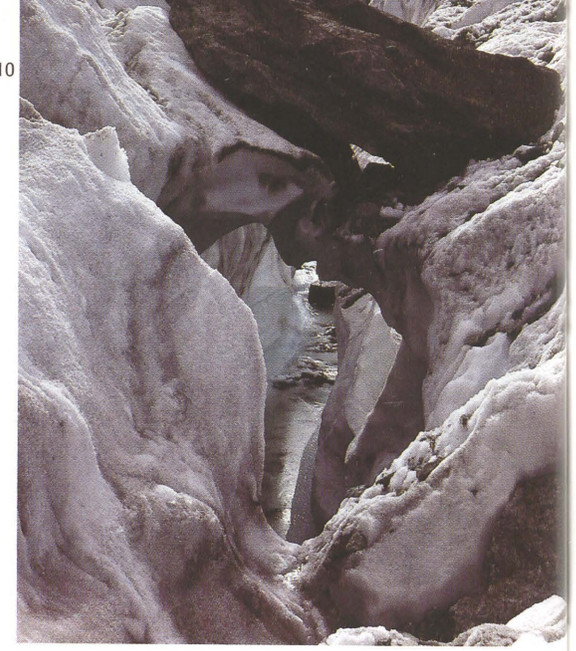


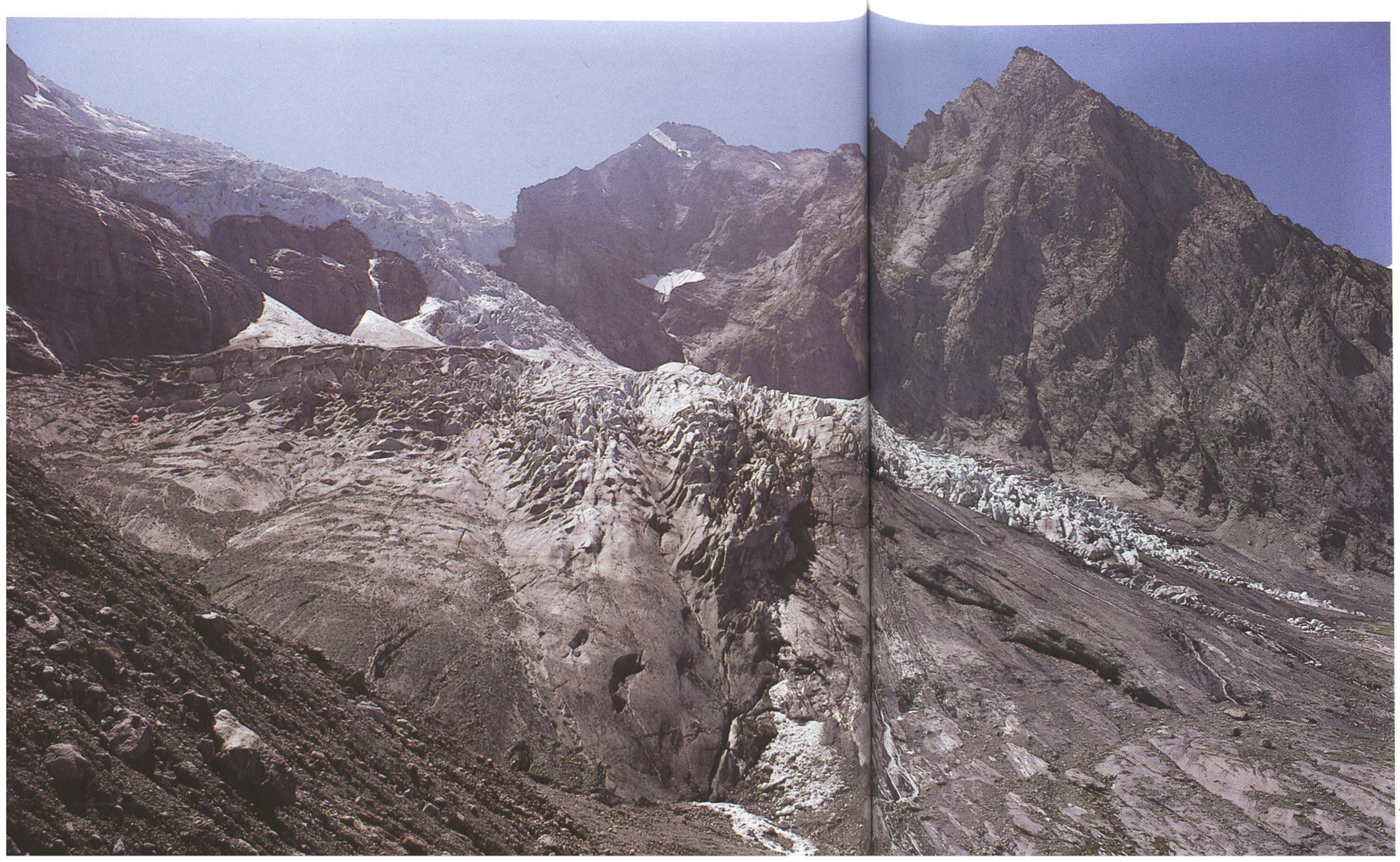
8



9

10





11

12

13

14

15

16

17

18

4.2 BILDFOLGE DES 104. BERICHTS (1982/83)

Bildlegenden

Bilder 10 und 11: Gornergletscher am 4. September 1983.
Aufnahmen: M. Aellen, VAW.

10 Der Gornersee entwässert sich seit einigen Jahren oberirdisch. Ein erratischer Block und seine eingedrückte Eisunterlage überspannen als Naturbrücke die tief eingeschnittene schmale Eisschlucht des Abflussgerinnes.

11 Vorderer Teil des Seebeckens am Zusammenfluss von Grenzgletscher (vorn) und Gornergletscher. Infolge des tiefen Wasserstandes hat sich der See in den letzten Jahren nicht mehr subglazial entleert (vgl. Abb 109-113 des 100. Gletscherberichtes (1978/79) im Quartalsheft IV/80 "Die Alpen".

Bild 12: Rosenlauigletscher am 18. August 1983.
Aufnahme: H. Zumbühl, Herrenschwanden.

12 Der östliche Teil des Gletschers stösst als kompakte Zunge mit aufgewölbter Stirn duch den Talgrund vor. Der stark zerspaltene westliche Teil (rechts im Bild) liegt als dünner Eisschild auf glattgeschliffenen Buckeln und abschüssigen Platten aus Kalkfels am Fusse des Wellhorns. Nach rutschungsartigem raschem und weitem Vorstossen in den Jahren 1980 und 1981 ist er bereits wieder auf den Stand von 1978 zurückgeschmolzen.

Bild 13: Muttgletscher. Ansicht von der Furkastrasse am 19. August 1983.
Aufnahme: P. Mercier, Tolochenaz

Bild 14: "Gletscheruhr" an der Zunge des Oberen Grindelwaldgletschers am 21. September 1983.
Aufnahme: H. Röthlisberger, VAW.

14 Der Zeiger des Kryokinemeters (Eisbewegungsmessers) wird jeden Morgen auf Null zurückgestellt. Er zeigt die Länge der Strecke an, die das Messkabel, das beim Eingang der Gletschergrotte im Eis verankert ist, im Laufe des Tages zurückgelegt hat: rund 2 cm bis 16 Uhr am Tag der Aufnahme. Im Frühsommer sind Tageswerte bis gegen 30 cm beobachtet worden.

Bilder 15 - 18: Eislawinen am Balmhorngletscher.
Aufnahmen: H Röthlisberger, VAW (15,16) und J. Alean, VAW (17,18).

15 Balmhorngletscher am 9. August 1983. Nach ersten Lawinenabgängen ist der Gletscher oberhalb der Abbruchfront in der Bildmitte noch wenig zerspalten (vgl. Abb. 16 und 17). Die unterste der drei Terrassenstufen am östlichen Gletscherrand ist durch die frisch geschütteten Sturzkegel erst teilweise aufgefüllt (vgl. Abb. 18).

16 Oestlicher Teil der Abbruchfront am 16. August 1983. Dahinter nischenförmige, durch die Bögen der Abrissspalten gewölbeähnlich umgrenzte Anrisszone, die durch ein unregelmässiges Netz frisch aufgebrochener Spalten zerteilt ist.

17 Vergleichsaufnahme zu Abb. 16, vom 29. August 1983, mit fortgeschrittener Zertrümmerung des Eises in der Anrissnische.

18 Die Sturzkegel am östlichen Gletscherrand, am 29. August 1983, mit aufgefüllter unterster Terrassenstufe im Vordergrund. Die Sturzbahn der Eislawine ist durch das Anwachsen des Sturzkegels geglättet worden.

4.2 ILLUSTRATIONS DU 104e RAPPORT

Légendes des illustrations

Photos 10 et 11: Le glacier du Gorner, le 4 septembre 1983.
Clichés: M. Aellen, VAW.

10 Depuis quelques années, le lac du Gorner possède un déversoir à l'air libre. Un bloc erratique et son socle de glace forment un pont naturel au-dessus de la gorge étroite et profonde creusée par l'émissaire dans le glacier.

11 Partie antérieure du bassin lacustre situeé au confluent des glacier de Grenz (devant) et du Gorner. En raison de son niveau très bas, ce lac ne s'est plus vidé par-dessous le glacier, ces dernières années (cf. illustrations 109 à 113 du 100e Rapport sur les glaciers, "Les Alpes", 4e cahier trimestriel 1980).

Photo 12: Le glacier de Rosenlaui, le 18 août 1983.
Cliché: H. Zumbühl, Herrenschwanden.

12 Sa partie orientale s'avance à travers le fond de la vallée en une langue compacte et bombée. Sa partie occidentale, fortement crevassée (à droite de la phote), forme une mince couche de glace recouvrant des roches moutonnées et des dalles de calcaire fortement inclinées au pied du Wellhorn. Après une progression rapide et importante, causée par un glissement en 1980 et 1981, le glacier s'est retiré au stade de 1978.

Photo 13: Le glacier de Mutt, vu de la route de la Furka, le 19 août 1983.
Cliché: P. Mercier, Tolochenaz.

Photo 14: "Horloge glaciaire", installée à la langue du glacier supérieur de Grindelwald.
Cliché: H. Röthlisberger, VAW.

14 L'aiguille du cryocinémètre (appareil à mesurer la vitesse d'écoulement de la glace) est remise à zéro tous les matins. Elle indique la longueur de la distance parcourue en un jour par le câble de mesure dont une extrémité est ancrée dans la glace, à l'entrée de la grotte; par example, 2 cm jusqu'à 16 heures, le jour de la prise de cette photo (21 septembre 1983). On a noté des valeurs journalières allant jusqu'à 37 cm au début de l'été.

Photos 15-18: Avalanches de glace au glacier du Balmhorn
Clichés: H. Röthlisberger, VAW (15,16), J. Alean, VAW (17,18).

15 Glacier du Balmhorn le 9 août 1983. Après les premières avalanches, le glacier présente encore peu de crevasses au-dessus du front d'écroulement au centre de la photo (cf. avec les illustrations 16 et 17). La plus basse des trois terrasses visibles sur le bord oriental du glacier est partiellement recouverte par les cônes d'avalanche tout récents (cf. illustration 18).

16 Partie orientale du front d'écroulement le 16 août 1983. On distingue, en arrière de celui-ci, une zone d'arrachement en forme de niche qui est limitée, à la façon d'une voûte, par le tracé arqué des crevasses. Elle est parcourue par un système irrégulier de fissures fraîchement ouvertes.

17 Photo prise du même endroit que l'illustration précédente, le 29 août 1983. On remarque les progrès de la fissuration de la glace dans la niche d'arrachement.

18 Les cônes d'avalanche du bord oriental du glacier, le 29 août 1983. La terrasse inférieure, au premier plan, est totalement comblée. Le tracé des avalanches de glace a été aplani par l'accroissement de ces cônes.

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.

Tabelle 5.3, illustriert durch die Abbildung 5.1, gibt einen Einblick in den zeitlichen Verlauf des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet der Massa während der Haushaltsjahre 1981/82 und 1982/83. Nach den in den Fussnoten zur Tabelle angegebenen Schätzformeln sind aus Niederschlag, Abfluss und Verdunstung die monatlichen Reservenänderungen und deren Summen für Winter, Sommer und hydrologisches Jahr bestimmt. Ausgehend von den publizierten Werten der täglich gemessenen Niederschlags- und Abflussmengen [SMA, 1981-83b; LHG, 1981-83] sind für dieselben Jahre auch Tagesbilanzen berechnet. 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. Tabelle 5.3b enthält entsprechende Angaben für den Jahreszyklus der Berichtsjahre und dessen Phasen: die Aufbau- oder Zuwachsperiode vom Herbstminimum zum Frühjahrsmaximum und die Abbau- oder Schwundperiode vom Frühjahrsmaximum zum Herbstminimum. In Abbildung 5.1 sind zum Vergleich auch die Mittelwerte, Standardabweichungen und Extremwerte angezeigt, die aus den Monatswerten der Periode 1930/78 berechnet sind.

Die Angaben über den Jahresgang der Aenderung der Wasserreserven im Einzugsgebiet der Rhone oberhalb des Genfersees sind aufgrund von Monatswerten in den Tabellen 5.4 und 5.5 zahlenmässig, in der Abbildung 5.2 graphisch dargestellt. Die Grundlagen dazu sind in Kapitel 6.2 des 97./98. Gletscherberichts (Jahrbuch 1975/76 und 1976/77) mit entsprechenden Angaben für die Jahre 1955/56 bis 1979/80 erläutert.

In den Tabellen 5.6 bis 5.8 ist die höhenmässige, in den Abbildungen 5.3 bis 5.5 die räumliche Verteilung der Massenänderung am Schluss der beiden Haushaltsperioden 1981/82 und 1982/83 dargestellt für die Gletscher Gries, Limmern, Plattalva und Silvretta. Eine zusammenfassende Uebersicht über die Ergebnisse der Haushalts- und weiterer Messungen an diesen Gletschern ist im Anhang früherer Jahrbücher, (95. - 100. Gletscherbericht, 1973/74 - 1978/79) enthalten.

Die luftphotogrammetrisch bestimmten jährlichen Veränderungen der Aaregletscher (Kap. 5.4) vom Herbst 1981 bis zum Spätsommer 1983 sind in den Tabellen 5.9 und 5.10 zusammengefasst.

Kapitel 5.5 mit den Tabellen 5.11 bis 5.16 enthält die Ergebnisse der Beobachtungen, die in den Jahren 1981/82 und 1982/83 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 glaziologischen Jahrbuchs teilweise weitergeführt sind.

5.2 MASSENÄNDERUNG IM HAUSHALTSJAHR 1981/82

In den von Jahr zu Jahr kleiner oder negativer werdenden Bilanzergebnissen ist in allen Gebieten ein Nachlassen der Wachstumstendenzen der Gletscher erkennbar. Bei Gries und Limmern hat sich in den drei Jahren der Umschwung vom Zuwachs- zum Schwundregime ganz, bei den übrigen Beispielen etwa halbwegs vollzogen. Im Berichtsjahr sind wie in den Vorjahren ausgeprägte regionale Unterschiede im Massenhaushalt der Gletscher aufgetreten, die weitgehend durch die in Abbildung 1.3 summarisch dargestellten Klimaverhältnisse, zum Teil auch durch die Verschiedenheit des Geländes in den verschiedenen Gebirgsregionen bedingt sind. In den stark vergletscherten und sehr niederschlagsreichen nördlichen Gebieten hat die Abschmelzung, die ebenfalls sehr viel grösser war als im Durchschnitt, mengenmässig etwa den im Winter angehäuften Schneereserven entsprochen. Demzufolge hat sich in diesem Gebiet bei sehr grossen Umsatzmengen im allgemeinen nur wenig verändert. Der bescheidene Zuwachs der **Aletschgletscher** beispielsweise ist bei den grössten seit 1959 in der Massa gemessenen Abflussmengen zustande gekommen. In den südlichen Gebieten mit lediglich durchschnittlichen Winter- und Jahresniederschlagsmengen, aber ebenfalls stark überdurchschnittlicher Abschmelzung im Sommer, ist bei kleineren Umsatzmengen die Gletschermasse beträchtlich vermindert worden. Bei Gries beispielsweise entspricht diese Verminderung einer abgetragenen Eisschicht von durchschnittlich 90 cm Dicke. Das ungewöhnlich grosse Schmelzwasserangebot in stark vergletscherten Gebieten überstieg in einzelnen Fällen die Speicherkapazität der Stauseen.

Für den Talbereich der **Aaregletscher** hat A. Flotron auf Grund der luftphotgrammetrischen Vermessungen eine ausserordentlich grosse Volumenzunahme um 12.6 Millionen Kubikmeter ermittelt, die einer durchschnittlichen Dickenzunahme um 0.9 m entspricht. Er gibt jedoch zu bedenken, dass diese Haushaltsrechnung mit dem Vermessungsflug vom 11. August 1982, d.h. rund drei Wochen vor dem üblichen Termin und etwa sechs Wochen vor dem Ende der Schmelzperiode abschliesst. In einzelnen Profilen hat sich die Gletscheroberfläche um mittlere Beträge zwischen 0.2 und 1.7 m angehoben, ausser in den beiden untersten auf dem **Unteraar**, wo sie sich um 1.0 und 1.4 m abgesenkt hat. Zusammengenommen ergeben die beiden letzten Haushaltsperioden 1980/81 und 1981/82 eine ausgeglichene Massenbilanz im vermessenen Gebiet.

5.3 MASSENÄNDERUNG IM HAUSHALTSJAHR 1982/83

Die allgemeine Verminderung der Gletschermasse in den Schweizer Alpen während des Berichtsjahrs entspricht nach der ausserordentlichen Wärme des Sommers den Erwartungen, abgesehen vom Ausmass, das verhältnismässig wenig von normalen Werten abweicht. Dies dürfte in erster Linie auf die Witterungs- und Schneeverhältnisse im Mai zurückzuführen sein, der normalerweise wegen der beginnenden Schneeschmelze nur wenig Massenzuwachs bringt. Im Berichtsjahr dagegen ist die Winterschneedecke auf den Gletschern im Frühlingsmonat Mai stellenweise um mehrere Meter gewachsen, weit mehr als in jedem der vorangehenden Wintermonate. Das Ergebnis der Massenbilanzen ist weitgehend geprägt durch das Zusammenspiel der extrem gegensätzlichen Monate Mai und Juli, da die übrigen Monate allgemein wenig von der Norm abwichen. Im Aletschgebiet haben die fast ausschliesslich als Schnee, Firn oder Eis gespeicherten Wasserreserven gemäss den aus hydrologischen Daten berechneten Bilanzen seit 1976 in allen Jahren mehr oder weniger zugenommen. Dazu ist zu bemerken, dass dieses Gebiet in den letzten Jahren stets in den relativ niederschlagsreichen Zonen lag, da ihm offensichtlich von Süden wie von Norden reichlich Niederschlag zugeführt worden ist. Der Abfluss dagegen erreichte erst in den letzten drei Haushaltsjahren wieder das Mittelmass der nunmehr 60 Jahre umfassenden Messperiode, nachdem er von 1976/77 bis 1979/80 stets deutlich darunter geblieben war.

Im Talbereich der **Aaregletscher** hat nach den luftphotogrammetrischen Vermessungen von A. Flotron die Eismenge von Mitte August 1982 bis Mitte September 1983 um 20.5 Millionen m^3 abgenommen. Diese Abnahme entspricht einer mittleren Senkung der Gletscheroberfläche im vermessenen Bereich um 1.4 m. Ein beträchtlicher Anteil dieses Schwundes entfällt auf den Sommer 1982, der etwa sechs Wochen über das Vermessungsdatum hinaus andauerte. In den zwei Jahren vom Herbst 1981 bis zum Herbst 1983 hat sich die Eismenge um rund 8 Millionen m^3 vermindert, d.h. etwa um den Betrag eines durchschnittlichen Jahres der Vergleichsperiode 1969/83.

5. BILANS DE MASSE

5.1 INTRODUCTION

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

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

Le modèle appliqué au bassin versant de la Massa est représenté par les chiffres du tableau 5.3 et par les graphiques de la figure 5.1, qui révèlent les fluctuations des réserves en eau de ce bassin au cours des années de bilan 1981/82 et 1982/83. Selon les formules indiquées dans les remarques du tableau on a déterminé les variations mensuelles des réserves ainsi que leurs sommes saisonnières et annuelles. Les valeurs journalières publiées des débits et des précipitations ont permis d'établir des bilans quotidiens, qui sont résumés dans le tableau 5.3b pour les périodes du cycle annuel et représentés dans la figure 5.1 par les sommes cumulatives. Dans ces bilans, l'évaporation est supposée être invariable de l'ordre de 210 kg/m² par an, soit de 17 ou 18 kg/m² par mois. Ces mensualités ont été réparties en quote-parts égales de 1 kg/m2 sur les jours sans précipitations ou de pluviosité faible. En cumulant les variations journalières des réserves d'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. Les bilans présentés dans le tableau 5.3b résument les bilans quotidiens des 2 cycles annuels de 1981/82 à 1982/83 et de leurs phases: période d'accumulations, qui dure du minimum automnal au maximum printanier, et période d'ablation, qui dure du maximum printanier au minimum automnal. A titre de comparaison, on a indiqué dans la figure 5.1 les valeurs moyennes, les écarts standardisés et les valeurs extrèmes, qui ont été déterminées à partir des données mensuelles de la période 1930/78.

Le modèle similaire, appliqué au bassin versant du Rhône à l'amont du Lac Léman est documenté par les tableaux 5.4 et 5.5 ainsi que par la figure 5.2. Il reflète les fluctuations mensuelles des réserves en eau de ce bassin durant les années 1981/82 et 1982/83. Portant sur les années 1955/56 à 1979/80, ce modèle a été analysé et discuté dans le chapitre 6.2 des 97e/98e annuaire (1975/76 et 1976/77).

Les tableaux 5.6 à 5.8 donnent les bilans de masse établis en fonction de l'altitude et les figures 5.3 à 5.5 montrent la répartition des zones d'égalité du bilan de masse déterminées à partir des observations faites sur les glaciers de Gries, de Limmern/Plattalva et de Silvretta, à la fin des années de bilan 1981/82 et 1982/83. Les résultats des bilans de masse établis pour les années antérieures sont résumés dans l'annexe des annuaires prédédents avec les résultats d'autres observations faites sur ces glaciers.

Les variations annuelles des glaciers de l'Aar, déterminées par restitutions aérophotogrammétriques, sont résumées dans les tableaux 5.9 et 5.10 pour la période de l'automne 1981 jusqu'à la fin de l'été 1983.

Dans le chapitre 5.5 avec les tableaux 5.11 à 5.16 nous présentons les résultats des observations faites, en 1981/82 et 1982/83, 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 par le chapitre 5.5 de l'annuaire glaciologique.

5.2 BILAN ANNUEL DE MASSE EN 1981/82

Chaque année, les résultats des bilans deviennent partout plus faibles ou négatifs et montrent une diminution de la tendance à la crue des glaciers. En trois ans, les glaciers de Gries et de Limmern ont complètement changé de régime et se sont mis à décroître, tandis que ce processus s'amorce dans les autres cas. Comme au cours des années précédentes, des différences régionales marquées sont apparues dans le bilan de masse des glaciers. Elles sont principalement dues aux conditions climatologiques (représentées schématiquement à la figure 1.3) et accessoirement aux caractéristiques du relief des différentes chaînes de montagne. Dans les régions septentrionales fortement englacées et très riches en précipitations, la fonte estivale, qui a été nettement supérieure à la moyenne, équivaut pratiquement aux réserves de neige accumulées pendant l'hiver précédent. Il s'ensuit que la masse totale des glaciers de cette région n'a guère varié malgré l'importance du régime, marqué par des gains et des pertes excessives. Par exemple, le glacier d'Aletsch a subi un accroissement modeste, bien que les débits mesurés dans la Massa aient été les plus importants depuis 1959. En revanche, dans les régions méridionales dont la pluviosité hivernale et annuelle n'a pas dépassé la moyenne et où la fonte a aussi été fortement supérieure à la norme, la masse des glaciers a sensiblement diminué, les gains et les pertes étant pourtant plus petits. Au glacier de Gries, par exemple, cette décrue correspond à l'ablation d'une couche de glace de 90 cm répartie sur toute la surface du glacier. Les volumes inhabituellement importants d'eau de fusion issues des régions fortement englacées ont dépassé, dans quelques cas, la capacité de retenue des lacs de barrage.

D'après les restitutions photogrammétriques de A. Flotron, la partie basse des glaciers de l'Aar a subi un gain de volume considérable de 12.6 millions de mètres cubes, ce qui correspond à une couche supplémentaire de glace de 0.9 m en moyenne. Il convient cependant de prendre en considération que ce bilan de masse, établi sur la base du vol photogrammétrique du 12 août 1982, porte sur une période trop courte qui s'est terminée environ trois semaines avant la date habituelle et six semaines avant la fin de la période d'ablation. Les profils transversaux montrent en général une élévation de la surface de la glace de 0.2 à 1.7 m en moyenne, sauf au glacier inférieur de l'Aar où une diminution de 1 à 1.4 m a été constatée aux deux profils situés le plus en aval. Pris dans leur ensemble, les deux dernières périodes de mesure (1980/81 et 1981/82) présentent un bilan assez équilibré dans la région considérée.

5.3 BILAN ANNUEL DE MASSE EN 1982/83

En raison de la chaleur extraordinaire de l'été, on s'attendait à une diminution générale du volume des glaciers des Alpes suisses durant cet exercice. Elle eut bien lieu, mais dans des proportions s'écartant assez peu des valeurs habituelles. Cela est certainement dû en premier lieu aux conditions de temps et d'enneigement de mai qui, normalement, n'apporte que des gains très faibles à cause du début de la fonte des neiges. En mai 1983, en revanche, le manteau neigeux hivernal s'est accru de plusieurs mètres par endroits sur les glaciers, beaucoup plus que pendant les mois précédents de l'hiver. Le résultat des bilans de masse est donc fortement influencé par l'opposition des conditions extrêmes des deux mois de mai et juillet, puisque les autres mois de l'exercice ne se sont généralement pas écartés de la norme. Selon les bilans établis sur la base du calcul des précipitations, de l'estimation de l'évaporation et des mesures des débits, les réserves en eau de la région d'Aletsch, presque exclusivement constituées de neige, de névé et de glace, ont plus ou moins augmenté chaque année depuis 1976. Il convient de remarquer, que cette contrée s'est constamment trouvée dans les zones les plus pluvieuses, les précipitations étant abondantes tant sur les versants nord que sur les versants sud. L'écoulement, en revanche, n'a atteint des volumes analogues à la moyenne calculée sur 60 ans que durant ces trois dernières années, alors qu'il était constamment inférieur à celle-ci de 1976/77 à 1979/80.

D'après les restitutions photogrammétriques de A. Flotron, la partie basse des glaciers de l'Aar a subi une perte de volume de 20.5 millions de mètres cubes de la mi-août 1982 à la mi-septembre 1983, ce qui correspond à un abaissement moyen de la surface du glacier de 1.4 m. Une part importante de cette ablation doit être attribuée à l'été 1982, qui a duré encore six semaines environ au-delà de la date du vol photogrammétrique. En deux années, de l'automne 1981 à celui de 1983, la masse du glacier a donc diminué de 8 millions de mètres cubes environ, ce qui correspond à peu près à la moyenne annuelle de la période de référence 1969/83.

Tabelle 5.1: **Jährliche Massenänderung einiger Gletscher 1981/82 und 1982/83**
*Tableau 5.1: **Bilans annuels de masse de quelques glaciers en 1981/82 et 1982/83***

Gletscher	Haushaltjahr oder Messperiode		Gletscher-fläche	jährliche Massenänderung gesamt[1] B_a*	spezifisch[2] b_a	Gleichgewichts-linie
	vom	bis	[km²]	[10^6 m³]	[kg/m²]	[m ü.M.]
Gries	24. 9.81	23. 9.82	6.321[3]	- 6.176	- 879	3030
	23. 9.82	23. 9.83	6.320[4]	- 3.862	- 550	3000
Aletsch	1.10.81	30. 9.82	128.11[6]	+ 49.27	+ 346	2949[5]
	1.10.82	30. 9.83	127.86[7]	+21.22	+ 149	2954[5]
Limmern	1. 9.81	30. 8.82	2.52[8]	- 1.820	- 649	2860
	30. 8.82	31. 8.83	2.52[8]	- 2.252	- 803	2925
Plattalva	1. 9.81	30. 8.82	0.86[8]	- 0.235	- 246	2870
	30. 8.82	31. 8.83	0.86[8]	- 0.524	- 549	2940
Silvretta	12. 9.81	11. 9.82	3.15[9]	- 0.737	- 211	2790
	11. 9.82	10. 9.83	3.15[9]	- 1.915	- 547	2905
Glacier	*Année de bilan ou intervalle*		*Surface glaciaire*	***Bilan de masse*** *total*[1] B_a*	*spécifique*[2] b_a	*Ligne d'équi-libre*
	du	*au*	[km²]	[10^6 m³]	[kg/m²]	[m s.m.]

1 Gesamter Zuwachs oder Abtrag, berechnet für Aletsch aus der hydrologischen Bilanz des Einzugsgebietes Massa/Blatten bei Naters (Tab. 5.2), für die übrigen Gletscher nach Zonen gleicher Massenänderung mit einer angenommenen Dichte des Eises von 0.9g/cm³. - *Gain (ou perte) de masse total, exprimé en volume de glace à densité moyenne de 0.9 g/cm³, dérivé du bilan hydrologique du bassin versant de la Massa/Blatten bei Naters pour Aletsch (tabl. 5.2), déterminé par intégration des zones à bilans spécifiques égaux pour les autres glaciers.*

2 Gleichmässig über den Gletscher verteilter Zuwachs oder Abtrag. Der Eismenge 1 kg/m² entspricht eine Wassersäule von 1 Millimeter Höhe. - *Gain (ou perte) total réparti sur la surface entière du glacier. Une masse de glace de 1 kg/m² équivaut à 1 mm en hauteur d'eau.*

3 Geschätzte Fläche für den 1.10.1982. - *Surface estimée pour le 1.10.1982.*

4 Geschätzte Fläche für den 27.9.1983. - *Surface estimée pour le 27.9.1983.*

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

6 Geschätzte Fläche für den 30.8.1982. - *Surface estimée pour le 30.8.1982.*

7 Geschätzte Fläche für den 21.9.1983. - *Surface estimée pour le 21.9.1983.*

8 Flächen vom 15.9.1977 - *Surface du 15.9.1977.*

9 Flächen vom 12.9.1973 - *Surface du 12.9.1973.*

Tabelle 5.2: **Hydrologische Bilanz einiger vergletscherter Einzugsgebiete in den Jahren 1981/82 und 1982/83**

*Tableau 5.2: **Bilan hydrologique annuel de quelques bassins versants englacés en 1981/82 et 1982/83***

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

Einzugsgebiet	**a) Aegina**	**b) Massa**	**c) Rhone**	*Bassin versant*
Gesamtfläche [km^2]	10.4	194.7	5220.0	*Surface totale* [km^2]
Gletscherfläche [km^2]	6.3	128.2	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) Einzugsgebiet der Aegina (Griesgletscher) - *Bassin de l'Aegina (glacier de Gries)*[1)]

Bilanzperiode *Période du bilan* vom/*du*	bis/*au*	Abfluss *Ecoulement* [kg/m^2][2)]	Verdunstung *Evaporation* [kg/m^2][3)]	Reservenänderung *Variation des réserves* [kg/m^2][4)]	Niederschlag Gebietsmittel *Précipitations moyennes* [kg/m^2][5)]	Niederschlag Totalisator *Précipitations totalisateur* [kg/m^2][6)]
24.9.81	23.9.82	2528	200	- 536	2192	1607
23.9.82	23.9.83	2269	200	- 335	2134	1858
Mittelwert (22 Jahre) - *Valeur moyenne (22 années)*						(19 J./*19 a.*)
1961/62 - 1982/83		1899	200	- 70	2029	1724 (64/83)

1 Ergänzt Tabelle 10a des vorangehenden Jahrbuchs - *Complète le tableau 10a de l'annuaire précédent.*

2 Durch das Kraftwerk für das hydrologische Jahr vom 1. Oktober bis 30. September bestimmte Werte (s. Bemerkungen zu Tab. 16 des 93./94. Gletscherberichts). - *Valeurs déterminées par les forces motrices, valables pour l'année hydrologique du 1er octobre au 30 septembre (v. remarques du tabl. 16 des 93e/94e rapports glaciologiques).*

3 Invarianter Schätzwert - *Valeur estimée (invariable).*

4 Aus der Massenänderung des Gletschers abgeleitete Werte (vgl. Tab. 5.1 und 5.6) - *Valeurs dérivées du bilan de masse du glacier (cf. tabl. 5.1 et 5.6).*

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) Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) - *Bassin de la Massa (glaciers d'Aletsch)*[1)]

Bilanzjahr *Année du bilan* 1.10. - 30.9.	Niederschlag *Précipitations* N[2)] [kg/m²]	Verdunstung *Evaporation* V[2)] [kg/m²]	Abfluss *Ecoulement* A[2)] [kg/m²]	Reservenänderung *Variation des réserves* R[2)] [kg/m²]	Gletscherfläche *Surface glaciaire* G[3)] [kg/m²]	Spezifische Massenänderung *Bilan de masse spécifique* B[4)] [kg/m²]
1981/82	2805	210	2367	+ 228	128.11	+ 346
1982/83	2469	210	2161	+ 98	127.86	+ 149
Mittelwert (50 Jahre) - Valeur moyenne (50 années)						
1930/80	2178	210	2073	- 105	131.28	- 150

1 Ergänzt Tabelle 10b des vorangehenden Jahrbuchs (vgl. Tab. 5.3a) - *Complète le tableau 10b de l'annuaire précédent (cf. tabl. 5.3a).*
2 Siehe Tabelle 5.3a, Fussnoten 3 bis 6 - *Voir tableau 5.3a, remarques 3 à 6.*
3 Schätzwerte, abgeleitet aus der jährlichen Längenänderung des Grossen Aletschgletschers (s. Tab. 5.1, Fussnote 4, und vgl. Tab. 21 des 95./96. Gletscherberichts). - *Valeurs estimées, dérivées de la variation annuelle en longueur du Grand glacier d'Aletsch (v. tabl. 5.1, remarque 4, et cf. tabl. 21 des 95e/96e rapports glaciologiques).*
4 Schätzwerte, berechnet nach der Formel - *Valeurs calculées selon la formule:* $B = F \cdot R / G$ ($F = 194.7$ km²).

c) Einzugsgebiet der Rhone (oberhalb des Genfersees) - *Bassin du Rhône (à l'amont du Léman)*[1)]

Bilanzjahr *Année du bilan* 1.10. - 30.9.	Niederschlag *Précipitations* N[2)] [kg/m²]	Verdunstung *Evaporation* V[2)] [kg/m²]	Abfluss gemessen *mesuré* Ag[2)] [kg/m²]	Abfluss umgeleitet *détourné* A_A-A_E[2)] [kg/m²]	Abfluss gespeichert *retenu* S[2)] [kg/m²]	Abfluss berechnet *restitué* A[2)] [kg/m²]	Reservenänderung *Variation d. réserves* R[2)] [kg/m²]
				Ecoulement			
1981/82	1625	300	1383	- 9	11	1385	- 59
1982/83	1491	300	1275	- 8	1	1268	- 77
Mittelwert (25 Jahre) - Valeur moyenne (25 années)							
1955/80	1361	300	1032	2	7	1041	+ 20

1 Ergänzt Tabelle 10c des vorangehenden Jahrbuchs (vgl. Tab. 5.4 und 5.5) - *Complète le tableau 10c de l'annuaire précédent (cf. tabl. 5.4 et 5.5).*
2 Siehe Bemerkungen zu Tabelle 5.4 (vgl. Kap. 6.2 des 97./98. Gletscherberichts) - *Voir remarques du tableau 5.5 (cf. chap. 6.2 des 97e/98e rapports glaciologiques).*

Tabelle 5.3: **Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) - Hydrologische Bilanzen 1981/82 und 1982/83**

*Tableau 5.3: **Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques en 1981/82 et 1982/83***

a) Kalendermässig festgelegte Haushaltsperioden (Monate, Winter, Sommer, hydrologisches Jahr) - *Périodes du calendrier (mois, hiver, été, année hydrologique)*[1]

Monatswerte - *Valeurs mensuelles*

Bilanzgrössen *Composantes du bilan* [kg/m²][2]	Monate - *Mois* 10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1981/82												
N Niederschlag[3]	402	222	427	288	42	241	65	132	214	313	332	127
A Abfluss[4]	88	22	10	6	4	5	20	106	379	733	593	402
V Verdunstung[5]	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18
R Reservenänderung[6]	297	182	400	264	21	218	28	8	- 182	- 438	- 278	- 293
U Massenumsatz[7]	507	262	454	312	63	264	102	256	610	1064	942	547
1982/83												
N Précipitations[3]	282	144	258	276	150	80	239	519	125	38	198	161
A Ecoulement[4]	73	20	9	6	4	6	13	41	270	774	568	377
V Evaporation[5]	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18
R Variation des réserves[6]	192	106	232	252	129	56	209	460	- 162	- 754	- 387	- 234
U Régime hydrologique[7]	372	182	284	300	171	104	269	578	412	830	783	556

Saison- und Jahreswerte - *Valeurs saisonnières et annuelles*

1981/82	Winter 10- 4	Sommer 5- 9	Jahr 10- 9	1982/83	*Hiver* 10- 4	*Eté* 5- 9	*Année* 10- 9
N Niederschlag	1687	1118	2805	*N Précipitations*	1429	1041	2470
A Abfluss	155	2213	2368	*A Ecoulement*	131	2030	2161
V Verdunstung	122	88	210	*V Evaporation*	122	88	210
R Reservenänderung	1410	- 1138	227	*R Variation des réserves*	1176	- 1077	99
U Massenumsatz	1964	3419	5383	*U Régime hydrologique*	1682	3159	4841

1 Ergänzt Tabelle 11a des vorangehenden Jahrbuchs - *Complète le tableau 11a de l'annuaire précédent.*
2 Siehe Bemerkungen zu Tabellen 17 des 93./94. und 21 des 95./96. Gletscherberichts - *Voir remarques des tableaux 17 des 93e/94e et 21 des 95e/96e rapports glaciologiques.*
3 Schätzwerte berechnet aus den Niederschlagsmessungen der SMA an den Stationen Grindelwald (1040 m), Fiesch (1060 m) und Ried/Lötschental (1480 m). - *Valeurs estimées, calculées à partir des précipitations mesurées par l'ISM aux stations de Grindelwald (1040 m), Fiesch (1060 m) et Ried/Lötschental (1480 m).*
4 Durch die Landeshydrologie an der Limnigraphenstation Blatten bei Naters registrierte Abflüsse (vgl. Tab. 5.2) - *Débits enrégistrés par le Service hydrologique fédéral à la station limnigraphique de Blatten bei Naters (cf. tabl. 5.2).*
5 Invarianter Schätzwert - *Valeur estimée (invariable).*
6 Schätzwerte, berechnet nach der Formel - *Valeurs estimées, calculées selon la formule:* R = N - A - V.
7 Schätzwerte, berechnet nach der Formel - *Valeurs estimées, calculées selon la formule:* U = N + A + V.

Tabelle 5.3: **Fortsetzung** - *Tableau 5.3: **Continuation***

b) klimatische Haushaltsperioden (Zuwachs- und Schwundperioden, hydrologischer Jahreszyklus) - *Périodes climatiques du bilan (périodes d'accumulation et d'ablation, cycle hydrologique annuel)*[1)]

	Haushaltsperiode			Bilanzgrössen		Bilanz	
	Beginn	Ende	Dauer	Zuwachs	Schwund	Reserven-änderung	Massen-umsatz
	am	am	Tage	[kg/m^2][2)]	[kg/m^2][3)]	[kg/m^2][4)]	[kg/m^2][5)]
Zuwachsperiode	22. 9.81	23. 5.82	244	2053	432	+1621	2485
Période d'accumulation	5.10.82	26. 5.83	234	1941	255	+1685	2196
Mittel/*Moyenne* 1973/83	29. 9.	9. 6.	254.1	1908	431	+1477	2339
Schwundperiode	24. 5.82	4.10.82	134	996	2255	- 1259	3251
Période d'ablation	27. 5.83	23.11.83	180	643	2272	- 1628	2915
Mittel/*Moyenne* 1973/83	10. 6.	2.10.	117.4	651	1685	- 1034	2336
Jahreszyklus	22. 9.81	4.10.82	378	3049	2687	+ 362	5736
Cycle annuel	5.10.82	23.11.83	414	2584	2527	+ 57	5111
Mittel/*Moyenne* 1973/83	29. 9.	2.10.	371.5	2559	2116	+ 443	4675
	Période du bilan			*Composantes*		*Bilan*	
	Début	*Fin*	*Durée*	*Accumu-lation*	*Dissipa-tion*	*Variation des réserves*	*Régime hydrologique*
	le	*le*	*jours*	[kg/m^2][2)]	[kg/m^2][3)]	[kg/m^2][4)]	[kg/m^2][5)]

1 Die Bemerkungen zu Tabelle 5.3a gelten sinngemäss auch für diese Tabelle - *Les remarques du tableau 5.3a (adaptées) se réfèrent également à ce tableau.*

2 Summe der täglichen Niederschlagsmengen - *Somme des précipitations journalières.*

3 Summe der täglichen Abflussmengen und der invarianten, in Raten von 1 kg/m^2 den niederschlagsärmsten Tagen zugeteilten monatlichen Verdunstungsmengen. - *Somme des débits journaliers et de l'évaporation, admise invariable pour les mois et dont les mensualités sont réparties (à raison de 1 kg/m^2) sur les jours des moindres précipitations.*

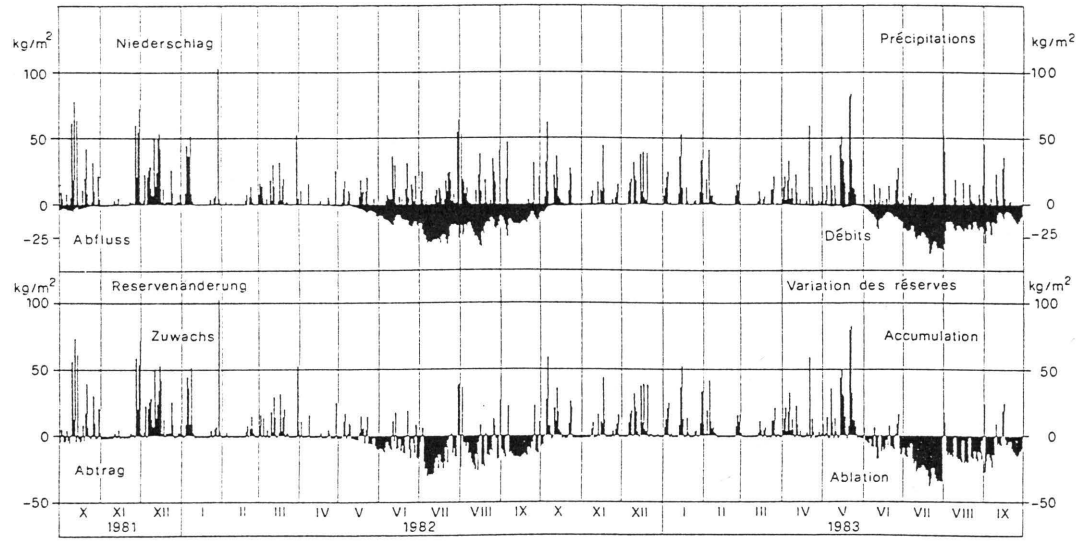
4 Summe der täglichen Reservenänderungen - *Somme des variations journalières des réserves en eau.*

5 Summe der täglichen Massenumsätze - *Somme des régimes journaliers (volume d'eau en circulation).*

Abbildung 5.1: **Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) - Hydrologische Tagesbilanzen 1981/82 und 1982/83**

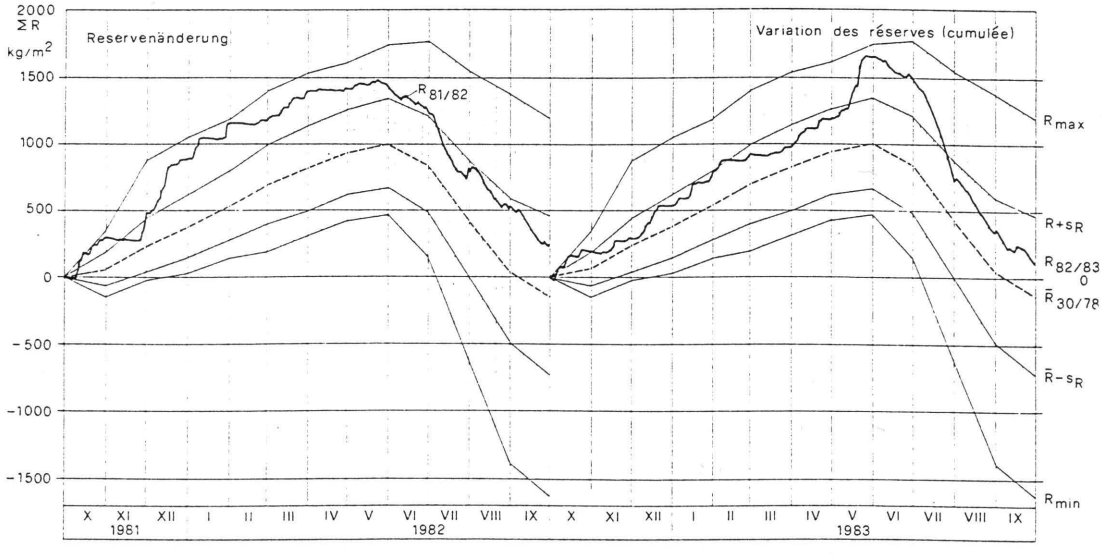
Figure 5.1: ***Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques quotidiens en 1981/82 et 1982/83***

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



b) **Jahresgang der Reservenänderung,** mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1930/78

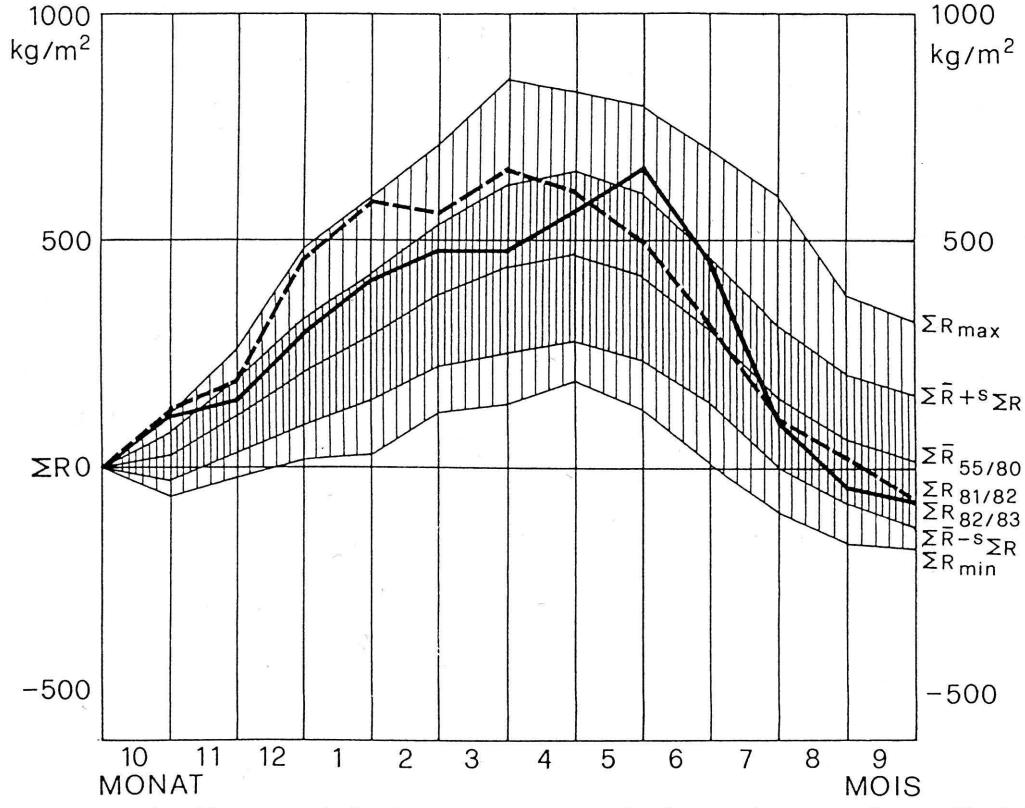
Evolution des réserves en eau, *comparée aux valeurs statistiques de la période 1930/78*



$R_{81/82}$, $R_{82/83}$ = Tageswerte der Reservenänderung (R) in den Berichtsjahren, summiert je vom 1.10. bis 30.9. (vgl. Tab. 5.3a) - *Valeurs quotidiennes des variations des réserves (R) des années du rapport, cumulées du 1.10. au 30.9. (cf. tabl. 5.3a).* **Vergleichswerte (Monatswerte) der Periode 1930/78** - ***Valeurs statistiques (mensuelles) de la période 1930/78***: $\bar{R}$ = Mittelwert - *moyenne*; s_R = Standardabweichung - *écart-type*; R_{max}, R_{min} = Extremwerte - *valeurs extrêmes.*

Abbildung 5.2: **Einzugsgebiet Rhone-Porte du Scex - Jahresgang der Reservenänderung 1981/82 und 1982/83, mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1955/80**

Figure 5.2: ***Bassin versant du Rhône-Porte du Scex - Evolution des réserves en eau, en 1981/82 et 1982/83, comparée aux valeurs statistiques de la période 1955/80***



$R_{81/82}$, $R_{82/83}$ = summierte Monatswerte der Reservenänderung (R) der Berichtsjahre - *valeurs mensuelles cumulées de la variation des réserves (R) en eau des années du rapport.*

Statistische Werte der Vergleichsperiode 1955/80 - *Valeurs statistiques de la période 1955/80:* $\bar{R}$ = Mittelwert - *moyenne*; s_R = Standardabweichung - *écart-type*; R_{max}, R_{min} = Extremwerte - *valeurs extrêmes.*

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

Grösse / *Paramètre*		Zahlenwerte am Ende des Monats - *Valeurs moyenne et écart-type à la fin du mois*											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mittelwert und Standardabweichung 1955/80 - *Valeurs moyenne et écart-type* 1955/80													
$\bar{R}$	[kg/m²]	27.4	116.3	213.1	291.0	381.5	441.9	469.8	425.3	309.2	161.1	69.0	20.1
s_R	[kg/m²]	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 (vgl. Tab. 5.4) - *Déviation standardisée (cf. tabl. 5.5)*													
$\tilde{R}/\omega_R$	1981/82	2.8	1.3	3.1	3.2	1.7	1.8	1.1	0.6	0.1	- 0.4	- 0.4	- 0.8
$\tilde{R}/\omega_R$	1982/83	2.3	0.6	1.1	1.3	0.9	0.3	0.7	1.9	1.3	- 0.6	- 1.2	- 1.0

Tabelle 5.4: **Einzugsgebiet der Rhone (oberhalb Genfersee) - Hydrologische Bilanzen 1981/82 für Monate, Winter, Sommer und hydrologisches Jahr[1)]**

a) Monatswerte

Bilanzgrössen[2)] [kg/m^2]		Monate 10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Niederschlag	N[3)]	255	114	315	174	18	141	32	70	118	137	174	77
Verdunstung	V[4)]	15	6	3	3	6	15	24	48	51	51	45	33
Abfluss:													
- gem. in Porte du Scex	A_g[5)]	116	67	65	68	64	70	80	122	194	220	184	132
- Ueberleitungen	A_A-A_E	0	0	1	1	1	1	0	0	- 2	- 5	- 4	- 2
- Rückhalt in Stauseen	S	- 6	- 20	- 25	- 28	- 26	- 43	- 23	8	61	73	33	6
- rekonst. für Porte du Scex	A	110	48	41	41	39	28	58	130	254	288	213	136
Reservenänderung	R[6)]	129	60	272	130	- 26	98	- 49	- 108	- 187	- 202	- 83	- 92
Normierte Abweichung	$\tilde{R}/\omega_R$	2.8	-0.7	2.9	1.2	-2.0	0.9	-2.2	-2.5	-1.8	-1.4	0.3	-1.2
Massenumsatz	U[7)]	380	167	359	218	63	184	114	248	423	476	432	246

b) Saison- und Jahreswerte

Bilanzgrössen [kg/m^2]		Winter 10 - 4	Sommer 5 - 9	hydrol. Jahr 10 - 9
Niederschlag	N	1049	576	1625
Verdunstung	V	72	228	300
Abfluss:				
- gemessen in Porte du Scex	A_g	532	851	1383
- Ueberleitungen	A_A-A_E	3	- 12	- 9
- Rückhalt in Stauseen	S	- 171	182	11
- rekonstruiert für Porte du Scex	A	364	1021	1385
Reservenänderung	R	612	- 671	- 59
Normierte Abweichung	$\tilde{R}/\omega_R$	1.1	- 2.0	- 0.8
Massenumsatz	U	1485	1825	3310

1 Ergänzt Tabellen 12 und 13 des vorangehenden Jahrbuchs (vgl. Tab. 5.2c und Abb. 5.2).
2 Siehe Tabellen 12, 25 und 26 des 97./98. Gletscherberichts (1975/76 und 1976/77).
3 Nähere Angaben siehe Kapitel 6.22 des 97./98. Gletscherberichts.
4 Invarianter Schätzwert (vgl. Kap. 6.23 und 6.25 des 97./98. Gletscherberichts).
5 Ergebnisse der Abflussmessungen in Porte du Scex (vgl. Kap. 6.22 des 97./98. Gletscherberichts).
6 Ueberleitung von Wasser über die Grenzen des Einzugsgebiets:
- Ableitung (A_A) ins Einzugsgebiet des Tessins (vom Aeginental nach Alpe Cruina),
- Zuleitung (A_E) aus dem Einzugsgebiet der Arve (durch den "collecteur sud" nach Emosson).
7 Aenderung der Stauhaltung in den Speicherbecken der Wasserkraftwerke: Rückhalt (+) im Sommer, Abgabe (-) im Winter.
8 Rekonstruierter (natürlicher) Abfluss in Porte du Scex: $A = A_g + (A_A - A_E) + S$.
9 Aenderung der (natürlichen) Wasserreserven im Einzugsgebiet: $R = N - A - V$.
10 Normierte Abweichung der Reservenänderung vom Mittelwert $\bar{R}$ der Periode 1955/56 - 1979/80 (vgl. Kap. 6.26 des 97./98. Gletscherberichts), wobei: $\tilde{R} = R - \bar{R}$ und $\omega_R = 0.6745 \cdot s_R$, mit s_R = Standardabweichung (mittlere quadratische Abweichung) der Stichproben mit je 25 jährlichen Werten.
11 Massenumsatz: $U = N + A + V$.

Tableau 5.5: ***Bassin du Rhône (à l'amont du Léman) - Bilans hydrologiques 1982/83 mensuels, saisonniers et annuels[1)]***

a) Valeurs mensuelles

Composantes du bilan[2)] [kg/m²]		*Mois* 10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Précipitations	N[3)]	199	77	190	157	96	47	161	249	70	18	94	132
Evaporation	V[4)]	15	6	3	3	6	15	24	48	51	51	45	33
Ecoulement:													
- mesuré à Porte du Scex	Ag[5)]	81	57	59	64	65	68	74	104	184	234	154	130
- détourné	A_A-A_E	0	0	0	0	0	1	1	0	- 1	- 4	- 4	- 2
- retenu dans lacs artificiels	S	- 10	- 23	- 19	- 29	- 41	- 36	- 20	- 1	45	91	40	4
- restitué à Porte du Scex	A	71	34	40	36	24	32	54	104	227	321	190	133
Variations des réserves en eau	R[6)]	113	37	147	118	66	0	83	97	- 209	- 354	- 141	- 33
Déviation standardisée	$\tilde{R}/\omega_R$	2.3	-1.2	0.8	0.9	-0.4	-1.5	1.6	5.6	-2.3	-5.5	-1.4	0.4
Régime hydrologique	U[7)]	285	118	233	196	127	94	240	401	348	390	330	298

b) Valeurs saisonnières et annuelles

Composantes du bilan [kg/m²]		*Hiver* 10 - 4	*Eté* 5 - 9	*Année hydr.* 10 - 9
Précipitations	N	927	564	1491
Evaporation	V	72	228	300
Ecoulement:				
- mesuré à Porte du Scex	A_g	468	807	1275
- détourné	A_A-A_E	3	- 11	- 8
- retenu dans lacs artificiels	S	- 179	180	1
- restitué à Porte du Scex	A	293	975	1268
Variations des réserves en eau	R	563	- 640	- 77
Déviation standardisée	$\tilde{R}/\omega_R$	0.7	- 1.7	1.0
Régime hydrologique	U	1292	1766	3058

1 *Complète les tableaux 12 et 13 de l'annuaire précédent (cf. tabl. 5.2c et fig. 5.2).*
2 *Voir tableaux 12, 25 et 26 des 97e/98e rapports glaciologiques (1975/76 et 1976/77).*
3 *Voir chapitre 6.22 des 97e/98e rapports glaciologiques.*
4 *Valeur estimée, invariable (cf. chap. 6.23 et 6.25 des rapports cités).*
5 *Débits mesurés à Porte du Scex (cf. chap. 6.22 des rapports cités).*
6 *Volumes d'eau dérivés ou amenés à travers les partages naturelles des eaux:*
- dérivation (A_A) dans le bassin du Tessin (du Val de l'Aegina à l'Alpe Cruina),
- adduction (A_E) du bassin de l'Arve (par le collecteur sud à Emosson).
7 *Variation des volumes d'eau dans les bassins d'accumulation des forces motrices: retenus (+) en été, relâchés (-) en hiver.*
8 *Débits (naturels) restitués à Porte du Scex: $A = Ag + (A_A - A_E) + S$.*
9 *Variation des réserves (naturelles) en eau: $R = N - A - V$.*
10 *Déviation standardisée des variations des réserves par rapport à la variation moyenne $\bar{R}$ de la période 1955/56 - 1979/80 (cf. chap. 6.26 des rapports cités), avec: $\tilde{R} = R - \bar{R}$ et $\omega_R = 0.6745 \cdot s_R$ (s_R = écart-type ou déviation standard des échantillons respectifs, composés de 25 valeurs annuelles chacun).*
11 *Régime hydrologique (naturel) ou volume d'eau en circulation (naturelle): $U = N + A + V$.*

Tabelle 5.6: **Griesgletscher (Aegina) - Massenänderung 1981/82 und 1982/83 in Höhenstufen**

Tableau 5.6: ***Glacier de Gries (Aegina) - Bilans de masse 1981/82 et 1982/83, en fonction de l'altitude***

Messperioden - *Années de bilan:* 24.9.1981 - 23.9.1982; 23.9.1982 - 23.9.1983.

Höhenstufe [m ü.M.] *Altitude* [m s.m.]	Fläche *Surface* [km^2][1)]	Massenänderung - *Bilan de masse* 1981/82 gesamt [10^9 kg]	spezifisch [kg/m^2]	1982/83 *total* [10^9 kg]	*spécifique* [kg/m^2]
2380 - 2500	0.172/0.171[2)]	- 0.910[3a)]	- 5.291[3a)]	- 0.563[3b)]	- 3.292[3b)]
2500 - 2600	0.608	- 1.681	- 2.765	- 1.092	- 1.796
2600 - 2700	0.984	- 1.938	- 1.970	- 1.477	- 1.501
2700 - 2800	0.543	- 0.589	- 1.085	- 0.511	- 0.941
2800 - 2900	0.726	- 0.428	- 0.590	- 0.494	- 0.680
2900 - 3000	1.004	- 0.366	- 0.365	- 0.357	- 0.356
3000 - 3100	1.597	+ 0.164	+ 0.103	+ 0.562	+ 0.352
3100 - 3200	0.547	+ 0.153	+ 0.280	+ 0.352	+ 0.644
3200 - 3300	0.130	+ 0.033	+ 0.254	+ 0.098	+ 0.754
3300 - 3400	0.010	+ 0.003	+ 0.300	+ 0.008	+ 0.800
2380 - 3400	6.321/6.320[2)]	- 5.559[3a)]	- 0.879[3a)]	- 3.474[3b)]	- 0.550[3b)]

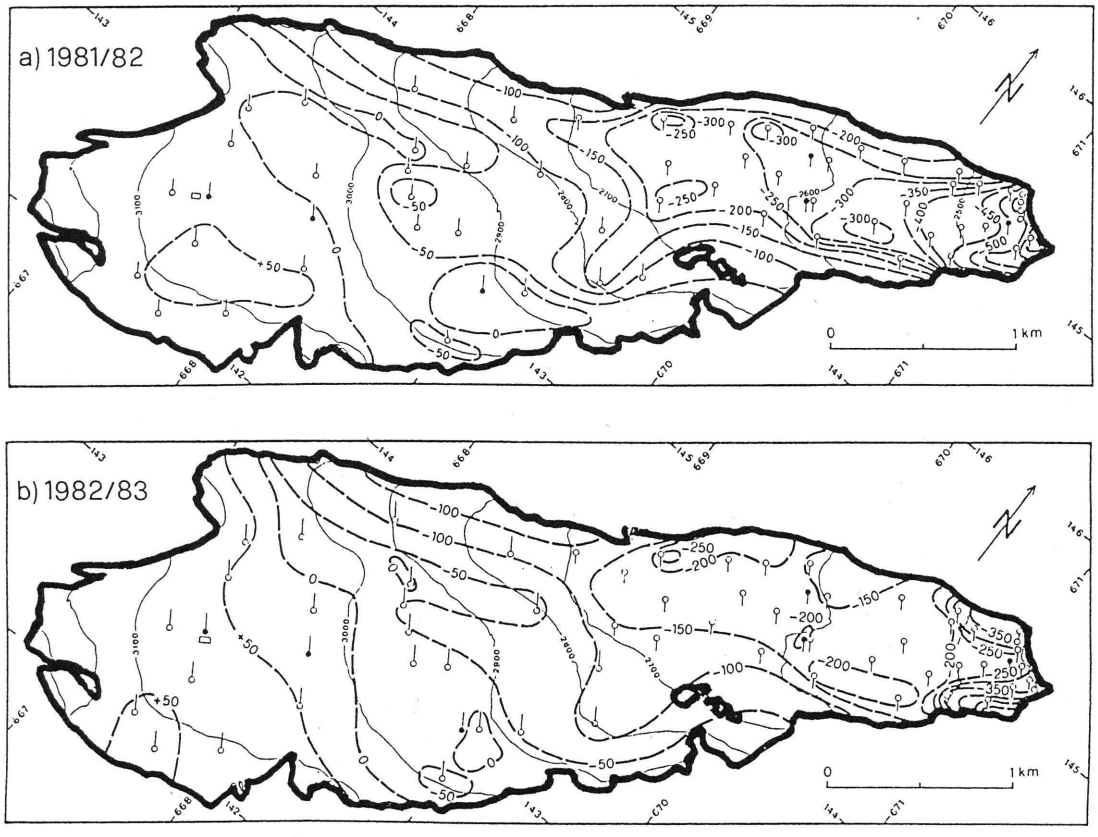
1 Flächen am 15.8.1979 (Ausnahmen s. Fussnote 2) - *Surfaces du 15.8.1979 (exceptions voir note 2).*

2 Flächen am 1.10.1982/27.9.1983, berechnet aus dem Flächenschwund am Zungenende (Einwirkung des Stausees). - *Surfaces des 1.10.1982/27.9.1983, déterminées en tenant compte des pertes de surface dans les parties terminales (dues à l'influence du lac artificiel).*

3 Einschliesslich des Eisabtrages am Zungenende durch Kalbung in den Stausee - *Valeurs déterminées en tenant compte des pertes de volume dans les parties terminales, dues aux vêlages du glacier:* a: 80760 m^3, b: 12170 m^3.

Abbildung 5.3: **Griesgletscher (Aegina) - Massenhaushalt: Zonen gleicher Massenänderung in den Jahren a) 1981/82, b) 1982/83**

Figure 5.3: ***Glacier de Gries (Aegina) - Bilan de masse: Zones d'égalité du bilan spécifique, a) en 1981/82, b) en 1982/83***



Legende zu den Abbildungen 5.3 bis 5.5

——	Höhenlinie
- - -	Linie gleicher Massenänderung, Wasserwert [cm]
	Firnpegel (Nährgebiet)
	Ablationspegel (Zehrgebiet)
•	jedes Jahr in gleicher Ausgangslage aufgestellter Pegel
▭	Schneeschacht (Dichtebestimmung)

Légende des figures 5.3 à 5.5.

——	*Courbe de niveau*
- - -	*Ligne d'égalité du bilan spécifique, hauteur d'eau [cm]*
	Balise d'accumulation (névé du glacier)
	Balise d'ablation (langue du glacier)
•	*Balise replacée chaque année au même point de départ*
▭	*Puits de sondage (mesures de densité)*

Tabelle 5.7: **Limmern- und Plattalvagletscher - Massenänderung 1981/82 und 1982/83 in Höhenstufen**

Tableau 5.7: ***Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilans de masse 1981/82 et 1982/83, en fonction de l'altitude***

Messperioden - *Années de bilan:* 1.9.1981 - 30.8.1982; 30.8.1982 - 31.8.1983.

a) Limmern

Höhenstufe [m ü.M.] *Altitude* [m s.m.]	Fläche *Surface* [km^2]1)	Massenänderung - *Bilan de masse* 1981/82 gesamt [10^9 kg]	spezifisch [kg/m^2]	1982/83 *total* [10^9 kg]	*spécifique* [kg/m^2]
2100 - 2200	0.032	- 0.030	- 0.938	- 0.034	- 1.062
2200 - 2300	0.085	- 0.126	- 1.482	- 0.124	- 1.459
2300 - 2400	0.101	- 0.183	- 1.812	- 0.252	- 2.495
2400 - 2500	0.177	- 0.254	- 1.435	- 0.337	- 1.904
2500 - 2600	0.211	- 0.300	- 1.422	- 0.311	- 1.569
2600 - 2700	0.380	- 0.297	- 0.782	- 0.296	- 0.779
2700 - 2800	0.623	- 0.127	- 0.204	- 0.284	- 0.456
2800 - 2900	0.427	- 0.160	- 0.375	- 0.169	- 0.396
2900 - 3000	0.277	- 0.186	- 0.671	- 0.210	- 0.758
3000 - 3100	0.100	- 0.027	- 0.270	- 0.039	- 0.390
3100 - 3200	0.017	+ 0.004	+ 0.235	- 0.001	- 0.059
3200 - 3300	0.034	+ 0.009	+ 0.265	+ 0.009	+ 0.265
3300 - 3400	0.060	+ 0.039	+ 0.650	+ 0.041	+ 0.683
2100 - 3400	2.524	- 1.638	- 0.649	- 2.027	- 0.803

1 Flächen am 15.9.1977 - *Surfaces du 15.9.1977.*

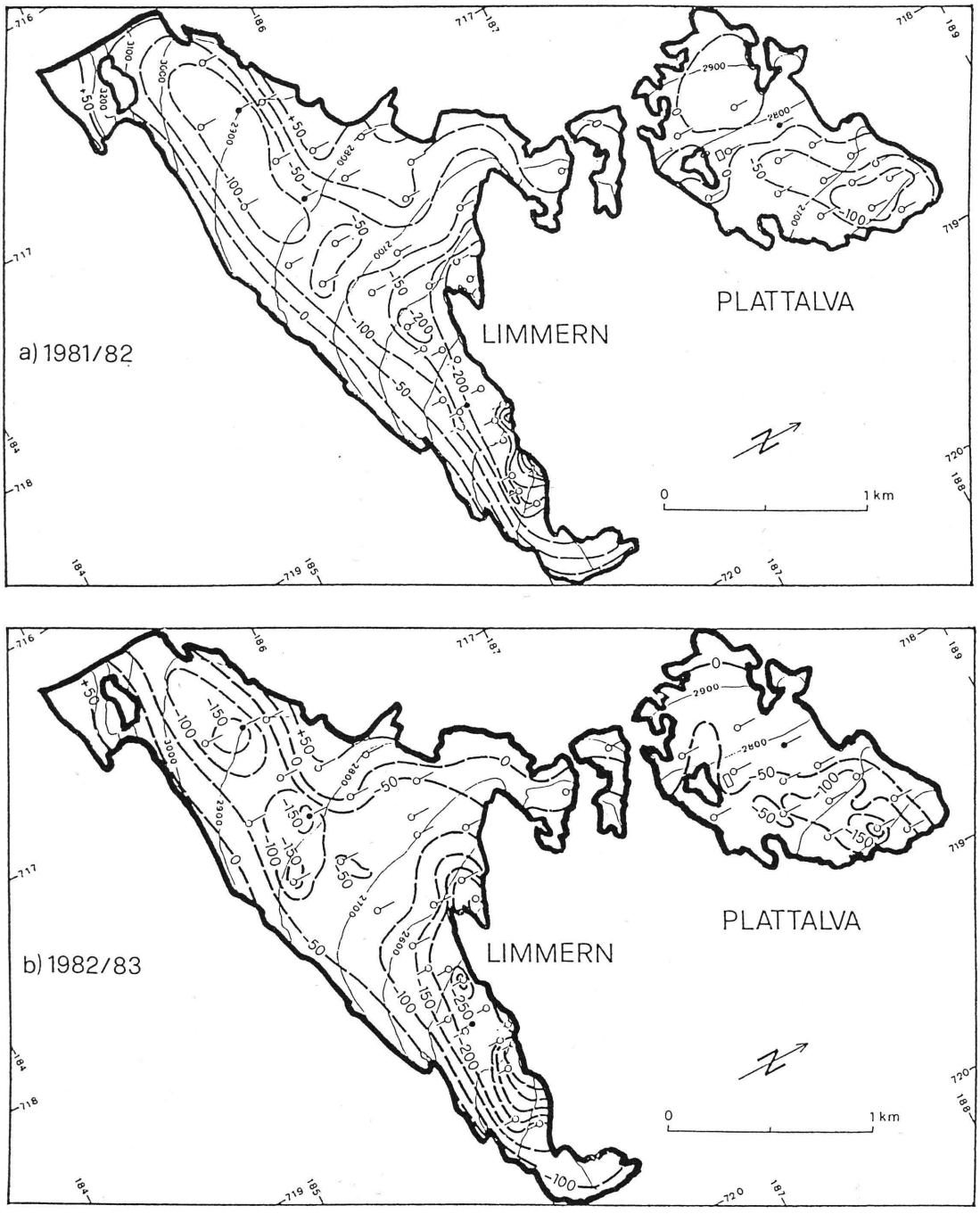
b) Plattalva

Höhenstufe [m ü.M.] *Altitude* [m s.m.]	Fläche *Surface* [km^2]1)	Massenänderung - *Bilan de masse* 1981/82 gesamt [10^9 kg]	spezifisch [kg/m^2]	1982/83 *total* [10^9 kg]	*spécifique* [kg/m^2]
2500 - 2600	0.048	- 0.035	- 0.729	- 0.039	- 0.812
2600 - 2700	0.168	- 0.117	- 0.696	- 0.158	- 0.940
2700 - 2800	0.348	- 0.064	- 0.184	- 0.215	- 0.618
2800 - 2900	0.202	- 0.005	- 0.025	- 0.062	- 0.307
2900 - 3000	0.090	+ 0.008	+ 0.089	+ 0.001	+ 0.011
3000 - 3100	0.004	+ 0.001	+ 0.250	+ 0.001	+ 0.250
2500 - 3100	0.860	- 0.212	- 0.246	- 0.472	- 0.549

1 Flächen am 15.9.1977 - *Surfaces du 15.9.1977.*

Abbildung 5.4: **Limmern- und Plattalvagletscher - Massenhaushalt: Zonen gleicher Massenänderung in den Jahren a) 1981/82, b) 1982/83**

Figure 5.4: ***Glacier de Limmern et de Plattalva - Bilan de masse: Zones d'égalité du bilan spécifique, a) en 1981/82, b) en 1982/83***



Legende vgl. Figur 5.3 - *Légende cf. figure 5.3.*

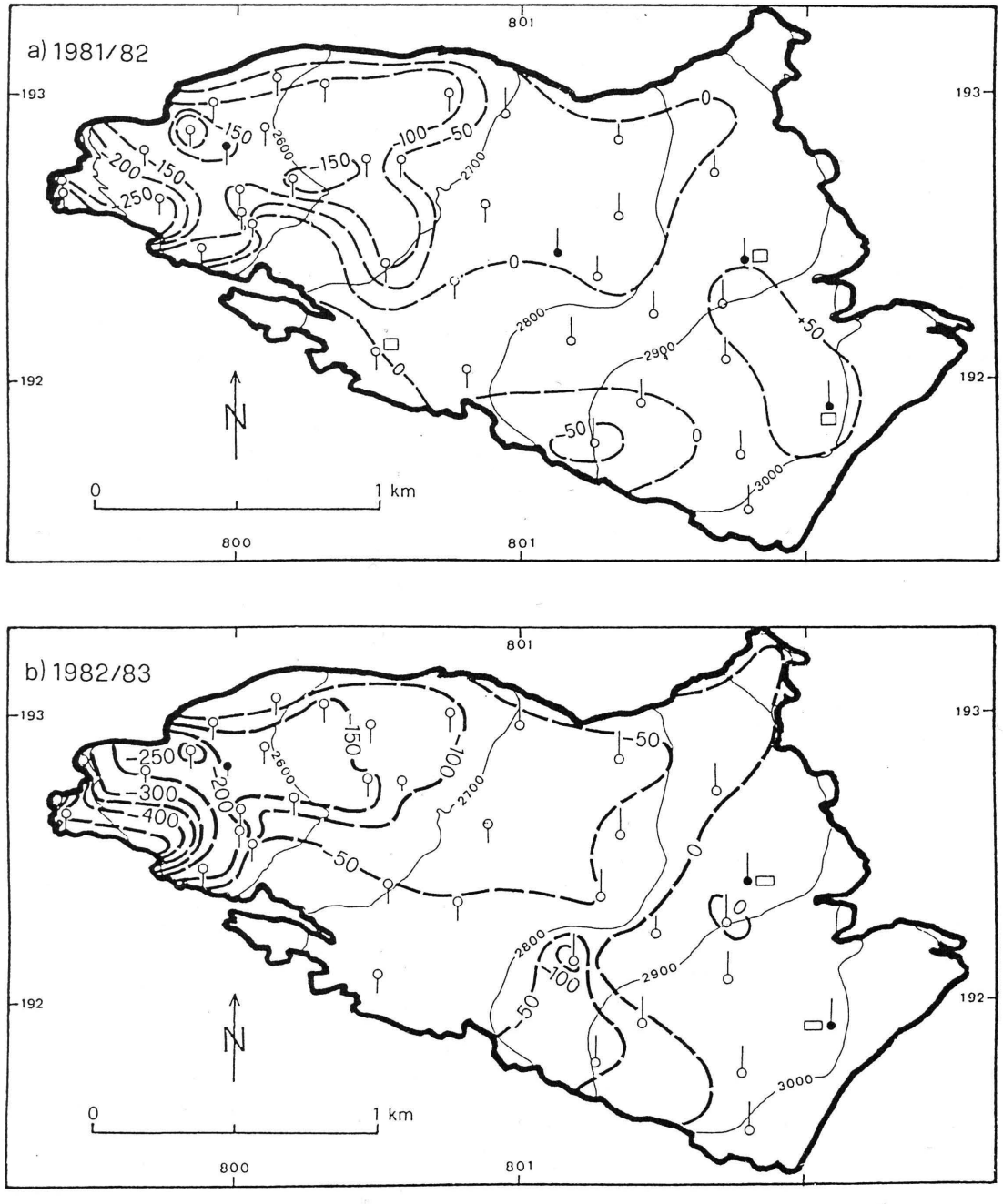
Tabelle 5.8: **Silvrettagletscher - Massenänderung 1981/82 und 1982/83 in Höhenstufen**
Tableau 5.8: ***Glaciers de Silvretta - Bilans de masse 1981/82 et 1982/83, en fonction de l'altitude***
Messperioden - *Années de bilan:* 12.9.1981 - 11.9.1982; 11.9.1982 - 10.9.1983.

Höhenstufe [m ü.M.] *Altitude* [m s.m.]	Fläche *Surface* [km^2][1)]	Massenänderung - *Bilan de masse* 1981/82 gesamt [10^9 kg]	spezifisch [kg/m^2]	1982/83 *total* [10^9 kg]	*spécifique* [kg/m^2]
2400 - 2500	0.031	- 0.086	- 2.774	- 0.132	- 4.258
2500 - 2600	0.385	- 0.456	- 1.184	- 0.779	- 2.023
2600 - 2700	0.498	- 0.381	- 0.765	- 0.491	- 0.986
2700 - 2800	0.789	- 0.075	- 0.095	- 0.372	- 0.471
2800 - 2900	0.628	+ 0.098	+ 0.156	- 0.070	- 0.111
2900 - 3000	0.577	+ 0.170	+ 0.295	+ 0.060	+ 0.104
3000 - 3150	0.242	+ 0.066	+ 0.273	+ 0.060	+ 0.248
2400 - 3150	3.150	- 0.664	- 0.211	- 1.724	- 0.547

1 Flächen am 12.9.1973 - *Surfaces du 12.9.1973.*

Abbildung 5.5: **Silvrettagletscher - Massenhaushalt: Zonen gleicher Massenänderung in den Jahren a) 1981/82, b) 1982/83**

Figure 5.5: ***Glacier de Silvretta - Bilan de masse: Zones d'égalité du bilan spécifique, a) en 1981/82, b) en 1982/83***



Legende vgl. Figur 5.3 - *Légende cf. figure 5.3.*

5.4 MESSUNGEN AN DEN AAREGLETSCHERN

Bemerkungen

Das langjährige Messprogramm an den Aaregletschern ist im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli durch das Vermessungsbüro A. Flotron in Meiringen weitergeführt worden. Die Hauptergebnisse der beiden Berichtsjahre sind in den Tabellen 5.9 und 5.10 zusammengefasst. In der nachstehenden Lageskizze (Abb. 5.6) sind die luftphotogrammetrisch vermessenen Querprofile und die zugehörigen Passpunkte eingezeichnet. Ausführliche Angaben über das Messprogramm mit einem Verzeichnis der Koordinaten aller Fixpunkte und mit Angaben über die Dauer der Beobachtungen an den einzelnen Messstellen sind im 90. Gletscherbericht (1968/69) enthalten.

Im Zeitpunkt der Vermessungsflüge 1981 waren die Gletscher teilweise mit Neuschnee bedeckt, weshalb nur die tiefergelegenen Profile ausgewertet wurden. Ergänzende Kommentare sind in den Kapiteln 3.4, 5.2 und 5.3 zu finden.

5.4 MENSURATIONS AUX GLACIERS DE L'AAR

Remarques

Le programme de mensurations aux glacier de l'Aar a été poursuivi à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli et par les soins du bureau de mensurations A. Flotron à Meiringen. Les résultats principaux des années du rapport sont résumés dans les tableau 5.9 et 5.10. La situation des profils transversaux, contrôlés par levés aérophotogrammétriques annuels, est représentée dans le croquis suivant (fig. 5.6). Le programme de mensurations a été défini dans notre 90e rapport (1968/69), qui contient une liste des coordonnées des points de repèrage et renseigne sur la durée des observations aux divers sites.

Lors du vol photogrammétrique, en 1981, les glaciers étaient en partie recouverts par une couche de neige fraîche, de sorte que seuls les profils inférieurs ont été contrôlés. Les résultats présentés sont commentés, en outre, dans les chapitres 3.4, 5.2 et 5.3.

Abbildung 5.6: **Aaregletscher - Lage der Querprofile**
Figure 5.6: ***Glaciers de l'Aar - Situation des profils transversaux***

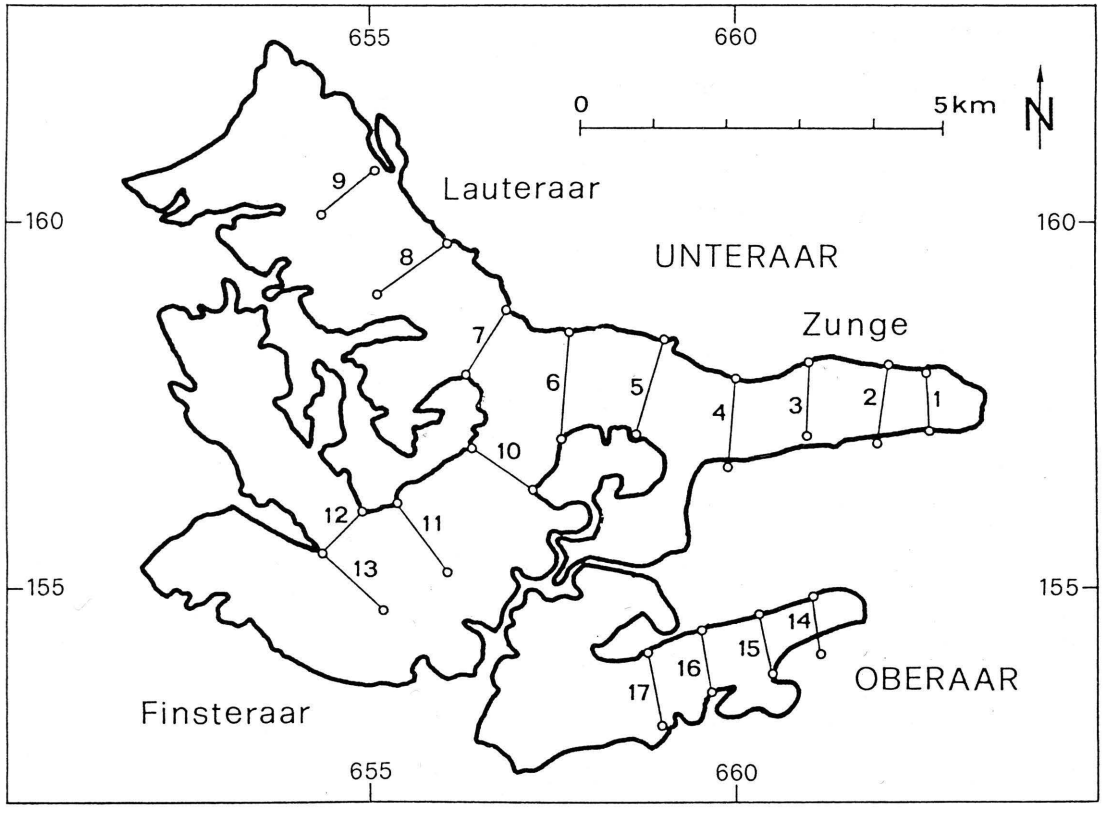


Tabelle 5.9: **Die Aaregletscher im Jahre 1981/82 - Hauptergebnisse**[1)]
Messperiode: 8.10.1981 - 11.8.1982

a) Höhenänderung und Bewegung

Gletscher	Profil (vgl. Abb. 5.6)		Gletscheroberfläche			Gletscherbewegung			
			Mittlere Höhe		Höhen-	Verschiebung		Geschwindigkeit	
			1981 [m ü.M.]	1982 [m ü.M.]	änderung [m]	Mittel [m]	Maximum [m]	Mittel [m/Jahr]	Aenderung [m/Jahr]
Unteraar:	z	Zungenende 1981							
	1		1969.5	1968.1	- 1.4	1.0	1.2	1.2	-0.3
	2	Obere Brandlamm	2035.2	2034.2	- 1.0	3.1	4.3	3.7	+0.1
	3		2129.7	2129.9	+0.2	14.2	19.4	16.9	+0.4
	4	Pavillon Dollfus	2217.0	2217.3	+0.3	16.4	25.7	19.5	- 1.2
	5		2288.8	2289.4	+0.6	20.1	31.7	23.9	- 2.2
	6	Mieselenegg	2362.5	2363.9	+1.4	63.6[2)]	37.1	32.9	+2.2
Lauteraar	7		2430.4	2431.7	+1.3	3)			
	8	Wildläger	2517.3	2518.6	+1.3	3)			
	9		2648.1	2649.7	+1.6	3)			
Finsteraar	10		2452.5	2453.2	+0.7	3)			
	11	Grunerhorn	2563.6	2565.3	+1.7	3)			
	12	Strahlegg	2630.9	2632.4	+1.5	3)			
	13	Finsteraar	2658.4	2659.3	+0.9	3)			
Oberaar	z	Zungenende 1981							
	14	Mittleres Profil	2362.5	2363.1	+0.6	3)			
	15	Oberes Profil	2487.7	2489.0	+1.3	3)			
	16	Oberstes Profil	2566.7	2567.9	+1.2	3)			
	17		2679.9	2680.5	+0.6	3)			

b) Flächen- und Volumenänderung

Begrenzungsprofile [m^2]	Flächenänderung [10^3 m^3]	Volumenänderung	Begrenzungsprofile [m^2]	Flächenänderung [10^3 m^3]	Volumenänderung
Unteraar			Finsteraar		
z - 1	- 6808	- 439	6 - 10		+ 1232
1 - 2		- 513	10 - 11		+ 1753
2 - 3		- 371	11 - 12/13		+ 1975
3 - 4		+ 229			
4 - 5		+ 608	z - 9/12/13		+10860
5 - 6		+ 1382			
Lauteraar			Oberaar		
6 - 7		+ 1289	z - 14	- 460	+ 36
7 - 8		+ 1891	14 - 15		+ 414
8 - 9		+ 1824	15 - 16		+ 749
			16 - 17		+ 534
			z - 17		+ 1733

1 Vermessungen im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli, ausgeführt durch das Vermessungsbüro A. Flotron, Meiringen.
2 Wert für 2 Jahre. - *Valeur unique pour deux ans.*
3 Nicht messbar (Gletscher mit Neuschnee bedeckt am Aufnahmedatum 1981). - *Non mesurable (glacier recouvert de neige fraîche à la date du levé en 1981).*

Tableau 5.10: ***Glaciers de l'Aar en 1982/83 - Résultats principaux[1)]***
Période d'observation: 11.8.1982 - 15.9.1983.

a) Variation de l'altitude et du mouvement

Glacier	*Profil (cf. fig. 5.6)*	*Niveau de la surface*			*Mouvement du glacier*			
		Altitude moyenne		*Variation*	*Déplacement*		*Vitesse*	
		1982 [m s.m.]	*1983* [m s.m.]	[m]	*moyen* [m]	*maximal* [m]	*moyenne* [m/an]	*Variation* [m/an]
Unteraar:	*z Front en 1982*							
	1	1968.1	1965.2	- 2.9	2.4	2)	2.2	2)
	2 Obere Brandlamm	2034.2	2032.3	- 1.9	3.6	5.3	3.3	- 0.4
	3	2129.9	2128.0	- 1.9	17.8	23.8	16.2	- 0.7
	4 Pavillon Dollfus	2217.3	2215.6	- 1.7	22.7	34.3	20.7	+1.2
	5	2289.4	2287.4	- 2.0	28.9	40.0	26.4	+2.5
	6 Mieselenegg	2363.9	2362.6	- 1.3	34.6	47.1	31.6	- 1.3
Lauteraar	*7*	2431.7	2430.4	- 1.3	28.6	40.4	26.1	- 1.6[3)]
	8 Wildläger	2518.6	2518.0	- 0.6				
	9	2649.7	2648.4	- 1.3				
Finsteraar	*10*	2453.2	2452.4	- 0.8	37.5	48.8	34.2	- 1.0[3)]
	11 Grunerhorn	2565.3	2564.8	- 0.5	47.5	66.6	43.3	
	12 Strahlegg	2632.4	2630.4	- 2.0				
	13 Finsteraar	2659.3	2656.3	- 3.0				
Oberaar	*z Front en 1982*							
	14 Profil médian	2363.1	2361.9	- 1.2	11.4	20.8	10.4	+0.4[3)]
	15 Profil supérieur	2489.0	2488.1	- 0.9	16.4	26.8	14.9	+0.3[3)]
	16 Profil suprême	2567.9	2566.3	- 1.6				
	17	2680.5	2678.1	- 2.4				

b) Variations de surface et du volume

Profils-limitants	*Variation de la surface* [m^2]	*Variation du volume* [10^3 m^3]	*Profils limitants*	*Variation de la surface* [m^2]	*Variation du volume* [10^3 m^3]
Unteraar			Finsteraar		
z - 1	- 14648	- 626	6 - 10		- 1229
1 - 2		- 1020	10 - 11		- 948
2 - 3		- 1757	11 - 12/13		- 2038
3 - 4		- 1645	z - 9/12/13		-17839
4 - 5		- 2491			
5 - 6		- 2275	Oberaar		
Lauteraar			z - 14	- 7316	- 263
6 - 7		- 1237	14 - 15		- 456
7 - 8		- 1380	15 - 16		- 747
8 - 9		- 1193	16 - 17		- 1181
			z - 17		- 2647

1 *Mensurations effectuées à la demande des forces motrices de l'Oberhasli par le bureau A. Flotron, Meiringen.*
2 *Valeurs actuelles non comparables avec les anciennes, car le profil a partiellement disparu* - Profil ist im Bereich des Gletschertores über ca. 50 m Länge abgeschmolzen, weshalb die aktuellen Werte mit den früheren nur bedingt vergleichbar sind.
3 *Valeur comparée: 1979/80* - Vergleichswert: 1979/80.

5.5 DER FIRNZUWACHS IN EINIGEN FIRNGEBIETEN

5.5.1 Einleitung

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

5.5.2 Clariden

Das gegenwärtige Messprogramm der jährlichen, seit 1913 laufenden Erhebungen über den Firnzuwachs und den Niederschlag im Claridengebiet ist im 99./100. Gletscherbericht (1977/78 und 1978/79) beschrieben. Die Hauptmessungen im Frühjahr und Herbst der Berichtsjahre hat G. Kappenberger durchgeführt. B. Marti hat die Pegel wie bisher zu wiederholten Malen zwischen den Hauptterminen abgelesen. Nachstehend sind die Berichte von G. Kappenberger wiedergegeben, dem wir auch die Zusammenstellung der wichtigsten, in den Tabellen 5.11 und 5.12 enthaltenen Ergebnisse verdanken.

Die Daten über den Firnzuwachs auf Clariden in den 70 Jahren von 1914-1984 sind von Müller und Kappenberger [1991] überarbeitet und zusammenfassend dargestellt worden.

Beobachtungen 1982

Die Frühjahrsmessung erfolgte am 25. Mai, bei der Clariden Hütte lagen noch 340 cm Schnee. Auf dem Gletscher war das Schmelzwasser bereits etwa 4 m tief eingesickert, erreichte jedoch die Vorjahres-Firnschicht noch nicht. Der untere Pegel war unsichtbar. Durch Sondieren wurde eine 548 cm dicke Schneeschicht über dem letztjährigen Sommerhorizont ermittelt, bzw. eine etwa 530 cm dicke bis zur Schneeoberfläche vom 30. September 1981. Beim oberen Pegel lag die letztes Jahr ausgestreute Farbe (Ocker) in 509 cm Tiefe, was einen Winterzuwachs von 240 cm Wasserwert ergibt. Im Schacht wurde der effektive Sommerhorizont 1981 in 540 cm Tiefe identifiziert, durch Sondieren in der Umgebung wurde er in einer durchschnittlichen Tiefe von 546 cm bestimmt.

Die Herbstmessung erfolgte am 14.9.1982. Der Gletscher war gut ausgeapert. Beim abgebrochenen unteren Pegel lagen noch 74 cm Schnee, die 40 cm Wasserwert ergaben. Beim oberen Pegel war die Schneeschicht 152 cm dick (84 cm Wasserwert). Da hier am Pegel nur 130 cm abgelesen wurden, ist anzunehmen, dass sich der im Herbst 1981 auf Neuschnee ausgestreute Ocker bezüglich dem Pegel um 22 cm gesetzt oder gesenkt hat. Am 30. September 1981 war eine Neuschneeschicht von 68 cm Dicke (16 cm Wasserwert) gemessen worden. Diese war am 25. Mai 1982 noch 31 cm mächtig (17 cm Wasserwert) und am 14. September 1982 war sie am neuen Messort (etwa 10 m neben dem alten) 33 cm mächtig (20 cm Wasserwert).

Beobachtungen 1983

Die Frühjahrsmessung fand am 5. Juni statt. Beim Hüttenpegel lagen 310 cm Schnee. Der untere Pegel zeigte eine 530 cm mächtige Schneeschicht über dem letztjährigen Sommerhorizont, die Sondierungen ergaben eindeutig 510 cm. Der obere Pegel zeigte eine Schneehöhe von 545 cm, die Sondierungen brachten keine eindeutigen Resultate. Für die Schneeschicht über dem Ocker wurde ein mittleres Raumgewicht von 0.468 g/cm^3 und ein Wasserwert von 255 cm bestimmt. Die Perkolation reichte bis in eine Tiefe von nur etwa 2 m hinunter. Die obersten Schneeschichten waren bereits gut gesetzt.

Bei der Herbstbegehung am 8. September 1983 lagen nur etwa 3 cm Neuschnee auf dem Gletscher. Am unteren Pegel wurde ein Firnzuwachs von 140 cm Dicke gemessen, der nebenan gegrabene Schacht über dem Ockerhorizont dagegen zeigte nur 104 cm an. Die Differenz zwischen diesen beiden Werten kann nicht eindeutig erklärt werden. Das mittlere Raumgewicht wurde mit 0.548 g/cm^3 und der Wasserwert mit 57 cm bestimmt. Am oberen Pegel wurden 130 cm Firnzuwachs gemessen, im Schneeschacht bis zum Ocker 168 cm. Es muss deshalb eine Ockersenkung von 38 cm im Herbst 1982 angenommen werden. Das mittlere Raumgewicht von 0.565 g/cm^3 ergab als Wasserwert 95 cm Zuwachs.

Tabelle 5.11: **Claridenfirn - Hauptergebnisse 1981/82.**

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

Messperiode vom	bis	Messstellen Pegel	Höhe [m ü.M.]	Schnee- oder Firnzuwachs Höhe [m][1)]	Wasserwert [cm][1)]	Raumgewicht [g/cm^3][1)]	Dicken-änderung [m]	Horizontal-bewegung [m]
Winterschneedecke:								
30.9.81	25.5.82	unterer	2700	ca. 530				
30.9.81	25.5.82	oberer	2900	509 (479)	240 (233)	0.472 (0.486)		
Firnzuwachs:								
30.9.81	14.9.82	unterer	2700	74	40	0.542	- 0.9	3.7
30.9.81	14.9.82	oberer	2900	152	84	0.553	- 1.9	12.0

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

b) Saison- und Jahresniederschlag in Totalisatoren an Niederschlagsmessstationen

Station	Höhe [m ü.M.]	Niederschlag der Messperioden Winter [cm]	Sommer [cm]	Jahr [cm]	Niederschlag im hydrolog. Jahr Summe [cm][1)]	Abweichung vom Normalwert [cm][2)]	[%]
Totalisatoren:							
Claridenhütte	2480	134	68	202	214	- 32	- 18
Geissbützistock	2710	154	59	213	225	- 94	- 30
Stationen mit täglicher Niederschlagsmessung							
Tierfehd	820	128	61	189	201		
Elm	962	105	59	164	175		
Disentis	1173	68	38	106	115		
Braunwald	1190	165	67	232	240		
Urnerboden	1350	121	78	199	211		

1 Messperioden: 30.9.81 -25.5.82 (Winter); 25.5.- 14.9.82 (Sommer); 30.9.81 - 14.9.82 (Jahr); 1.10.81 - 30.9.82 (hydrologisches Jahr).
2 Für die Totalisatoren ist der gemessene Jahresniederschlag nach den Ergebnissen der täglichen Beobachtungen an den Vergleichsstationen reduziert worden.
3 Der Normalwert entspricht dem Mittelwert folgender Perioden:
1901/60 Vergleichsstationen
1941/70 Totalisator Geissbützistock: 319 cm
1961/70 Totalisator Claridenhütte: 202 cm
1971/80 Totalisator Claridenhütte: 182 cm.

Tableau 5.12: ***Glacier de Clariden - Résultats principaux de l'exercice 1982/83***

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

Période de mesure		*Site de mesure*		*Accumulation nette*			*Variation*	*Déplacement*
		balise	*altitude*	*hauteur de neige*	*équivalent en eau*	*densité*	*d'épaisseur*	*horizontal*
du	*au*		[m s.m.]	[cm]	[cm]	[g/cm^3]	[m]	[m]
Accumulation hivernale								
14.9.82	5.6.83	*infér.*	2700	510				
14.9.82	5.6.83	*supér.*	2900	545	255	0.468		
Accumulation annuelle								
14.9.82	8.9.83	*infér.*	2700	104	57	0.548	- 0.4	3.4
14.9.82	8.9.83	*supér.*	2900	168	95	0.565	- 0.9	13.7

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

Station	*Altitude*	*Précipitations des périodes de mesure*			*Précipitations de l'année hydrologique*		
		hiver	*été*	*année*	*somme*	*déviation de la norme*	
	[m s.m.]	[cm][1)]	[cm][1)]	[cm][1)]	[cm][2)]	[cm][3)]	[%]
Totalisateurs							
Cabane de Clariden	2480	130	48	178	180	- 2	- 1
Geissbützistock	2710	150	46	196	198	-121	-38
Stations pluviométriques (observations quotidiennes)							
Tierfehd	820	135	41	176	176		
Elm	962	106	38	144	145		
Disentis	1173	97	16	113	113		
Braunwald	1190	145	51	196	199		
Urnerboden	1350	126	59	185	184		

1 *Périodes de mesure: 14.9.82 - 5.6.83 (hiver); 5.6.83 - 8.9.83 (été); 14.9.82 - 8.9.83 (année); 1.10.82 - 30.9.83 (année hydrologique).*

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

3 *La norme (valeur normale ou moyenne) se réfère aux périodes suivantes (cf. Annalen der SMA 1983):*
1901/60 stations pluviométriques
1941/70 totalisateur Geissbützistock: 319 cm
1961/70 totalisateur Cabane de Clariden: 202 cm
1971/89 totalisateur Cabane de Clariden: 182 cm.

5.5.3 Silvretta und Engadin

Im Silvrettagebiet sind die Beobachtungen in den Berichtsjahren durch das EISLF weitergeführt worden. Die Angaben für Tabelle 5.13 verdanken wir E. Beck (EISLF). Die Messungen am Pegelnetz der VAW (vgl. Kap. 6.3 des 95./96. Gletscherberichts (1973/74 und 1974/75)) sind durch H. Siegenthaler (VAW) im gewohnten Umfang weitergeführt und aufbereitet worden. Deren Ergebnisse sind z.T. in den vorangehenden Kapiteln verarbeitet (vgl. Tab. 5.1 und 5.8 sowie Abb. 5.5).

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

Beobachtungen 1982

Verglichen mit dem Stand im August oder September der Beobachtungsjahre 1935-1981, war die Ausaperung am 11.8.1982 über festem Boden oder Eis weiter fortgeschritten als in 31 der 47 Vergleichsfällen. Etwa gleich stark war sie in 7 Fällen (Sommer 1973, 1971, 1970, 1963, 1956, 1943 und 1942), stärker in 10 Fällen (Sommer 1976, 1959, 1958, 1953, 1952, 1949, 1947, 1945 und 1944). Seit 1960, d.h. seit dem Beginn verstärkten Firnzuwachses, war Mitte August unvergletscherter Boden nur in 2 Jahren (1973 und 1964) stärker ausgeapert als 1982, Firngebiete waren es in 3 Sommern (1971, 1970 und 1963) etwa in gleichem Masse wie 1982. Infolge des warmen Spätsommers 1982 war die Winterschneedecke auf Gletschern Ende September wahrscheinlich stärker zurückgeschmolzen als in allen Jahren seit 1959. Möglicherweise ist die Schnee- bzw. Firnschmelze durch freigelegte Saharastaublagen der letzten Jahre gebietsweise verstärkt worden.

Beobachtungen 1983

Verglichen mit dem Stand im August oder September der 48 Vorjahre seit 1935 war der Abbau der Winterschneedecke Mitte August über unvergletschertem Boden weiter fortgeschritten als in 28 Fällen, etwa gleich weit wie in 13 Fällen (1982, 1973, 1970, 1964, 1963, 1956, 1954, 1953, 1952, 1945, 1943, 1942 und 1938), aber weniger weit als in 7 Fällen (1976, 1959, 1958, 1950, 1949, 1947 und 1944). Gletscherflächen waren in 31 Sommern weniger stark ausgeschmolzen als 1983, in 12 Sommern (1982, 1970, 1963, 1958, 1956, 1954, 1953, 1952, 1950, 1949, 1943 und 1938) etwa gleich stark wie 1983 und in 5 Sommern (1976, 1959, 1947, 1945 und 1944) stärker als 1983.

Berninagebiet: Mehrjahreswerte des Firnzuwachses - *Valeurs pluriannuelles de l'accumulation nivale*

	Firnzuwachs seit Herbst - *Accumulation nivale depuis l'automne* [m]							
	1980	1979	1977	1975	1974	1972	1968	1961
Refugi Chamuotschs (3300 m)	4	6.25		14				
Piz Morteratsch (3450 m)		3.25	6		8.75	11		
Palükuppe (3850 m)		7.25	12	17		22	28	36

Tabelle 5.13: **Silvrettagletscher - Winterschneedecke und jährlicher Firnzuwachs 1981/82 und 1982/83**

Tableau 5.13: ***Glacier de Silvretta - Accumulations nettes hivernale et annuelle en 1981/82 et 1982/83***

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]
Winterschneedecke - *Accumulation nette hivernale*						
81[1]	8.6.82	Vorfeld	2460	209[2]	116	0.557
1.10.81	8.6.82	Firnpegel	2750	284	150	0.526
82[1]	8.6.83	Vorfeld	2460	259[2]	142	0.547
19. 9.82	8.6.83	Firnpegel	2750	352	170	0.483
Jährlicher Firnzuwachs - *Accumulation nette annuelle*						
1.10.81	11.9.82	Firnpegel	2750	- 24[3]	- 21[3]	0.9[3]
11. 9.82	9.9.83	Firnpegel	2750	- 56[3]	- 50[3]	0.9[3]

1 Datum des Einschneiens ungewiss (vgl. Tab. 1.3 und 1.4: Klosters, Weissfluhjoch) - *Date de l'enneigement incertaine (cf. tabl. 1.3 et 1.4: Klosters, Weissfluhjoch).*

2 Mittelwert aus 100 Abstichen (mit Tiefensonde) - *Valeur moyenne de 100 sondages (à la perche).*

3 Pegelstange ausgeschmolzen. Abschmelzung als Eishöhe interpoliert von benachbarten Pegeln. - *Balise degagée par la fonte. Valeur de l'ablation interpolée à partir des mesures sur les balises voisines.*

Tabelle 5.14: **Berninagebiet - Höhenänderung der Firnoberfläche und jährlicher Firnzuwachs 1981/82 und 1982/83**

Tableau 5.14: ***Massif de la Bernina - Variation du niveau de la surface glaciaire et accumulation nette annuelle en 1981/82 et 1982/83***

Messdatum *Date de mesure* Jahr/*année*	Datum/*date*	**Höhenänderung der Finroberfläche**[1] *Variation du niveau de la surface glaciaire* Piz Misaun (3010) m) [m]	Piz Rosatsch (3100 m) [m]	Firnzuwachs[2] *Accumulation nette* Piz Palü (3850 m) [m]
1981/82	3. 1.82	+ 1.9	+ 1.4	+ 2.75
	24. 3.82	+ 1.3	+ 1.3	+ 2.75
	1. 8.82	- 1.1	- 0.5	+ 2.75
	11. 8.82	- 1.6	- 0.9	+ 2.5
1982/83	31.12.82	+ 1.4	+ 0.6	+ 1
	9. 8.83	- 1.7	- 0.7	+ 3.5
	16. 8.83	—	- 1.0	—

1 Aenderung seit Beginn der jährlichen Messreihe - *Variation depuis le début de l'exercice annuel.*

2 Zuwachs seit Beginn der jährlichen Messreihe (Dicke der obersten in der Abbruchwand des Firns angeschnittenen Schicht) - *Accumulation depuis le début de l'exercice annuel (épaisseur de la supérieure des couches exposées dans la paroi de rupture du névé).*

5.5.4 Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher)

Auf dem Jungfraufirn des Grossen Aletschgletschers hat die Abteilung für Glaziologie der VAW, unterstützt durch das Personal der Hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch (HFS) mit monatlichen Fernrohrablesungen, das Messprogramm am Pegelnetz unter der Leitung des Verfassers im Rahmen der Vorjahre weitergeführt. Ein Teil der Ergebnisse ist zusammengefasst in Tabelle 5.15 für das erste, in Tabelle 5.16 für das zweite Berichtsjahr.

Für die Gesamtheit der Aletschgletscher ergibt sich aus der hydrologischen Bilanz des Massagebiets in beiden Jahren ein geringfügiger Massenzuwachs. Dieser ist - besonders im ersten Jahr - bei grossen bis sehr grossen Niederschlags- und Abflusswerten und entsprechend hohem Massenumsatz zustande gekommen (vgl. Tab. 5.1 - 5.3 und Abb 5.1). Der Firnzuwachs bei den Pegeln erreicht nahezu den langjährigen Durchschnitt. Bedingt durch hohe Fliessgeschwindigkeiten (5 - 10 % über dem Mittel), hat sich die Gletscheroberfläche in den Berichtsjahren soweit abgesenkt, dass die Dickenzunahme in den vorangehenden zwei Jahren weitgehend ausgeglichen ist.

Tabelle 5.15: **Jungfraufirn - Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung im Jahre 1981/82**

Messperiode		Messstelle		Schnee- oder Firnzuwachs			Dicken-änderung	Horizontal-bewegung
		Pegel	Höhe	Höhe	Wasserwert	Raumgewicht		
vom	bis		[m ü.M.][1a)]	[cm][2)]	[cm]	[g/cm^3]	[m][3)]	[m]
Winterschneedecke			1a)					
21.9.81	9.6.82	P 9	2931.2	3.60				
20.9.81	9.6.82	P 3	3350.6	4.50				
20.9.81	9.6.82	P 5	3506.2	5.20				
Firnzuwachs			1b)					
21.9.81	19.9.82	P 9	2921.8	- 0.05	- 4	0.8[4)]	- 0.5	120.4
20.9.81	8.9.82	P 3	3347.1	4.00	208	0.520	- 0.6	36.7
20.9.81	18.9.82	P 5	3503.7	5.20	263	0.506	- 0.8	33.5

1 Oberflächenkote a) zu Beginn und b) am Schluss der Messperiode, d.h. am Anfangs- und am Endpunkt der Verschiebungsbahn des Pegels.
2 Am Pegel gemessene Werte. Grösste Schneehöhe (gemäss Fernrohrablesungen HFS) bei P 3 am 1.4.82: 5.3 m; bei P 5 am 29.4.82: 5.8 m.
3 Aenderung der Oberflächenkote am (stets gleichen) Ausgangspunkt der Pegel P 3 und P 5, Mittelwert aus 10 Messungen im Querprofil durch den Ausgangspunkt des Pegels P 9.
4 Schätzwert - *valeur estimée.*

Tableau 5.16: ***Jungfraufirn - Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier en 1982/83***

Période de mesure		*Site de mesure*		*Accumulation nette*			*Variation d'épaisseur*	*Déplacement horizontal*
		balise	*altitude*	*hauteur de neige*	*équivalent en eau*	*densité*		
du	*au*		[m s.m.][1)]	[cm][2)]	[cm]	[g/cm^3]	[m][3)]	[m]
Accumulation hivernale								
19.9.82	—	P 9	2930.3	—				
18.9.82	27.5.83	P 3	3349.5	6.50				
18.9.82	27.5.83	P 5	3505.4	7.00				
Accumulation anuelle								
19.9.82	19.9.83	P 9	2920.6	0	0	---	- 1.0	122.4
18.9.82	15.9.83	P 3	3345.3	3.65	194	0.532	- 1.4	36.3
18.9.82	15.9.83	P 5	3503.0	4.30	222	0.516	- 0.9	33.4

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).
3 Variation de l'altitude aux points de départ des balises P 3 et P 5, valeur moyenne de 10 observations faites sur le profil transversal passant par le point de départ de la balise P 9.

5.5.5 Accumulation nivale sur quelques glaciers Aperçu du chapitre 5.5

Introduction

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

Clariden

Les observations dans la région du glacier de Clariden ont été poursuivies, en 1982 et en 1983, par G. Kappenberger, qui a rédigé les rapports et les tableaux 5.11 et 5.12 y relatifs.

Les résultats de la série comprenant les 70 années d'observations de 1914 à 1984 sont presentés et interpretés par Müller et Kappenberger [1991].

Silvretta et Engadine

Les observations faites dans les environs du glacier de Silvretta par le personnel de l'IFENA ont porté, en 1982 et 1983, comme ces dernières années sur une balise et trois totalisateurs. Les données nivologiques collectées par E. Beck sont résumées dans le tableau 5.13. Les données que les VAW ont collectées sur leur réseau de balises (cf. chap. 6.3 des 95e/96e rapports (1973/74 et 1974/75)) sont présentées, en partie, dans les chapitres précédents (cf. chap. 5.2 et 5.3, tabl. 5.1 et 5.8, fig. 5.5).

Les résultats des observations télémétriques que G. Gensler a effectuées, en 1982 et 1983, dans le massif de la Bernina, sont résumés dans le tableau 5.14 et commentés par lui-même.

Jungfraufirn (Grand Glacier d'Aletsch)

Sur les névés du Grand glacier d''Aletsch, la Section de glaciologie des VAW a poursuivi ses relevés annuels sur le réseau de balises sous la direction de l'auteur et avec l'assistance du personnel de la station scientifique du Jungfraujoch. Les données collectées au Jungfraufirn sont présentées, en partie , dans les tableaux 5.15 et 5.16.

6. SUMMARY

6.1 INTRODUCTION

An annuel survey of the actual state and recent variation of the glaciers in the Swiss Alps is the central task of the Glacier Commission of the Swiss Academy of Natural Sciences (Gletscherkommission, GK, der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften, SANW). "The glaciers of the Swiss Alps 1981/82 and 1982/83, reports no. 103 and 104" 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 Umweltschutz) in Bern, the Swiss Federal Institute for the Study of Snow and Avalanches (Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, EISLF) in Davos-Weissfluhjoch and the VAW in Zurich.

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". 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, XXIV-XXVI).

6.2 CLIMATE AND WEATHER

In the balance year 1981/82, climatic conditions were governed by constrasting features in the northern and southern parts of the Swiss Alps. Normal to excessive precipitations rates - increasing from south to north - were counterbalanced by high melting rates in the south and very high ones in the north due to high summer temperatures (cf. fig. 1.3). As a result, glacier mass balances range from quite severe losses in the southern regions to modest gains in the northern regions.

The annual precipitation in the balance year 1982/83 was ranging from lower than average values in the foehn regions on the north slope of the Alps to very high ones in some other regions and was, in general, almost normal. Summer temperatures and, hence, melting rates exceeded the normal values everywhere, once more especially in the northern parts of the Swiss Alps. Glacier mass balances indicate therefore a moderate and nearly even loss in most regions.

6.3 GLACIER CHRONICLE

The glaciological activities and particular glaciological events in the Swiss Alps are reported in this chapter. Further information can be found in the periodical "Ice" of the International Glaciological Society. A list of the flights made over glaciers for aerial photogrammetrical survey in the years 1982 and 1983 is given in table 2.1.

6.4 POSITION CHANGES OF GLACIER TERMINI

The Annual surveys on glacier front positions (tables 3.1 to 3.3 and figures 3.1 to 3.2) gave the following results:

Year	Number of glaciers				mean variation in length	
	advancing	stationary	retreating	sample size	[m]	number of values
1981/82	45	6	58	109	-0.4	83
1982/83	46	6	57	109	-1.6	96

Figure 3.3 shows the fractions of advancing, stationary and retreating glaciers (as a percentage of the respective sample sizes) and also the mean annual variation in length for the years 1879/80 to 1982/83.

6.5 PHOTO SECTION

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

6.6 MASS BALANCE

The specific changes in mass have been determined for 5 glaciers (tables 5.1, 5.6 to 5.8 and figures 5.3 to 5.5). The following rates were observed (expressed in kg/m^2 or mm water equivalent):

Year	Specific mass balances [kg/m^2 - mm]				
	Gries	Aletsch	Limmern	Plattalva	Silvretta
1981/82	-879	+346	-649	-246	-211
1982/83	-550	+149	-803	-549	-547

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 tables 5.2 to 5.5 and in figures 5.1 and 5.2. Information about surface area and volume changes for both, the upper and the lower Aareglacier can be found in tables 5.9 and 5.10. Data on firn accumulation, thickness and velocity variations, collected on Claridenfirn (Glaronese Alps) and other glaciers, are presented in chapter 5.5. 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 - *7. LITERATURE*

Aellen, M. 1988: Die Gletscher der Schweizer Alpen, 101./102. Bericht der GK/SNG, Glaziol. Jb., 144 S. - *Les variations des glaciers suisses, 101e et 102e rapports de la CG/SHSN, Annuaire Glaciologique, 144 p.*

Alean, J. 1984: Untersuchungen über Entstehungsbedingungen und Reichweiten von Eislawinen. -- Diss ETHZ, Mitteilungen der VAW 74.

Alean, J.1985: Eislawinen. -- Zeitschr. "Die Alpen" 3/1985, 61. Jg., S. 121-132. - *Avalanches de glace. -- Revue "Les Alpes" 3/1985, 61e année, p. 121-132.*

Bernath, A. 1990: Zum Wasserhaushalt im Einzugsgebiet der Rhone bis Gletsch. -- Diss ETHZ, Zürcher Geographische Schriften 43, 383 S.

Funk, M. 1985: Räumliche Verteilung der Massenbilanz auf dem Rhonegletscher und ihre Beziehung zu Klimaelementen. -- Diss ETHZ, Zürcher Geographische Schriften 24, 183 S.

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.

Gurnell, A.M., Warburton, J. and Clark, M.J. 1988: A comparison of sediment transport and yield characteristics of two adjacent glacier basins, Val d'Hérens, Switzerland. -- In: Sediment Budgets, IAHS Publ. 174, p. 431-441.

Haeberli, W. 1983: Frequency and characteristics of glacier floods in the Swiss Alps. -- Annals of Glaciology 4, p. 85-90.

Haeberli, W. 1985: Gletschervorstoss am Ghiacciaio del Belvedere (Macugnaga, Italien) und seine Auswirkungen. -- Wasser, Energie, Luft, 76. Jg., 11-12, 262 S.

Haeberli, W. und Epifani, F. 1986: Mapping the distribution of buried glacier ice - an example from Lago delle Locce, Monte Rosa, Italian Alps. -- Annals of Glaciology 8, p. 78-81.

Haeberli, W. und Fisch, W. 1985: Electrical resistivity soundings of glacier beds: a test study on Grubengletscher, Wallis, Swiss Alps. -- Journal of Glaciology 30, No. 106, p. 373-376.

LHG 1981-83: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz. -- Hrsg. Landeshydrologie, Bundesamt für Umweltschutz, Verlag EDMZ Bern. - *Annuaire hydrologique de la Suisse -- éd. Service hydrologique national de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, imp. OFIM, Berne.*

Iken, A. und Bindschadler, R.A. 1986: Combined measurements of subglacial water pressure and surface velocity of Findelengletscher, Switzerland: Conclusions about drainage system and sliding mechanism. -- Journal of Glaciology 32, p. 101-119.

Kasser, P. 1983: Die Variation der Wasservorräte im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. -- 97./98. Gletscherbericht, Glaziol. Jb., Kap. 6.2, S. 148-183.

Kasser, P. und Aellen, M. 1983: Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1981/82. Auszug aus dem 103. Bericht der GK/SNG. -- Zeitschr. "Die Alpen" 4/1983, 59. Jg., S. 198-220. - *Les glaciers des Alpes suisses en 1981/82. Extrait du 103e rapport de la CG/SHSN -- Revue "Les Alpes" 4/1983, 59e année, p. 198-220.*

Kasser, P. und Aellen, M. 1984: Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1982 / 83. Auszug aus dem 104. Bericht der GK/SNG. -- Zeitschr. "Die Alpen" 4/1984, 60. Jg., S. 192-215. - *Les glaciers des Alpes suisses en 1982/83. Extrait du 104e rapport de la CG/SHSN -- Revue "Les Alpes" 4/1984, 60e année., p. 176-193.*

Müller, H. 1984: Zum Strahlungshaushalt im Alpenraum -- Diss. ETHZ, Mitteilungen der VAW 71, 167 S.

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

Ott, B. 1985: Effets de voûte dans les glaciers. -- Diss ETHZ, Mitteilungen der VAW 80, 198 S.

Röthlisberger, H. 1982: Recent work in Switzerland. -- Ice, News Bulletin of the Int. Glaciological Society 68, p. 18-20.

Röthlisberger, H. 1987: Sliding phenomena in a steep section of Balmhorngletscher, Switzerland. -- Journal of Geophysical Research 92, B9, p. 8999-9014.

Schüepp, M. 1972: Klimatologie der Schweiz, Teil 1 - Der Jahresgang der meteorologischen Elemente in der Schweiz -- Beiheft zu den Annalen der SMA.

Schüepp, M. 1983: Die Lufttemperaturen auf dem Säntis. -- 97./98. Gletscherbericht, Glaziol. Jb., Kap. 6.1, S. 136-147.

SLF 1982: Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winterbericht des EISLF Weissfluhjoch-Davos -- Verlag EDMZ Bern 46, Winter 1981/82.

SLF 1983: Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winterbericht des EISLF Weissfluhjoch-Davos -- Verlag EDMZ Bern 47, Winter 1982/83.

SMA 1981-83a: Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Jg. 118 - 120.

SMA 1981-83b: Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den Meteorologischen und Regenmessstationen der Schweiz -- Quartalshefte der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, 3/1981 - 4/1983.

SMA 1981-83c: Täglicher Wetterbericht der SMA, 1.September 1981 - 31.Oktober 1983. - *Bulletins meteorologiques quotidiens de l'ISM, 1er septembre 1981 - 31 octobre 1983*

SMA 1981-83d: Monatlicher Witterungsbericht der SMA, September 1981 - Oktober 1983. - *Bulletins climatologiques mensuels de l'ISM, septembre 1981 - octobre 1983.*

VAW 1984: Jahresbericht der VAW, S. 57-60.

VAW 1987: Jahresbericht der VAW, S. 52-53.

VERZEICHNIS DER PUBLIZIERTEN BERICHTE-*INDEX DES 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 - 110	1983/84 - 1988/89
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	1981/82 - 1982/83

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* 1-66, Bern 1925 -1990	45 - 110*)
*) publiziert ohne Tabellen - *publiés sans les tableaux*	71 - 75
publiziert in gekürzter Fassung - *publiés en extrait*	85 - 110
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
Glaziologisches Jahrbuch - *Annuaire glaciologique*	95/96 - 103/104