

DIE GLETSCHER DER SCHWEIZER ALPEN 1979/80 und 1980/81

101. und 102. Bericht

LES VARIATIONS DES GLACIERS SUISSES 1979/80 et 1980/81

101^e et 102^e rapports

GLAZIOLOGISCHES JAHRBUCH

DER GLETSCHERKOMMISSION

der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft / SNG

herausgegeben durch die

VERSUCHSANSTALT FÜR WASSERBAU, HYDROLOGIE UND GLAZIOLOGIE / VAW

der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich / ETHZ

ANNUAIRE GLACIOLOGIQUE

DE LA COMMISSION DES GLACIERS

de la Société Helvétique des Sciences Naturelles / SHSN

édité par les

LABORATOIRES DE RECHERCHES HYDRAULIQUES, HYDROLOGIQUES

ET GLACIOLOGIQUES / VAW

de l'École Polytechnique Fédérale à Zurich / EPFZ

1988

D I E G L E T S C H E R D E R S C H W E I Z E R A L P E N

1979/80 und 1980/81

L E S V A R I A T I O N S D E S G L A C I E R S S U I S S E S

1979/80 und 1980/81

MARKUS AELLEN, VAW/ETHZ und GK/SNG

101. und 102. Bericht

GLAZIOLOGISCHES JAHRBUCH DER GLETSCHERKOMMISSION DER SNG

101e et 102e rapports

ANNUAIRE GLACIOLOGIQUE DE LA COMMISSION DES GLACIERS DE LA SHSN

1 9 8 8

Publikation mit Unterstützung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft
(Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften)

Publication subventionné par la Société helvétique des sciences naturelles
(Académie suisse des sciences naturelles)

Summary and Table of Contents in English see pages 139 to 144

Publikation der Gletscherkommission
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG)

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 la Société helvétique des sciences naturelles (SHSN)

c/o Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW)
de l'École polytechnique fédérale à Zurich (EPFZ)
Gloriastrasse 37/39, ETH Zentrum, CH-8092 Zurich

Druck von Stämpfli+Cie AG, Bern 1988

Imprimé par Stämpfli+Cie SA, Berne 1988

© Gletscherkommission der SNG 1988
Commission des glaciers de la SHSN 1988

Notiz

Die **Gletscherkommission** der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG), gegründet im Jahre 1893, verfolgt die gleichen Ziele wie das vorangehende, durch den Schweizerischen Alpenklub (SAC) und die SNG gemeinsam 1869 gebildete und 1893 aufgelöste **Gletscherkollegium**.

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

Notice

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

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

Gletscherkommission der SNG - Commission des glaciers de la SHSN

Mitglieder - Membres:

seit/depuis:

Claude Jaccard, Davos, Präsident - président	1965
Bruno Salm, Davos, Vizepräsident - vice-président	1981
Markus Aellen, Zürich, Sekretär und Delegierter für die Gletscherbeobachtungen - secrétaire et délégué aux contrôles glaciaires	1981
Hans Röthlisberger, Zürich, Alt-Präsident - ancien président	1965
Albert Bezinge, Sion	1977
Gian Gensler, Zürich	1984
Bernhard Stauffer, Bern	1984
Peter Wick, Luzern	1984

Die Gletscherkommission ist der **Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW)** an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) zu Dank verpflichtet für die jährliche Durchführung der Erhebungen, Bearbeitung der Ergebnisse und Redaktion der Gletscherberichte seit 1964.

La Commission des glaciers doit sa reconnaissance aux **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 depuis 1964.

VORWORT

Die Gletscherberichte Nr. 1 - 83 sind in französischer Sprache veröffentlicht. Die Berichte Nr. 84 - 94 sind in zwei parallelen Reihen mit einer in Deutsch verfassten und einer ins Französische übersetzten Ausgabe erschienen. Ab Nr. 95 werden die Gletscherberichte als glaziologisches Jahrbuch herausgegeben, das die Berichte zweier Jahre in einem zweisprachigen Band vereint. Der vorliegende Band mit dem 101. und 102. Gletscherbericht betrifft die Beobachtungsjahre 1979/80 und 1980/81. Die 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 (Tab. 8) sind in der Regel in der Originalsprache des Beobachters nur deutsch, französisch oder italienisch wiedergegeben. In den Jahrbüchern sind die umfangreichen Tabellen der früheren Berichte mit Klima- und Abflussdaten weggelassen, da diese Daten in den verschiedenen Jahrbüchern oder andern Zeitschriften der zuständigen Beobachtungsdienste veröffentlicht sind (s. Quellenangaben zu Kap. 1.1). Weitergeführt sind die Tabellen mit den Summen der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur (Tab. 1 und 2) und mit den Angaben über die Winterschneedecke (Tab. 3 und 4), ebenso die Abbildungen mit den graphischen Darstellungen zur Beschreibung der Witterungs- und Klimaverhältnisse (Abb. 1 - 4). Die bibliographischen Angaben sind beschränkt auf Literaturhinweise zu einzelnen Kapiteln. Die glaziologischen Publikationen, die von Schweizern verfasst sind oder die Schweiz betreffen, sind grösstenteils in der "Bibliographia scientiae naturalis Helvetica" aufgeführt, welche von der Schweizerischen Landesbibliothek herausgegeben wird. Ein Teil der Texte, Tabellen und Abbildungen des vorliegenden Jahrbuchs sind als Auszug des jährlichen Gletscherberichts in der Quartalszeitschrift des Schweizerischen Alpenklubs ("Die Alpen", 4/1981, 57. Jg., S. 177-194, und 4/1982, 58. Jg., S. 163-181) vorgängig veröffentlicht worden. Diese Kurzberichte sind von P.Kasser, Herrliberg, und M.Aellen, VAW/ETH Zürich, gemeinsam verfasst.

Die Quellen zur Beschreibung der Witterungs- und Klimaverhältnisse der Berichtsjahre (Kap. 1.2 und 1.3) sind in der zugehörigen Einleitung (Kap. 1.1) genannt.

Die Vermessungsflüge für Gletscheraufnahmen (Tab. 5) werden durch das Bundesamt für Landestopographie (L+T) und durch 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).

Die Institutionen und die freien Mitarbeiter, die jährlich die Gletscherenden einmessen (Kap. 3), sind nachstehend mit den von ihnen beobachteten Gletschern aufgeführt. Diese sind durch ihre Nummer im Beobachtungsnetz (Tab. 8) bezeichnet.

- Kantonale Forstdienste:

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

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

Die Photographien und Legenden des Bildteils (Kap. 4) sind samt den Bildnummern aus den vorstehend erwähnten Quartalsheften der Zeitschrift "Die Alpen" übernommen.

Die Angaben über den Massenhaushalt (Kap. 5) beruhen auf verschiedenen, im einleitenden Kapitel 5.1 beschriebenen langfristigen Untersuchungsprogrammen. Der Beitrag der VAW/ETHZ (Kap. 5.2 und 5.3) ist zusammengestellt durch H.Siegenthaler für die Gletscher Gries, Limmern, Plattalva und Silvretta wie auch für das Einzugsgebiet der Aegina, durch M.Aellen für die Aletschgletscher und für das Einzugsgebiet der Massa, und durch M.Funk für den Rhonegletscher und für das Einzugsgebiet der Rhone. Die Ergebnisse der Beobachtungen an den Aaregletschern (Kap. 5.4) verdanken wir den Kraftwerken Oberhasli. Die jährlichen Vermessungen in deren Auftrag führt das Vermessungsbüro A.Flotron, Meiringen, aus. Die Erhebungen über den jährlichen Firnzuwachs (Kap. 5.5) werden für die Gletscherkommission durch verschiedene, in Kapitel 5.51 genannte Mitarbeiter im Clariden-, im Bernina- und im Jungfraumassiv durchgeführt. Die dargestellten Ergebnisse der Berichtsjahre entsprechen der 67. und 68. Folge der früheren, von 1914 bis 1978 als besondere Publikation erschienenen sogenannten Firnberichte, welche seit dem vorangehenden Band ins glaziologische Jahrbuch eingegliedert sind.

Die Tabellen und Graphiken der Kapitel 1 bis 3 und 5 der vorangehenden Jahrbücher sind im vorliegenden Band mit folgenden Änderungen weitergeführt:

- Abb. 3 und 4: Kartographische Darstellung der Klimagrößen Jahresniederschlag und mittlere Sommertemperatur durch Zonen gleicher standardisierter Abweichung vom Zentralwert der Bezugsperiode 1901/60 anstelle der bisher durch Histogramme für einzelne Stationen angezeigten prozentualen oder absoluten Abweichungen der monatlichen, jahreszeitlichen und jährlichen Werte des Niederschlags, der Lufttemperatur und der Sonnenscheindauer sowie des Abflusses vom Mittelwert der Periode 1931/60 (vgl. Kap. 1.1).

Auf den Anhang (Kap.6 der vorangehenden Jahrbücher), dessen allgemeine Zielsetzungen im Vorwort des 95./96. Bericht festgelegt sind, wird im vorliegenden Band verzichtet.

Das Schlusskapitel (Kap. 6) enthält kurze Inhaltsangaben der vorangehenden Kapitel und das vollständige Inhaltsverzeichnis in englischer Sprache.

P R E F A C E

Les rapports glaciologiques nos. 1 à 83 sont édités en langue française. Les rapports nos. 84 à 94 ont paru en deux éditions parallèles, l'une rédigée en allemand, l'autre traduite en français. A partir du no. 95, les rapports sont édités sous forme de l'annuaire glaciologique, qui réunit dans un volume bilingue les rapports de deux années. Le présent volume comprend les 101e et 102e rapports, référant aux exercices des années 1979/80 et 1980/81. 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 de longueur d'un glacier particulier (tabl. 8) ne sont données, en règle, que dans la langue de l'observateur, soit en allemand, en français ou en italien. L'annuaire ne comprend plus les tableaux volumineux des rapports précédents avec les données climatologiques et hydrologiques, car ces données sont publiées dans les annuaires ou autres périodiques édités par les institutions compétentes (voir références du chapitre 1.1). On en garde pourtant les tableaux informant sur les sommes des moyennes journalières de la température de l'air (tabl. 1 et 2) ou sur la couverture neigeuse hivernale (tabl. 3 et 4), ainsi que les figures décrivant les conditions météorologiques ou climatiques par des représentations graphiques (fig. 1 à 4). L'index bibliographique est réduit aux références citées dans les chapitres particuliers. Les publications glaciologiques produites par des auteurs suisses ou concernant la Suisse sont citées pour la plupart dans la "Bibliographia scientiae naturalis Helvetica", éditée par la Bibliothèque nationale suisse. En partie, les textes, les tableaux et les illustrations du présent annuaire ont été publiés précédemment sous forme d'un extrait des rapports glaciologiques annuels dans la revue trimestrielle du Club alpin suisse ("Les Alpes", 4/1981, 57e année, p. 176-193, et 4/1982, 58e année, p. 154-172). Ces rapports en extrait ont été rédigés en commun par P.Kasser, Herfliberg, et M.Aellen, VAW/EPF Zurich.

Les sources, sur lesquelles se fonde la description des conditions météorologiques et climatiques des années du rapport (chap. 1.2 et 1.3), sont citées dans un chapitre introductif (chap. 1.1).

Les vols photogrammétriques (tabl. 4) sont effectués 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. 8).

- Services forestiers cantonaux:

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

- Institutions fédérales:			
Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches (IFENA) Weiss- fluhjoch-Davos			115
VAW/EPF Zurich, section de glaciologie	3-6 8-12 17 78 90 106-108		110 112-114 116
- Forces motrices:			
Mauvoisin (FMM)	37 38	Oberhasli (KWO)	50 51
- Collaborateurs individuels:			
J.-L.Blanc, Pully	34-36	E.Hodel, Adelboden	111
H.Boss, Zweilütschinen	57 58	P.Mercier, Tolochenaz	1 2 15 43
V.Boss, Grindelwald	57	W.Wild, Glaris	77 80
A.Godenzi, Coire	99 101	R.Zimmermann, Zermatt	16

Les illustrations photographiques et les légendes y relatives (chap. 4) sont reproduites avec leurs numéros, telles qu'elles ont été publiées dans les fascicules cités de la revue "Les Alpes".

Les informations sur la variation de la masse glaciaire (chap. 5) se fondent sur divers programmes de recherches à longue échéance, qui sont cités dans l'introduction (chap. 5.1). Les données contribuées par les VAW/EPFZ (chap. 5.2 et 5.3) ont été compilées par H.Siegenthaler, pour les glaciers de Gries, de Limmern, de Plattalva et de Silvretta ainsi que pour le bassin versant de l'Aegina, par M.Aellen, pour les glaciers d'Aletsch et le bassin de la Massa, et par M.Funk, pour le glacier et le 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, auxquelles nous devons les résultats des exercices annuels. Les relevés sur l'accumulation nivale annuelle sur quelques glaciers (chap. 5.5) sont faits par les collaborateurs de la Commission des glaciers (cités dans le chapitre 5.51) dans les massifs de Clariden, de la Silvretta, de la Bernina et de la Jungfrau. Les résultats des années du rapport, présentés dans ce volume, prolongent par les 67e et 68e suites la série des rapports annuels spéciaux, dits "Firnberichte", qui ont paru indépendamment, de 1914 à 1978, et aujourd'hui, à partir du volume précédent, font partie de l'annuaire glaciologique.

Les tableaux et les représentations graphiques des chapitres 1 à 3 et 5 du présent volume prolongent les séries respectives des annuaires précédents avec les modifications suivantes:

- Fig. 3 et 4: La représentation cartographique des éléments climatiques principaux (somme annuelle des précipitations et moyenne des températures estivales) par des zones d'égalité de la déviation standardisée par rapport à la valeur centrale de la période de référence 1901/60 remplace les histogrammes, qui ont montré les déviations relatives ou absolues des valeurs mensuelles, saisonnières et annuelles par rapport à la moyenne respective de la période 1931/60 des données climatiques (précipitations, température de l'air et ensoleillement) ou hydrologiques (débits) représentées pour quelques stations (cf. chap. 1.1).

L'annexe (chap. 6 des volumes précédents), dont le but général est défini dans la préface des 95e et 96e rapports, est omise dans cette issue de l'annuaire.

Le chapitre terminal (chap. 6) comprend les résumés des chapitres 1 à 5 et la table des matières en langue anglaise.

I N H A L T

Kapitel	Seite
1 K L I M A U N D W I T T E R U N G	15
1.1 EINLEITUNG	15
1.2 DAS JAHR 1979/80	18
1.3 DAS JAHR 1980/81	20
Tabellen 1 und 2. Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten April bis Oktober: a) absoluter Wert, b) relativer Wert, bezogen auf Mittelwert 1959/81	
Tab. 1: im Jahr 1980	30
Tab. 2: im Jahr 1981	31
Abbildungen 1 und 2. Witterung an einigen Stationen der SMA	
Abb. 1: im Jahr 1979/80	32
Abb. 2: im Jahr 1980/81	34
Abbildungen 3 und 4. Regionale Abweichung vom Normalklima, dargestellt durch a) Jahresniederschlag, b) Sommertemperatur	
Abb. 3: a) 1979/80, b) 1980	36
Abb. 4: a) 1980/81, b) 1981	37
1.4 DATEN ÜBER DIE WINTERSCHNEEDECKE	38
Bemerkungen zu den Schneemessstationen	38
Abbildung 5. Schneemessstationen	39
Tabelle 3. Schneedecke des Winters 1979/80	40
Tabelle 4. Schneedecke des Winters 1980/81	41
2 G L E T S C H E R C H R O N I K	42
2.1 TÄTIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1979/80	42
2.2 TÄTIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1980/81	46
Tabelle 5. Vermessungsflüge in den Jahren 1980 und 1981	58
3 L A G E Ä N D E R U N G D E R G L E T S C H E R E N D E N	62
3.1 EINLEITUNG	62
3.2 ERGEBNISSE DES 101. BEOBACHTUNGSJAHR (1979/80)	62
3.3 ERGEBNISSE DES 102. BEOBACHTUNGSJAHR (1980/81)	63
Tabellen 6 und 7. Lageänderung der Gletscherenden - Zusammenfassung für a) Abflussgebiete, b) Gebirgsregionen der Schweizer Alpen	
Tab. 6: im Jahr 1979/80	66
Tab. 7: im Jahr 1980/81	67
Abbildungen 6 und 7. Die Gletscher der Schweizer Alpen - Beobachtungsnetz	
a) Beobachtungen, b) Lageänderung der Zungenenden	
Abb. 6: im Jahr 1980	68
Abb. 7: im Jahr 1981	69
Abbildung 8. Lageänderung der Gletscherenden in den Schweizer Alpen - Hauptergebnisse der Jahre 1879/80 bis 1980/81	70
a) jährliche Stichproben	
b) Prozentanteile wachsender und schwindender Gletscher	
c) mittlere Längenänderung	
Tabelle 8. Lageänderung der Gletscherenden 1979/80 und 1980/81 (Bemerkungen zu einzelnen Gletschern: S. 75-96)	71

5.4	MESSUNGEN AN DEN AAREGLETSCHERN	126
	Einleitung	126
	Abbildung 14. Aaregletscher - Lage der Querprofile	127
	Tabelle 17. Die Aaregletscher im Jahre 1979/80 - Hauptergebnisse	128
	Tabelle 18. Die Aaregletscher im Jahre 1980/81 - Hauptergebnisse	129
5.5	DER FIRNZUWACHS IN EINIGEN FIRNGEBIETEN	130
5.51	Einleitung	130
5.52	Clariden	131
	Tabellen 19 und 20. Claridenfirn - Hauptergebnisse	
	a) Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung des Gletschers	
	b) Saison- und Jahresniederschlag in Totalisatoren und an Niederschlagsmessstationen	
	Tab. 19: im Jahre 1979/80	132
	Tab. 20: im Jahre 1980/81	133
5.53	Silvretta und Engadin	134
	Tabelle 21. Silvrettagletscher - Winterschneedecke und jährlicher Firnzuwachs 1979/80 und 1980/81	135
	Tabelle 22. Berninagebiet - Höhenänderung der Firnoberfläche und jährlicher Firnzuwachs 1979/80 und 1980/81	135
5.54	Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher)	136
	Tabellen 23 und 24. Jungfraufirn - Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung	
	Tab. 23: im Jahre 1979/80	137
	Tab. 24: im Jahre 1980/81	137
5.55	Kurzfassung des Kapitels 5.5 in französischer Sprache	138
6	Z U S A M M E N F A S S U N G in englischer Sprache	139

T A B L E D E S M A T I E R E S

chapitre		page
1	C O N D I T I O N S C L I M A T I Q U E S	23
1.1	INTRODUCTION	23
1.2	L'ANNEE 1979/80	25
1.3	L'ANNEE 1980/81	27
	Tableaux 1 et 2. Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air, mois d'avril à octobre: a) Valeur absolue, b) Valeur relative par rapport à la moyenne 1959/81	
	Tabl. 1: en 1980	30
	Tabl. 2: en 1981	31
	Figures 1 et 2. Conditions météorologiques à quelques stations de l'ISM	
	Fig. 1: en 1979/80	32
	Fig. 2: en 1980/81	34
	Figures 3 et 4. Déviations régionales par rapport à la norme des données climatiques a) précipitations annuelles, b) température estivale	
	Fig. 3: a) en 1979/80, b) en 1980	36
	Fig. 4: a) en 1980/81, b) en 1981	37
1.4	DONNES NIVOLOGIQUES	38
	Remarques concernant les stations nivométriques	38
	Figure 5. Stations nivométriques	39
	Tableau 3. Enneigement de l'hiver 1979/80	40
	Tableau 4. Enneigement de l'hiver 1980/81	41
2	C H R O N I Q U E D E S G L A C I E R S	49
2.1	ACTIVITE ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1979/80	49
2.2	ACTIVITE ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1980/81	53
	Tableau 5. Vols photogrammétriques des années 1980 et 1981	58
3	V A R I A T I O N S D E S F R O N T S G L A C I A I R E S	64
3.1	INTRODUCTION	64
3.2	RESULTATS DU 101e EXERCICE (1979/80)	64
3.3	RESULTATS DU 102e EXERCICE (1980/81)	65
	Tableaux 6 et 7. Variations de longueur des glaciers - Récapitulations pour a) bassins versants, b) régions orographiques des Alpes suisses	
	Tabl. 6: en 1979/80	66
	Tabl. 7: en 1980/81	67
	Figures 6 et 7. Les glaciers des Alpes suisses - Réseau d'observations a) Observations, b) Variations des fronts glaciaires	
	Fig. 6: en 1980	68
	Fig. 7: en 1981	69
	Figure 8. Variations des fronts glaciaires dans les Alpes suisses - Résultats principaux des années 1879/80 à 1980/81	70
	a) échantillons annuels	
	b) Pourcentages des glaciers en crue et des glaciers en décrue	
	c) Variation moyenne de longueur	
	Tableau 8. Variations des fronts glaciaires en 1979/80 et en 1980/81 (Remarques concernant les glaciers particuliers: p. 75-96)	71

4	I L L U S T R A T I O N S P H O T O G R A P H I Q U E S	99
4.1	ILLUSTRATIONS DU 101e RAPPORT - PLANCHES I-IV	99
	Légendes des illustrations, Planches I-IV, photos 151-163	99
	photos 151-159: Glacier de Findelen	99
	photos 160-163: Glacier inférieur de Grindelwald	100
4.2	ILLUSTRATIONS DU 102e RAPPORT - PLANCHES V-VIII	103
	Légendes des illustrations, Planches V-VIII, photos 116-124	103
	photos 116 et 121-124: Mesures de l'épaisseur des glaciers par sondages radio-électriques	103
	photos 117-120: Glacier de Fee	104
5	B I L A N S D E M A S S E	108
5.1	INTRODUCTION	108
5.2	BILAN ANNUEL DE MASSE EN 1979/80	109
5.3	BILAN ANNUEL DE MASSE EN 1980/81	110
	Tableau 9. Bilans annuels de masse de quelques glaciers, de 1978/79 à 1980/81	111
	Tableau 10. Bilan hydrologique de quelques bassins versants englacés, de 1978/79 à 1980/81	
	a) Bassin de l'Aegina (glacier de Gries)	112
	b) Bassin de la Massa (glaciers d'Aletsch)	113
	c) Bassin du Rhône (à l'amont du Léman)	113
	Tableau 11. Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques 1979/80 et 1980/81, établis pour	
	a) périodes du calendrier	114
	b) périodes climatiques	115
	Figure 9. Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hy- drologiques quotidiens, en 1979/80 et 1980/81	
	a) Précipitations, débits et variations des réserves quotidien(ne)s	116
	b) Evolution des réserves en eau, comparée aux données statis- tiques de la période 1930/78	116
	Figure 10. Bassin versant du Rhône/Porte du Scex - Evolution des réserves en eau, en 1979/80 et 1980/81, comparée aux données statis- tiques de la période 1955/80	117
	Tableaux 12 et 13. Bassin du Rhône/Porte du Scex - Bilans hydrologiques mensuels, saisonniers et annuels	
	Tabl. 12: en 1979/80	118
	Tabl. 13: en 1980/81	119
	Tableau 14 et Figure 11. Glacier de Gries (Aegina) - Bilans de masse 1979/80 et 1980/81	
	Tabl. 14: Bilans de masse en fonction de l'altitude	120
	Fig. 11: Zones d'égalité du bilan spécifique de masse a) en 1979/80, b) en 1980/81	121
	Tableau 15 et Figure 12. Glacier de Limmern et Plattalva - Bilans de masse 1979/80 et 1980/81	
	Tabl. 15: Bilans de masse en fonction de l'altitude a) Limmern, b) Plattalva	122
	Fig. 12: Zones d'égalité du bilan spécifique de masse a) en 1979/80, b) en 1980/81	123

	Tableau 16 et Figure 13. Glacier de Silvretta - Bilans de masse 1979/80 et 1980/81	
	Tabl. 16: Bilans de masse en fonction de l'altitude	124
	Fig. 13: Zones d'égalité du bilan spécifique de masse a) en 1979/80, b) en 1980/81	125
5.4	MENSURATIONS AUX GLACIERS DE L'AAR	126
	Introduction	126
	Figure 14. Glaciers de l'Aar - Situation des profils transversaux	127
	Tableau 17. Glaciers de l'Aar en 1979/80 - Résultats principaux	128
	Tableau 18. Glaciers de l'Aar en 1980/81 - Résultats principaux	129
5.5	ACCUMULATION NIVALE SUR QUELQUES GLACIERS	130
5.51	Introduction	130
5.52	Clariden	131
	Tableaux 19 et 20. Glacier de Clariden - Résultats principaux	
	a) Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier	
	b) Précipitations saisonnières et annuelle observées aux totalisateurs et aux stations pluviométriques	
	Tabl. 19: en 1979/80	132
	Tabl. 20: en 1980/81	133
5.53	Silvretta et Engadine	134
	Tableau 21. Glacier de Silvretta - Accumulations nettes hivernale et annuelle en 1979/80 et 1980/81	135
	Tableau 22. Massif de la Bernina - Variation du niveau de la surface glaciaire et accumulation nette en 1979/80 et 1980/81	135
5.54	Jungfraufirn (Grand glacier d'Aletsch)	136
	Tableaux 23 et 24. Jungfraufirn - Accumulations nettes hivernale et annu- elle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier	
	Tabl. 23: en 1979/80	137
	Tabl. 24: en 1980/81	137
5.55	Aperçu du chapitre 5.5 en français	138
6	R E S U M E en anglais	139

1. KLIMA UND WITTERUNG

1.1 EINLEITUNG

Die Abbildungen 1 und 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 Jungfrauoch, indem für jeden Tag der aktuelle Wert (1) und der langjährige Mittelwert (2) der betreffenden Station aufgetragen sind. Der Niederschlag ist angegeben durch die Tagessummen (3) 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 (4) 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 (2a) aufgetragen. Die Unregelmässigkeiten dieser Mittelwertskurve sind - im Gegensatz zu denen der 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 (5) 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 3 und 4 sind die regionalen Unterschiede einzelner, für den Massenhaushalt der Gletscher massgeblicher Klimagrössen in vereinfachter Form graphisch dargestellt. In den früheren Berichten betraf dies den Niederschlag, die Lufttemperatur und die Sonnenscheindauer wie auch die gemessenen oder berechneten natürlichen Abflussmengen, die für ausgewählte Stationen durch die relative oder absolute Abweichung der Monats-, Saison- und Jahreswerte vom entsprechenden Mittelwert der Periode 1931/60 in Histogrammen veranschaulicht worden sind. Im vorliegenden Jahrbuch ist die Darstellung der regionalen Unterschiede einerseits beschränkt auf die Klimagrössen Jahresniederschlag (Abb. 3a und 4a) und Sommertemperatur (Abb. 3b und 4b), andererseits erweitert auf eine grössere Zahl von Messstationen, für welche die Abweichung des aktuellen Werts vom Normalwert nach statistischen Regeln (6) normiert und demgemäss, in Zonen gleicher Abweichung zusammengefasst, 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 Berichtsjahrs einer der fünf Klassen -2, -1, 0, +1, oder +2 zugeteilt. Werte,

(1) Nummern in Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise am Schluss des Kapitels (siehe S. 17).

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) gelten für die neue Art der Darstellung in besonderem Masse. Die Umstellung auf automatische Wetterbeobachtung, die grossenteils in den Berichtsjahren vollzogen worden ist, ergibt zusätzliche Vorbehalte vor allem bei Temperaturreihen, die mit vorläufigen Anpassungen weitergeführt sind. Dies gilt für die Station Säntis (7) ab 1978, für die übrigen, in den Abbildungen 3b und 4b oder auch in den Abbildungen (oder Tabellen) 1 und 2 berücksichtigten Bodenstationen ab 1981.

In Ergänzung der Abbildungen 1 bis 4 sind in den Tabellen 1 und 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 3 und 4 über die Winterschneedecke der Berichtsjahre (8) an ausgewählten, in Abbildung 5 eingezeichneten Stationen des schweizerischen Beobachtungsnetzes sind im Abschnitt "Schnee und Lawinen", verfasst von M.Schild (EISLF), am Schluss der Kapitel 1.2 und 1.3 kommentiert und durch zusätzliche Informationen ergänzt.

Die Angaben über die Abflussverhältnisse in den vergletscherten Einzugsgebieten (9) sind im vorliegenden Jahrbuch infolge der Umgestaltung der Abbildungen 3 und 4 beschränkt auf kurze Hinweise im Text (Kap. 1.2 und 1.3) und auf die Daten der Tabellen 10 bis 13 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 von P.Kasser im Auszug des 101. und 102. Gletscherberichts (10).

Literaturangaben zu Kapitel 1.1 - Références du chapitre 1.1

- (1) Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA), Jg. 116-118, 1979-1981.
- (2) Beiheft zu den Annalen der SMA, Jg. 1972: Klimatologie der Schweiz M, Teil 1 - Der Jahresgang der meteorologischen Elemente in der Schweiz, von M.Schüepp.
- (2a) Beiheft zu den Annalen der SMA, Jg. 1978: Klimatologie der Schweiz, Heft 21/0 - Die Nullgradgrenze in der Schweiz 1951-1978 nach den Radiosondierungen von Payerne, von A.Güller.
- (3) Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den Meteorologischen und Regenness-Stationen der Schweiz, Quartalshefte 3/1979 - 4/1981.
- (4) Täglicher Wetterbericht der SMA, 1.September 1979 - 31.Oktober 1981.
Bulletins météorologiques quotidiens de l'ISM, 1er septembre 1979 - 31 octobre 1981
- (5) Monatlicher Witterungsbericht der SMA, September 1979 - Oktober 1981.
Bulletins climatologiques mensuels de l'ISM, septembre 1979 - octobre 1981
- (6) 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.
- (7) Schüepp M. 1983: Die Lufttemperaturen auf dem Säntis. - 97./98. Gletscherbericht, Glaziol. Jb., Kap. 6.1, S. 136-147.
- (8) Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winterbericht des EISLF Weissfluhjoch-Davos, Verlag EDMZ Bern, Nrn. 44 und 45, Winter 1979/80 bzw. 1980/81.
- (9) Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz. Hrsg. Landeshydrologie, Bundesamt für Umweltschutz, Verlag EDMZ Bern, Jg. 1979-1981.
Annuaire hydrologique de la Suisse, éd. Service hydrologique national de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, imp. OFIM, Berne, années 1979-1981
- (10) Kasser P. und Aellen M. 1981: Die Gletscher der Schweizer Alpen im Jahr 1979/80. Auszug aus dem 101. Bericht der GK/SNG. - Zeitschr. Die Alpen 4/1981, 57. Jg., S. 177-194.
Les glaciers des Alpes suisses en 1979/80. Extrait du 101e rapport de la CG/SHSN - Revue "Les Alpes" 4/1981, 57e année., p. 176-193.

(Dito) 1982: ... im Jahr 1980/81. Auszug aus dem 102. Ber. - Die Alpen 4/1982, 58. Jg., S. 163-181.
(do) 1982: ... en 1980/81. Extrait du 102e rapport - Les Alpes 4/1982, 58e année, p. 154-172.

1.2 DAS JAHR 1979/80

Der Aufbau der Winterschneedecke begann in den oberen Höhenlagen mit dem Kälteeinbruch vom 20.-22. September 1979, als die Nullgradisotherme unter die Höhenkote 2000 Meter absank und im östlichen Teil der Alpen Nordseite, in Mittelbünden und im Engadin beträchtliche Niederschlagsmengen fielen. Diese erste Schneedecke schmolz bis in mittlere Lagen bald wieder weg. Die Beobachtungsstation Gütsch (2288 m) aperte vor Monatsende wieder aus. Die Stationen Säntis (2500 m) und Weissfluhjoch (2540 m) wurden in der ersten Dekade des Oktobers, der im Durchschnitt überall, ausser im Tessin, sehr warm war, wieder schneefrei. In der Zeit zwischen dem 15. und 17. Oktober wurden die drei Bergstationen definitiv eingeschneit. Erst vom 6. November an geschah dies auch auf den tief gelegenen Gletscherzungen und sogar erst am 12. Dezember auf den Schneemessstationen Grindelwald Bort (1570 m), Bourg-St. Pierre (1650 m) und San Bernardino Dorf (1630 m).

Von Oktober bis April lösten sich markante Wärme- und Kälteperioden ab. In der Nordostschweiz überwogen im Durchschnitt des Winters die positiven Temperaturabweichungen. In den übrigen Gebieten entsprach das Temperaturmittel der sieben Wintermonate ungefähr dem langjährigen Durchschnitt. Die Niederschlagssummen von Oktober bis April waren im Berner Oberland und im Wallis sehr gross, in den östlich anschliessenden Gletschergebieten gross und am Südfuss der Alpen normal. Ganz aussergewöhnlich war der Temperaturverlauf im Sommer, von Mai bis September 1980. Dem allgemein sehr kalten April folgten drei weitere überall wesentlich zu kalte Monate. Wie die Kurven der Nullgradgrenze und der Tagestemperaturen in Abbildung 1 zeigen, begann erst am 22. Juli eine langdauernde Wärmeperiode, die am 8. Oktober ebenso unvermittelt zu Ende ging, wie sie begonnen hatte. Der Abbau der Schneedecke verzögerte sich extrem weit in den Sommer hinein: Gütsch aperte auf den 23. Juli aus, Weissfluhjoch war am 16. August, Säntis erst am 28. September schneefrei. Bereits am 8. Oktober wurden diese drei Stationen definitiv wieder eingeschneit. Trotz dem allgemein zu kalten und zu nassen Wetter im Oktobermonat aperten die meisten der unterhalb etwa 2000 Metern über Meer gelegenen Stationen für kurze Zeit nochmals aus, bevor am 27. November 1980 die neue Winterschneedecke auch die tiefgelegenen Gletscherzungen endgültig bedeckte.

Die Massenänderung der Gletscher wird weitgehend durch die Menge des Jahresniederschlags und durch die Temperaturverhältnisse des Sommers bestimmt, die für das Berichtsjahr in Abbildung 3 durch ihre normierten Abweichungen dargestellt sind (vgl. Kap. 1.1). Die Abbildung 3a zeigt sehr grosse Jahresniederschläge im Berner Oberland und im Wallis, grosse in den Urner Alpen und im Silvrettagebiet, normale im Tödigebiet, in Mittelbünden, im Oberengadin und auf der Alpensüdseite. Wie der Abbildung 3b zu entnehmen ist, war der Sommer sehr kalt in den Gletscherregionen der Flussgebiete Rhone, Aare, Reuss und Limmat, ausgesprochen kalt auch in einer Zone vom Nordtessin zum Engadin und zum Silvrettamassiv, zur Ost- und zur Nordschweiz, normal nur am Südrand der Alpen und im Bodenseegebiet. Der grosse Massenzuwachs der mit einem Quadrat und Buchstaben in den Abbildungen eingezeichneten Haushaltsgletscher Aletsch (A), Gries (G), Limmern/Plattalva (LP) und Silvretta (S) ist eine Folge dieser Niederschlags- und Temperaturverhältnisse. Trotz den meistenorts überdurchschnittlich grossen Niederschlagsmengen blieben die Abflussmengen in den stark vergletscherten Einzugsgebieten zu klein (z.B. Hinterrhein/Hinterrhein und Massa/Blatten bei Naters) oder erreichten höchstens das Normalmass (z.B. Lütshine/Gsteig und Vispa/Visp).

Schnee und Lawinen im Winter 1979/80

Dem Bericht von M.Schild sind die nachstehenden Informationen entnommen:

"Der erste Schnee fiel ausserordentlich früh. Bereits am 22.September erhielten sogar die Niederungen die erste Schneedecke. Auch in der folgenden Zeit bestimmten intensive Niederschläge und zeitweise sehr tiefe Temperaturen das Wettergeschehen. Oberhalb rund 2000 Metern Meereshöhe lag der Schnee in allen Früh- und Hochwintermonaten überdurchschnittlich hoch. Auf dem Weissfluhjoch (2450 m) wurden am 7.Januar und vom 4.-6.Februar neue Maximalwerte der Schneehöhen in der 44 Jahre umfassenden Messperiode festgestellt. Infolge andauernder ergiebiger Niederschläge und meistens tiefer Temperaturen blieben die Schneehöhen auch während der Frühlingsmonate und bis weit in den Sommer hinein aussergewöhnlich gross. Auf Weissfluhjoch wurden vom 26.Juni an während 47 Tagen neue Höchstwerte gemessen! Die niederschlagsreiche und zeitweise warme Witterung führte in tieferen Lagen zu einem gut verfestigten Gefüge der gesamten Schneedecke. In grösseren Höhen und vor allem in Schattenlagen nahm der Aufbau der Basisschichten zunächst einen weniger günstigen Verlauf, doch bewirkten im Spätwinter zu wiederholten Malen bei hohen Temperaturen auftretende Grossschneefälle auch hier stets wieder eine gute Setzung und Verfestigung der entscheidenden Zwischenschichten. Gefährliche Lawinensituationen traten deshalb nur als Folge grosser Schneefälle auf und waren jeweils von kurzer Dauer. Allerdings ereigneten sich in diesen Gefahrenzeiten mehrmals grössere Lawinenabstürze, die in rund hundert registrierten Fällen Schäden an Gebäuden, Werkeinrichtungen oder Wäldern, hauptsächlich aber an Strassen- und Bahnanlagen anrichteten.

Die Zahl von 27 Personen, die in den Lawinen des Berichtsjahres umkamen, entspricht nahezu dem langjährigen Durchschnitt von 26 Lawinentoten pro Winter. Sie erscheint erstaunlich klein, wenn man berücksichtigt, dass sich acht dieser Todesfälle in den Monaten Juni bis August ereigneten und dass - wegen der oft über lange Zeit geringen Lawinengefahr - sehr viele Skifahrer sich an Steilhangabfahrten wagten. Mehrmals wurden die - an sich weit gesteckten - Grenzen der Tragfähigkeit der Schneedecke auch durch geführte Gruppen überschritten. Nicht weniger als elf der tödlich verunglückten Personen hatten solchen Gruppen angehört. Zwei Personen kamen in einer durch ihre Pistenmaschine ausgelösten Lawine um. In zwei Fällen starben Skifahrer in Lawinen, die auf offene Pisten niedergegangen waren."

1.3 DAS JAHR 1980/81

Im September 1980 war es, von einem Überschuss an Niederschlag in den Waadtländer Alpen abgesehen, überall zu trocken mit einem besonders grossen Niederschlagsdefizit in der Nordostschweiz, in Graubünden und auf der Alpensüdseite. Die Abschmelzung der Gletscher ging bei allgemein überdurchschnittlichen Temperaturen und viel Sonnenschein intensiv weiter. In der ersten Oktoberwoche blieb die Witterung vorerst sonnig, warm und trocken; am 7. Oktober lag die Nullgradgrenze immer noch über 3000 Metern Meereshöhe. Der Wetterumsturz in der folgenden Nacht brachte beidseits der Alpen ergiebige Niederschläge. Tags darauf erhielt das Versuchsfeld Weissfluhjoch (2540 m) wie auch die SMA-Stationen Säntis (2500 m) und Gütsch (2288 m) die bleibende Winterschneedecke. Einen Tag später wurden auch die Schneemess-Stationen Berninahäuser (2049 m) und Grimsel (1970 m) bei Schneefall auf der Alpennordseite bis auf 850 Meter Meereshöhe dauernd eingeschneit. Auch im weiteren Verlauf des Monats lösten sich warme und kalte Luftmassen mehrmals ab. Am 16. Februar regnete es bis auf 2700 Meter, tags darauf fiel Schnee bis gegen 800 Meter herunter. Am 18. Oktober wurden die Messfelder Simplon-Hospiz, Mauvoisin, Pontresina, Trübsee und Zervreila in Höhenlagen zwischen 2000 und 1735 Metern definitiv eingeschneit. Am 23. stieg die Nullgradgrenze erneut auf 3000 Meter, drei Tage später schneite es auf der Nordseite der Alpen bis 1000, auf der Südseite bis auf 1400 Meter, wobei der Winter in Maloja (1810 m) definitiv einzog. Bei einem weiteren Wärmeschub am 27./28. Oktober stieg das Thermometer auf Jungfrauoch-Sphinx (3576 m) auf +2°C. Die Monatssummen des Niederschlags im Oktober lagen in der Nordostschweiz und im Tessin wenig, in allen übrigen Gebieten weit über dem Normalwert. In den niederschlagsreichen Gebieten blieben trotz Wärmeeinbrüchen und überdurchschnittlichen Abflussmengen erhebliche Schneemengen im Hochgebirge liegen. Die Wasserreserven im Einzugsgebiet der Rhone bis zum Genfersee, d.h. oberhalb der Abflussmessstation Porte du Scex, nahmen im Oktober 1980 um rund 0.7 Kubikkilometer zu. Diese Zunahme, verteilt auf das ganze Einzugsgebiet (2520 km²) ergibt einen durchschnittlichen flächenspezifischen Zuwachs um mehr als 100 Millimeter.

Auch im November schwankten die Temperaturen innerhalb weiter Grenzen. Relativ kalte Tage traten anfangs des Monats in der ganzen Schweiz auf, vom 2.-5. mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt in den Niederungen der Ostschweiz. Vom 16.-26. November war es in den Schweizer Alpen überall relativ warm; am 23. stieg die Nullgradgrenze nochmals auf 3500 Meter Meereshöhe. Wie Tabelle 4 zeigt, wurden die meisten Stationen in den Alpentälern am 27. November definitiv eingeschneit, wobei nördlich der Alpen Schnee bis in die Niederungen fiel. Auf der Alpensüdseite dagegen verzögerte sich der Aufbau der Schneedecke infolge der ausserordentlich lange, von November bis Februar andauernden Trockenheit. Auch das Engadin erhielt in diesen Monaten ziemlich wenig Niederschlag, im November ebenso das Oberwallis. Allen Gebieten ausser dem Tessin, wo es sehr trocken war, und ausser dem Engadin, wo der Normalwert wenig überschritten wurde, brachte der Januar grosse bis sehr grosse Niederschlagsmengen. Im Februar war es überall etwas zu trocken. Erst im März erhielten alle Gebiete viel bis sehr viel Niederschlag. In der Folge lösten sich überall und in regelmässigem Wechsel trockene und nasse Monate ab bis zum September.

Ein intensiver Abbau der Schneedecke fand in der langen Wärmeperiode vom 20. März bis zum 16. April statt. Im April führten die Gebirgsbäche im Rhone-, Rhein- und Inngebiet sehr viel mehr Wasser als in normalen Jahren. Die meisten Stationen des Schneemessnetzes aperten drei bis fünf Wochen früher aus als im Vorjahr, Gütsch am 16. Juni, Weissfluhjoch am 10. Juli und Säntis am 25. August. Der niederschlagsreiche Juli war allgemein zu kalt, der trockene August und der nasse September waren normal bis überdurchschnitt-

lich warm. Die Sonnenscheindauer war naturgemäss in den nassen Monaten und ausserdem im Juni kürzer als normal, im April und August allgemein normal oder etwas länger.

Der September 1981 war im Durchschnitt etwas zu warm. Trotzdem begann in diesem Monat bereits der Aufbau der Schneedecke des Winters 1981/82. Ein wesentlicher Teil der ausserordentlich grossen Monatsmenge des Niederschlags fiel allerdings erst gegen des Monatsende. In Camedo beispielsweise, wo mit 979 Millimetern die zweitgrösste Septembersumme seit dem Jahr 1901 gemessen wurde, fielen 885 Millimeter in der Zeit vom 21.-28. und davon 429 Millimeter sogar erst vom 25. an. In den Zahlen der Tabelle 9 über die Massenänderung der Gletscher im Berichtsjahr 1980/81 ist der ausserordentliche Zuwachs infolge der Niederschläge im September 1981 nur bei den Aletschgletschern enthalten. Bei den übrigen Gletschern ist das Bilanzjahr mit den Feldarbeiten am 1. September für Limmern und Plattalva, am 12. für Silvretta und am 24. für Gries abgeschlossen worden. Auch der Oktober war allgemein sehr reich an Niederschlag, wobei im Gegensatz zum Vormonat die grössten Überschüsse der Alpennordseite zukamen. Weissfluhjoch wurde am 12., Gütsch wie Säntis am 22. Oktober 1981 dauernd eingeschneit. Von den tiefer gelegenen Stationen aperten einige nochmals aus und erhielten erst am 28. November die bleibende Schneedecke des Winters 1981/82.

Im Berichtsjahr 1980/81 waren die Niederschlagssummen des Winters, von Oktober bis April, im Tessin kleiner als normal, in den übrigen Gebieten normal bis überdurchschnittlich, im Engadin und an einigen Orten im Wallis sogar deutlich grösser als normal. Im Sommer, von Mai bis September, lagen die Niederschlagssummen im Puschlav, Tessin und Wallis beträchtlich, in den anderen Gebieten weniger deutlich über dem Normalwert.

Für die Jahressumme des Niederschlags von Oktober 1980 bis September 1981 und für das Sommermittel der Lufttemperatur von Mai bis September 1981 ist die regionale Verteilung der Abweichung vom Normalwert in Abbildung 4 graphisch dargestellt (vgl. Kap. 1.1). Daraus ist ersichtlich, dass die Jahresniederschläge in den Gletschergebieten der Schweizer Alpen überall viel bis sehr viel grösser waren als in normalen Jahren, die Sommertemperaturen jedoch ausser in relativ kleinen lokalen Bereichen nirgends wesentlich vom Normalwert abwichen.

Schnee und Lawinen im Winter 1980/81

Nachstehend ist der Bericht von M.Schild wiedergegeben:

"Das besondere Kennzeichen des Winters 1980/81 war der Schneereichtum der Alpen-nordseite, der nördlichen Walliser und Bündner Berge einerseits, die ausgesprochene Schneearmut der Alpensüdseite, des südlichen Wallis, Rheinwaldgebiets, Avers und Engadins andererseits. Diese gegensätzliche Entwicklung begann bereits mit den Schneefällen im Oktober, als in den nördlichen Gebieten beachtliche Neuschneemengen fielen. Überdurchschnittliche Schneehöhen stellten sich jedoch auch hier erst mit den ergiebigen Schneefällen ein, die von Ende November bis zum 20. Januar mehrmals grossen Zuschuss brachten. Der Schneereichtum der nördlichen Regionen wird u.a. belegt durch neue Höchstwerte der Schneehöhe an acht Stationen des EISLF-Beobachtungsnetzes und durch die Tatsache, dass der Winter 1980/81 an 18 weiteren Stationen zu den fünf schneereichsten der letzten 45 Jahre zählt.

Im Gegensatz dazu hatte auf der Alpensüdseite und in den angrenzenden Gebieten das Ausbleiben des Niederschlags in den Hochwintermonaten zur Folge, dass dort vielerorts die geringsten Schneehöhen seit Beginn der Messungen festgestellt wurden. Die Grenze zwischen den Regionen mit überdurchschnittlichen Schneehöhen im Norden und jenen mit unterdurchschnittlichen im Süden verlief über das obere Rhonetal, den Grimsel- und den Gotthardpass zum Rheinwaldhorn und weiter über den Piz Kesch nach S-charl.

Bedingt durch die Verhältnisse im Frühwinter wies die Schneedecke anfänglich ein wenig tragfähiges Fundament auf. Infolgedessen lösten die oft sehr intensiven Schneefälle zahlreiche Lawinen aus. In 207 erfassten Fällen richteten Lawinen grossen Sachschaden sowohl an Gebäuden und Wäldern als auch an Verkehrswegen und technischen Anlagen an. Ausserdem wurden viele Personen verschüttet. In 17 Fällen waren Todesopfer zu beklagen. Bei den 27 Personen, die in den Lawinen des Winters 1980/81 ums Leben kamen, handelt es sich ausschliesslich um Touristen.

Die Tatsache, dass auf der Südseite der Alpen keine Lawinenopfer zu verzeichnen waren, überrascht kaum: wo kein Schnee liegt, entstehen keine Lawinen. Erstaunlich ist eher, dass von den 17 Unglücksfällen und 27 Lawinentoten lediglich je fünf auf die ausserordentlich schneereichen Regionen entfallen. Die meisten Unglücksfälle (12) mit Lawinentoten (22) ereigneten sich in den inneralpinen Gebieten Wallis und Mittelbünden oder in Südbünden, wo die Schneehöhen nur knapp den langjährigen Mittelwert erreichten."

1. CONDITIONS CLIMATIQUES

1.1 INTRODUCTION

L'évolution des conditions climatiques durant les années du présent rapport est représentée dans les figures 1 et 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 Jungfrauoch, les valeurs moyennes actuelle (1) et pluriannuelle (2) de la température de l'air. Les précipitations (3) 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 (4). 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 (2a). 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 (5). 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 3 et 4. Dans le présent volume, la représentation cartographique des précipitations annuelles (fig. 3a et 4a) et des températures estivales (fig. 3b et 4b) remplace les histogrammes des volumes précédents, qui ont référé aux variations mensuelles, saisonnières et annuelles des précipitations, de la température de l'air, de la durée de l'ensoleillement et des débits. Ainsi, d'une part, le nombre des éléments climatiques représentés a été réduit aux éléments principaux. Mais ceux-ci, en revanche, sont représentés pour un nombre augmenté de stations d'observations. Pour chacune de ces stations, qui sont indiquées comme point de référence dans les croquis, on a classé la valeur actuelle, en standardisant selon des règles statistiques (6) 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

(1) Les chiffres mis entre parenthèses se rapportent aux références citées à la fin de ce chapitre (voir p. 17).

période de 1901 à 1960. La valeur centrale est supérieure à la moitié et inférieure à l'autre moitié des valeurs particulières de cette série. Plus une valeur particulière s'écarte de la valeur centrale, plus elle est rare. L'écart et la fréquence des valeurs particulières sont signalés au moyen des 5 classes indiquées par les chiffres -2, -1, 0, +1, +2. Ainsi classées, les valeurs de l'année du rapport sont représentées par la figure. La classe '0' représente les valeurs normales qui, en moyenne, peuvent apparaître tous les deux ans, avec des écarts faibles positifs ou négatifs en 4 ans. Les valeurs des classes '-1' et '+1' avec des écarts négatifs ou positifs forts apparaissent en moyenne entre quatre et douze ans, celles des classes '-2' et '+2' avec des écarts très forts à des intervalles de plus de douze ans. Dans les cas, où une telle valeur calculée se situe en dehors de ces cinq classes, il doit s'agir d'une valeur extrême qui apparaît à des intervalles de plus de 45 ans. Dans les figures, fortement généralisées, les valeurs extrêmes ne sont pas discernées parmi les autres valeurs des classes '-2' ou '+2'. 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) sont particulièrement valables pour le nouveau mode de présentation, introduit dans ce volume. 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, notamment sur les séries des températures, qui ne sont corrigées que provisoirement. Ainsi, il est à noter que, depuis 1978, la station de Säntis (7) est transformée en station automatique et que, à partir de 1981, c'est le cas des autres stations terrestres représentées dans les figures 3b et 4b ainsi que dans les figures (et les tableaux) 1 et 2.

Les tableaux 1 et 2, complémentaires aux figures 1 à 4, résument les sommes des moyennes journalières positives de la température de l'air. Les valeurs sont déterminées à partir des mesures faites à quelques stations de montagne suisses ou aux stations aérologiques de Payerne, Munich et Milan, ou calculées par extrapolation pour les sites des balises d'accumulation sur quelques névés suisses (cf. chap. 5.5). Les données sur l'enneigement (8), reportées dans les tableaux 3 et 4 pour les stations nivométriques indiquées dans la figure 5, sont commentées dans les rapports rédigés par M.Schild (IFENA) et 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 (9) sont réduites aux remarques faites dans le texte (chap. 1.2 et 1.3) et aux données reportées dans les tableaux 10 à 13 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 description des conditions climatiques (chap. 1.2 et 1.3) est reproduite (à quelques modifications près) telle qu'elle a été rédigée par P.Kasser et publiée dans l'extrait des 101e et 102e rapports glaciologiques (10).

1.2 L'ANNEE 1979/80

Le coup de froid du 20 au 22 septembre 1979, abaissant l'isotherme de zéro degré au-dessus de 2000 mètres d'altitude, a fait apparaître la première couche de neige, qui fut assez épaisse dans la partie orientale du versant nord des Alpes, dans le centre des Grisons et en Engadine. Cependant, aux altitudes moyennes et basses, l'hiver n'a commencé que plus tard. Car le beau temps d'octobre, généralement chaud (sauf au Tessin), a fait fondre cette première couche, dès la fin de septembre, par exemple à la station Gütsch (2288 m), ou dans les premiers jours d'octobre, comme par exemple aux stations du Weissfluhjoch (2540 m) et du Säntis (2500 m). Les trois stations de montagne que nous venons de citer furent enneigées définitivement entre les 15 et 17 octobre. A partir du 6 novembre ce fut également le cas des langues glaciaires situées en basse altitude, alors que les stations de Grindelwald Bort (1570 m), de Bourg-Saint-Pierre (1650 m) et de San Bernardino Dorf ne furent enneigées que le 12 décembre.

Des périodes distinctes, froides ou chaudes, se sont succédées entre octobre et avril. Au nord-est de la Suisse et au cours de cette période, on a observé des déviations généralement positives de la température. Dans les autres régions, la température moyenne des 7 mois d'hiver a correspondu à peu près à la moyenne pluriannuelle respective. La somme des précipitations hivernales, cumulées d'octobre à avril, a été très grande dans l'Oberland bernois et dans le Valais, importante dans les massifs englacés de la Suisse orientale et normale dans le sud des Alpes. L'évolution des températures estivales, de mai à septembre, a été tout à fait inhabituelle: à un mois d'avril, généralement très froid, ont succédé trois mois, qui ont été sensiblement trop froid dans toutes les régions. Dans les courbes des températures et dans celles de l'isotherme de zéro degré de la figure 1, on notera, le 22 juillet, le début d'une longue période chaude qui, le 8 octobre, s'est terminée aussi brusquement qu'elle avait commencé. La fonte de la neige s'est prolongée jusque tard dans l'été. Gütsch était libre de neige le 23 juillet, la station du Weissfluhjoch n'a suivi que le 16 août et le 28 septembre enfin, le Säntis était également débarrassé de la neige. Le 8 octobre, ces trois stations étaient de nouveau enneigées définitivement. A la plupart des stations situées au-dessus de 2000 mètres d'altitude (malgré le temps d'octobre généralement froid et pluvieux), le sol nu est réapparu, avant d'être définitivement recouvert, le 27 novembre 1980, par la nouvelle couverture de neige. Ce fut également le cas des langues glaciaires de basse altitude.

Le bilan de masse des glaciers est influencé avant tout par les précipitations annuelles et par les températures estivales. La répartition régionale des déviations de ces grandeurs par rapport à leur valeur normale est résumée dans la figure 3 (cf. chap. 1.1). La figure 3a montre des précipitations annuelles très fortes dans l'Oberland bernois et le Valais, fortes dans les Alpes uranaises et le massif de la Silvretta, normales dans le massif du Tödi, le centre des Grisons, en Haute-Engadine et au sud des Alpes. Selon la figure 3b, les températures estivales étaient très basses dans les régions glaciaires des bassins du Rhône, de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat, basses dans une zone comprenant le nord du Tessin, la Haute-Engadine, le massif de la Silvretta, l'est et le nord de la Suisse, normales au sud de cette zone. L'augmentation importante de la masse des glaciers (indiqués sur la figure par un carré et une lettre) d'Aletsch (A), de Gries (G) de Limmern/Plattalva (LP) et de la Silvretta (S) est une conséquence de ces conditions climatiques. Malgré les précipitations presque partout excédentaires, les débits d'eau des bassins versants fortement englacés sont restés faibles (par exemple ceux du Rhin postérieur, mesurés à Hinterrhein, et ceux de la Massa, mesurés à Blatten sur Naters) ou n'ont atteint qu'avec peine des valeurs normales (par exemple ceux de la Lütchine, mesurés à Gsteig, et ceux de la Viège, mesurés à Viège).

Neige et avalanches de l'hiver 1979/80

Les informations suivantes sont tirées du rapport de M.Schild:

"La première neige est tombée exceptionnellement tôt. Même en basse altitude, la première couche est apparue le 22 septembre. Par la suite, le temps fut caractérisé par des précipitations intensives et, temporairement, par des températures très élevées. Au-dessus de 2000 mètres d'altitude, dès le début et jusqu'au milieu de l'hiver, l'épaisseur du manteau nival excédait la valeur moyenne. Au Weissfluhjoch (2540 m), le 7 janvier et du 4 au 6 février, elle a atteint des valeurs maximales dans la série de mesures (qui compte 44 années). En raison de la persistance d'abondantes précipitations et de basses températures, les hauteurs de neige sont restées anormalement grandes au printemps et jusque tard dans l'été. A partir du 26 juin et durant 47 jours, le Weissfluhjoch a annoncé de nouvelles valeurs maximales. En basse altitude, le temps chaud et les précipitations abondantes ont favorisé la consolidation et la stabilisation de la couche de neige. En haute altitude et surtout sur les versants à l'ombre, la stabilité des couches de fond s'est développée (au début) de manière peu favorable. Toutefois, vers la fin de l'hiver, les chutes de neiges très fortes (et qui se sont produites souvent par des températures relativement hautes) ont tassé et consolidé ces couches importantes. Par conséquent, le risque d'avalanches n'a été important que pendant de courtes périodes, à la suite de fortes chutes de neiges. Néanmoins, à plus d'une reprise durant ces périodes, on a vu tomber d'importantes avalanches et ont connaît une centaine de cas, où elles ont causé des dégâts à des bâtiments, des forêts, des routes ou des chemins de fer.

Le nombre de 27 victimes est très proche du chiffre 26 représentant la moyenne (établie depuis de nombreuses années) des personnes décédées à la suite d'une avalanche. On peut qualifier ce chiffre d'étonnamment bas, si l'on tient compte du fait que, au nombre des victimes, on compte 8 personnes qui ont perdu la vie entre juin et août. Ajoutons que, en raison du faible risque d'avalanches, nombreux furent les skieurs qui se hasardèrent sur des pentes raides. Plus d'une fois, des groupes conduits par des guides ont outrepassé les limites autorisées par la solidité de la couche de neige, inconscience qui a coûté la vie à 11 skieurs. En outre deux skieurs ont succombé dans une avalanche descendue sur une piste ouverte au public."

1.3 L'ANNEE 1980/81

En septembre 1980, le temps fut partout trop sec, sauf dans les Alpes vaudoises qui se sont signalées par un excès de pluie. Le manque de précipitations fut particulièrement sensible dans le nord-est de la Suisse, aux Grisons et au sud des Alpes. L'ablation estivale des glaciers se poursuivit donc à une allure rapide, favorisée par une température supérieure à la norme et un ensoleillement généreux. Le temps est resté chaud, ensoleillé et sec durant la première semaine d'octobre et, le 7 de ce mois, l'isotherme de zéro degré se trouvait encore au-dessus de 3000 mètres sur mer. Ces conditions changèrent brusquement la nuit suivante, ce qui apporta des précipitations abondantes sur les deux versants des Alpes. Le 8 octobre, les champs de mesure du Weissflühjoch (2540 m), du Säntis (2500 m) et du Gütsch (2288 m) furent définitivement enneigés. Le 9, ce fut le tour des stations de Berninahäuser (2049 m) et du Grimsel (1970 m), la neige descendant jusque vers 850 mètres sur mer au nord des Alpes. A plusieurs reprises, le mois d'octobre vit défiler des masses d'air chaud ou froid. Le 16, il pleuvait jusque vers 2700 mètres sur mer et, le jour suivant, la neige tombait presque jusqu'à 800 mètres sur mer. Le 18, les champs de mesure de l'hospice du Simplon, de Mauvoisin, de Pontresina, du Trübsee et de Zervreila, situés entre 2000 et 1735 mètres d'altitude, furent définitivement enneigés. Le 23 octobre, l'isotherme de zéro degré remontait à 3000 mètres, tandis que, trois jours plus tard, la neige réapparaissait jusqu'à 1000 mètres au nord des Alpes et jusqu'à 1400 mètres sur le versant méridional. C'est ce jour-là que l'hiver s'installa au col de la Maloja (1810 m). Une nouvelle invasion d'air chaud fit remonter le thermomètre du Jungfrauoch-Sphinx (3576 m) à +2°C les 27 et 28 octobre. La somme des précipitations du mois d'octobre fut légèrement supérieure à la norme dans le nord-est de la Suisse et au Tessin; elle était fortement excédentaire dans les autres régions du pays où, malgré des afflux d'air doux provoquant des débits considérables, la neige s'accumula en quantité importante en altitude. C'est ainsi qu'en octobre, dans le bassin du Rhône, en amont du Léman ou, plus précisément, en amont de la station limnigraphique de la Porte du Scex, les réserves en eau ont augmenté de 0.7 kilomètre cube, soit une lame de plus de 100 millimètres d'eau répandue uniformément sur les 5220 kilomètres carrés du bassin versant.

En novembre, la température a encore varié dans de très larges limites. Au début du mois, un froid rigoureux s'installa pendant quelques jours sur toute la Suisse, créant des conditions de gel (du 2 au 5 novembre) même dans les régions basses de la Suisse orientale. Il fit de nouveau assez chaud sur les Alpes du 16 au 26 novembre, l'isotherme de zéro degré remontant jusqu'à 3500 mètres sur mer le 23. Le froid réapparut les derniers jours du mois. Comme le montre le tableau 4, la neige s'installa définitivement, le 27 novembre, dans la majorité des stations des vallées des Alpes et apparut jusqu'en plaine, au nord de cette chaîne de montagnes. Au sud des Alpes, le manteau neigeux ne s'accrut que très lentement en raison d'une période de sécheresse extraordinairement longue qui dura de novembre à février. Il en fut de même en Engadine pendant ces mois et dans le Haut-Valais en novembre seulement. Le mois de janvier apporta des précipitations très abondantes en toutes régions, sauf au Tessin et en Engadine où la norme ne fut qu'à peine dépassée. Février fut un peu sec partout, et ce n'est qu'avec le mois de mars que des précipitations générales et importantes mirent un terme à la sécheresse du sud des Alpes. La suite de l'année se caractérisa par une alternance assez régulière de mois secs et humides jusqu'en septembre.

La couche de neige diminua fortement durant la longue période de chaud qui prit place entre le 20 mars et le 16 avril. En avril, les débits des torrents alpins des bassins du Rhône, du Rhin et de l'Inn dépassèrent de beaucoup les quantités usuelles. La plupart des stations nivométriques virent la neige disparaître trois à cinq semaines

plus tôt qu'en 1980, cet événement survenant le 16 juin au Gütsch, le 10 juillet au Weissfluhjoch et le 25 août au Säntis. Après un mois de juillet plutôt froid et pluvieux, août et septembre furent assez secs et normaux, voire chauds. L'ensoleillement se révéla évidemment déficitaire pendant les mois pluvieux, ainsi qu'en juin, alors qu'il atteignit des valeurs normales ou un peu plus fortes en avril et en août.

Malgré les températures légèrement trop chaudes en septembre, le manteau neigeux de l'hiver 1981/82 a commencé à se former déjà pendant ce même mois. De très fortes précipitations se produisirent vers la fin de septembre. Avec 979 millimètres, Camedo signale, par exemple, le second record depuis 1901 pour le mois de septembre; de cette lame d'eau, 885 millimètres sont tombés entre le 21 et le 28 septembre, dont 429 entre le 25 et le 28. Dans les chiffres du tableau 9, traitant des bilans de masse de quelques glaciers en 1980/81, l'accroissement dû aux abondantes précipitations de septembre 1981 n'apparaît entièrement que pour les glaciers de la région d'Aletsch, les mesures sur le terrain ayant été exécutées le 1er septembre déjà aux glaciers de Limmern et de Plattalva, le 12 dans la région de la Silvretta et le 24 au glacier de Gries. Octobre fut aussi riche en précipitations, mais sur le versant nord des Alpes cette fois-ci. La neige s'installa définitivement le 12 octobre au Weissfluhjoch, et le 22 au Gütsch et au Säntis. Dans les stations plus basses, la neige disparut à nouveau pour réapparaître de façon permanente à partir du 28 novembre.

Durant l'année hydrologique 1980/81, les sommes de précipitations d'octobre à avril furent plus faibles que la norme au Tessin, tandis qu'elles atteignaient ou dépassaient celle-ci dans les autres régions, l'excédent se révélant assez considérable en Engadine et dans quelques stations du Valais. De mai à septembre, la somme des précipitations a fortement dépassé la norme dans le val de Poschiavo, au Tessin et en Valais, un peu moins dans les autres régions.

La distribution spatiale des écarts des précipitations d'octobre 1980 à septembre 1981 et des températures estivales moyennes de mai à septembre 1981, par rapport aux normes, est représentée graphiquement dans la figure 4 (cf. chap. 1.1). La figure montre que les précipitations annuelles ont fortement (voire très fortement) dépassé la norme dans les régions englacées des Alpes suisses. En revanche, les températures estivales ne se sont guère écartées de la norme, à l'exception de quelques régions limitées.

Neige et avalanches de l'hiver 1980/81

Voici le rapport de M.Schild:

"L'hiver 1980/81 s'est signalé de façon toute particulière par un enneigement abondant sur le versant nord des Alpes, ainsi que sur les montagnes du nord du Valais et des Grisons d'une part, et par un manque très marqué de neige dans le sud du Valais, au Rheinwald, dans la région d'Avers et en Engadine d'autre part. Cette situation a commencé en octobre déjà par de notables chutes de neige sur les régions septentrionales. Mais les épaisseurs du manteau neigeux supérieures à la moyenne ne sont apparues qu'avec l'apport des fortes chutes de neige survenues à plusieurs reprises entre la fin de novembre et le 20 janvier. Le côté inusité de cette abondance de neige dans ces régions apparaît dans les nouveaux records d'épaisseur du manteau neigeux, relevés à huit stations de mesure de l'IFENA, et dans le fait, pour 18 autres stations, que l'hiver 1980/81 se range parmi les cinq hivers les plus enneigés.

L'absence de précipitations hivernales au sud des Alpes et sur les régions limitrophes eut pour résultat qu'on releva, en plusieurs endroits, les couches de neige les plus faibles depuis le début des mesures. La ligne séparant les régions septentrionales, enneigées au-delà de la moyenne, et celles du sud annonçant un fort déficit passait par le Cervin, la vallée supérieure du Rhône, le Grimsel, le Saint-Gothard, l'Adula, le Piz Kesch et S-charl.

Les conditions du début de l'hiver déterminèrent tout d'abord une base instable du manteau neigeux, ce qui provoqua de nombreuses avalanches, à la suite des fortes chutes de neige ultérieures. On en a recensé 207 qui causèrent de grands dégâts matériels aux bâtiments, à la forêt, à des voies de communication et à des installations techniques. De nombreuses personnes furent aussi ensevelies, et la mort a frappé à 17 reprises. Parmi les 27 personnes qui ont perdu la vie dans des avalanches durant l'hiver 1980/81, on ne compte que des touristes.

Il n'est pas surprenant de ne compter aucune victime au sud des Alpes. En effet, aucune avalanche ne peut survenir lorsque la neige manque! Il est, en revanche, plus étonnant de n'enregistrer que cinq accidents mortels dans les régions septentrionales extraordinairement enneigées. Les douze accidents restants qui ont fait 22 victimes se sont produits en Valais, ainsi que dans le centre et le sud des Grisons où l'enneigement atteignait juste la moyenne pluriannuelle."

Tabelle 1. Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten April bis Oktober 1980 1)

a) absolute Werte, Gradtagssumme (°C)

Station	Höhe m ü.M.	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai-Sept.
Messstationen:									
Gütsch	2287	1	14	85	170	265	204	68	738
Säntis (ANETZ)	2490	0	10	52	100	192	141	40	495
Weissfluhjoch	2667	0	2	44	107	200	144	40	497
Jungfrauojoch (Sphinx)	3578	0	0	1	20	41	19	0	81
Payerne (700 mb) 2)	3100	0	0	20	61	122	86	30	290
München (700 mb) 2)	3100	0	0	21	48	87	66	14	222
Mailand (700 mb) 2)	3100	0	0	34	95	166	110	38	405
Extrapolierte Werte für Firngebiete:									
Clariden 3a)	2700	0	1	32	103	182	125	33	443
Clariden 3a)	2900	0	0	20	77	147	91	20	335
Silvretta 3b)	2750	0	1	38	98	189	133	35	459
Jungfraufirn (P3) 3c)	3350	0	0	6	33	65	35	4	139

1) Temperaturmessungen der SMA. Sommersummen publiziert im Auszug des 101. Gletscherberichts in "Die Alpen" 4/1981 mit heute nicht mehr gültiger Quellenangabe (s. Fussnote 1 zu Tab. 1 des vorangehenden Jahrbuchs). Monatssummen berechnet aufgrund der Monatstabellen, die in den Annalen der SMA 1980 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 Sondaufstiege um 0 und um 12 Uhr Weltzeit.

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

b) relative Werte, in Prozenten des Periodenmittels 1959/81

Station	Höhe m ü.M.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai-Sept.
Messstationen:								
Gütsch	2287	26	58	77	119	127	74	92
Säntis (ANETZ)	2490	24	50	65	122	121	57	86
Weissfluhjoch	2667	6	47	70	126	127	68	90
Jungfrauojoch (Sphinx)	3578		13	81	179	184		124
Payerne (700 mb)	3100		56	84	162	163		119
München (700 mb)	3100		66	81	130	146		105
Mailand (700 mb)	3100		69	95	164	177		126
Extrapolierte Werte für Firngebiete:								
Clariden	2700	3	35	71	124	129	78	90
Clariden	2900		35	68	132	130	77	94
Silvretta	2750	4	45	70	129	131	70	92
Jungfraufirn (P3)	3350		30	77	154	152	42	108

Bemerkungen: siehe oben (Tab. 1a).

Tableau 2. Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air, mois d'avril à octobre 1981 1)

a) valeurs absolues, somme des degrés-jours (°C)

Station	Altitude m s.m.	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Mai-Sept.
Stations d'observations:									
Gütsch (ANETZ)	2287	37	52	156	188	252	162	65	810
Säntis (ANETZ)	2490	30	48	123	125	175	118	46	589
Weissfluhjoch (ANETZ)	2690	10	37	114	123	177	101	34	552
Jungfrauoch (Sphinx)	3578	0	2	21	15	33	4	0	75
Payerne (700 mb) 2)	3100	0	10	58	62	110	47	18	287
Munich (700 mb) 2)	3100	2	16	59	41	87	48	12	251
Milan (700 mb) 2)	3100	0	14	89	96	146	56	30	401
Valeurs extrapolées pour les névés de:									
Clariden 3a)	2700	6	17	95	116	170	89	22	487
Clariden 3a)	2900	0	9	71	86	134	59	10	359
Silvretta 3b)	2750	7	31	105	113	166	91	28	506
Jungfrauoch (P3) 3c)	3350	0	6	38	34	61	16	1	155

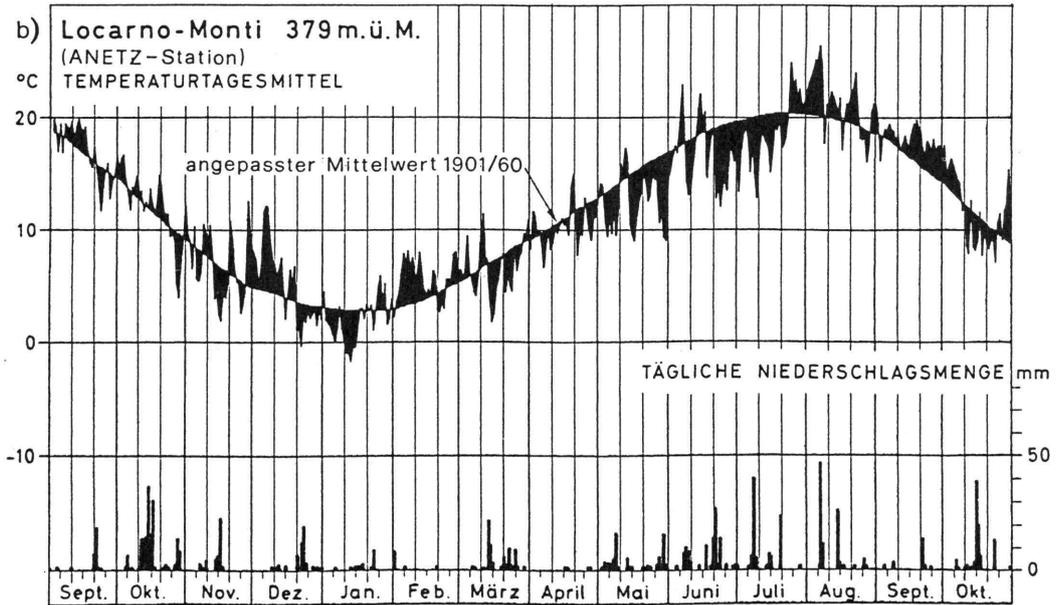
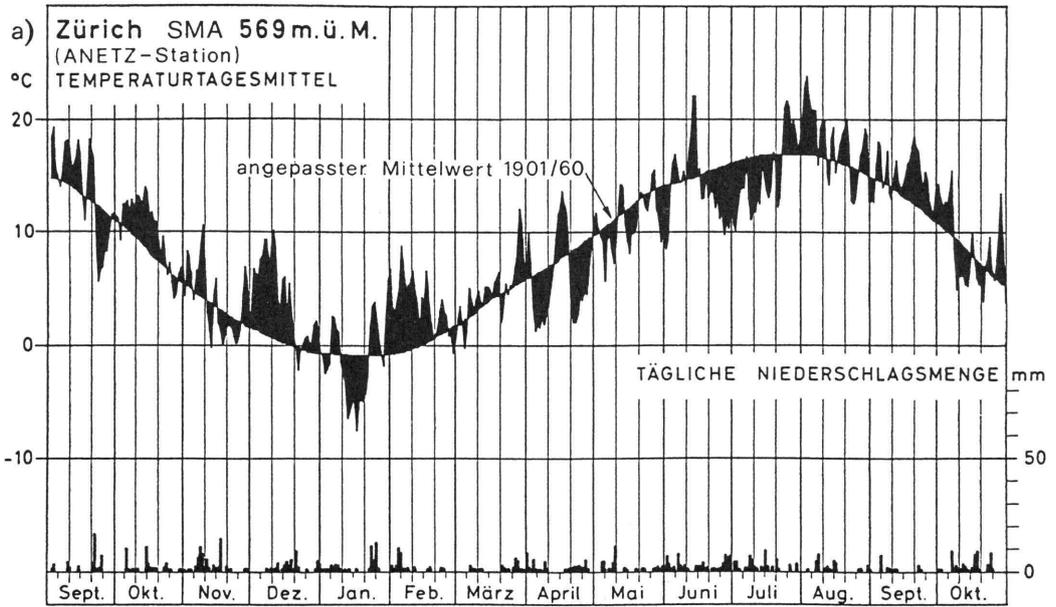
- 1) Observations de l'ISM. Sommes estivales publiées dans l'extrait de notre 102e rapport (v. "Les Alpes" 4/1982) avec référence devenue invalable (cf. remarque 1 du tabl. 2 dans l'annuaire précédent). Sommes mensuelles déterminées à partir des tableaux mensuels, publiés in extenso pour Säntis, en extrait pour les autres stations dans "Annalen der SMA 1981".
- 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 (ANETZ), b) Weissfluhjoch (ANETZ), c) Jungfrauoch (Sphinx).

b) valeurs relatives, en pour-cent des moyennes respectives de la période 1959/81

Station	Altitude m s.m.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Mai-Sept.
Stations d'observations:								
Gütsch (ANETZ)	2287	95	108	85	113	100	71	101
Säntis (ANETZ)	2490	117	117	82	112	101	66	103
Weissfluhjoch (ANETZ)	2690	103	122	79	114	94	61	101
Jungfrauoch (Sphinx)	3578	(213)	(271)	62	142	42		115
Payerne (700 mb)	3100	128	163	85	146	89		118
Munich (700 mb)	3100	187	186	69	130	106		119
Milan (700 mb)	3100	132	181	96	144	90		124
Valeurs extrapolées pour les névés de:								
Clariden	2700	87	106	81	116	91	51	99
Clariden	2900	97	123	76	119	85	38	101
Silvretta	2750	108	127	81	116	95	62	103
Jungfraufirn (P3)	3350	(316)	(210)	79	144	71	15	120

Remarques: voir ci-devant (tabl. 2a).

Abbildung 1. Witterung im Jahr 1979/80 an einigen Stationen der SMA
 Lufttemperatur (Tagesmittel): a) Zürich, b) Locarno, c) Jungfrauoch
 Höhe der Nullgradisotherme: d) Payerne
 Niederschlag (Tagesmenge): a) Zürich, b) Locarno, e) Säntis, f) Sitten



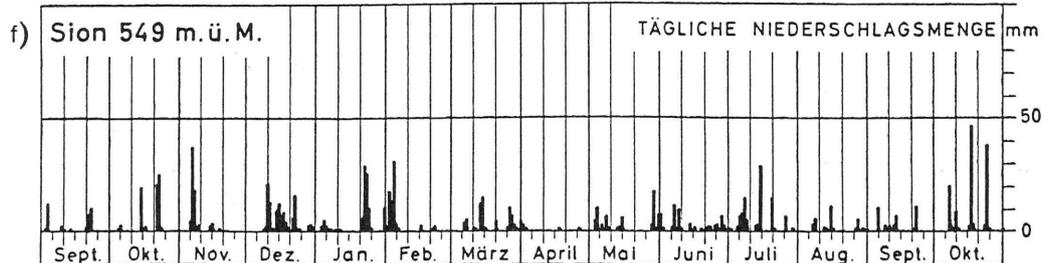
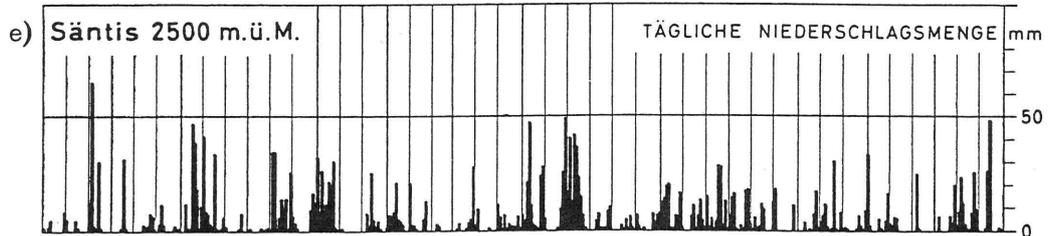
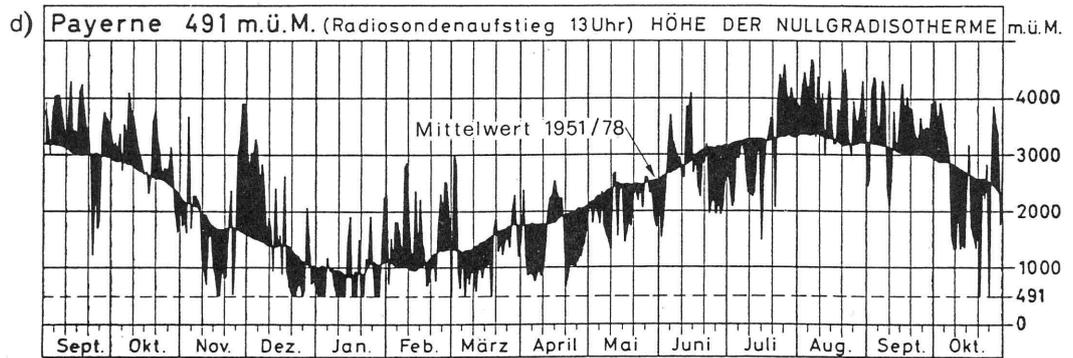
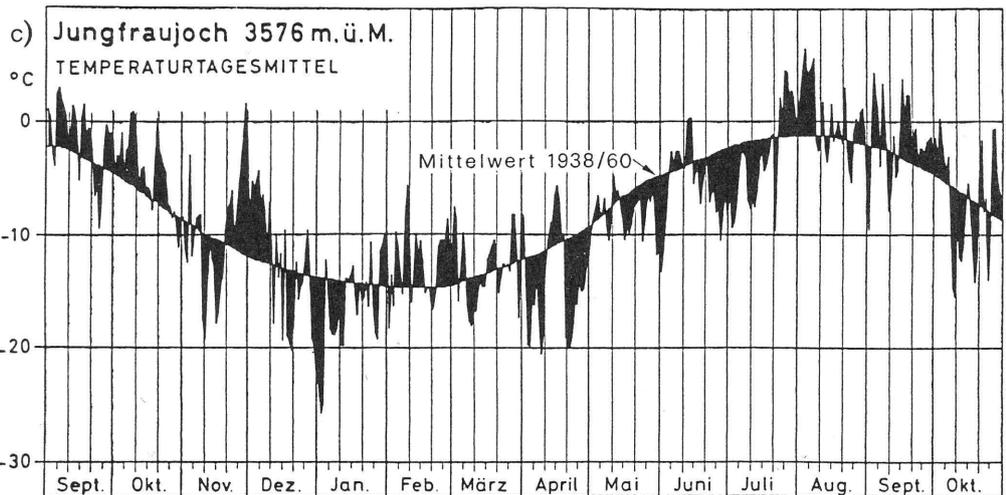
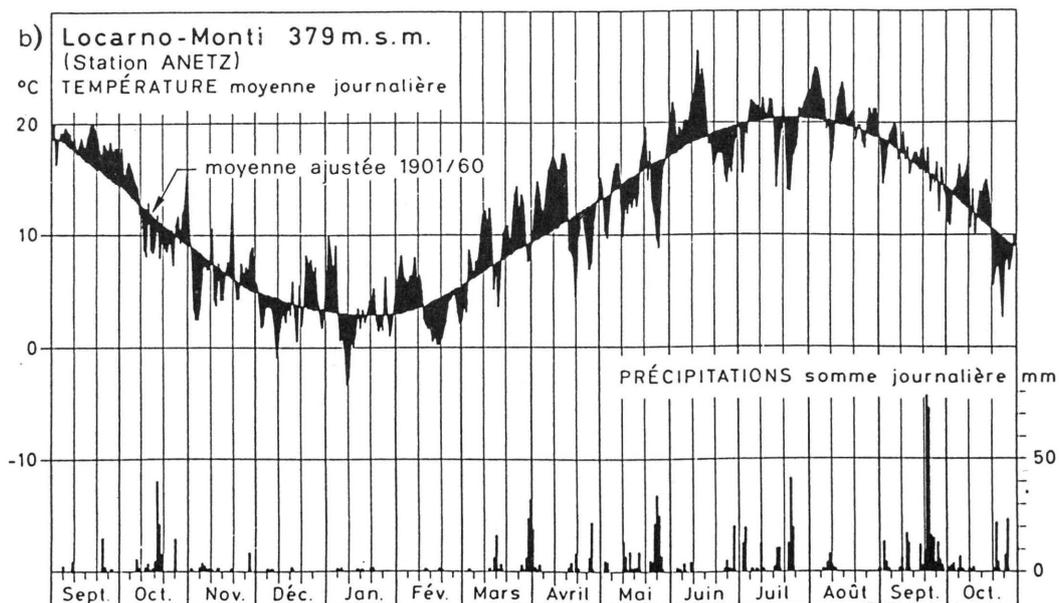
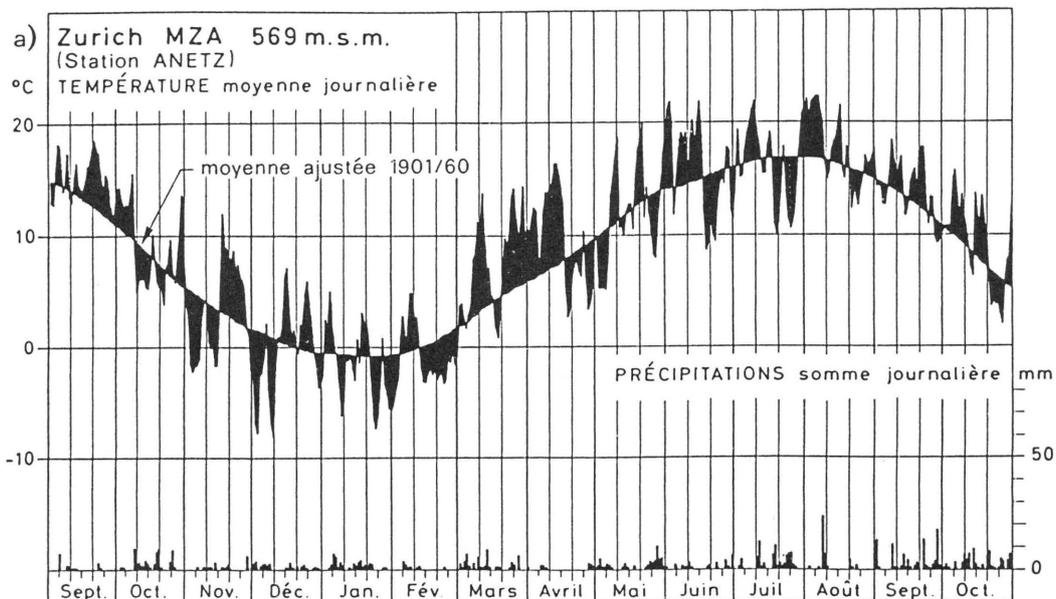


Figure 2. Conditions météorologiques en 1980/81 à quelques stations de l'ISM
 Température de l'air (moyenne journalière): a) Zurich, b) Locarno, c) Jungfrauoch
 Altitude de l'isotherme zéro degré: d) Payerne
 Précipitations (somme journalière): a) Zurich, b) Locarno, e) Saentis, f) Sion



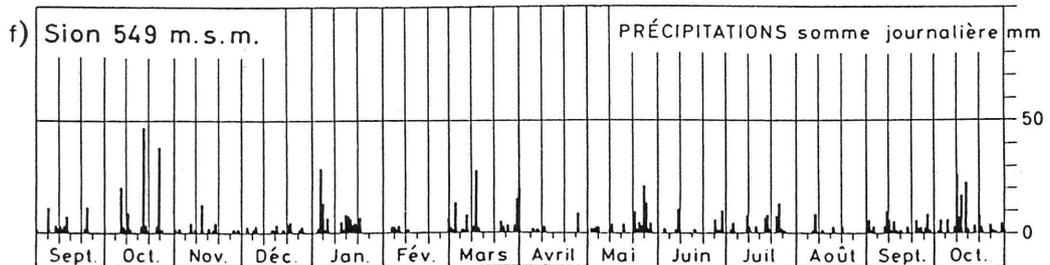
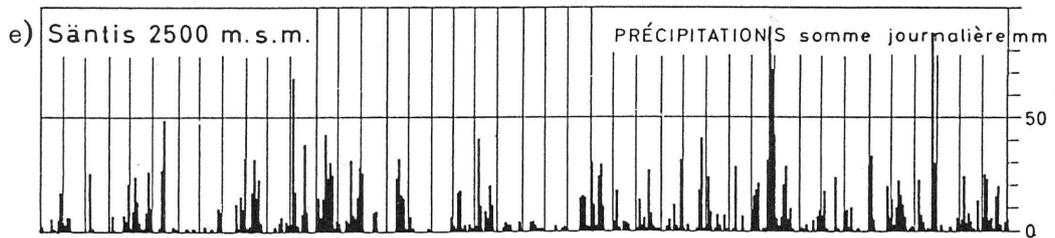
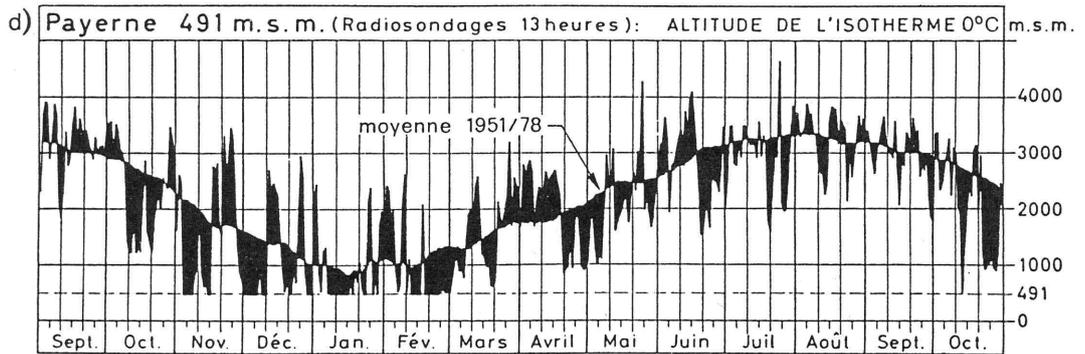
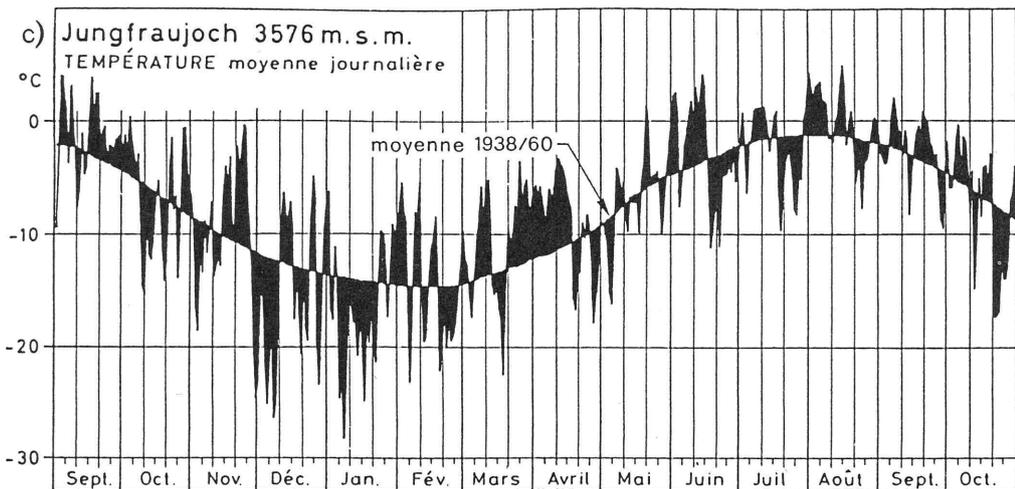
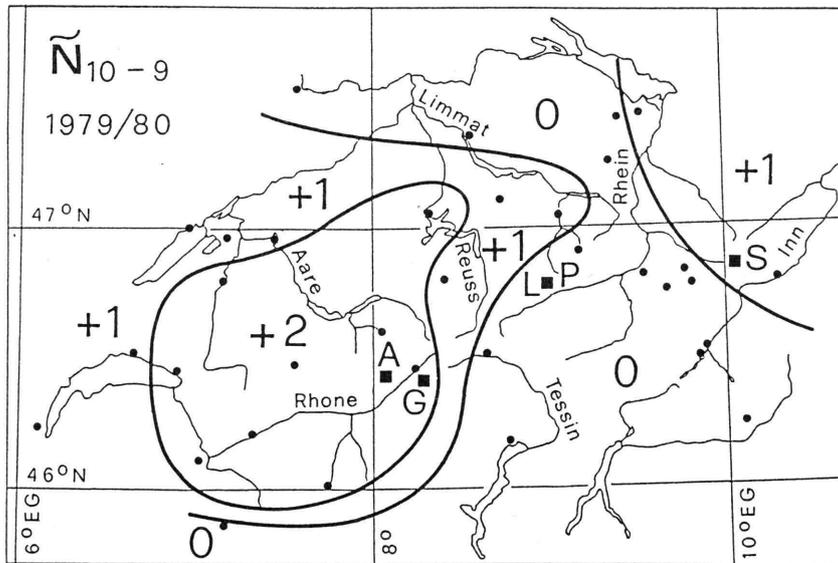


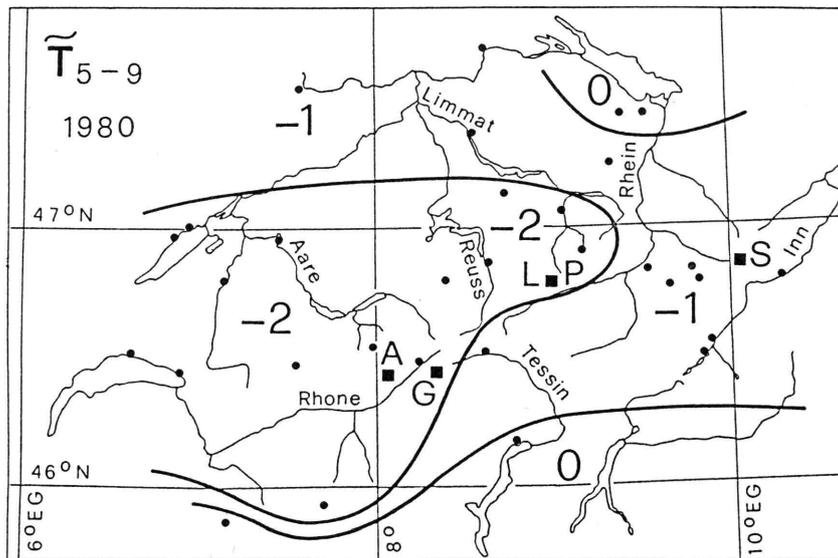
Abbildung 3. Regionale Abweichungen vom Normalklima, dargestellt durch standardisierte Werte des Jahresniederschlags 1979/80 und der Sommertemperatur 1980

a) Jahresniederschlag 1979/80: Summe der Niederschläge vom 1.10.1979 bis 30.9.1980



Klassierung der Niederschlagsmengen 1979/80: 0 = normal, +1 = gross, +2 = sehr gross

b) Sommertemperatur 1980: durchschnittliche Lufttemperatur vom 1.5. bis 30.9.1980



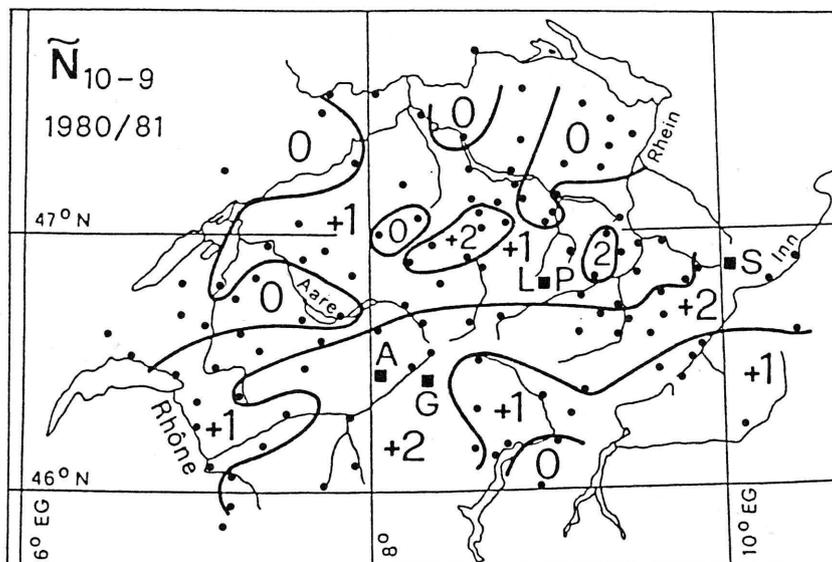
Klassierung der Sommertemperatur 1980: -2 = sehr kalt, -1 = kalt, 0 = normal

● Niederschlagsmessstationen (Abb. 3a) oder Klimastationen (Abb. 3b) der SMA

■ Haushaltsgletscher (vgl. Tab. 9): A = Aletsch, G = Gries, LP = Limmern/Plattalva, S = Silvretta

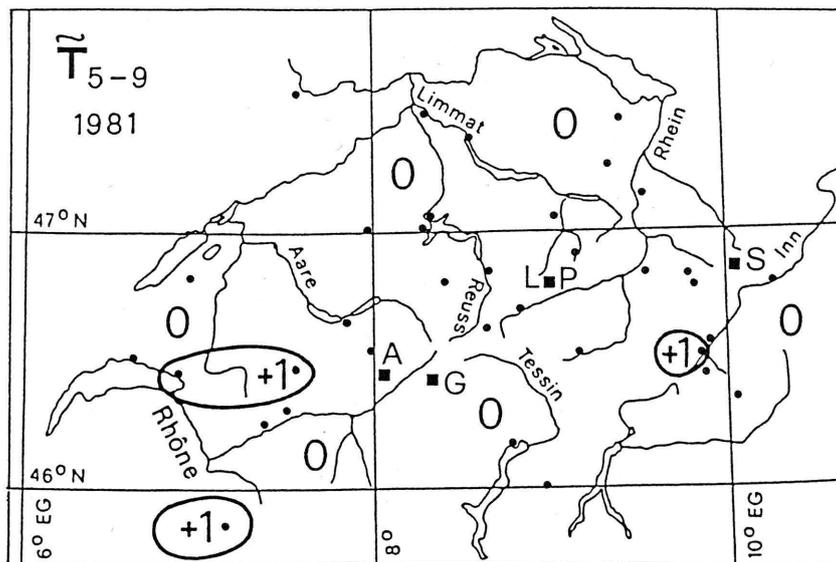
Figure 4. Déviations régionales du climat par rapport à la norme: valeurs standardisées des précipitations annuelles 1980/81 et des températures estivales 1981

a) Précipitations annuelles 1980/81: somme des précipitations, du 1.10.1980 au 30.9.1981



Classification de la pluviosité 1980/81: 0 = normale, +1 = forte, +2 = très forte

b) Températures estivales 1981: température moyenne de l'air, du 1.5. au 30.9.1981



Classification des températures estivales 1981: 0 = normales, +1 = chaudes

- Stations pluviométriques (fig. 4a) ou climatologiques (fig. 4b) de l'ISM
- Glaciers de bilan (cf. tabl. 9): A = Aletsch, G = Gries, LP = Limmern/Plattalva, S = Silvretta

1.4 DATEN ÜBER DIE WINTERSCHNEEDECKE

Bemerkungen zu den Schneemessstationen

In Abbildung 5 eingezeichnet und in den Tabellen 3 und 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 EISLF und der VAW. Weitere Daten sind im Jahrbuch "Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1979/80", Winterbericht des EISLF Nr. 44, und im entsprechenden Jahrbuch für das Jahr 1980/81, Winterbericht Nr. 45, veröffentlicht (siehe Literaturangaben zu Kapitel 1.1).

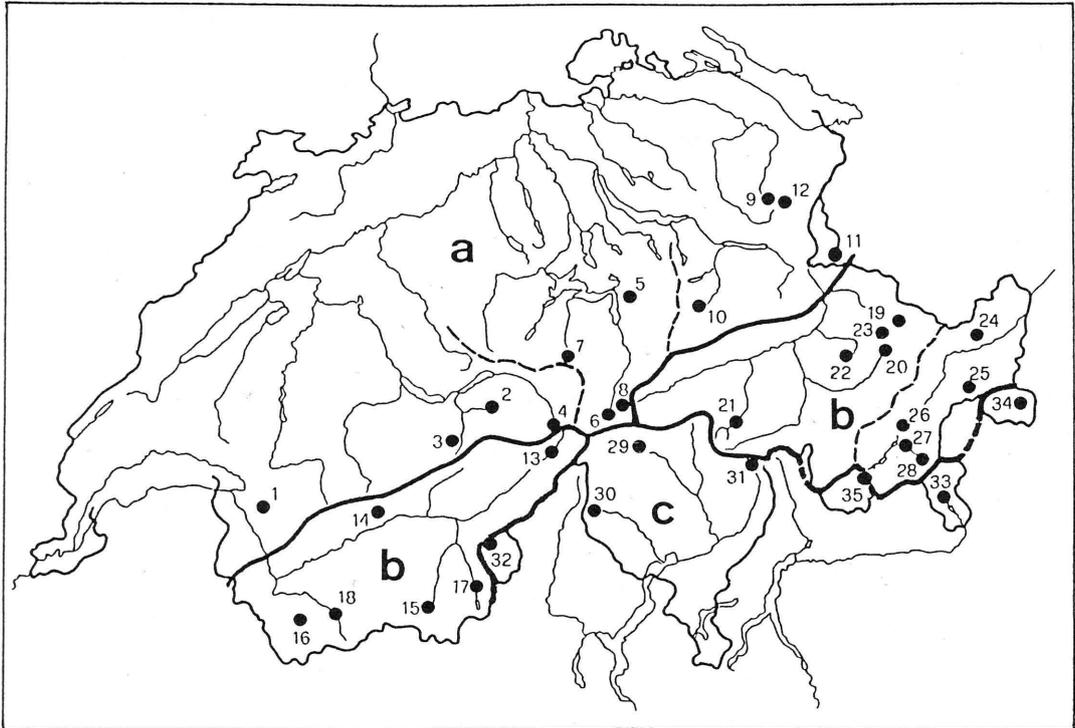
1.4 DONNEES NIVOLOGIQUES

Remarques concernant les stations nivométriques

Les stations nivométriques indiquées à la figure 5 ainsi que dans les tableaux 3 et 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 nos 8, 12 et 17 appartiennent au réseau de l'ISM, les stations nos 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 1979/80", rapport hivernal no. 44 de l'IFENA, concernant l'hiver 1979/80, et dans l'annuaire respectif no. 45, concernant l'hiver 1980/81 (voir références du chapitre 1.1).

Abbildung 5. Schneemesstations

Figure 5. Stations nivométriques



Legende - Légende

a) Alpen Nordseite
Versant nord des Alpesb) inneralpine Gebiete
Régions internesc) Alpensüdseite
Versant sud des Alpes

Nr. Station	Höhe m ü.M.	No. Station	Altitude m s.m.	No. Stazione	Altezza m s.m.
1 Leysin	1250	13 Ulrichen	1345	29 Ambri	1000
2 Grindelwald Bort	1570	14 Montana	1470	30 Bosco-Gurin	1510
3 Mürren	1670	15 Zermatt	1610	31 San Bernardino Dorf	1630
4 Grimsel	1970	16 Bourg-Saint Pierre	1650	32 Simplon Hospiz	2000
5 Stoos	1290	17 Saas Almagell	1667	33 Poschiavo	1014
6 Andermatt	1440	18 Mauvoisin	1840	34 Santa Maria	1400
7 Trübsee	1800	19 Klosters	1200	35 Maloja	1810
8 Güttsch	2287	20 Davos	1560		
9 Schwägalp	1290	21 Zervreila	1735		
10 Braunwald	1320	22 Arosa	1818		
11 Malbun (FL)	1600	23 Weissfluhjoch	2540		
12 Säntis	2500	24 Ftan	1710		
		25 La Drossa	1710		
		26 Samegán	1710		
		27 Pontresina	1840		
		28 Berninahäuser	2049		

Tabelle 3. Schneedecke des Winters 1979/80

Station	Meeres- höhe m ü.M.	Permanente Schneedecke			Schneehöhe		Wasseräquivalent	
		Periode		Dauer	grösster Wert		grösster Wert	
		vom	bis	Tage	cm	Datum	mm	Datum
Leysin	1250	12.12.	14.4.	125	90	3.+4.2.	291	16.3.
Grindelwald Bort	1570	12.12.	20.5.	161	137	4.4.	389	15.3.
Mürren	1670	10.12.	14.5.	157	130	15.3.	363	14.4.
Grimsel	1970	28.10.	17.7.	264	505	24.4.	-	-
Stoos	1290	12.12.	19.5.	160	158	10.4.	449	3.5.
Andermatt	1440	6.11.	20.5.	197	166	14.3.	485	2.4.
Trübsee	1800	30.10.	29.6.	244	272	23.4.	963	28.4.
Gütsch	2287	16.10.	19.7.	278	406	27.+28.4.	-	-
Schwägalp	1290	12.12.	22.5.	163	190	27.4.	613	16.3.
Braunwald	1320	12.12.	25.5.	166	180	4.4.	503	2.5.
Malbun (FL)	1600	11.11.	22.5.	194*	130	24.4.	334	1.5.
Säntis	2500	17.10.	26.9.	345	795	27.+28.4.	-	-
Ulrichen	1345	6.11.	13.5.	191	245**	15.3.**	683	3.4.
Montana	1470	12.12.	3.5.	144	236	4.2.	414	15.3.
Zermatt	1610	6.11.	3.5.	180	207	15.3.	453	2.4.
Bourg-St.Pierre	1650	12.12.	4.5.**	145**	120	4.2.+15.3.	350	18.3.
Saas Almagell	1667	16.11.	11.5.	179	240	15.3.	-	-
Mauvoisin	1840	6.11.	11.6.	219	210	14.3.	801	1.5.
Klosters EW	1200	6.11.	8.5.	185	128***	12.3.***	324	15.+31.3.
Davos Flüelastrasse	1550	6.11.	10.5.	187	139	4.+5.2.	350	15.3.
Zervreila	1735	6.11.	22.5.	199	135	24.3.	411	1.4.
Arosa	1818	6.11.	3.6.	211	148	4.4.	-	-
Weissfluhjoch	2540	15.10.	15.8.	306	294	26.4.	1106	15.5.
Ftan	1710	3.11.	6.5.	186	141	5.2.	338	15.2.
La Drossa	1710	5.11.	15.5.	193	141	5.2.	369	1.4.
Samedan	1710	6.11.	26.4.	173	96	1.2.	-	-
Pontresina	1840	5.11.	1.5.	179	145	23.12.	-	-
Berninahäuser	2049	6.11.	15.5.	192	158	4.-6.2.	-	-
Ambri	1000	12.12.	28.3.	108	84	4.2.	-	-
Bosco Gurin	1510	5.11.	27.5.	205	195	23.3.	451	30.3.
San Bernardino Dorf	1630	11.12.	1.5.**	142	112	15.+16.3.	254	1.4.
Simplon Hospiz	2000	27.10.	6.6.	224	305	15.3.	-	-
Poschiavo	1014	14.12.	16.3.	94	85	1.2.	-	-
Santa Maria	1400	11.12.	14.4.	126	89	23.1.	176	1.3.
Maloja	1810	6.11.	6.5.	183	140	23.1.	493	2.4.

*) aper am 11.12.79 - sans neige le 11.12.79

**) interpolierter Wert - valeur interpolée

***) gleicher Wert wie am 8. und 12.1.80 - valeur égalisée, en outre, les 8 et 12.1.80

Tableau 4. Enneigement de l'hiver 1980/81

Station	Altitude m s.m.	Enneigement continu			Hauteur maxi- male de neige		Equivalent en eau valeur maximale	
		du	au	durée jours	cm	date	mm	date
Leysin	1250	27.11.	2.4.	127	155	21.1	463	5.3.
Grindelwald Bort	1570	27.11.	15.4.	140	224	21.1.	553	16.2.
Mürren	1670	27.11.	14.4.	139	188	21.1.	471	27.2.
Grimsel	1970	9.10.	9.6.	244	372	7.2.	-	-
Stoos	1290	27.11.	9.4.	134	192	5.3.	567	27.2.
Andermatt	1440	27.11.	20.4.	145	218	21.1.	564	21.2.+14.3.
Trübsee	1800	18.10.	2.6.	228	298	21.1.	1019	28.2.
Gütsch	2287	8.10.	16.6.	252	440	6.2.	-	-
Schwägalp	1290	27.11.	13.4.	138	230	21.1.	742	18.3.
Braunwald	1320	27.11.	17.4.	142	258	21.1.	744	17.3.
Malbun (FL)	1600	27.11.	12.4.	137	185	21.1.	447	17.3.
Säntis	2500	8.10.	25.8.	322	610	19.3.	-	-
Ulrichen	1345	27.11.*	12.4.	137	155	6.2.	407	16.2.
Montana	1470	27.11.	8.4.	133	199	20.1.	446	1.3.
Zermatt	1610	27.11.	5.4.	130	94	21.1.	186	14.3.
Bourg-St.Pierre	1650	27.11.	2.4.	127	170	21.1.	439	1.3.
Saas Almagell	1667	27.11.	23.3.	117	30**	4.1.**	-	-
Mauvoisin	1840	18.10.	20.5.	215	260	21.1.	749	18.3.
Klosters EW	1200	27.11.	16.4.	141	172	20.1.	443	13.3.
Davos Flüelastrasse	1560	27.11.	14.4.	139	142	20.1.+7.2.	404	17.3.
Zervreila	1735	18.10.	23.4.	188	141	20.1.	394	16.3.
Arosa	1818	27.11.	9.5.	164	159	21.1.	460	14.3.
Weissfluhjoch	2540	8.10.	10.7.	276	262	18.3.	993	1.6.
Ftan	1710	-***	6.4.	-	105	21.1.	241	14.2.
La Drossa	1710	19.10.	11.4.	175	86	20.1.	205	1.3.
Samedan	1710	25.10.	29.3.	156	50	21.+22.1.	-	-
Pontresina	1840	18.10.	29.3.	163	63	21.1.	-	-
Berninahäuser	2049	9.10.	5.4.	179	105	18.+19.3.	166	7.4.
Ambri	1000	5.1.	11.3.	66	36	21.1.	-	-
Bosco Gurin	1510	3.11.	5.5.	184	89	21.1.	130	1.4.
San Bernardino Dorf	1630	27.11.	27.3.	121	62	18.3.	57	2.2.
Simplon Hospiz	2000	18.10.	21.5.	216	140	1.4.	-	-
Poschiamo	1014	13.11.	19.11.	7	15	18.3.	-	-
Santa Maria	1400	27.11.	10.3.	104	33	18.3.	41	30.1.
Maloja	1810	25.10.	13.4.	172	103	18.3.	264	26.2.

*) date interpolée - interpoliertes Datum

**) valeur égalisée, en outre, les ler, 4 et 5.3.81 - gleicher Wert wie am 1., 4. und 5.3.81

***) observations à partir du 1.12.80 - Beginn der Beobachtungen am 1.12.80

2. GLETSCHERCHRONIK

2.1 TÄTIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1979/80

Mit der Berichtsperiode 1979/80 hat das zweite Jahrhundert systematischer Beobachtungen über die Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen begonnen. Der ausserordentliche Schneereichtum des Winters und des Frühjahrs sowie die starke Verzögerung der Schneeschmelze im Hochgebirge liessen befürchten, dass im Herbst 1980 zahlreiche regelmässig beobachtete Gletscherenden tief verschneit und für die jährliche Zungenmessung unzugänglich sein würden. Luftbilder, die um den 20. August aufgenommen wurden, zeigten, dass zu diesem Zeitpunkt die Winterschneedecke in gewissen Gebieten noch weit über die Gletscher hinaus ins Vorgelände reichte, so weit wie normalerweise etwa im Juni oder Juli. Die intensive Schmelzung während der langen Schönwetterperiode von Ende Juli bis anfangs Oktober schuf wider Erwarten fast allenthalben günstige Verhältnisse sowohl für die Gletschermessung im Gelände wie auch für die Gletscherbeobachtung aus der Luft, so dass die befürchteten Behinderungen durch die Winterschneedecke in den meisten Fällen ausblieben. Erfreulicherweise konnten fast alle Beobachter ihre Gletscher während der günstigen Zeit besuchen und mit wenigen Ausnahmen auch ohne besondere Schwierigkeiten einmessen. Mit zahlreichen Vermessungsaufnahmen haben uns das Bundesamt für Landestopographie (L+T) und die Eidgenössische Vermessungsdirektion (V+D) wiederum grosszügig unterstützt. Von den 120 Gletschern des Beobachtungsnetzes (s. Abb. 6) sind insgesamt 113 erfasst worden (99 am Boden, 49 aus der Luft). Für 109 kann die Veränderung des Zungenendes seit der letzten Beobachtung in gemessenen (94) oder geschätzten (7) Zahlenwerten ausgedrückt oder mindestens richtungsmässig (8) angegeben werden, bei 2 am Boden besuchten und 2 nur im Luftbild erfassten Gletschern ist sie ungewiss, weil das Zungenende am Stichtag noch nicht ausgeapert war. Die Angaben in Tabelle 8 über die Längenänderung im Berichtsjahr 1979/80 sind in den meisten Fällen durch Messungen (90) oder andere Beobachtungen (7) im Gelände, in den übrigen Fällen durch quantitative (4) oder qualitative (8) Auswertungen von Luftbildern gewonnen worden. Die einzelnen Beiträge zum guten Gesamtergebnis verdanken wir für 69 Gletscher den staatlichen Forstdiensten der Kantone Wallis (22), Waadt (4), Bern (10), Uri (9), Obwalden (2), Glarus (1), St. Gallen (2), Graubünden (13) und Tessin (6), für 15 Gletscher den privaten Mitarbeitern P. Mercier (4), J.-L. Blanc (3), H. und V. Boss (2), W. Wild (2), A. Godenzi (2), E. Hodel und R. Zimmermann (je 1), für 4 Gletscher den Kraftwerksgesellschaften Mauvoisin und Oberhasli (je 2) und für 25 Gletscher (einschliesslich der qualitativ nach Luftbildern beurteilten Gletscher) der Abteilung für Glaziologie der VAW. Wir verdanken besonders die regelmässig mitgeteilten Ergebnisse der jährlichen luftphotogrammetrischen Auswertungen, die 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 ausgeführt worden sind. Neben den im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli aufgenommenen Aaregletschern sind weitere 66 Gletscher gezielt überflogen und damit insgesamt 142 Gletscher erfasst worden. Die jährlich wiederholten Flüge über 35 Gletschern dienen den Erhebungen der GK/SNG (10) und der Arbeitsgruppe für gefährliche Gletscher (20) sowie den Untersuchungen der VAW, die diese im Zusammenhang mit praktischen, im Auftrag von Dritten bearbeiteten Problemen oder im Rahmen ihrer wissenschaftlichen Forschung durchführt. In Verbindung mit den Aufnahmen der L+T für die Nachführung der Landeskarten haben wir Luftbilder von 27 zum Beobachtungsnetz gehörigen Gletschern erhalten. Den Informationen über die vier nicht jährlich beobachteten Gletscher Martinets, Lötschen, Dungal und Gelten liegen solche Luftbilder zugrunde.

Die Gletscherkommission dankt allen Beobachtern, allen übrigen Mitarbeitern und Institutionen, die zu unseren Erhebungen und Berichten beigetragen haben. Unser besonderer Dank geht posthum an den allzufrüh im Amt verstorbenen Kantonsforstinspektor H. Andenmatten für die sorgfältige Betreuung der Gletscherzungenmessungen im Kanton Wallis seit 1975 und für die sachgemässe Durchführung der Messungen im Forstkreis Susten während der vorangehenden 10 Jahre. Wir heissen seinen Nachfolger im Amt, Dr. G. Bloetzer in Sitten, als neuen Mitarbeiter bei den Gletscherbeobachtern willkommen.

Die jährlichen Erhebungen über die Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen beschränken sich - wie im letztjährigen Bericht erwähnt - nicht allein auf die Zungenmessungen im Beobachtungsnetz der GK/SNG. Diese stellen gewissermassen ein mit den beschränkten Mitteln der GK/SNG langfristig durchführbares Minimalpensum dar, das dank der tatkräftigen Unterstützung durch die bereits genannten Institutionen und Mitarbeiter möglich ist. Daneben werden seit Jahren oder Jahrzehnten jeden Herbst auf verschiedenen Gletschern und zu unterschiedlichen Zwecken aufwendigere Messungen vorgenommen, deren Ergebnisse uns regelmässig mitgeteilt und jeweils, z.B. in den Angaben über den Massenhaushalt einiger Gletscher, in unseren Berichten berücksichtigt, aber nicht ausführlich dargestellt werden. Als Ergebnisse besonderer Untersuchungen mit teils wissenschaftlichen, teils praktischen Zielsetzungen werden sie zu gegebener Zeit in speziellen Arbeiten veröffentlicht (z.B. Lit. 11). Wir verdanken solche Angaben über Gletscherbewegung und Massenänderung an einzelnen Punkten oder über den gesamten Massenhaushalt eines Gletschers der VAW (für vier zu Forschungszwecken und acht im Auftrag der Kraftwerke Mattmark, Mauvoisin, Linth-Limmern oder Aegina untersuchte Gletscher), den Kraftwerken Oberhasli (2) und Mauvoisin (1) sowie dem EISLF (1). Die Messungen für die GK/SNG auf dem Claridenfirn hat G. Kappenberger, Locarno-Monti, ausgeführt (vgl. Kap. 5.5).

Auf den verschiedenen Gletschern sind spezielle, in früheren Gletscherchroniken beschriebene Forschungsprojekte weitergeführt worden: die klimatologischen und glaziologischen Studien am Rhonegletscher und in seiner Umgebung durch das Geographische Institut der ETH Zürich (Lit. 12), die Analyse der Firnablagerungen auf dem Colle Gnifetti durch eine Forschungsgemeinschaft mehrerer Hochschulinstitute (Lit. 13), die Untersuchung der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Gletscherabflüsse in der Umgebung von Zermatt durch eine Forschergruppe der Universität Manchester (Lit. 14), die glaziologischen Messungen am Grubengletscher im Saastal und die Ergründung der Dauerfrostverhältnisse in seiner Umgebung durch Mitarbeiter der VAW gemeinsam mit anderen Wissenschaftlern (Lit. 15) seien als Beispiele genannt. Im Rahmen der Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Gletscherabfluss und Gletscherbewegung hat die VAW auf dem Findelengletscher eine Messkampagne zur Bestimmung der kurzfristigen Schwankungen der Fliessgeschwindigkeiten des Eises an der Oberfläche und des Wasserdruckes an der Sohle des Gletschers durchgeführt (Lit. 16). Über gleichartige Untersuchungen an anderen Gletschern haben wir in Text und Bild der vorangehenden Gletscherberichte informiert. Am Findelengletscher begann - zufällig - die Messkampagne gerade zu der Zeit, als der jahrzehntelang stark, in den letzten Jahren unregelmässig und weniger stark schwindende Gletscher unvermittelt und unerwartet schnell vorzustossen begann. Der spektakuläre Vorstoss darf - auch aus glaziologischer Sicht, nicht nur wegen der ihm zuteil gewordenen Publizität - als besonderes Ereignis in unserer Chronik vermeldet werden. Den nachstehend aus dem Jahresbericht 1980 der VAW wiedergegebenen Kurzbericht von A. Iken (VAW), die als Leiterin der erwähnten Messkampagne das Vorstossen des erwähnten Gletschers aus unmittelbarer Nähe beobachtet hat, ergänzen die Farbaufnahmen 151 bis 159 in Kapitel 4.1 des vorliegenden Jahrbuchs.

(Lit. 11-25) siehe Literaturangaben am Schluss des Kapitels (S. 56/57).

"Unter den gegenwärtigen Gletschervorstössen ist derjenige des Findelengletschers einer der auffälligsten, da bei diesem Gletscher nicht eine allmähliche Verdickung der Zunge, sondern eine markante Zunahme der Gleitgeschwindigkeit den Ablauf des Vorstosses bestimmt. Nachdem sich der Gletscher während der letzten 30 Jahre fast ständig zurückgezogen hatte, wie aus den Messungen des Zungenstandes durch die Gletscherkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft hervorgeht, wurden im Juli 1979 die ersten, unauffälligen Anzeichen eines beginnenden Vorstosses bemerkt. Im Winter 1979/80 erreichte die Geschwindigkeit etwa zwei Kilometer oberhalb des Zungenendes bereits den unerwartet hohen Wert von 0.4 Metern im Tag; zugleich begann eine Aufschiebung des Eises am rechten Gletscherrand. Während der Schneeschmelze stieg die Geschwindigkeit weiter auf 0.55 Meter im Tag (in einer vergleichbaren Periode 1973 betrug die Geschwindigkeit nur etwa die Hälfte!). Am rechten Rand entstand jetzt ein stellenweise bis zu 10 Metern hoher zerklüfteter Eiswall, längs welchem das bewegte Eis vom ruhenden losgerissen wurde (Bild 151). Seither bewegt sich der rechte, dickere Teil des Gletschers wie ein Block, d.h. fast ohne Geschwindigkeitgefälle von der Gletscherachse zum Rand hin, talabwärts. Bis zum Oktober 1980 ist die Gletscherzunge innerhalb eines Jahres rund 85 Meter vorgestossen; sie befindet sich gegenwärtig noch in einer Entfernung von etwa 100 Metern von einer Wasserfassung der Kraftwerke Grande Dixence. Nachdem die Geschwindigkeit des Gletschers bis zum Oktober 1980 allmählich abgenommen hatte, wurde im November wieder eine leichte Zunahme gemessen. Zur weiteren Erfassung des Vorstosses werden von der Abteilung für Glaziologie Geschwindigkeitsmessungen an mehreren Stangenprofilen im Gletscher in regelmässigen Zeitabständen fortgesetzt. Die Dickenzunahme des Eises soll vor allem aus Luftaufnahmen bestimmt werden."

Zusätzlich zu den im Zitat erwähnten Messungen wird neuerdings das Vorrücken der Zungenfront durch tägliche Aufnahmen mit einer automatischen Kleinbildkamera auf Farbfilm festgehalten.

Wie die Wasserfassung am Findelenbach (Lit. 17) sind auch anderswo verschiedene technische Einrichtungen im Hochgebirge durch vorstossende Gletscher gefährdet. Zahlreiche Wasserfassungen von Kraftwerkanlagen sind z.T. bereits vor Jahren mit Eis überführt worden, indem die vorstossende Gletscherzunge wie z.B. am Bisgletscher über sie hinwegfuhr. In anderen Fällen sind Wasserfassungen vor Gletscherzungen, die über Felsstufen abbrechen, durch die im Laufe des Vorstosses häufiger und grösser gewordenen Eisstürze zugeschüttet worden wie z.B. am Festi oder am Hohberg. Das Beispiel des Bisgletschers zeigt, dass bei geeigneten Massnahmen und unter günstigen Umständen Wasserfassungen auch subglazial ihren Zweck erfüllen können. Für den Fall, dass auch sie vom Gletscher überfahren wird, soll nun die Wasserfassung am Findelenbach zweckmässig umgebaut werden. Der Vorstoss der Technik in die Gletscherregionen hat im Zusammenhang mit dem Wachstum der Gletscher in zunehmendem Masse zu Schwierigkeiten beim Betrieb von Seilbahnen, Skiliften oder anderen, zu touristischen Zwecken erstellten technischen Anlagen geführt (Lit. 18). Die Probleme bestehen einerseits im erhöhten Gefahrenrisiko durch vermehrtes Auftreten von Eisstürzen an Hängegletschern (Lit. 19) oder neuerdings auch an vorstossenden Gletscherzungen, andererseits im erschwerten Unterhalt der Anlagen auf oder unmittelbar am Gletscher infolge der verstärkten Eisbewegung.

Nach starken Schneefällen gingen am 5. Februar 1980 im Mattertal zwischen Herbrigen und Zermatt mehrere Grosslawinen nieder, die grossen Sachschaden verursachten. Eine davon stürzte vom Weisshorn über den Bisgletscher gegen das Dorf Randa, wo sie die Strasse und die Bahnlinie verschüttete, die Stromleitungen umwarf und mehrere Gebäude zerstörte oder beschädigte. Der bis 15 Meter hohe, schätzungsweise eine Million Kubikmeter messende Lawinenkegel staute die Vispa zu einem etwa 500'000 Kubikmeter Wasser enthaltenden See, der bis an das Dorf reichte und mehrere Keller überflutete. Durch ei-

nen gedeckten Abflusskanal soll in zukünftigen ähnlichen Fällen der Rückstau der Vispa vermieden werden. Ob die Lawine wie bei den Katastrophen von 1636 und 1819 (siehe 93. Gletscherbericht) durch einen Eissturz ausgelöst worden ist, steht nicht fest. Nach Angaben einheimischer Gewährleute ist sie an der Ost- und an der Nordostflanke des Weiss- horns auf etwa 4200 bis 4300 Metern über Meer losgebrochen (Mitteilung A.Bezinge, Sitten, vom 19. Februar 1981).

Der Gornersee hat sich erst spät, am 12. bis 14. August 1980, und mit einem verhältnismässig geringen Spitzenabfluss von 25 Kubikmetern in der Sekunde entleert. Auch die ausgeflossene Wassermenge von insgesamt 1.3 Millionen Kubikmetern war kleiner als in früheren Jahren. Ebenfalls im August floss infolge der starken Schmelze der See im Vorfeld des Weingartengletschers über und löste im Rotbach einen Murgang aus. Der mitgeführte Schutt verstopfte eine Wasserfassung der Kraftwerke Grande Dixence, die Strasse zur Täschalp musste zeitweilig gesperrt werden. Ähnliche Vorkommnisse sind von 1948 bekannt und hatten schon im August 1892 Schäden in Täsch angerichtet. Die grosse Täschbachüberschwemmung von 1957 jedoch wurde durch ein Schmelzhochwasser aus dem westlich an den Rotbach angrenzenden Südhang der Leiterspitzen verursacht. Ausbrüche von intra- oder subglazialen Wassertaschen sind im Berichtsjahr am Vuibé- und am unteren Arollagletscher beobachtet worden. (Mitteilungen A.Bezinge, Sitten und W.Haeberli, VAW).

2.2 TÄTIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1980/81

Der 102. Bericht über die Gletscher der Schweizer Alpen und ihre jährlichen Veränderungen betrifft das Jahr 1980/81, dessen wechselhafte, im Kapitel 1.3 beschriebene Witterung der Gletscherbeobachtung mehr Mühe bereitet hat, als es die Statistik der Tabelle 7 erkennen lässt. Die Regen- und Schneefälle haben nicht nur manchem Beobachter den Gang zum Gletscher erschwert oder gar verunmöglicht, sondern auch die guten Gelegenheiten zur Aufnahme von Luftbildern stark eingeschränkt. Einmal mehr hat sich gezeigt, dass die oft empfohlene Erfassung der kleinen Gletscher mit besonderen Schwierigkeiten verbunden ist. Weil die kleinen Gletscher in der Regel höher oben enden als die grossen, sind sie nicht nur wegen des längeren und mühsameren Anmarschwegs schwerer zugänglich, sondern werden vor allem auch häufiger durch ungünstige Schneeverhältnisse der Beobachtung entzogen. Durch die intensive Schmelzung im Juni und August sind im Berichtsjahr die meisten der seit Herbst 1979 dauernd eingeschneiten Gletscherenden wieder freigelegt worden. Nicht alle konnten eingemessen werden, bevor sie im September bereits wieder eingeschneit wurden. Dank dem besonderen Einsatz vieler Beobachter, die ihren Gletscher bei misslichen Verhältnissen besucht haben und dank der grosszügigen Unterstützung durch das Bundesamt für Landestopographie (L+T) und durch die Eidgenössische Vermessungsdirektion (V+D) ist trotz den erschwerten Bedingungen die Zahl der nicht beobachteten Gletscher (19) erfreulich klein geblieben. Von den 120 Gletschern im Netz der Gletscherkommission (s. Abb. 7) sind 101 beobachtet worden (89 am Boden, 28 aus der Luft). Dabei ist die Lageänderung seit der letzten Beobachtung für 89 Gletscherenden durch das Messen (86) oder Schätzen (3) im Betrag und in der Richtung festgelegt, für 10 nur richtungsmässig ermittelt worden. Für 2 ist sie (vorläufig) unbestimmt, weil sich die neuen mit den alten Beobachtungen (noch) nicht vergleichen lassen. Den Angaben in Tabelle 8 über die Längenänderung der 101 im Berichtsjahr erfassten Gletscherzungen liegen grösstenteils Messungen (82) oder andere direkte Beobachtungen am Objekt (6) zugrunde. Zum kleineren Teil beruhen sie auf indirekter Beobachtung mittels Fernerkundung, d.h. auf quantitativer (4) oder qualitativer (9) Auswertung von Luftbildern, die in der Regel aus einer Höhe von durchschnittlich 2000 Metern über Boden senkrecht aufgenommen worden sind. Die Erhebungen im Herbst 1981 sind bei 65 Gletschern durch Personal der kantonalen Forstdienste Wallis (21), Waadt (4), Bern (10), Uri (5), Obwalden (2), Glarus (1), St. Gallen (2), Graubünden (17) und Tessin (3), bei 11 Gletschern durch die privaten Mitarbeiter P. Mercier (4), R. Zimmermann (1), H. und V. Boss (2), E. Hodel (1), W. Wild (2) und A. Godenzi (1), bei 4 Gletschern durch betriebseigenes Personal oder Dritte im Auftrag der Kraftwerke Mauvoisin und Oberhasli (je 2) und bei 21 Gletschern (14 im Gelände, 7 nach Luftbildern) durch Mitarbeiter der Abteilung für Glaziologie der VAW durchgeführt worden. Wir verdanken besonders die Ergebnisse der luftphotogrammetrischen Auswertungen, die uns regelmässig 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 mit Unterstützung durch R. Hübscher (V+D) und Mitarbeiter des Geodätischen Instituts der ETHZ gewonnen worden. Neben den Vermessungsflügen im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli über den Aaregletschern haben im Herbst 1981 über 45 weiteren Gletschern Vermessungsflüge stattgefunden, bei denen 36 Gletscher zusätzlich erfasst worden sind. Die jährlich wiederholten Flüge über 34 Gletschern dienen den Erhebungen der GK/SNG (10) und der Arbeitsgruppe für gefährliche Gletscher (18) oder den Untersuchungen der VAW (6) im Auftrag von Dritten. In mehrjährigem Turnus sind Flüge über 6 Gletschern für die GK/SNG und über 5 Gletschern für die VAW im Rahmen wissenschaftlicher Forschungsprojekte wiederholt worden.

Die Gletscherkommission dankt allen Beobachtern, allen weiteren Mitarbeitern und Institutionen, die Jahr für Jahr zu unseren Erhebungen und Berichten beitragen. Wir danken besonders Herrn J. Martin, Kreisforstinspektor in Gryon, der seinen Amtskreis gewech-

selt hat, für die jahrelange Betreuung der Messungen an den Gletschern Paneirosse und Grand Plan Néve. Seinen Amtsnachfolger Herrn J. Binggeli, Kreisforstinspektor in Bex, heissen wir im Kreise der Gletscherbeobachter willkommen. In den Ruhestand getreten sind die Herren F. Zingg, Direktor der Kraftwerke Oberhasli, und E. Huber, Direktor des Bundesamtes für Landestopographie. Durch tatkräftige und grosszügige Unterstützung haben sie die Gletscherforschung in der Schweiz in hohem Masse gefördert. Seit Jahrzehnten stellen uns die Kraftwerke Oberhasli die Ergebnisse ihrer umfangreichen Messungen an den Aaregletschern zur auszugswweisen Veröffentlichung in den Gletscherberichten unentgeltlich zur Verfügung. Ihre guten Dienste haben wesentlich beigetragen zum Gelingen der speziellen Untersuchungen, welche die VAW in den letzten Jahren auf dem Unteraargletscher durchgeführt hat. Von ganz besonderem Gewicht sind die Hilfeleistungen, welche die L+T unter der Leitung von E. Huber der Gletscherbeobachtung hat zugute kommen lassen. Mit dem Hinweis auf die zahlreichen, seit 1968 regelmässig wiederholten Vermessungsflüge über Gletschern und mit dem Hinweis auf die vielseitige Unterstützung bei der Aufnahme, der Gestaltung und der Herausgabe der glaziologischen Spezialkarten, beispielsweise des Altsch-, des Mattmark- oder des Silvrettagebiets, sind daraus nur einige der wichtigsten herausgegriffen. Wir freuen uns auf die weitere Zusammenarbeit mit den Kraftwerken Oberhasli unter der Leitung des neuen Direktors, Herrn F. Benelli, und mit dem Bundesamt für Landestopographie, dem neu Herr F. Jeanrichard vorsteht.

Neben den Gletscherzungenmessungen im Beobachtungsnetz der GK/SNG sind im Berichtsjahr auch die weiteren, im vorangehenden Bericht aufgezählten Messprogramme, mit denen die langfristigen Veränderungen im Eishaushalt und im Bewegungsverhalten verschiedener Gletscher erfasst werden, im gewohnten Umfang weitergeführt worden. Ebenso ist im Rahmen der meisten in früheren Gletscherchroniken beschriebenen Forschungsprojekte an der Ergründung ausgewählter Probleme weitergearbeitet worden. Die geplante eingehende Untersuchung der Bewegungs- und Wasserdruckverhältnisse im Zungengebiet des Findelengletschers konnte wegen der ungünstigen Schneeverhältnisse im Frühjahr nicht durchgeführt werden. Statt dessen hat die VAW kurzfristige Bewegungsmessungen am Unteraargletscher vorgenommen (Lit. 20), wobei vor allem die vertikale Bewegung des Eises nicht nur an der Gletscheroberfläche, sondern mittels Drahtmessungen in tiefen Bohrlöchern auch im Innern und in der Nähe der Sohle des Gletschers erfasst worden ist. Auf diese Weise ist erstmals eindeutig festgestellt worden, dass die seit Jahren bekannte Hebung des Gletschers um mehrere Dezimeter zu Beginn der Schmelzperiode gleichermassen in den oberflächennahen wie auch in den tieferen Bereichen auftritt. Dieses Ergebnis bestätigt die These, dass der Druck des im Gletscher angesammelten Schmelzwassers das Eis anzuheben vermag. Durch diesen Auftrieb wird die Reibung am Gletscherbett vermindert und damit die Gleitbewegung des Eises erleichtert und beschleunigt. Dabei können zwischen dem Gletscher und seiner Unterlage Hohlräume entstehen, in denen vorübergehend beträchtliche Wassermengen gespeichert werden. Solange mehr Wasser zufließt, als durch das subglaziale Entwässerungsnetz abfließen kann, erhöht sich der Druck weiter. In der Regel verengen oder verschliessen sich die Entwässerungskanäle während des Winters. Im Frühjahr bilden sie sich neu und weiten sich während des Sommers aus. Die zunehmende Durchlässigkeit des Abflusssystemes ermöglicht die allmähliche Entleerung der Wasserspeicher unter dem Gletscher. Mit dem vermehrten Abfluss lässt der Wasserdruck und damit auch der Auftrieb nach, das Eis senkt sich und wird durch die erhöhte Reibung am Gletscherbett gebremst. Dass sich dieser Kreislauf nicht nur in jährlichem Rhythmus, sondern entsprechend den durch die Witterung bedingten Schwankungen in der Schmelzwasserbildung auch innert kürzerer Perioden wiederholt, sei hier nur am Rande bemerkt. Ebenso beiläufig sei hingewiesen auf ähnliche Vorgänge bei den besonders schnellen, als "surge" auch besonders bezeichneten Vorstössen, die sich bei einigen Gletschern in mehrjährigen, meist mehrere Jahrzehnte umfassenden Zyklen abspielen (Lit. 21). In den Alpen sind solche "surges" in historischer Zeit nachgewiesen für den Vernagtferner im Ötztal (Lit. 22). in prähistorischer Zeit mit grosser Wahrscheinlichkeit aufgetreten u.a. im Gebiet der Göschenalp (Lit. 23).

Seit Jahren bemühen sich vor allem ausländische Forschergruppen um die Entwicklung neuer Sondiermethoden und -geräte, mit denen die Dicke oder Tiefe der Gletscher bestimmt werden kann ohne den grossen Aufwand, den die herkömmlichen Methoden wie z.B. die Sprengseismik oder Tiefenbohrungen erfordern. Auf den kalten Gletschern der Polargebiete seit Jahren erfolgreich eingesetzte Radarsondierungen haben auf den temperierten Alpengletschern lange keine brauchbaren Aufnahmen ergeben. Erst vor wenigen Jahren hat der Geologische Landesdienst der Vereinigten Staaten (US Geological Survey) ein Gerät entwickelt, das erlaubt, mit wenig Leuten, leichter Ausrüstung, geringem Zeitaufwand und entsprechend niedrigen Kosten temperierte Gletscher auszuloten. Ein solches Monopuls-Radio-Echolot, das nach den Plänen der Amerikaner in der Schweiz nachgebaut und auf verschiedenen Gletschern erprobt wurde (Lit.24), ist auf den Photos 116 und 121-123 in Kapitel 4.2 dieses Jahrbuchs dargestellt. Das rund 50 kg schwere batteriebetriebene System besteht aus einem Impulsgenerator als Sender und einem Oszilloskop als Empfänger. Sender und Empfänger sind mit Dipolantennen aus normalem, mit Widerständen versehenem Draht ausgerüstet, die in Längen von 20, 40 oder 80 Metern eingesetzt werden können. Mit diesem Gerät, das in der vorliegenden Ausführung Eisdicken zwischen 30 und 350 Metern erfasst, sind im Berichtsjahr Sondierungen auf der Plaine Morte, auf dem Colle Gnifetti, auf dem Gruben- und auf dem Rhonegletscher (Lit. 25) durchgeführt worden, um Aufschluss über die Dicke des Gletschers und über die Form des Gletscherbetts zu erhalten.

2. CHRONIQUE DES GLACIERS

2.1 ACTIVITE ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1979/80

Le rapport 1979/80 marque le début du deuxième siècle d'observations systématiques sur les variations des glaciers suisses. Les quantités exceptionnelles de neige tombées pendant l'hiver et au printemps, ainsi que le grand retard de la fonte en haute altitude, ont fait craindre d'abord que, en automne 1980, un bon nombre de glaciers observés régulièrement soient ensevelis profondément sous la neige et ne puissent par conséquent être mesurés. Les clichés aériens du 20 août montrent en effet, dans certaines régions, une couche de neige extrêmement étendue, recouvrant le terrain au-delà du glacier aussi loin qu'à l'époque d'une situation normale à la fin de juin ou au début de juillet. Toutefois, durant la longue période de beau temps (entre la fin de juillet et le début d'octobre), la fonte intensive a fait disparaître en grande partie la neige gênante, de sorte que presque partout on est arrivé finalement à de bonnes conditions, aussi bien pour les mesures sur terrain que pour les observations aériennes. Heureusement, à peu d'exceptions près, les observateurs ont pu profiter de ces conditions favorables pour visiter et mesurer leur(s) glacier(s) sans trop de difficulté. En assurant un grand nombre de vols photogrammétriques, l'Office fédéral de la topographie (S+T) et la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M) nous ont de nouveau accordé un appui très précieux. Ainsi, des 120 glaciers du réseau d'observation (v. fig. 6), 113 ont été contrôlés (99 sur le terrain, 49 par avion). Sur 109 de ces glaciers, on a mesuré (94) ou estimé (7) la distance et la direction, ou du moins déterminé la direction (8) du déplacement du front glaciaire par rapport à sa position lors de la dernière visite. Deux cas d'observations terrestres et deux cas d'observation aériennes, qui n'ont donné qu'un résultat incertain, concernent des glaciers fortement enneigés à la date du levé. Les données récoltées pendant l'exercice 1979/80 (présentées au tableau 8) ont été établies, dans la plupart des cas, par des mesures (90) ou par d'autres observations (7) sur place, dans les autres cas par restitution photogrammétrique (4) ou par analyse qualitative (8) de clichés aériens. Le bon résultat d'ensemble est dû aux contributions de 9 services forestiers pour 69 glaciers dans les cantons du Valais (22), de Vaud (4), de Berne (10), d'Uri (9), d'Obwald (2), de Glaris (1), de Saint-Gall (2), des Grisons (13) et du Tessin (6) ainsi qu'aux contributions des personnes et institutions suivantes: 15 glaciers ont été observés par les collaborateurs privés P.Mercier (4), J.-L.Blanc (3), H. et V.Boss (2), W.Wild (2), A.Godenzi (2), E.Hodel (1) et R.Zimmermann (1), 4 glaciers par les Forces motrices de Mauvoisin (2) et de l'Oberhasli (2) et 25 glaciers (y compris ceux qui furent estimés par l'analyse des prises de vues aériennes) par la section de glaciologie des VAW. La restitution photogrammétrique a été effectuée pour 2 glaciers à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli par le bureau A.Flotron à Meiringen, pour 1 glacier à la demande des Forces motrices de Mauvoisin par le bureau H.Leupin à Berne et pour 1 glacier à la demande des VAW par leur collaborateur W.Schmid. Outre les glaciers de l'Aar, survolés à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli, 66 glaciers ont été observés au cours de vols photogrammétrique, ce qui a permis de faire un relevé total de 142 glaciers. Les vols répétés annuellement sur 35 glaciers servent aux relevés de la CG/SHSN (10) et au groupe de travail pour l'étude des glaciers dangereux (20) ainsi qu'aux recherches que les VAW effectuent à des fins pratiques et à la demande de tiers ou pour des études scientifiques. Les vols du S+T destinés à la révision des cartes topographiques ont fourni des clichés pour 27 glaciers du réseau de la CG/SHSN et ont ainsi permis d'obtenir des informations sur l'état actuel de 4 glaciers, qui ne sont plus observés chaque année, soit les glaciers des Martinets, de Lötschen, de Dungal et de Gelten.

La Commission des glaciers remercie tous les observateurs et tous les autres collaborateurs ou institutions qui nous ont aidés dans nos travaux. Nous remercions particulièrement, à titre posthume, l'inspecteur forestier cantonal du Valais, M. H. Andenmatten, d'avoir pris soin des mensurations glaciaires dans son canton depuis 1975 et d'avoir présidé, pendant les dix années précédentes, aux mesures des glaciers de l'arrondissement de Souste. Nous souhaitons le bienvenue à son successeur, le Dr. G. Bloetzer, à Sion, dans le cercle de nos collaborateurs.

Les relevés annuels sur les variations des glaciers suisses ne se limitent nullement à l'énumération et au compte des langues glaciaires en crue ou en décrue. Cette statistique, basée sur le réseau d'observation, représente le programme fondamental de la CG/SHSN. Elle ne peut le réaliser à longue échéance, et avec les moyens limités dont elle dispose, que grâce à l'aide généreuse des institutions et des collaborateurs individuels cités plus haut. Outre ce programme, des mesures et mensurations terrestres sont entreprises chaque automne (depuis des années ou même des décennies) sur différents glaciers et pour diverses raisons. Les résultats nous sont communiqués régulièrement, tels les bilans de masse. Ils sont pris en compte dans nos rapports sans toujours y être cités explicitement, ni reportés au complet. Comme ils concernent des projets spéciaux pour l'étude de certains problèmes scientifiques ou pratiques, ils seront publiés ailleurs (p. ex. réf. 11). Ainsi, nous devons aux VAW des données sur la variation de la masse et du mouvement de 12 glaciers (dont 4 sont étudiés dans le cadre de projets de recherches scientifiques et 8 dans le cadre de mandats des forces motrices de Mattmark, de Mauvoisin, de Linth-Limmern ou de l'Aegina), aux forces motrices de l'Oberhasli (2) et de Mauvoisin (1) ainsi qu'à l'IFENA (1). G. Kappenberger (Locarno-Monti) a fait, à la demande de la CG/SHSN, les mesures sur le névé du Claridenfirn (cf. chap. 5.5).

Sur divers glaciers, des projets de recherches spéciales (décrits dans nos chroniques antérieures) ont été poursuivis pendant l'exercice du présent rapport. Citons les études climatologiques et glaciologiques de l'Institut de géographie de l'EPFZ sur le glacier du Rhône et dans ses environs (réf. 12), les analyses stratigraphiques et nivologiques sur le Col Gnifetti (réalisées grâce aux efforts conjugués de plusieurs instituts universitaires, réf. 13), l'étude des propriétés chimiques et physiques de l'eau dans les torrents émissaires des glaciers de la région de Zermatt (travaux entrepris par une équipe de l'université de Manchester, réf. 14), les mesures glaciologiques du glacier de Gruben (vallée de Saas) et l'étude du permafrost, entreprise dans ses environs par des collaborateurs des VAW avec la collaboration d'autres chercheurs (réf. 15). En 1980, les études des VAW sur les mécanismes de l'écoulement de l'eau et du mouvement de la glace (ainsi que sur leurs rapports) ont été consacrées au glacier de Findelen (réf. 16). En utilisant des méthodes et des techniques développées au cours d'entreprises similaires sur autres glaciers (et que nous avons décrites alors dans nos chroniques), nous avons tenté d'enregistrer les fluctuations diurnes de la vitesse de l'écoulement de la glace à la surface et celles de la pression hydrostatiques de l'eau dans le système de drainage à la base du glacier. Les mesures prises à Findelen ont eu lieu (tout à fait par hasard) pendant les premiers phases d'une crue subite et étonnamment rapide du glacier. Pendant des décennies, on a observé une décrue d'abord prononcée, puis affaiblie, finalement très irrégulière. Non seulement à cause de la publicité qui en a été faite, mais aussi bien du point de vue glaciologique, on peut considérer cette crue comme un événement particulier. Mme A. Iken, responsable des mesures de Findelen, a eu l'occasion de suivre de près l'évolution de la crue. Nous publions ci-dessous son compte rendu, extrait du rapport sur les activités des VAW en 1980 et complété par les illustrations 151 à 159 du chapitre 4.1 suivant.

(réf. 11-25) voir références à la fin du chapitre (p. 56/57).

"L'avance du glacier de Findelen se distingue nettement des autres crues, car ici ce n'est pas l'épaississement de la langue, mais une accélération marquée du glissement qui régit le phénomène. Après avoir reculé presque constamment pendant trente ans (c'est le résultat des mesures annuelles effectuées sur le front par la CG/SHSN), le glacier a montré les premiers symptômes de crue en juillet 1979. Pendant l'hiver 1979/80, à une distance d'environ deux kilomètres du front, le mouvement glaciaire a atteint une vitesse surprenante de 0.4 mètre par jour. En même temps, le côté droit de la langue glaciaire s'est mis à déborder sur la moraine. Au cours de la fonte des neiges, les vitesses sont montées jusqu'à 0.55 mètre par jour (en 1973, pendant une même période, elles avaient été de moitié moins grandes!). Sur le bord droit, la glace a formé un rempart très crevassé, haut par endroits de 10 mètres, et le long duquel la glace de la langue en mouvement s'est détachée de la glace inerte marginale (fig. 151). Dès lors, la partie droite du glacier, qui est plus épaisse que la gauche, se déplace en un seul bloc, c'est-à-dire à des vitesses à peu près égales au centre et aux bords. En une année, le front a avancé d'environ 85 mètres. En octobre 1980, il se trouvait à une distance d'environ cent mètres de la prise d'eau des Forces motrices de la Grande Dixence. Après un léger ralentissement durant l'été et l'automne, les vitesses ont de nouveau augmenté en novembre. Dorénavant le mouvement glaciaire sera mesuré à intervalles réguliers par la section de glaciologie des VAW et relevé selon plusieurs profils transversaux, jalonnés de balises. Les variations de l'épaisseur seront déterminées surtout par restitution aérophotogrammétriques."

Outre les mesures mentionnées dans ce compte rendu, on a commencé à enregistrer l'avance quotidienne du front sur des clichés photographiques en couleur grâce à des caméras automatiques, installées sur les rives.

La prise d'eau du Findelenbach (réf. 17) n'est point du tout la seule installation technique menacée par un glacier en crue. En haute montagne, de nombreuses prises d'eau des aménagements hydro-électriques ont été recouvertes de glace récemment ou depuis des années parfois, parce que le glacier en crue a passé par-dessus, témoin le glacier de Bis. D'autres prises d'eau, situées au-dessous de pentes ou parois raides, au sommet desquelles une langue glaciaire aboutit en falaise, ont été comblées par les chutes de glace, devenues plus fréquentes et plus volumineuses au cours de la crue récente, tels les glaciers de Festi et de Hohberg. Le cas du glacier de Bis prouve, que, par conditions favorables, il est possible de prendre des mesures assurant le fonctionnement d'une prise d'eau devenue sous-glaciaire. Aussi, par des installations adéquates, on essaye de transformer le plus rapidement possible la prise de Findelen, avant qu'elle soit submergée par la glace. La crue des glaciers pose de sérieux problèmes à l'exploitation des téléphériques, téléskis et autres installations touristiques qui prolifèrent en haute montagne (réf. 18). D'une part il y a un danger croissant de chutes de glace, notamment dans le voisinage des glaciers suspendus (réf. 19), mais aussi, depuis quelques temps, au front des langues glaciaires. D'autre part, l'accélération du mouvement glaciaire rend plus difficile l'entretien des installations de remontée mécaniques, aménagées directement sur le glacier en crue ou à proximité immédiate.

Le 5 février 1980, plusieurs grandes avalanches qui, à la suite de fortes chutes de neige, sont tombées dans la vallée de Zermatt, ont causé des dégâts matériels importants entre Herbriggen et Zermatt. Celle qui a glissé du Weisshorn en direction du village de Randa, en passant par-dessus le glacier de Bis, a recouvert la route et la voie ferrée, arraché des lignes électriques et détruit ou endommagé plusieurs bâtiments. Le cône d'avalanche, formant une masse estimée à un million de mètres cubes et atteignant jusqu'à 15 mètres de hauteur, a barré la Viège. L'eau retenue dans un lac de près de 500 000 mètres cubes, est montée jusqu'au village et a inondé quelques caves. Pour

éviter à l'avenir le refoulement de l'eau dans la Viège, on a commencé à construire un canal d'écoulement couvert. Il n'est pas certain que l'avalanche de 1980 ait été déclenchée par une chute de glace comme ce fut le cas des avalanches meurtrières de 1636 et de 1819 (voir le 93e rapport de la CG/SHSN). D'après les témoignages des habitants du village, l'avalanche est partie des flancs est et nord-est du Weisshorn, à une altitude d'environ 4200 mètres à 4300 mètres (communication de A.Bezinge, Sion).

Le lac du Gorner s'est vidé tardivement (du 12 au 14 août 1980) avec une pointe relativement basse du débit maximal (25 mètres cubes par seconde). Le volume total évacué (1.3 millions de mètres cubes) a également été plus faible que ces dernières années. Toujours en août, à la suite d'une fonte excessive, le lac morainique situé devant le glacier de Weingarten a débordé. En ravinant la pente, l'eau du Rotbach s'est chargée de débris. La coulée de boue a bouché une prise d'eau des Forces motrices de la Grande Dixence, et on a dû fermer temporairement la route d'accès à la Täschalp. Un accident semblable s'était produit en 1948 et un autre (en 1892 déjà) avait causé des dégâts à Täsch. La grande inondation de ce village (en 1957), également due à une crue de fonte dans le Täschbach, avait pris son origine à l'ouest du Rotbach, sur le versant sud des Leiterspitzten. Des vidanges de poches d'eau intra- ou sous-glaciaires ont été observées aux glaciers de Vuibé et d'Arolla (communications de A.Bezinge, Sion, et W.Haeberli, VAW).

2.2 ACTIVITE ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1980/81

Ce 102e rapport sur les variations des glaciers suisses concerne l'année 1980/81 qui est caractérisée par les conditions météorologiques décrites ci-devant (cf. chap. 1.3). Celles-ci ont moins favorisé l'observation des glaciers que ne le laisse supposer la statistique du tableau 7. Les pluies et les chutes de neige de l'automne 1981 ont entravé, voir interdit l'accès des observateurs aux glaciers, et fortement réduit les possibilités de bonnes prises de vues aériennes. Il s'est avéré, une fois encore, que l'observation tant recommandée des petits glaciers présente des difficultés particulières. Comme les petits glaciers se terminent généralement à une altitude plus élevée que les grands, leur approche est plus ardue, non seulement à cause d'une marche longue et pénible, mais encore en raison de la fréquence des conditions de neige défavorables qui les soustraient à l'observation. La plupart des extrémités des langues glaciaires recouvertes par la neige sans interruption depuis l'automne de 1979 sont réapparues cette année grâce à l'ablation intensive des mois de juin et d'août; mais on n'a pas pu les mesurer toutes avant les chutes de neige de septembre. Grâce au concours de nombreux observateurs qui ont visité leurs glaciers par des conditions souvent délicates et grâce à l'appui inconditionnel, tant de l'Office fédéral de topographie (S+T) que de la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M), le nombre des glaciers non observés (19) est resté faible en dépit des conditions de travail peu favorables. Du nombre total de 120 glaciers du réseau d'observations (cf. fig. 7), 101 ont été contrôlés (89 sur terrain et 28 par avion). Le déplacement du front glaciaire depuis la dernière observation a été déterminé en direction et en valeur absolue pour 89 glaciers, soit par mesure directe (86), soit par estimation (3). Pour 10 autres glaciers, on a déterminé seulement la direction. Quant aux deux derniers, le résultat est incertain pour le moment, car les nouvelles observations ne peuvent pas encore être comparées aux anciennes. On a apprécié la variation de longueur des 101 glaciers observés, soit par mensurations (82) ou autres observations terrestres (6), soit par restitution photogrammétrique (4) ou analyse qualitative des clichés aériens (9), pris généralement à une hauteur de 2000 mètres au-dessus du sol. Les relevés terrestres de l'automne 1981 sont dus, pour 65 glaciers, aux services forestiers des cantons du Valais (21 glaciers), de Vaud (4), de Berne (10), d'Uri (5), d'Obwald (2), de Glaris (1), de Saint-Gall (2), des Grisons (17) et du Tessin (3); pour 11 glaciers, aux collaborateurs privés P.Mercier (4), R.Zimmermann (1), H. et V.Boss (2), E.Hodel (1), W.Wild (2) et A.Godenzi (1); pour 4 glaciers, au personnel des Forces motrices de Mauvoisin et de l'Oberhasli (chacun 2) ou à des tiers mandatés par elles et, pour 21 glaciers, à la section de glaciologie des VAW (14 sur terrain et 7 au moyen de photos aériennes). La restitution photogrammétrique a été effectuée 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) avec la collaboration de R.Hübscher (D+M) et de l'Institut de géodésie de l'EPFZ. Les vols photogrammétriques de l'automne 1981 (sans compter ceux effectués sur les glaciers de l'Aar pour les Forces motrices de l'Oberhasli) ont porté sur 45 autres glaciers. Avec les clichés obtenus par ces vols, on a pu relever la situation de 36 glaciers supplémentaires. Les vols répétés chaque année sur 34 glaciers servent surtout aux enquêtes de la CG/SHSN (10 cas) et du groupe de travail pour l'étude des glaciers dangereux (18 cas) ainsi qu'aux recherches que les VAW effectuent pour des tiers (6 cas). Les autres vols, répétés à intervalles pluriannuels, ont porté sur 6 glaciers observés par la CG/SHSN et sur 5 glaciers étudiés par les VAW.

La Commission des glaciers remercie tous les observateurs, ainsi que tous les autres collaborateurs, qui ont apporté leur contribution à ses travaux. Elle remercie en particulier J.Martin, inspecteur de l'arrondissement forestier de Gryon, qui a mesuré soigneusement les glaciers de Paneyrosse et de Grand Plan Névé durant de longues années.

A son successeur, J. Binggeli, inspecteur forestier à Bex, nous souhaitons la bienvenue dans le cercle des observateurs. F. Zingg, directeur des Forces motrices de l'Oberhasli, et E. Huber, directeur de l'Office fédéral de topographie, ont pris leur retraite cette année. En nous assurant leur appui efficace et inlassable, ils ont contribué dans une large mesure aux recherches glaciologiques en Suisse. Depuis des décennies, les Forces motrices de l'Oberhasli nous autorisent à publier dans nos rapports annuels les résultats de leurs nombreuses mensurations aux glaciers de l'Aar. Leurs services appréciés ont grandement contribué à la réussite des recherches particulières que les VAW ont effectuées ces dernières années sur le glacier inférieur de l'Aar. Les nombreuses et importantes prestations du S+T, sous la direction de E. Huber, ont particulièrement profité à la recherche glaciologique et surtout à l'observation des glaciers. Citons, parmi les plus spectaculaires, les nombreux vols effectués régulièrement sur les glaciers depuis 1968, ainsi que les aides multiples apportées lors du levé, de la rédaction et de l'impression des cartes glaciologiques spéciales, en particulier celles, par exemple, de la région d'Aletsch, du Mattmark ou de la Silvretta. La Commission accueille avec plaisir leurs successeurs respectifs, F. Benelli, nouveau directeur des Forces motrices de l'Oberhasli, et F. Jeanrichard, nouveau directeur de l'Office fédéral de topographie, et souhaite vivement leur collaboration.

Outre l'enquête sur l'état actuel et la variation récente des glaciers du réseau d'observation de la CG/SHSN, on a poursuivi, au cours de l'année du présent rapport (et comme à l'accoutumée), les programmes cités dans le précédent rapport. On sait qu'ils sont destinés à l'observation à long terme des variations du bilan de masse et du mouvement de certains glaciers. D'autre part, on a continué les travaux et études au sujet de divers problèmes particuliers mentionnés dans nos précédentes chroniques. En raison des conditions défavorables d'enneigement du printemps 1981, les VAW ont remis à plus tard l'étude approfondie, prévue sur les relations entre le mouvement et le régime hydraulique de la langue du glacier de Findelen. Cela leur a permis de reprendre des mesures à court terme sur le glacier inférieur de l'Aar (réf. 20), avec l'objectif particulier de mesurer le mouvement vertical de la glace, non seulement en surface, mais aussi à l'intérieur et à proximité du lit du glacier, au moyen de câbles introduits dans des trous de forage. Cela a permis de mettre enfin en évidence, de façon indiscutable, que le soulèvement de plusieurs décimètres du glacier au début de la période de fonte, phénomène bien connu depuis des années, affecte les couches superficielles et les régions profondes dans la même proportion. Ce résultat confirme la théorie selon laquelle la pression de l'eau de fonte dans le glacier est capable de soulever la masse de glace tout entière: le frottement sur le lit du glacier diminue, le glissement de la glace est facilité et accéléré. Il se peut donc que des cavités importantes se forment entre le glacier et son substratum, dans lesquelles des masses d'eau considérables peuvent s'accumuler. La pression hydrostatique continue d'augmenter sur l'écoulement par l'intermédiaire du réseau hydrographique sous-glaciaire. En règle générale, les chenaux de ce système de drainage naturel se rétrécissent ou se ferment durant l'hiver. Au printemps, ils s'ouvrent de nouveau et s'élargissent pendant l'été. La capacité grandissante du système de drainage permet la vidange progressive des poches d'eau sous-glaciaires. La pression hydrostatique diminue ainsi que le soulèvement du glacier, la glace s'abaisse de nouveau et son glissement est freiné par l'augmentation du frottement sur le sol. Le cycle ne s'accomplit pas seulement selon un rythme annuel, mais peut se dérouler sur des périodes nettement plus courtes en fonction de la production d'eau de fonte conditionnée par les phénomènes météorologiques. Rappelons, en outre, les procès similaires liés aux crues rapides (dites "surge") de quelques glaciers, où la périodicité suit un rythme pluriannuel de l'ordre de plusieurs décennies (réf. 21). Dans les Alpes, l'évidence de tels surges est rare, car le cas du glacier de Vernagt (situé dans l'Ötztal) est le seul connu des temps historiques (réf. 22) et le cas des glaciers de la Göschenalp est le seul reconstruit pour les temps préhistoriques (réf. 23).

Depuis des années, des groupes de chercheurs, surtout étrangers, s'efforcent de développer de nouveaux instruments et de nouvelles méthodes de sondage, permettant de déterminer l'épaisseur des glaciers, sans les efforts que nécessitent les méthodes traditionnelles, telles que la sismique artificielle ou les forages en profondeur. Les sondages réalisés avec succès depuis des années sur les glaciers "froids" des régions polaires se sont toujours avérés inefficaces sur les glaciers "tempérés", par exemple ceux des Alpes. Il y a quelques années seulement, le Service fédéral de géologie des Etats-Unis (US Geological Survey) a mis au point un instrument qui permet d'ausculter les glaciers "tempérés" avec peu de personnel, un équipement réduit, en quelques jours (au lieu de plusieurs semaines) et sans grands frais. Les photographies 116 et 121 à 124 du chapitre 4.2 suivant montrent une telle écho-sonde radio-électrique construite en Suisse selon les plans américains et testée sur différents glaciers (réf. 24). Cet appareillage de 50 kilos, alimenté par une batterie d'accumulateurs, se compose d'un générateur d'impulsions faisant fonction d'émetteur et d'un oscilloscope comme récepteur. Emetteur et récepteur sont équipés d'une antenne dipôle constituée d'un fil métallique normal, muni de résistances. Les antennes, dont on dispose de jeux en longueurs de 20, 40 ou 80 mètres, sont échangeables. Aussi cet appareil permet-il de mesurer des épaisseurs de glace allant de 30 à 350 mètres. Au cours des campagnes de sondages sur la Plaine Morte, au col de Gnifetti ainsi que sur les glaciers de Gruben et du Rhône (réf. 25), on a obtenu, cette année, des informations intéressantes sur la profondeur des glaciers et la forme de leur lit.

Literaturangaben zu Kapitel 2.1 - Références du chapitre 2.1

- (11) Aellen M. und Funk M. (1988): Massenbilanzen des Griesgletschers von 1961 bis 1986. Vergleich verschiedener Bestimmungsverfahren. - Festschrift Hans Röthlisberger. Mitt. der VAW Nr. 94, ETH Zürich, S. 9-50.
- (12) Funk M. (1985): Die räumliche Verteilung der Massenbilanz auf dem Rhonegletscher und ihre Beziehung zu Klimaelementen. - Diss. ETH Zürich. Zürcher Geographische Schriften, Heft 24, 183 S.
- (13) Alean J., Haeberli W. and Schädler B. (1984): Snow accumulation, firn temperature and solar radiation in the area of the Colle Gnifetti core drilling site (Monte Rosa, Swiss Alps): distribution patterns and interrelationships. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Bd. 19, H. 2, S. 131-147.
- (14) Collins D.N. (1988): Suspended sediment and solute delivery to meltwater beneath an alpine glacier. - Festschrift Hans Röthlisberger. Mitt. der VAW Nr. 94, ETH Zürich, S. 147-161.
- (15) King L., Fisch W., Haeberli W. and Wächter H.P. (1987): Comparison of resistivity and radio echo soundings on rock glacier permafrost. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Bd. 23, H. 1, S. 77-97.
- (16) Iken A. and 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, vol. 32, no. 110 p. 101-119.
- (17) Bezinge A. (1984): Glacier de Findelen: avance rapide et construction d'un nouveau captage sous-glaciaire. - Houille Blanche no. 6/7. p. 505-514.
- (18) Keusen H.R and Haeberli W. (1984): Site investigation and foundation design aspects of cable car construction in alpine permafrost at the "Chli Matterhorn". Wallis. - Permafrost 4th Int. Conf. Proc., p. 601-605.
- (19) Alean J. (1985): Ice avalanches: some empirical information about their formation and reach. - Journal of Glaciology, vol. 31, no. 109, p. 324-323.

Literaturangaben zu Kapitel 2.2 - Références du chapitre 2.2

- (20) Iken A., Röthlisberger H., Flotron A. and Haeberli W. (1983): The uplift of Unteraargletscher at the beginning of the melt season - a consequence of water storage at the bed ? - Journal of Glaciology, vol. 29, no. 101, p. 28-47.
- (21) Engelhardt H. (1987): Wenn Gletscher plötzlich schnell werden. Bohrlochmessungen klären die einen Surge auslösenden Mechanismen auf. - Geowissenschaft in unserer Zeit, 5. Jg., Nr. 6, hrsg. Alfred Wegener Stiftung.
- (22) Hoinkes H.C. (1969): Surges of Vernagtferner in the Ötztal Alpes since 1599. - Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 6, no. 4, pt. 2, p. 853-861.
- (23) Röthlisberger H. (1969): Evidence for an ancient glacier surge in the Swiss Alps. Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 6, no. 4, pt. 2, p. 863-865.
- (24) Haeberli W., Wächter H.P., Schmid W. und Sidler C. (1983): Erste Erfahrungen mit dem U.S. Geological-Survey-Monopuls Radioecholot in Firn, Eis und Permafrost der Schweizer Alpen. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Bd. 19, H. 1, S. 61 -72.
- (25) Wächter H.P. (1981): Eisdickenmessungen auf dem Rhonegletscher - ein Versuch mit Radio-Echo Sounding. Diplomarbeit, Geographisches Institut der ETH Zürich (unveröffentlicht), 67 S.

Tabelle 5. Vermessungsflüge in den Jahren 1980 und 1981

Tableau 5. Vols photographométriques des années 1980 et 1981

a) Jährlich wiederholte Aufnahmen - Levés annuels

Nr. l)	Gletscher	Aufnahmedatum		Luftbild- nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch 2)	LK Blatt- nummer 3)	Fuss- note
		1980	1981					
- für die Gletscherkommission - pour la Commission des glaciers:								
1	Rhone	19.8.		3456-3459	G1K 1	L+T	1230/1231	4)
				3447-3454	G1K 2	L+T		
			18.9.	190-194	G1K 1	L+T		4)
				173-181	G1K 2	L+T		
5	Grosser Aletsch	19.8.		3418-3430	G1K 1	L+T	1269	
		5.9.		4969-4981	G1K 4	L+T		
		18.9.		5688-5700	G1K 3	L+T		5)
			18.9.	158-172	G1K 1	L+T		
				148-157	G1K 2	L+T		
				137-147	G1K 3	L+T		5)
10	Schwarzberg	2.9.		8787-8795	3	V+D	1329/1349	
				8774-8778	4	V+D		
		16.9.		9028-9034	3	V+D		
			8.10.	1421-1428	4	V+D		
H1	Hohlicht	3.9.		8897-8910	17	V+D	1328	6)
				8879-8896	18	V+D		
			8.10.	1506-1521	17	V+D		6)
				1522-1542	18	V+D		
48	Prapio	18.9.		5701-5712	G1K 2	L+T	1285	7)
			8.10.	670-683	G1K 2	L+T		7)
55	Trift (Gadmen)	5.9.		4982-4990	G1K 4	L+T	1210/1230	
			18.9.	182-188	G1K 4	L+T		
56	Rosenlauri	19.8.		3442-3446	G1K 6	L+T	1229/1230	
			8.10.	634-637	G1K 6	L+T		
57	Oberer Grindelwald	19.8.		3460-3470	G1K 2	L+T	1229	
			8.10.	622-633	G1K 2	L+T		
58	Unterer Grindelwald	19.8.		3472-3479	G1K 1	L+T	1229	
			8.10.	613-621	G1K 1	L+T		
61	Gamchi	18.9.		5727-5735	G1K 9	L+T	1248	8)
64	Blümlisalp		8.10.		638-648	G1K 9		L+T
104	Basodino	26.8.		3807-3813	G1K 1	L+T	1271	9)
- für die Arbeitsgruppe für gefährliche Gletscher - pour le Groupe de travail pour l'étude des glaciers dangereux:								
Mö	Mönch (Hängegletscher Südflanke)	19.8.		3435-3441	G1K 7	L+T	1249	10)
			8.10.	684-690	G1K 7	L+T		10)
Rb	Rotblatt	2.9.		8704-8714	9	V+D	1329	11)
Rt	Rottal VS		20.10.		1684-1695	9		V+D

1)-11) Fussnoten siehe Seite 61 - Notes explicatives voir page 61.

Tabelle 5. Fortsetzung 1 - Tableau 5. Continuation 1

No. l)	Glacier	Date du levé		Clichés numéros	Ligne de vol no.	Levé par 2)	CN feuil- le no. 3)	Note expl.	
		1980	1981						
Hb	Hohlaub	2.9.		8744-8758	5	V+D	1328/1329	12)	
13	Fee		8.10.		1584-1608	5		V+D	12)
Hm	Hohbalm								
Tr	Trift (Fletschhorn)	2.9.		8723-8730	8	V+D	1309	13)	
			20.10.	1698-1705	8	V+D		14)	
Bi	Bider	2.9.		8736-8739	10	V+D	1328		
			8.10.	1448-1452	10	V+D			
107	Bis	3.9.	8.10.	(siehe - voir: Hohlicht)			1328	6)	
Ki	Kin	2.9.		8688-8697	12	V+D	1328	15)	
Fi	Festi		8.10.		1481-1490	12		V+D	15)
Hg	Hohberg		20.10.		1718-1723	12a		V+D	
49	Pierredar	18.9.	8.10.	(siehe - voir: Prapio)			1285	7)	
Hf	Hochfirn (Jungfrau)	19.8.		3431-3434	GlK 6	L+T	1249	16)	
			8.10.		691-697	GlK 6		L+T	16)
Si	Sillern	18.9.		5713-5726	GlK 11	L+T	1248/1267	17)	
Ba	Balmhorn		8.10.		649-669	GlK 11		L+T	17)
Al	Altels								
105	Rossboden	2.9.		8731-8735	7	V+D	1309	18)	
Ht	Hohlentrift	2.9.		8723-8730	8	V+D	1309	13)	
- für die Abteilung Glaziologie der VAW - pour la Section de glaciologie des VAW:									
11	Allalin	2.9.		8779-8786	1	V+D	1329	19)	
				8764-8769	2	V+D			
		16.9.		9020-9027	1	V+D		19)	
			8.10.	1429-1435	2	V+D			
			20.10.	1732-1739	1	V+D		19)	
Gr	Gruben (Saastal)	3.9.		8870-8878	6	V+D	1309		
			20.10.	1707-1717	6	V+D			
16	Findelen	18.7.		5-13	19	V+D	1348		
		26.9.		9408-9418	19	V+D			
				9419-9424	20	V+D			
			7.7.	7954-7970	19	V+D			
				7971-7978	20	V+D			
			8.10.	1562-1583	19	V+D			
19	Turtmann		8.10.	1543-1561	14	V+D	1307/1328	20)	
Di	Diablons								
TB	Tournelon Blanc	3.9.		8911-8916	24	V+D	1346	21)	
			20.10.	1742-1750	24	V+D		21)	
37	Giétro	3.9.		8918-8926	22	V+D	1346		
		16.9.		9036-9046	23	V+D			
				9047-9054	25	V+D			22)
			20.10.	1762-1771	22	V+D			

1)-22) Fussnoten siehe Seite 61 - Notes explicatives voir page 61.

Tabelle 5. Fortsetzung 2 - Tableau 5. Continuation 2

b) Mehrjährlich wiederholte Aufnahmen - Levés à intervalles pluriannuels

Nr. 1)	Gletscher	Aufnahmedatum		Luftbild- nummern	Fluglinie Nummer	Aufnahme durch 2)	LK Blatt- nummer 3)	Fuss- note
		1980	1981					
- für die Gletscherkommission - pour la Commission des glaciers:								
2	Mutt		18.9.	132-136	G1K 5	L+T	1251	23)
Mü	Münstiger		8.10.	698-706	G1K 2	L+T	1250	24)
4	Fiescher	3.9.		4660-4672	G1K 11	L+T	1249/1269	
		4.9.		4923-4938	G1K 8	L+T		
106	Mittelaletsch	4.9.		4896-4909	G1K 5	L+T	1269	
6	Oberaletsch	3.9.		4640-4659	G1K 10	L+T	1269	
		4.9.		4911-4922	G1K 9	L+T		25)
Bf	Balfrin		8.10.	1455-1460	105	V+D	1308	26)
17	Ried		8.10.	1436-1447	11	V+D	1308/1328	
21	Bella Tola	1.9.		4063-4072	G1K 1	L+T	1307	
33	Tsanfleuron	2.9.		4276-4284	G1K 4	L+T	1285/1286	27)
PN	Plan Névé VS	19.8.		3412-3417	G1K 5	L+T	1304	28)
44	Paneyrosse	} 2.9.		4285-4296	G1K 1	L+T	1285/1305	29)
45	Grand Plan Névé							
46	Martinets	2.9.		4297-4303	G1K 1a	L+T	1305	
				4304-4311	G1K 1b	L+T		
52	Gauli	26.8.		3814-3827	G1K 9	L+T	1230	30)
53	Stein	} 26.8.		3856-3864	G1K 10	L+T	1211	31)
54	Steinlimmi							
59	Eiger	2.9.		4410-4423	G1K 11	L+T	1249	32)
60	Tschingel	2.9.		4388-4409	G1K 10	L+T	1248	33)
109	Alpetli (Kander)	2.9.		4349-4361	G1K 10a	L+T	1248/1268	34)
				4324-4335	G1K 10b	L+T		34)
110	Lötschberg	2.9.		4336-4348	G1K 11a	L+T	1268	35)
				4312-4323	G1K 11b	L+T		35)
63	Lämmern	19.8.		3400-3411	G1K 3	L+T	1267	36)
65	Rätzli	} 19.8.		3381-3399	G1K 2	L+T	1267	37)
111	Ammerten							
112	Dungel	} 19.8.		3368-3380	G1K 1	L+T	1266/1286	38)
113	Gelten							
67	Sankt Anna	26.8.		3865-3871	G1K 6	L+T	1231	39)
66	Tiefen	} 26.8.		3828-3847	G1K 7	L+T	1231	40)
68	Kehlen							
69	Rotfirn							
70	Damma							
71	Wallenbur	26.8.		3848-3855	G1K 8	L+T	1211	41)

1)-41) Fussnoten siehe Seite 61 - Notes explicatives voir page 61.

Tabelle 5. Fortsetzung 3 (Schluss) - Tableau 5. Continuation 3 (fin)

No. 1)	Glacier	Date du levé		Clichés numéros	Ligne de vol no.	Levé par 2)	CN feuil- le no. 3)	Note expl.
		1980	1981					
Gf	Glattfirn		18.9.	115-122	GlK 2	L+T	1191/1211	
75	Firnalpeli	26.8.		3872-3881	GlK 11	L+T	1211	42)
76	Griessen OW		18.9.	109-114	GlK 1	L+T	1191	43)
- für die Abteilung Glaziologie der VAW - pour la Section de glaciologie des VAW:								
CG	Colle Gnifetti	19.8.		8359-8365	27	V+D	1348	
Lk	Lyskamm	19.8.		8343-8351	28	V+D	1348	
Go	Gornergrat		8.10.	1491-1505	30	V+D	1348	44)
He	Hengstern	}	18.9.	123-131	GlK 3	L+T	1229	45)
Hü	Hühnergutz							
VM	Val Muragl		7.9.	413-419	29	V+D	1257	46)

1) Gletscher des Beobachtungsnetzes (vgl. Tab. 8) sind mit ihrer Nummer, andere Gletscher mit ihren Initialen bezeichnet und in Abbildung 6a und/oder Abbildung 7a eingetragen.

Les glaciers du réseau d'observations (cf. tabl. 8), cités par leur numéro, et les autres glaciers, cités par leurs initiales, sont indiqués dans les figures 6a et/ou 7a.

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) LK = Landeskarte der Schweiz 1:25 000 CN = Carte nationale de la Suisse 1:25 000

4)-46) Zusätzlich erfasste Gletscher - Autres glaciers saisis:

- | | |
|---|---|
| 4) Gersten VS | 26) Ferrich |
| 5) Schönbühl, Wannenhorn | 27) Diablerets, Tchiffa |
| 6) Rothorn, Schali | 28) Soi, Chalin |
| 7) Sex Rouge, Dard, Mauvais, Culan | 29) Petit Plan Névé |
| 8) Gspaltenhorn, Bütlassen, Vorderer Blümlisalp, Oeschinen, Fründen | 30) Gruben BE, Golegg, Aeren, Weissenbach |
| 9) Antabbia | 31) Taleggli, Gigli, Drosi, Chalchtal |
| 10) Eiger, Guggi | 32) Guggi, Kühlauenen, Giessen |
| 11) Hohkraut (Trift), Mellig | 33) Wetterlücken, Breithorn, Schmadri, Vorderer Blümlisalp, Oeschinen |
| 12) Kessjen, Fall | 34) Birg |
| 13) Hohkraut, Rossboden, Zibelenfluh | 35) Dala, Fluh |
| 14) Gruben, Laquinhorn | 36) Schwarzhorn, Strubel |
| 15) Weingarten, Dürren | 37) Strubel, Tierberg |
| 16) Guggi, Kühlauenen, Giessen, Rottal BE | 38) Ténéhet, Audannes, Brotset, Wildhorn |
| 17) Faulen, Fründen, Doldenhorn, Rinderhorn, Schwarz, Tatlishorn | 39) Schwarzbach, Gurschen |
| 18) Griessernen, Bodmer | 40) Maasplank |
| 19) Hohlaub, Kessjen | 41) Hang, Brunnen, Flachenstein, Stock, Tschingel UR, Chalchtal |
| 20) Brunegg | 42) Obertal, Wenden, Sustenloch, Klein Sustli, Stössen, Galtiberg |
| 21) Bocheresse | 43) Schlossfirn UR |
| 22) Cheillon, Luette, Lire Rose | 44) Gorner, Triftji |
| 23) Mutten UR | 45) Oberer Grindelwald, Krinnen |
| 24) Bächli VS | 46) Muragl |
| 25) Unterbäch | |

3. L A G E Ä N D E R U N G D E R G L E T S C H E R E N D E N

3.1 EINLEITUNG

Die Ergebnisse der Beobachtungen am Netz der GK/SNG sind in Tabelle 6 für das erste, in Tabelle 7 für das zweite der beiden Berichtsjahre zusammengefasst. Die Kartenskizzen der Abbildungen 6b und 7b geben eine Übersicht der Einzelergebnisse, welche in Tabelle 8 ausführlich zusammengestellt und grossenteils in besonderen Bemerkungen kommentiert sind. In Abbildung 8 sind die Hauptergebnisse der 102 Berichtsjahre seit 1880 zusammenfassend dargestellt durch die jährlichen Angaben über die Zahl je der klassierten und der für die Berechnung der mittleren Längenänderung berücksichtigten Gletscher (Abb. 8a), den Prozentanteil je der wachsenden und der schwindenden Gletscher (Abb. 8b) sowie den Wert der durchschnittlichen Längenänderung (Abb. 8c). Die Zahlengrundlagen dieser Abbildungen sind im Anhang des vorangehenden Jahrbuchs (99./100.Gletscherbericht, Kap. 6B.3, Tab. 35) veröffentlicht für die Beobachtungsjahre 1879/80 bis 1978/79.

3.2 ERGEBNISSE DES 101.BEOBACHTUNGSJAHR (1979/80)

Die Ergebnisse der Zungenmessungen im Berichtsjahr stimmen gesamthaft mit den Ergebnissen der Massenhaushaltsbestimmungen insofern gut überein, als die Werte für die mittlere Längenänderung, für die absolute und für die relative Anzahl der vorstossenden Gletscher ebenfalls im Bereich der zweit- bis viertgrössten Beobachtungswerte der Messreihe liegen. Die vor zwei Jahren aufgetretenen Höchstwerte der mittleren Längenänderung und der anderen seit 1880 vorliegenden Zahlenreihen sind aus Abbildung 8 ersichtlich und in Tabelle 35 des vorangehenden Jahrbuchs angeführt. Betrachtet man die Anteile der vorstossenden Gletscher in den einzelnen Flusseinzugsgebieten nach Regionen zusammengefasst, ergibt sich eine ähnliche regionale Gliederung wie bei den für den Massenhaushalt massgeblichen Klimagrössen (vgl. Kap. 1.2). Auf der Alpennordseite, in den Einzugsgebieten von Aare, Reuss und Limmat zusammengenommen, sind im Berichtsjahr rund vier Fünftel der beobachteten Gletscher länger geworden. Der Anteil der wachsenden Gletscher im Wallis beziehungsweise im Einzugsgebiet der Rhone entspricht mit rund zwei Dritteln ungefähr dem Landesdurchschnitt. Deutlich kleiner ist er mit zwei Fünfteln in den übrigen, Graubünden und die Alpensüdseite umfassenden Einzugsgebieten von Rhein (Bodensee), Inn, Adda und Tessin. Es kann also noch nicht in allen Regionen von einem allgemeinen Gletschervorstoss gesprochen werden.

Zweifellos hat sich in der 101.Berichtsperiode die Vorstosstendenz verstärkt. Zu den vorstossenden Gletschern ist auch der Brunnigletscher gezählt worden, dessen Hauptfront, die gegenwärtig für die Messung nicht zugänglich ist, eindeutig vorstösst, während die vorgelagerte, durch Eisstürze ernährte Zunge, die regelmässig vermessen wird, je nach Häufigkeit und Grösse der Eisstürze unregelmässig wächst (wie 1978) oder schwindet (wie 1979 und 1980). Beim Unteren Grindelwaldgletscher dagegen haben die Eisstürze vom Kallifirn in den letzten Jahren so stark zugenommen, dass die an sich stationäre Zunge des Talgletschers durch die angelagerten Teile der Sturzkegel stark verlängert worden ist, wie die Aufnahmen in Kapitel 4.1 (Bilder 160 bis 163) deutlich zeigen. Bei

verschiedenen Gletschern hat sich die Fliessgeschwindigkeit seit dem Vorjahr weiter erhöht. In einigen Fällen (Findelen, Giétro, Corbassière) hat sie sich teils infolge vermehrten Gleitens, teils infolge des Dickenwachstums des Eises innert der letzten fünf Jahre mehr als verdoppelt. Da bei Bewegungsvorgängen das Beharrungsvermögen eine wichtige Rolle spielt, ist damit zu rechnen, dass die Vorstosstendenz andauert und selbst dann nur langsam abklingt, wenn das Klima der nächsten Jahre den Massenzuwachs der Gletscher wesentlich weniger begünstigt als in der jüngsten Vergangenheit.

3.3 ERGEBNISSE DES 102.BEOBACHTUNGSJAHR (1980/81)

Das Ergebnis des 102.Berichtsjahrs entspricht etwa den Erwartungen, die sich auf Grund des im Vergleich zum Vorjahr etwas weniger gletschergünstigen Witterungsverlaufs einstellten. Der Anteil der vorstossenden Gletscher ist gesamthaft und in den einzelnen Regionen um rund 15 Prozent kleiner, der Anteil der schwindenden Gletscher entsprechend grösser geworden.

Wie im Vorjahr ist die Vorstosstendenz am deutlichsten ausgeprägt auf der Alpen-nordseite, wo rund zwei Drittel der beobachteten Gletscherzungen vorgerückt sind. Die Stichprobe aus dem Wallis mit rund der Hälfte der Gletscher im Vorstoss zeigt wiederum eine ähnliche Aufteilung wie die gesamtschweizerische Auswahl. Im übrigen Gebiet, Graubünden und Alpensüdseite zusammengenommen, hat sich der Anteil der vorstossenden Gletscher (rund zwei Fünftel) in den letzten drei Jahren wenig verändert. Die mittlere Längeneränderung, kleiner als im Vorjahr, grösser als vor zwei Jahren, passt gut ins Bild einer andauernden, wenn auch etwas abgeschwächten Vorstosstendenz der Gletscher. Sie entspricht auch - wie aus Bewegungsmessungen auf verschiedenen Gletschern hervorgeht - weitgehend dem Bewegungsverhalten der Gletscherzungen in den letzten Jahren. Seit 1977 fliesst das Eis von Jahr zu Jahr schneller talwärts, wobei im allgemeinen die Geschwindigkeit im Jahr 1979/80 etwa doppelt so viel zugenommen hat als in den übrigen Jahren. Aus Tabelle 8 ist zu ersehen, dass etliche Zungen trotz stärkerer Abschmelzung im Berichtsjahr deutlich weiter vorgerückt sind als im Vorjahr. Im einzelnen ist nicht untersucht worden, in welchen Fällen ein wellenartig durch den Gletscher sich fortpflanzendes Bewegungsmaximum mit zeitlicher Verschiebung am Zungenende angekommen ist, oder in welchen Fällen die erhöhte Geschwindigkeit am Zungenende auf den in Kapitel 2.1 am Beispiel des Findelengletschers und in Kapitel 2.2 am Beispiel des Unteraargletschers skizzierten Zusammenhang zwischen Schmelzwasseranfall und Gleitbewegung zurückzuführen ist. Nahezu gleichzeitig an verschiedenen Gletschern auftretende Höchstgeschwindigkeiten sprechen für den letztgenannten Mechanismus.

Am weitesten vorgestossen ist der Allalin (105 m), wo sich im Herbst 1980 wiederum ein grosser Teil der Zunge mit vorübergehend erhöhter Geschwindigkeit rutschartig vorgeschoben hat. Der unerwartete und überraschend schnelle Vorstoss des Findelengletschers, der im 101.Bericht (siehe Kap. 2.1 und 4.1) ausführlich beschrieben ist, hat sich seit dem Vorjahr etwas verlangsamt.

3. VARIATIONS DES FRONTS GLACIAIRES

3.1 INTRODUCTION

Les résultats des observations faites sur le réseau de la CG/SHSN sont résumés dans le tableau 6 pour la première et dans le tableau 7 pour la seconde des années du présent rapport. Ils sont représentés dans les figures 6b et 7b, qui montrent la répartition géographique des observations classées selon leur qualité (crue, décrue etc.), et ils sont reportés dans le tableau 8, qui est commenté par des notes explicatives pour la plupart des glaciers individuels. Les résultats principaux des exercices annuels (au nombre de 102) à partir de 1880, sont représentés dans la figure 8 par les nombres de glaciers classés et de valeurs disponibles pour le calcul de la variation moyenne (fig. 8a), par les pourcentages des glaciers en crue ou en décrue (fig. 8b) et par la valeur moyenne de la variation de longueur (fig. 8c). Les chiffres des données représentées dans ces figures sont publiés dans l'annexe de l'annuaire précédent (99e et 100e rapports, chap. 6B.3, tabl. 35) pour les exercices de 1879/80 à 1978/79.

3.2 RESULTATS DU 101e EXERCICE (1979/80)

Dans l'année du rapport, les résultats des mesures sur les fronts glaciaires correspondent aux résultats des bilans de masse, dans la mesure où la variation moyenne de longueur ainsi que les nombres absolu et relatif des glaciers en crue se situent entre les deuxième et quatrième valeurs des séries respectives. Les valeurs maximales de ces séries (commencées en 1880) ont été observées en 1977/78 et sont représentées dans la figure 8 ou indiquées dans le tableau 35 de l'annuaire précédent. Si l'on considère la fraction des glaciers en crue (dans des régions plus ou moins identiques aux principaux bassin versants), on remarque une répartition régionale comparable à celle des données climatologiques mentionnées ci-devant (cf. chap. 1.2). Sur le versant nord des Alpes, dans l'ensemble des bassins versants de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat, environ 80% des glaciers observés sont en crue. Environ deux tiers (ou à peu près autant que dans l'ensemble du pays) sont en crue dans le Valais, c'est-à-dire dans le bassin du Rhône, tandis qu'aux Grisons et sur le versant sud des Alpes, c'est-à-dire dans l'ensemble des bassins du Rhin (à l'amont du Bodan), de l'Inn, de l'Adda et du Tessin, environ 40% progressent. On peut cependant parler d'une avance générale des glaciers dans quelques régions plutôt que dans l'ensemble des Alpes suisses.

Il n'y a pourtant pas de doute que, pendant la période décrite par le 101e rapport, la tendance à l'avance s'est accentuée. Parmi les glaciers en crue, on compte aussi le glacier de Brunni, dont le front principal (qui est inaccessible pour des mesures terrestres) a nettement avancé, alors que la langue séparée, qui est alimentée par les chutes de glace plus ou moins fréquentes provenant du front principal (et sur laquelle les mesures sont faites), tantôt s'accroît (comme en 1978), tantôt diminue (comme en 1979 et 1980), selon la fréquence et l'importance des chutes de glace. Dans le massif de l'Eiger, les chutes de glace provenant du Kallifirn se sont multipliées au cours des dernières années, de sorte que la langue du glacier inférieur de Grindelwald, station-

naire depuis cinq ans, a progressé. Cet allongement est dû à une accumulation de glace dans les cônes d'avalanches, glace qui s'est répandue ensuite devant le front du glacier (voir les illustrations 160 à 163 du chapitre 4.1).

Sur un bon nombre de glaciers, on a observé encore une accélération du mouvement glaciaire durant l'année du présent rapport. Dans certains cas (Findelen, Giétro, Corbassière), la vitesse a plus que doublé en cinq ans, soit par une prolongation des phases de glissement ou par une accentuation du glissement, soit par une déformation plus forte de la glace due à l'épaississement du glacier. Puisque le mouvement glaciaire comme tous les mouvements est régi en partie par des forces d'inertie, il faut s'attendre à ce que la tendance à l'avance se maintienne ou ne diminue que lentement ces prochaines années, même avec des conditions climatiques nettement moins favorables à la crue des glaciers que pendant ces dernières années.

3.3 RESULTATS DU 102e EXERCICE (1980/81)

Les résultats de ce dernier exercice sont conformes aux conclusions que l'on pouvait tirer au vu du déroulement du temps durant cette année un peu moins favorable à l'accroissement des glaciers que l'année précédente. La part des glaciers en crue est de 15 pour-cent plus faible, aussi bien dans l'ensemble que dans les différentes régions, tandis que celle des glaciers en décrue a augmenté en conséquence.

Comme l'année précédente, la tendance à l'avance s'est révélée le plus nettement sur le versant nord des Alpes où deux tiers des langues glaciaires observées se sont allongées. En Valais, où la moitié des glaciers est en crue, cette proportion correspond de nouveau à la moyenne suisse. Dans les autres régions comprenant les Grisons et le versant sud des Alpes, la part des glaciers en crue (deux cinquièmes environ) n'a guère changé durant ces trois dernières années. L'allongement moyen, plus faible que l'année précédente, mais plus grand qu'il y a deux ans, cadre bien avec la tendance un peu affaiblie, de ces dernières années. Comme les mesures de mouvement faites sur différents glaciers en témoignent, elle correspond bien aux caractéristiques des mouvements récents des langues glaciaires. Depuis 1977, la glace progresse vers l'aval de plus en plus rapidement, l'accélération durant l'exercice 1979/80 étant en général le double de celle des autres années. Le tableau 8 montre que certaines langues glaciaires ont avancé, cette année, sur une distance nettement plus grande que l'année précédente, malgré la fonte plus importante. On n'a pas examiné en détail les cas particuliers où l'onde, transmise dans le glacier, atteint son extrémité, ni les cas où la progression accélérée du front est due à la forte production d'eau de fonte et au glissement qui en résulte (comme le montrent les mécanismes décrits dans le chapitre 2.1 pour Findelen ou dans le chapitre 2.2 pour Unteraar). L'accélération quasiment simultanée du mouvement sur différents glaciers fait supposer une forte influence de ce dernier mécanisme.

C'est le glacier de l'Allalin qui a gagné le plus en longueur (105 m) cette année; en automne 1980, une grande partie de sa langue terminale a de nouveau glissé à une vitesse accrue pendant quelques temps. L'avance inattendue et étonnamment rapide du glacier de Findelen, décrite et illustrée dans le 101e rapport (cf. chap. 2.1 et 4.1), s'est un peu ralentie par rapport à l'année passée.

Tabelle 6. Lageänderung der Gletscherenden 1979/80 - Zusammenfassungen

Gebiet	Anzahl Gletscher n der Stichprobe und Prozentanteil p der Klassen							
	Netz n 1)	Stichprobe (p = 100 %) n 2)	Klassen der Stichprobe					
			wachsend n 3) p %	stationär n 4) p %	schwindend n 5) p %			
a) Einzugsgebiete der Hauptflüsse der Schweiz								
Rhone (II)	52	51	36		2		13	
Aare (Ia)	21	19	15		1		3	
Reuss (Ib)	11	11	10		1		0	
Linth/Limmat (Ic)	6	6	4		1		1	
Rhein/Bodensee (Id)	11	10	4		1		5	
Inn (V)	7	4	1		1		2	
Adda (IV)	5	3	1		0		2	
Tessin (III)	7	5	2		2		1	
Schweiz insgesamt	120	109	73		9		27	
b) Gebirgsregionen der Schweizer Alpen								
nördliche Hauptkette	56	54	40	74.1	4	7.4	10	18.5
- Nordseite (extern)	42	40	32		4		4	
- Südseite (intern)	14	14	8		0		6	
südliche Hauptkette	64	55	33	60.0	5	9.1	17	30.9
- Nordseite (intern)	52	47	30		3		14	
- Südseite (extern)	12	8	3		2		3	
externe Gebiete	54	48	35	72.9	6	12.5	7	14.6
interne Gebiete	66	61	38	62.3	3	4.9	20	32.8
Schweizer Alpen	120	109	73	67.0	9	8.2	27	24.8
Durchschnittliche Längenänderung	84 6)		+ 3.3 Meter/Gletscher					

1) In den nachstehenden Aufzählungen sind die Gletscher des Beobachtungsnetzes mit ihrer Nummer (1-120) aus Tabelle 8 bezeichnet. Ihre Zuordnung zu den Flusseinzugsgebieten (I-V) ist aus der gleichen Tabelle oder aus Abbildung 6a 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 Innthal.

2) In der Stichprobe nicht erfasst sind 11 Gletscher aus folgenden Gründen:

- nicht beobachtet: 92 93 94 100 108 115 116
- nicht messbar (eingeschneit): 112 113 118 120.

3) Wachsende Gletscher: 1 2 7 8 9 10 11 12 13 16 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28 31 32 37 38 39 40 41 42 43 44 45 47 48 49 53 54 55 56
 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 75 76 77 78 79
 81 85 89 90 91 96 99 104 107 109 110 117.

4) Stationäre Gletscher: 30 46 74 88 97 103 111 114 119.

5) Schwindende Gletscher: 3 4 5 6 14 15 17 29 33 34 35 36 50 51 52 80
 82 83 84 86 87 95 98 101 102 105 106.

6) Für die Berechnung der mittleren Längenänderung ist das Ergebnis von 25 Gletschern nicht berücksichtigt aus folgenden Gründen:

- Beeinflussung durch künstlichen See: 3 50
- Wert für mehrere Jahre oder ungenau: 8 9 12 13 16 23 58 72 95 101 117
- keine Zahlenangabe: 14 30 46 49 55 56 64 74 107 110 111 114.

Tableau 7. Variation de longueur des glaciers en 1980/81 - Récapitulations

Région	Nombre de glaciers n des ensembles et part relative p des classes							
	réseau n 1)	échantillon (p = 100 %) n 2)	classes de l'échantillon					
			en crue n 3) p %		stationnaires n 4) p %		en décru n 5) p %	
a) Bassins versants principaux de la Suisse								
Rhône (II)	52	45	23		3		19	
Aar (Ia)	21	18	11		0		7	
Reuss (Ib)	11	6	4		0		2	
Linth/Limmat (Ic)	6	6	4		0		2	
Rhin/Bodan (Id)	11	10	3		0		7	
Inn (V)	7	7	3		1		3	
Adda (IV)	5	3	2		0		1	
Tessin (III)	7	4	2		1		1	
total suisse	120	99	52		5		42	
b) Régions orographiques des Alpes suisses								
chaînes septentrionales	56	47	26	55.3	2	4.3	19	40.4
- versant nord (externe)	42	34	19		1		14	
- versant sud (interne)	14	13	7		1		5	
chaînes méridionales	64	52	26	50.0	3	5.8	23	44.2
- versant nord (interne)	52	45	22		2		21	
- versant sud (externe)	12	7	4		1		2	
régions externes	54	41	23	56.1	2	4.9	16	39.0
régions internes	66	58	29	50.0	3	5.2	26	44.8
Alpes suisses	120	99	52	52.5	5	5.1	42	42.4
Variation moyenne de longueur		78 6)	+ 0.7 mètres/glacier					

- 1) Dans les listes suivantes, les glaciers du réseau d'observations sont cités par leur numéro (1-120) du tableau 8. Leur répartition sur les bassins versants (I-V) est indiquée dans le même tableau ou dans la figure 7a. 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, 21 glaciers ne sont pas compris dans l'échantillon:
 - non observés: 33 34 35 36 46 67 68 69 72 101 108 110 112 113 115 116 117 118 120
 - résultat incertain: 30 76.
- 3) Glaciers en crue: 2 6 10 11 13 16 18 19 20 23 24 25 26 27 28 37 38 40 41 42 43 49 53 54 55 56 57 58 59 60 61 64 66 70 71 73 77 78 79 89 90 91 93 96 98 99 100 103 105 107 109 114.
- 4) Glaciers stationnaires: 1 12 47 92 119.
- 5) Glaciers en décru: 3 4 5 7 8 9 14 15 17 21 22 29 31 32 39 44 45 48 50 51 52 62 63 65 74 75 80 81 82 83 84 85 86 87 88 94 95 97 102 104 106 111.
- 6) Pour les raisons suivantes, les résultats récoltés sur 21 glaciers ont été éliminés pour le calcul de la variation moyenne de longueur:
 - influence d'un lac d'accumulation: 3 50 51
 - valeur imprécise ou valable pour plusieurs années: 14 57 58 59 92 93 94 100
 - valeur non chiffrée: 9 12 13 26 49 55 56 64 99 107.

Abbildung 6. Die Gletscher der Schweizer Alpen - Beobachtungsnetz 1980

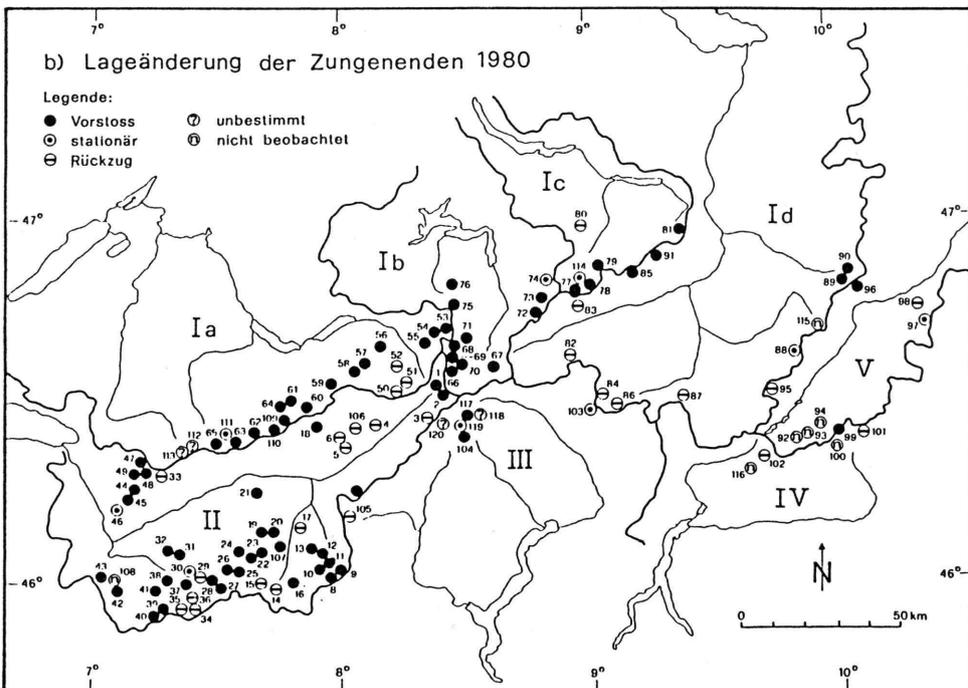
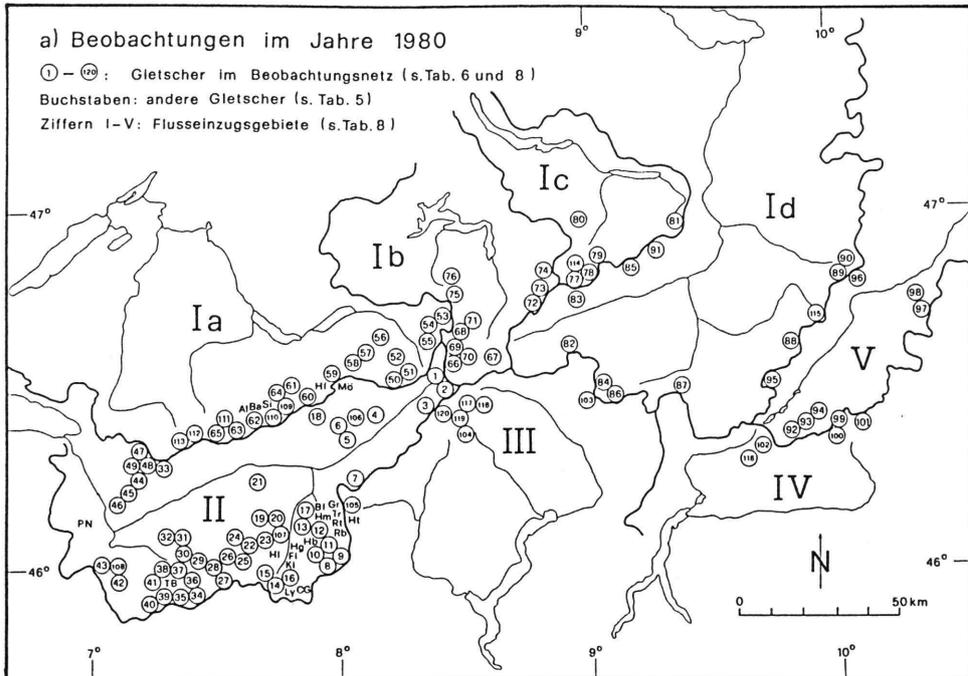


Figure 7. Les glaciers des Alpes suisses - Réseau d'observations en 1981

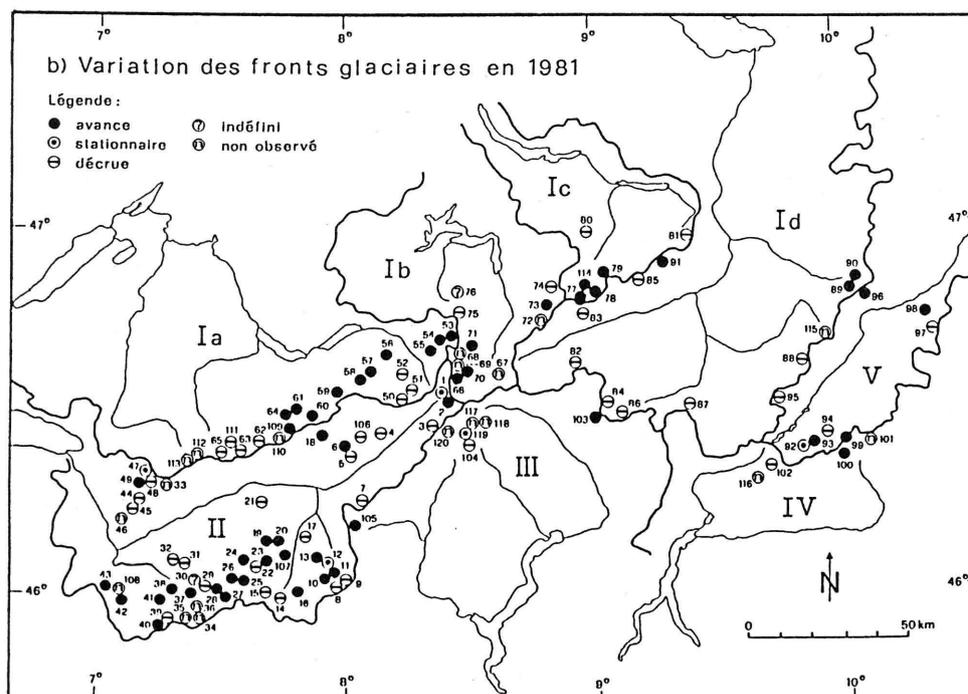
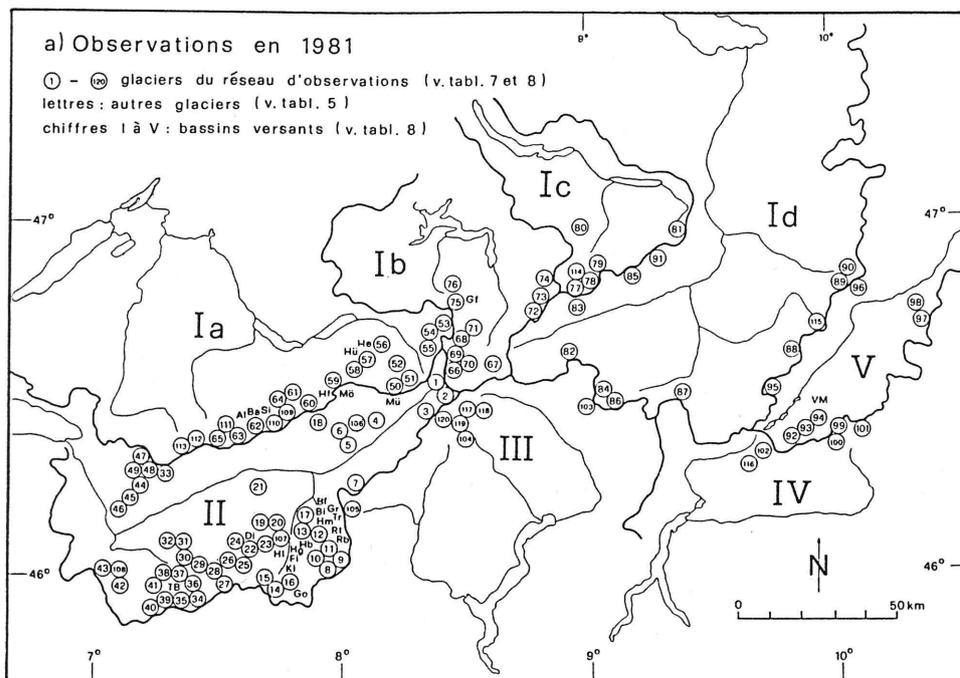


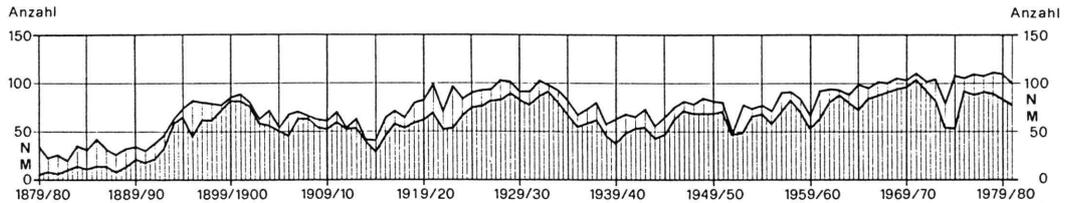
Abbildung 8. Lageänderung der Gletscherenden in den Schweizer Alpen - Haupt-
 ergebnisse der Jahre 1879/80 bis 1980/81

Figure 8. Variations des fronts glaciaires dans les Alpes suisses - Résultats
 principaux des années 1879/80 à 1980/81

a) Jährliche Stichproben - Echantillons annuels

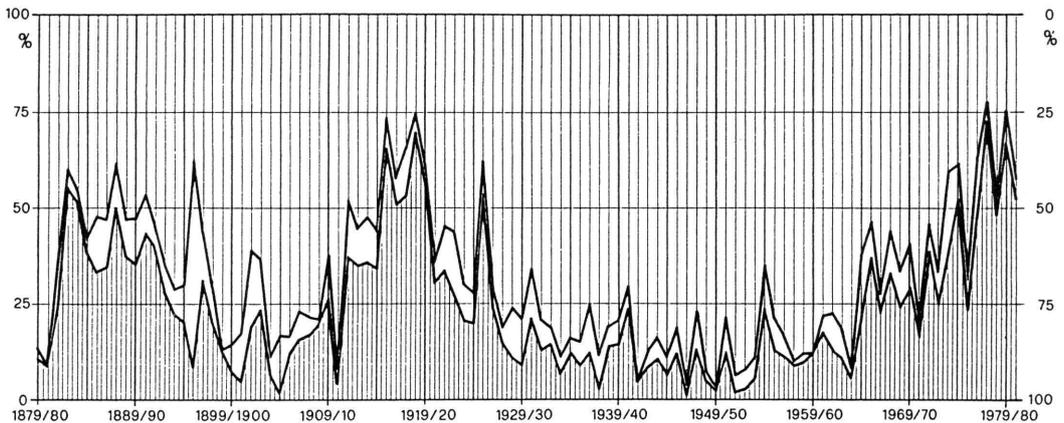
N = Anzahl klassierte Gletscher (Abb. 8b) - Nombre de glaciers classés (fig. 8b)

M = Anzahl gemittelte Werte (Abb. 8c) - Nombre de valeurs comprises dans la moyenne (fig. 8c)



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

wachsend en crue  stationär stationnaire  schwindend en décrue 



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

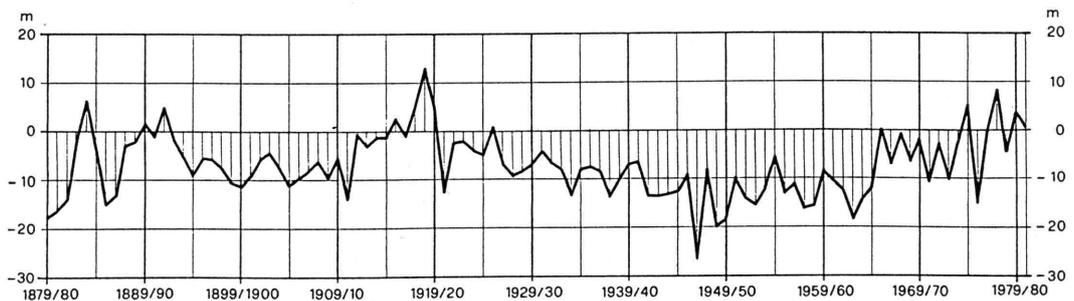


Tabelle 8. Lageänderung der Gletscherenden 1979/80 und 1980/81

Tableau 8. Variations des fronts glaciaires, en 1979/80 et 1980/81

Nr. Gletscher a)	Kt. b)	Lageänderung		Höhe m ü.M. 1981 d)	Messdatum		
		in Metern c)			Tag, Monat		
		1979/80	1980/81		1979	1980	1981
Einzugsgebiet der Rhone - Bassin du Rhône (II)							
1e Rhone	VS	+ 16.0	- 0.2	2124	16.9.	21.9.	20.9.
2e Mutt	VS	+ 9.5	+ 13	2595	16.9.	21.9.	19.9.
3e Gries (Aegina)	VS	- 2.9	- 17.6	2382	1.10.	2.10.	1.11.
4e Fiescher	VS	- 12.8	- 38.6	1664.0	16.9.	28.9.	20.9.
5e Grosser Aletsch	VS	- 8.6	- 27.6	1510.7	14.9.	19.9.	19.9.
106 Mittelaletsch	VS	- 5.0	- 20	-	12.9.	17.9.	20.9.
6e Oberaletsch	VS	- 3.0	+ 3.1	2138.9	12.9.	20.9.	17.9.
7e Kaltwasser	VS	+ 7.3	- 8.5	2750	4.10.	26.9.	25.9.
8e Tälliboden	VS	+ 87 ^{4a}	- 52.8	2628.8	1.10.	2.10.	29.9.
9e Ofental	VS	+ 68 ^{12a}	- x	2623.2 ⁸⁰	2.10.	3.10.	29.9.
10e Schwarzberg	VS	+ 16.9	+ 10.1	2659.4	3.10.	2.10.	30.9.
11e Allalin	VS	+ 53.4	+105.4	2167.3	1.10.	2.9.	8.10.
12e Kessjen	VS	+ 72.2 ^{4a}	st	-	27.9.	30.9.	2.10.
13e Fee (Nord)	VS	+ 20ca.	+ x	2005 ⁷⁹	9.10.	2.9.	8.10.
14e Gorner	VS	- x	- 55ca. ^{4a}	2063 ⁷⁸	4.10.	1.10.	8.10.
15 Zmutt	VS	- 7.7	- 16	2240	14.8.	12.8.	12.8.
16e Findelen	VS	+ 84.2 ^{2a}	+ 53.1	2482.2 ⁶¹	n	7.10.	14.10.
107e Bis	VS	+ x	+ x	2000ca.	5.9.	3.9.	8.10.
17e Ried	VS	- 13.4	- 19.9	2053.2	4.10.	4.10.	28.9.
18e Lang	VS	+ 7	+ 19	2020	4.10.	25.9.	17.9.
19e Turtmann (West)	VS	+ 24.2	+ 17.0	2264	20.10.	22.9.	25.9.
20e Brunegg (Turtmann-Ost)	VS	+ 1.1	+ 9.0	2454	20.10.	22.9.	25.9.
21e Bella Tola	VS	+ 8.4	- 4.2	-	18.10.	1.10.	22.9.
22e Zinal	VS	+ 3.8	- 10.0	2020	28.9.	24.9.	6.10.
23e Moming	VS	+ 10ca.	+ 4.2	2380 ⁸⁰	28.9.	24.9.	6.10.
24 Moiry	VS	- 5.5	+ 23.4	-	28.10.	5.11.	20.9.
25e Ferpècle	VS	+ 2.3	+ 16.6	-	14.10.	3.10.	7.10.
26e Mont Miné	VS	+ 1.8	+ 2.8	-	14.10.	3.10.	7.10.
27e Arolla (M.Collon)	VS	+ 8.5	+ 8.7	-	7.10.	4.10.	1.10.
28e Tsidjiore Nouve	VS	+ 10	+ 10.8	-	7.10.	4.10.	1.10.
29 Cheillon	VS	- 4.5	- 4.0	-	29.9.	26.9.	4.10.
30e En Darrey	VS	st (sn)	? sn	2475 ⁶⁴	28.9.	27.9.	3.10.
31e Grand Désert	VS	+ 11	- 11	2800 ⁶⁴	29.9.	27.9.	25.9.
32 Mont Fort (Tortin)	VS	+ 4	- 5.0	2740 ⁶⁷	5.10.	25.9.	23.9.
33e Tsanfleuron	VS	- 38	n	-	29.9.	25.9.	n
34e Otemma	VS	- 18	n	-	30.9.	27.9.	n
35e Mont Durand	VS	- 13.5	n	-	29.9.	28.9.	n
36e Breney	VS	- 31	n	-	29.9.	27.9.	n
37e Giétro	VS	+ 11	+ 11.0	2480ca.	30.8.	3.9.	20.10.
38e Corbassière	VS	+ 14	+ 10	2182	30.8.	9.9.	2.9.

a-e) Bemerkungen zu den Fussnoten und Legende der Abkürzungen siehe Seite 74 - Remarques ou notes explicatives et légende des abréviations voir page 74.

Tabelle 8. Fortsetzung 1 - Tableau 8. Continuation 1

No. a)	Glacier	Ct. b)	Variation du front en mètres c)		Altitude m s.m. 1981 d)	Date des mesures jour, mois		
			1979/80	1980/81		1979	1980	1981
39	Valsorey	VS	+ 2.0	- 5.0	2395	10.10.	10.10.	9.10.
40	Tseudet	VS	+ 1.0	+ 20.0	2425	10.10.	10.10.	9.10.
41	Boveyre	VS	+ 2.0	+ 18.0	2599	10.10.	10.10.	9.10.
42	Saleina	VS	+ 6.0	+ 10.0	1706	10.10.	10.10.	9.10.
108	Orny	VS	n	n	-	n	n	n
43	Trient	VS	+ 16.0	+ 15	1761	19.10.	5.8.	8.9.
44e	Paneyrosse	VD	+ 17.9	- 9.0	-	19.9.	26.9.	20.10.
45e	Grand Plan Névé	VD	+ 22.6	- 14.6	-	19.9.	26.9.	20.10.
46e	Martinets	VD	st(sn)	n	-	n	2.9.	n
47e	Sex Rouge	VD	+ 1.3	- 0.7	-	14.9.	28.9.	17.10.
48e	Prapio	VD	+ 6.5	- 2.0	-	23.9.	12.10.	18.10.
49e	Pierredar	VD	+ x	+ x	-	5.9.	18.9.	8.10.
Einzugsgebiet der Aare - Bassin de l'Aar (Ia)								
50e	Oberaar	BE	- 8.2	- 27.0	2301.6	15.8.	3.9.	8.10.
51e	Unteraar	BE	- 7.6	- 26.6	1907.3	15.8.	3.9.	8.10.
52e	Gauli	BE	- 1	- 2	2220ca.	27.9.	26.9.	9.10.
53e	Stein	BE	+ 15	+ 17	1934	4.10.	6.10.	4.10.
54e	Steinlimmi	BE	+ 5	+ 6	2092	4.10.	6.10.	4.10.
55e	Trift (Gadmen)	BE	+ x	+ x	-	12.9.	5.9.	18.9.
56e	Rosenlauri	BE	+ x	+ x	-	12.9.	19.8.	8.10.
57e	Oberer Grindelwald	BE	+ 7.0	+ 22ca.	1225ca.	10.10.	29.10.	3.11.
58e	Unterer Grindelwald	BE	+125ca.	+ 50ca.	1125ca.	13.10.	15.10.	8.10.
59e	Eiger	BE	+ 12.9	+ 26ca.	2120ca.	6.9.	25.9.	10.9.
60e	Tschingel	BE	+ 8.1	+ 7.7	2260	7.9.	26.9.	11.9.
61e	Gamchi	BE	+ 9.0	+ 8.8	1990	8.9.	20.9.	19.9.
109e	Alpetli (Kanderfirn)	BE	+ 3.8	+ 10.9	2250	17.9.	16.9.	17.9.
110e	Lötschberg	BE	+ x ^{6a}	n	-	n	2.9.	n
62e	Schwarz	VS	+ 2.0	- 2.8	2210	6.9.	15.9.	21.9.
63e	Lämmern	VS	+ 3.3	- 5.8	2500	5.9.	15.9.	22.9.
64e	Blümlisalp	BE	+ x	+ x	-	12.9.	18.9.	8.10.
111e	Anmertten	BE	st(sn)	- 1.8	2345ca.	16.9.	16.9.	20.9.
65e	Rätzli	BE	+ 7.0	- 18.3	2422 ⁸⁰	19.9.	17.9.	6.11.
112e	Dungel	BE	? sn	n	-	n	19.8.	n
113e	Gelten	BE	? sn	n	-	n	19.8.	n
Einzugsgebiet der Reuss - Bassin de la Reuss (Ib)								
66e	Tiefen	UR	+ 4	+ 1.0	2492 ⁷¹	18.9.	12.9.	6.10.
67e	Sankt Anna	UR	+ 2.5	n	-	18.9.	15.9.	n
68e	Kehlen	UR	+ 24.5	n	-	19.9.	13.9.	n
69e	Rotfirn (Nord)	UR	+ 9.0	n	-	19.9.	13.9.	n
70e	Damma	UR	+ 12	+ 16	-	19.9.	21.9.	25.9.
71e	Wallenbur	UR	+ 12	+ 7	2237	4.10.	25.9.	8.10.
72e	Brunni	UR	(- 7)	n	-	9.10.	17.9.	n
73e	Hüfi	UR	+ 15	+ 2.0	1640	20.9.	19.9.	18.9.
74e	Griess (Unterschächen)	UR	st(sn)	- 14.6	2215	11.9.	16.9.	20.10.
75e	Firnalpeli	OW	+ 17.5	- 8.6	2160	4.10.	7.9.	18.10.
76e	Griessen (Obwalden)	OW	+ 5.7	?	-	18.9.	21.9.	18.9.

Tabelle 8. Fortsetzung 2 - Tableau 8. Continuation 2

Nr. Gletscher a)	Kt. b)	Lageänderung		Höhe m ü.M. 1981	Messdatum		
		in Metern c)			Tag, Monat		
		1979/80	1980/81		1979	1980	1981
Einzugsgebiet der Linth/Limmat - Bassin de la Linth/Limmat (Ic)							
77e Biferten	GL	+ 11.0	+ 4.0	1906.3	2.10.	18/19.9.	18.9.
78e Limmern	GL	+ 2.2	+ 3.8	2241.6	29.8.	30.8.	27.8.
114e Plattalva	GL	st(sn)	+ 6.5	-	1.9.	3.9.	29.8.
79e Sulz	GL	+ 4.3	+ 6.5	1787	2.10.	18.9.	4.9.
80e Glärnisch	GL	- 3.7	- 6.3	2293.0	6.9.	29.9.	5.10.
81e Pizol	SG	+ 16.2	- 17.8	2550	27.9.	8.10.	18.9.
Einzugsgebiet des Rheins/Bodensee - Bassin du Rhin/Bodan (Id)							
82 Lavaz	GR	- 22.8	- 22.2	2297	6.9.	4.9.	18.9.
83e Punteglias	GR	- 10	- 10	2345	3.10.	5/6.10.	9/10.10.
84e Lenta	GR	- 1.0	- 12.0	2280	26.10.	26.9.	8.10.
85e Vorab	GR	+ 7.5	- 2.1	-	6.9.	25.9.	21.9.
86e Paradies	GR	- 23.3	- 15.2	2394	19.9.	25.9.	1.10.
87e Suretta	GR	- 50.3	- 21.7	2209	11.9.	16.9.	11.9.
115 Scaletta	GR	n	n	-	13.9.	n	n
88e Porchabella	GR	0	- 8.5	2634	18.9.	15.9.	5.10.
89e Verstankla	GR	+ 7.5	+ 4.5	2355	12.9.	16.9.	31.8.
90e Silvretta	GR	+ 4.1	+ 4.5	2427.9	16.9.	12.9.	11.9.
91e Sardona	SG	+ 7.8	+ 3.8	2500	2.10.	7.10.	17.9.
Einzugsgebiet des Inns - Bassin de l'Inn (V)							
92e Roseg	GR	n	+ 0.1 ^{2a}	2170	2.11.	n	19.8.
93 Tschierva	GR	n	+ 48.5 ^{2a}	2140	1.11.	n	19.8.
94 Morteratsch	GR	n	- 56.4 ^{2a}	2000	30.10.	n	18.8.
95e Calderas	GR	- 10 ^{2a}	- 6.2	2710	n	4.10.	9.9.
96e Tiatscha	GR	+ 9.5	+ 7	2530	20.9.	28.9.	2.10.
97e Sesvenna	GR	- 0.1	- 2.6	2745	29.9.	4.10.	18.9.
98e Lischana	GR	- 2.4	+ 6.0	2800	18.9.	28.9.	12.9.
Einzugsgebiet der Adda - Bassin de l'Adda (IV)							
99e Cambrena	GR	+ 6.5	+ x	-	12.9.	27.9.	7.8.
100e Palü	GR	n	+ 36.7 ^{3a}	2345ca.	n	n	10.11.
101e Paradisino (Campo)	GR	- 6.8 ^{9a}	n	-	29.9.	11.9.	n
102e Forno	GR	- 30	- 15.1	2225	25.10.	7.10.	2.9.
116 Albigna	GR	n	n	-	17.9.	n	n
Einzugsgebiet des Tessins - Bassin du Tessin (III)							
120e Corno	TI	? sn	n	-	28.9.	24.9.	n
117e Valleggia	TI	+ 15 ^{4a}	n	-	n	6.10.	n
118e Val Torta	TI	? sn	n	-	3.10.	1.10.	n
103e Bresciana	TI	+ 0.4	+ 4.0	2710	14.9.	18.9.	17.9.
119e Cavagnoli	TI	- 0.7	- 0.6	2560ca.	27.9.	11.9.	15.9.
104e Basodino	TI	+ 10.3	- 6.2	2520ca.	15.9.	10.9.	14.9.
105e Rossboden	VS	- 4.7	+ 3.7	1950	4.10.	7.10.	24.9.

Tabelle 8. Legende und Bemerkungen - Tableau 8. Légende et remarques

Legende

n	nicht beobachtet
?	ohne Ergebnis
sn	eingeschneit
+	wachsend
st	stationär
-	schwindend
ca.	ungefährer Wert
x	Betrag nicht bestimmt

Légende

n	non observé
?	sans résultat
sn	sous la neige
+	en crue
st	stationnaire
-	en décrue
ca.	valeur approximative
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/SNG (vgl. Tab. 5-7 wie auch Abb. 6 und 7).
 Numéro d'identification des glaciers du réseau d'observations de la CG/SHSN (cf. tabl. 5-7 ainsi que fig. 6 et 7).
- b) Liegt ein Gletscher auf dem Gebiet mehr als eines Kantons, ist der Kanton angegeben, indem 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 1981 gemessen, ist das Jahr der Messung folgenderweise angezeigt: 2326.2⁸⁰ = 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 1981, l'année de la mesure est indiquée comme il suit: 2326.2⁸⁰ = cote 2326.2 mètres, déterminée en 1980.
- e) Siehe nachstehende Bemerkung mit der Nummer des Gletschers (Seiten 75-96).
 Voir ci-après la note explicative avec le numéro du glacier (pages 75-96).

Bemerkungen zu einzelnen Gletschern - Remarques valables pour un seul glacier

Die Fussnoten sind mit der Nummer des Gletschers bezeichnet und nach der Reihenfolge dieser Nummern geordnet.

Les notes explicatives portent le numéro respectif du glacier et se suivent dans l'ordre de ces numéros.

1 Rhone

1980: Du 13 août au 21 septembre, le front a reculé en moyenne de 1.3 mètres (P.Mercier).

1981: La moyenne des mesures indique un léger recul de 2 mètres, mais ce résultat n'est que peu significatif, vu que le centre du glacier a légèrement avancé. Il semble plus juste de considérer ce glacier comme stationnaire (P.Mercier). - La valeur indiquée dans le tableau a été calculée sans tenir compte des mesures faites sur les parties marginales du front (Auteur).

2 Mutt

1980: La cote indiquée se rapporte au point le plus bas du glacier. Le front terminal se bombe et se crevasse (P.Mercier).

3 Gries

1980: Die Höhenkote 2383 m ü.M. ist gemittelt über die ganze Breite des Fusses der durchschnittlich 18 Meter hohen Kalbungsfront. Nach einem sehr niederschlagsreichen Winter ergaben sich anfangs Juni überdurchschnittliche Schneehöhen von 1.7 Metern (Vorjahr 1.2 m) im Gletschervorfeld und von 3.4 Metern (Vorjahr 1.8 m) auf der Gletscherzunge. Verzögert durch nasskalte trübe Witterung im Frühsommer, kam die Schneeschmelze erst im letzten Julidrittel richtig in Gang. Anfangs August war der Gletscher noch vollständig mit Winterschnee überdeckt. Dieser schmolz im Laufe der warmen und trockenen Monate August und September bis etwa 2650 Meter Meereshöhe weg. Die Eisablation im Zehrgebiet (2-3 m) war geringer, der Firnzuwachs im Nährgebiet (1.5 m auf 2900 m ü.M., rund 3 m im obersten Firnbecken) jedoch grösser als normal. Der Wasserspiegel des Stausees lag anfangs Oktober noch rund 5 Meter unter dem Stauziel. Demzufolge war das Gletscherende der Einwirkung des Stausees im Berichtsjahr nur während kurzer Zeit ausgesetzt. Die Eisfront blieb von anfangs Juni bis zum Beginn des Einstaus nahezu stationär. Seit dem Vorjahr ist sie im südlichen Drittel (über rund 86 m) ihrer Breite (289 m) um durchschnittlich 7 Meter vorgerückt, in den übrigen Teilen im Durchschnitt um den gleichen Betrag zurückgewichen (VAW-H.Siegenthaler).

1981: Die angegebene Höhenkote ist gemittelt für den Fuss der durchschnittlich 23 Meter hohen Kalbungsfront am Zungenende. Der starke Längenschwund ist hauptsächlich auf die Einwirkung des Stausees zurückzuführen. Der Wasserspiegel lag Mitte August auf Kote 2376 m ü.M. am Zungenende, einen Monat später auf Kote 2386.5 am Stauziel, das am 23. September infolge Starkregens sogar überschritten wurde. Zu diesem Zeitpunkt war der Gletscher bis gegen 2750 m ü.M. grösstenteils schneefrei mit offenen Spalten an Stellen des Firngebiets, wo sie nach den bisherigen Erfahrungen kaum zu erwarten waren. Bei überdurchschnittlichem Firnzuwachs (1.5 m auf 3050 m ü.M.) hat sich die Gletschermasse im Berichtsjahr um rund 1.5 Millionen Tonnen vermindert. Etwa 6 Prozent hiervon sind der Einwirkung des Stausees zuzuschreiben. An den Messstellen des Zungengebiets hat die Eisdicke um 0.2 bis 1 Meter abgenommen, die Fließgeschwindigkeit dagegen etwas zugenommen (VAW-H.Siegenthaler).

4 Fiescher

1981: Seit dem Längenzuwachs von 1978 ist das Zungenende schrittweise wieder auf den Stand von 1977 zurückgeschmolzen. Etwa 200 Meter weiter hinten ist der Gletscher deutlich dicker geworden, wobei das Eis die neue Wasserleitung am Titer stellenweise überstiegen und mit Felsbrocken verschüttet hat (VAW-W.Schmid).

5 Grosser Aletsch

1980: Die Höhenkote 1518.6 m ü.M. ist an der Eisoberfläche des Zungenendes bestimmt (VAW-W.Schmid).

1981: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf den Wasserspiegel im Gletschertor (VAW-W.Schmid).

6 Oberaletsch

1981: Nach jahrzehntelangem Schwund ist das Gletscherende während der letzten 4 Jahre nahezu stationär geblieben und im Berichtsjahr erstmals vorgerückt (VAW-W.Schmid).

7 Kaltwasser

1980: Die 15-20 Meter mächtige, im Laufe der letzten Jahre angelagerte Firnzunge in der Felsrinne bei Messpunkt 3 ist mittlerweile vereist, weshalb sie dem Gletscher zugerechnet worden ist (M.Bortler).

1981: Die angelagerte Firnzunge bei Messpunkt 3 ist merklich grösser geworden. Ähnliche Firnanlagerungen haben sich im Berichtsjahr beidseits neben Messpunkt 2 entwickelt. Ebenfalls bei Messpunkt 1 liegt eine etwa 30 Meter lange Gletscherzunge in einer 4-10 Meter breiten Felsrinne (M.Bortler).

8 Tälliboden

1981: Die dünne, während der 4 letzten Jahre dem Gletscherende angelagerte Firnzunge ist im Berichtsjahr zum grossen Teil wieder weggeschmolzen (VAW-W.Schmid).

9 Ofental

1980: Erstmals seit 1968 liess sich das Gletscherende zumindest über einen Teil der Messstrecke wieder eindeutig festlegen und vermessen (VAW-W.Schmid).

1981: Das Zungenende, das im Berichtsjahr zweifellos zurückgeschmolzen ist, liess sich am Messdatum unter der 40-60 Zentimeter hohen Neuschneedecke nicht eindeutig feststellen (VAW-W.Schmid).

10 Schwarzberg

1981: Der Gletscher hat am Zungenende sowohl in der Länge als auch in der Dicke zugenommen. In der Zungenmitte hat das Eis die Kante des Felsriegels erreicht und stürzt erneut über die Steilstufe ins Vorgelände hinab, wo nur noch spärliche Reste der früheren, während der Schwundphase vom Gletscher abgetrennten Zunge als Toteismassen vorhanden sind. Diese werden demnächst wohl noch völlig verschwinden. Sie sind wie bereits im Vorjahr nicht mehr vermessen worden (VAW-W.Schmid).

11 Allalin

1980: Vermessungsflüge V+D (s. Tab. 5) im Auftrag der Kraftwerke Mattmark (KWM), photogrammetrisch ausgewertet durch die VAW am Autographen des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich. Die Höhe des tiefsten Punkts am Gletscherende ist mit 2219.8 m ü.M. kotiert worden. Durch das andauernde Vorstossen des Gletschers sind die angelagerten Sturzkegel verfestigt und als regenerierte Teile der Zunge von der Gletscherbewegung erfasst worden (VAW-W.Schmid).

1981: Vermessungsflüge V+D (s. Tab. 5) für KWM, ausgewertet wie im Vorjahr. Die Tabellenwerte der Längenänderung und der Höhenkote sind am vordersten, teilweise aus verstürztem Eis bestehenden Gletscherrand bestimmt. Der Rand des kompakten Eises, das bis 2193 m ü.M. herabreicht, ist im Durchschnitt um 87.4 Meter vorgerückt. Der Vorstoss seit der Vorjahresmessung hat sich grossenteils aus der Zungenrutschung ergeben, die im Herbst 1980 nach Mitte September in Gang gekommen ist und bis gegen Ende Oktober angedauert hat (VAW-W.Schmid).

12 Kessjen

1980: Erstmals seit 1976 liess sich das Gletscherende zumindest über einen Teil der Messstrecke wieder eindeutig festlegen und vermessen (VAW-W.Schmid).

1981: Das Zungenende, das im Berichtsjahr nahezu stationär geblieben ist, liess sich am Messdatum unter der 40-60 Zentimeter hohen Neuschneedecke nicht eindeutig festlegen (VAW-W.Schmid).

13 Fee

1980: Vermessungsflug V+D (s. Tab. 5). Der Vergleich der Luftbilder mit den Aufnahmen der Vorjahre lässt erkennen, dass die aufgewölbte Zungenstirn im Berichtsjahr etwa gleichweit vorgerückt ist wie in der vorangehenden zweijährigen Messperiode. Auch die Südzunge des Feegletschers hat in den letzten Jahren in der Länge und in der Dicke stark zugenommen, wobei stellenweise Eis vom Gletscherrand ins Vorgelände abgestürzt ist. Einzelne, durch Eisstürze gefährdete Skipisten im Bereich des sogenannten "Kanonenrohrs" sind gesperrt worden (VAW-M.Aellen).

1981: Vermessungsflug V+D (s. Tab. 5). Der Vergleich der Luftbilder mit den Vorjahresaufnahmen zeigt, dass die Stirn der Nordzunge im Berichtsjahr erneut etwa doppelt so weit vorgerückt ist wie in der Vorjahresperiode. Der Vorstoss dieses Gletschers hat sich seit 1975 von Jahr zu Jahr verstärkt. Eine ähnliche Entwicklung ist auch an der Südzunge festzustellen, welche auf der ganzen Breite weiter vorgestossen ist (VAW-M.Aellen).

14 Gorner

1980: Als Messdatum ist im Vor- wie im Berichtsjahr der Tag angegeben, an dem W.Haeberli (VAW) das Zungenende photographiert hat. Die Photos belegen die mündliche Mitteilung von A.Bezinge, Sitten, wonach das schmale, in eine Felsschlucht eingezwängte schuttbedeckte Zungenende fortdauernd zurückschmilzt, während der rückwärtige Teil der Gletscherzunge in den letzten Jahren sichtlich breiter und dicker geworden ist. Der Gornersee hat sich am 12. bis 14. August entleert, wobei die ausgeflossene Wassermenge (ca. 1 300 000 m³) verhältnismässig klein war und der Spitzenabfluss (ca. 25 m³/sek) deutlich unter dem für Schadenhochwasser kritischen Wert (50 m³/sek) blieb (Verfasser).

1981: Das angegebene Messdatum entspricht dem Datum des Vermessungsfluges Gornergrat (s. Tab. 5). Die Luftbilder, verglichen mit jenen vom 14.9.1977, belegen den Schwund des Zungenendes und den Zuwachs im rückwärtigen Teil der Zunge während der letzten vier Jahre. Nach mündlichen Mitteilungen von H.Röthlisberger (VAW), der obengenannten und weiterer Beobachter hat sich an beiden Orten die Tendenz der Vorjahre im Berichtsjahr fortgesetzt (Verfasser).

16 Findelen

1980: Die Gletscherzunge hat seit 1978 sowohl in der Länge als auch in der Dicke stark zugenommen. In der Zeitspanne vom 20.7.-7.10.1980 (die praktisch die ganze Schmelzperiode umfasst, Verf.) ist die Zungenfront auf allen 5 Messlinien vorgerückt, im Durchschnitt um 10.2 Meter, auf den einzelnen Linien um Beträge zwischen 1.2 und 22.1 Metern (R.Zimmermann). - Der Tabellenwert der Längenänderung ist für die Zweijahresperiode vom 1.11.1978-7.10.1980 als Durchschnitt der 5 Messwerte zwischen 65.3 und 110.5 Metern berechnet. Über den unerwartet raschen und spektakulären Vorstoss, der bereits im Winter 1979/80 in Gang kam, wird im Text (Kap. 2) und in Bildern (Kap. 4.1) ausführlicher berichtet (Verfasser).

1981: Das Zungenende, das erneut stark - aber weniger weit als im Vorjahr - vorgestossen ist, nähert sich einer Wasserfassung der Kraftwerke Grande Dixence. Diese wird so umgebaut, dass sie nötigenfalls als subglaziale Fassung betrieben werden kann (Verfasser). - Afin de capter les eaux qui s'écoulent sous le glacier, un canal transversal, long de 80 mètres, est construit sur la rive gauche. Les travaux de construction doivent se terminer en août 1982, car il est probable - selon les vitesses observées - que les glaces submergeront le canal vers octobre ou novembre 1982 (A.Bezinge, Grande Dixence).

18 Lang

1980: Der Gletscher ist auf der alten, vor der Zungenmitte gelegenen Messlinie vorgestossen. Auf einer neu angelegten seitlichen Messlinie werden die Veränderungen des Zungenrandes südlich der Lonza im Bereich der Toteismasse, die 2-3 Meter hoch mit Schutt überdeckt ist, erfasst (M.Borter).

1981: Der angegebene Vorstossbetrag ist auf der alten Messlinie an der Zungenmitte bestimmt. Auf der neuen seitlichen Messlinie ist der Eisrand der schuttbedeckten Zungenreste um 12 Meter zurückgeschmolzen (M.Borter).

19 Turtmann

1980: Der Gletscher ist auf allen vier Messlinien vorgerückt. Die Messungen auf den mittleren Linien ergaben genauere Werte (rund 12 bzw. 4 m), die dem allgemeinen Verhalten des Gletschers eher entsprechen dürften als die weitgehend durch Zufälligkeiten bestimmten, auf den äusseren Linien erhaltenen Werte (rund 67 bzw. 14 m). Am Fuss der Zunge, namentlich auf Messlinie 4, ist viel Eis und Moränenmaterial zu einem Stirnwall aufgeschoben (A.Tscherrig).

1981: Die Gletscherstirn ist auf der ganzen Breite vorgerückt, wobei sie wie im Vorjahr viel Moränenmaterial vor sich hergeschoben hat (A.Tscherrig).

21 Bella Tola

1980: Im Vorgelände des Gletschers lagen am Messdatum noch enorme Schneemassen, unter denen auch drei Messpunkte unauffindbar blieben, weshalb nur von den Punkten 3 und 4 aus gemessen werden konnte (A.Tscherrig).

1981: Wie im Vorjahr war der Gletscherrand nur auf den Messlinien 3 und 4 erfassbar. Auf den übrigen drei Linien war er - wie auch Messpunkt 5 - von Firnschnee überdeckt. Die Firnfelder in der Umgebung des Gletschers sind im Sommer des Berichtsjahrs etwas stärker abgeschmolzen als im Vorjahr (A.Tscherrig).

22 Zinal

1980: Die Gletscherstirn ist auf der ganzen Breite vorgestossen (V.Bregy).

23 Homing

1980: Der angegebene Wert der Längenänderung ist geschätzt, weil die bestehenden, durch abgestürztes Eis verdeckten Messpunkte unzugänglich waren. Eine neue Messbasis ist eingerichtet worden (V.Bregy).

25 Ferpèche

1981: Le repère A1, distant du glacier de 4.1 mètres, l'an passé, a disparu sous les glaces. Il avait été remplacé à temps par un nouveau repère (M.Torrent).

26 Mont Miné

1981: Le repère A1, distant du glacier de 37.4 mètres, l'an passé, a disparu avant d'avoir été remplacé ou assuré par un autre repère. L'avance du glacier n'a donc pas été mesurée (M.Torrent).

27 Arolla

1981: La crue a produit des phénomènes dynamiques particuliers sur le front du glacier (extrusion des glaces basales, plans de cisaillement) et a causé un déplacement du torrent émissaire vers l'amont d'environ 20 mètres (A.Bezinge).

28 Tsidjiore Nouve

1981: La crue a produit des phénomènes dynamiques particuliers sur la rive gauche, où la glace déborde la moraine latérale. Le torrent émissaire s'est déplacé (A.Bezinge).

30 En Darrey

1980: A la date indiquée de notre visite au glacier, le névé dépassait les points de repère introuvables sous une épaisse couche de neige (T.Kuonen).

1981: Le névé recouvre toujours le front du glacier et le terrain devant celui-ci. La longueur du névé en aval de la glace est actuellement de 230 mètres (M.Pitteloud).

31 Grand Desert

1981: La distance du glacier au repère 2 n'a plus été mesurée depuis 1975; elle était alors de 158 mètres. Entretemps elle a augmenté de 5.7 mètres par an, en moyenne (M.Pitteloud).

33 Tsanfleuron

1980: Le recul s'explique par le fait, que le névé accumulé devant le front du glacier s'est détaché de celui-ci (T.Kuonen).

34 Otemma

1980: Le recul, accentué par rapport aux années précédentes, a été plus fort dans la partie droite du front, qui ne pose aucun problème de mensuration. Le lobe gauche, complètement recouvert d'une épaisse couche de débris morainiques, est difficile à délimiter. Les petits glaciers de cirque du fond du Val de Bagnes sont en crue. Celle-ci est particulièrement forte au glacier d'Epicoun qui finissait, voici 2 à 3 ans, sur un à-pic rocheux. En s'ébouyant, les glaces ont formé un talus (glacier régénéré), qui rejoint la falaise de glace en amont. Il en est de même du petit glacier situé sur le flanc sud-est du Tournelon Blanc (J.-L.Blanc).

35 Mont Durand

1980: Le recul s'est accentué depuis l'année précédente, bien que les parties hautes du glacier semblent avoir augmenté de volume, depuis quelques années et en particulier dans les parages du Col de By (J.-L.Blanc).

36 Breney

1980: Le recul s'est encore accentué depuis l'année précédente, surtout au centre du front, qui est très en retrait par rapport aux lobes latéraux, protégés par une épaisse couverture morainique. La configuration du terrain devant le front, parsemé de lagots et de nombreux lambeaux de glace morte, rend les mensurations difficiles et peu sûres. Souvent il n'est pas facile de déceler s'il s'agit du glacier ou de glace morte (J.-L.Blanc).

37 Giétro

1980: Vermessungsflüge V+D (s. Tab. 5) im Auftrag der Kraftwerke Mauvoisin (FMM), photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro Leupin in Bern. Der angegebene Wert für die mittlere Längenänderung gilt für die durch Abbruchfronten begrenzte Gletscherzunge. Berücksichtigt man auch die angelagerten Sturzkegel, die an Mächtigkeit und Flächenausdehnung stark zugenommen haben, ergibt sich ein durchschnittlicher Vorstoss von 20 Metern. Die Zunge hat sich auf den seitlichen Felsterrassen und vor allem auf der grossen Felsterrasse südlich der Schlucht weiter ausgedehnt. Der als Eckpfeiler zwischen der nahezu stationären Hauptfront und der erstmals deutlich vorgeückten südlichen Seitenfront stehende Zungensporn ist grösser und stabiler geworden. Die Sturzkegel an der Südseite reichen nun fast durchwegs an die Abbruchfront hinauf. Dadurch hat diese offensichtlich den zum Vorrücken benötigten zusätzlichen Halt gefunden. An der breiter und höher gewordenen Hauptfront bricht das Eis fortwährend in kleineren oder auch grösseren Portionen ab, die als Eislawinen durch die Schlucht häufig bis in den See abstürzen. Das Spektakel der "canonnades du Giétro" ist, wie u.a. J.-L.Blanc als Augenzeuge eines Eissturzes in den See am 27. oder 28.9.1980 bestätigt, wieder in Gang gekommen. Die unmittelbare Ursache liegt, wie Messungen am Pegelnetz zeigen, im erhöhten Eisnachschiebung zum Zungenende: Seit 1976 hat

sich bei den untersten Messstellen die Fliessgeschwindigkeit sukzessive um rund 50 bis 60 Prozent auf 70 bis 80 Meter pro Jahr beschleunigt. Dabei hat die Eisdicke um rund 7 Meter zugenommen (VAW-M.Aellen).

1981: Vermessungsflug V+D (s. Tab. 5) für FMM, ausgewertet durch Leupin. Der angegebene Wert für die Längenänderung gilt für die grösstenteils durch Abbruchfronten begrenzte Zunge. Diese hat sich vor allem auf der Südseite, gegen die flache Felsterasse und oberhalb davon gegen den grossen Sturzkegel hin deutlich ausgedehnt. Dies dürfte zum guten Teil auf die verbesserte Abstützung des Eises in diesem Bereich des Vorgeländes zurückzuführen sein. Berücksichtigt man auch die angelagerten Eissturzmassen, die einerseits vom Gletscher überfahren oder verschoben worden sind, andererseits stärker abschmolzen als im Vorjahr, ergibt sich ein durchschnittlicher Vorstoss von 6 Metern. Infolge der vermehrten Eisabbrüche an der Hauptfront hat sich in der Schlucht ein langgestreckter Sturzkegel gebildet, der zeitweise die Wasserfassung eindeckte. Im vordersten Zungenbereich haben Eisdicke und Fliessgeschwindigkeit im Berichtsjahr weiter zugenommen (VAW-M.Aellen).

38 Corbassière

1980: L'extrémité de la langue glaciaire, recouverte de moraine et de blocs de glace détachés du front principal, est difficile à délimiter. L'avance des repères sur le glacier s'est encore accentuée par rapport à l'année précédente, d'environ 10 à 15 pour-cent au profil de Panossière et de 20 à 25 pour-cent au profil de Tsessette. Au premier endroit, l'épaisseur du glacier n'a changé que de peu, tandis qu'au profil inférieur elle a augmenté de 3.6 mètres en moyenne et par rapport à 1979. Le ressaut du glacier, situé au droit de la nouvelle cabane, s'est encore élevé de 3.3 mètres de 1979 à 1980 et donc de 7.4 mètres en deux ans. Le repère planté sur le ressaut a avancé de 73.1 mètres, soit 25 pour-cent de plus qu'en 1979 (A.Mathier). - Les résultats principaux des mensurations, exécutées à la demande des forces motrices de Mauvoisin (FMM) par le géomètre A.Mathier, Montana, sont résumés dans le tableau suivant (VAW-M.Aellen).

1981: Dans les parties observées, le glacier a continué sa crue. L'accroissement a toutefois été moins prononcé que celui des années précédentes. Au profil supérieur, le niveau de la surface glaciaire a baissé légèrement, en moyenne, et la vitesse du mouvement glaciaire a subi un ralentissement remarquable de 30 pour-cent (côté ouest) à 45 pour-cent (côté est) par rapport à l'année précédente. Au profil inférieur, le glacier a continué à épaissir et à s'accélérer. Au sommet du ressaut, situé entre les deux profils, la surface s'est levée de 1.6 mètres et le repère s'est déplacé de 52.3 mètres avec une vitesse diminuée de 23 pour-cent par rapport à celle de l'année précédente. La crue se manifeste plus prononcément dans les parties marginales que dans les parties médianes de la langue. Aux environs de la cabane, le bord du glacier, en s'exhaussant et en poussant contre la moraine latérale, a pris la forme d'un ressaut (A.Mathier). - Les résultats principaux des mensurations, exécutées pour FMM par Mathier, sont résumés dans le tableau suivant (VAW-M.Aellen).

Profil:	Mittlere Dickenänderung <u>Variation de l'épaisseur</u>		Mittlere Fliessgeschwindigkeit <u>Vitesse moyenne du mouvement</u>	
	Tsessette	Panossière	Tsessette	Panossière
Altitude:	2500 m ü.M.	2660 m s.M.	2500 m ü.M.	2660 m s.M.
Mittel/Moyenne:				
1967/79	+ 0.3 m/Jahr	+ 0.4 m/an	35.6 m/Jahr	42.7 m/an
Jahreswerte/Valeurs annuelles:				
1978/79	+ 1.9 m	+ 0.1 m	39.8 m/Jahr	61.1 m/an
1979/80	+ 3.6 m	+ 0.6 m	48.4 m/Jahr	67.6 m/an
1979/80	+ 1.0 m	- 0.2 m	51.3 m/Jahr	52.1 m/an
Mittel/Moyenne:				
1967/81	+ 0.6 m/Jahr	+ 0.4 m/an	37.6 m/Jahr	45.1 m/an

44 Paneyrosse

1980: Depuis 31 ans, à la fin de l'été, on n'a jamais observé autant de névé restés de l'hiver précédent qu'en 1980 (J.-P.Marlétaç).

1981: Sur un nombre total de six repères trois ont été ensevelis sous la neige, le quatrième a été tout juste visible au niveau du névé et le cinquième, situé sur un piton rocheux, a été entouré des névés accumulés au cours des deux dernières années (J.-P.Marlétaç).

45 Grand Plan Névé

1980: Les conditions de mesure étaient excellentes, malgré le fait que depuis 31 ans, à la fin de l'été, on n'a jamais observé autant de névé restés de l'hiver précédent (J.-P.Marlétaç).

46 Martinets

1980: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Am Aufnahmedatum erstreckte sich die Winterschneedecke über das Gletscherende hinaus ins Vorfeld. Der Gletscher ist also zumindest im Berichtsjahr sicher nicht kürzer geworden. Ungewiss bleibt, wie er sich seit dem 11.10.1976, dem Datum der letzten Aufnahme, verändert hat (Verfasser).

47 Sex Rouge

1980: La surface du glacier n'est pratiquement pas crevassé et la neige tombée les jours précédents est en voie de disparition. Les névés situés au-dessous du glacier sont plus minces et moins étendus qu'en 1979 (J.-P.Besençon).

1981: Le glacier, qui n'est pratiquement pas crevassé, est recouvert d'une couche de neige fraîche, épaisse de 40 à 50 centimètres. Les névés situés en-dessous du front sont moins épais et moins étendus qu'en 1980 (J.-P.Besençon).

48 Prapio

1980: Lors d'une première visite au glacier, le 28 septembre, nous avons dû nous contenter d'une mesure oculaire depuis le haut du glacier, parce que l'accès au point de mesure était trop dangereux. Le 12 octobre, à cause des rochers verglacés et de la neige abondante, l'accès était toujours difficile, même par Pierredar. Ces conditions ont rendu illusoire la précision des mesures, portées sur une mince couche de glace recouverte de neige (J.-P.Besençon).

1981: La partie frontale du glacier est recouverte de chutes de pierres. L'exactitude de la mesure a donc été réduite (J.-P.Besençon).

49 Pierredar

1980: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Der visuelle Vergleich mit den Luftbildern der Vorjahre zeigt sowohl für den aus Schnee- und Eislawinen regenerierten vordersten Teil des Gletschers als auch für die vorgelagerten, vorwiegend durch Schneelawinen aufgeschütteten Firnfelder eine beträchtliche Flächenzunahme. Die Schnee- und Firnflächen haben sich z.T. beträchtlich über ihren Stand im Herbst 1978 hinaus ausgedehnt (VAW-M.Aellen).

1981: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Der Vergleich mit den Luftbildern der Vorjahre lässt trotz der am Aufnahmedatum nur teilweise abgeschmolzenen Neuschneedecke erkennen, dass der talseitige Rand der durch Eisstürze ernährten regenerierten Zunge grösstenteils etwas zurückgeschmolzen ist. Auch die vorgelagerten Firnfelder sind kleiner geworden. Die höheren Teile der regenerierten Zunge und vor allem die steile Zunge aus kompaktem Eis am Ostrand des Gletschers sind deutlich angewachsen, was auf ein Vorstossen des Hauptgletschers hinweist (VAW-M.Aellen).

50 Oberaar

1980: Vermessungsflug V+D am 3.10.1980 im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli (KW0), photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro Flotron, Meiringen. Die 310 m breite Gletscherzunge ist in der Berichtsperiode um eine Fläche von 2536 Quadratmeter

verkürzt worden. Der Oberaarsee reichte vom 3. bis 25. Oktober 1979 und wiederum vom 31. August bis 3. September 1980 an den Gletscher. Das Eis war somit bloss während insgesamt 25 Tagen und zudem nur wenige Dezimeter hoch eingestaut. Die Massenänderung im vordersten Zungenbereich, von der Gletscherfront bis zum untersten Querprofil, ist erstmals in der gleichen Weise wie beim Unteraargletscher aus der Verschiebung der Höhenkurven bestimmt worden (s. folgende Tab.). Dabei hat sich ein Massenverlust von 107'000 Kubikmetern Eis ergeben (A.Flotron).

1981: Vermessungsflug V+D am 8.10.1981 für KWO, ausgewertet durch Flotron. Die Zunge hat sich in der Berichtsperiode über eine Fläche von 8088 Quadratmetern und damit über eine Länge von durchschnittlich 27 Metern zurückgezogen. Der Stausee reichte vom 31.8. bis 23.9.1981 und vom 13.9. bis 22.10.1981 an den Gletscher. In der Berichtsperiode lag der Gletscherrand an insgesamt 45 Tagen unter Wasser. Die relativ lange Dauer des Einstaus erklärt den relativ starken Rückzug der Zunge. Der im Vorjahr entstandene Eiskegel in der Gletschermittle ist vollständig weggeschmolzen, was an dieser Stelle einen Rückzug von 70 Metern ergab. Dadurch ist die Gletscherfront wieder zu einer durchgehend nahezu senkrechten Eiswand von durchschnittlich 20 Metern Höhe geworden. Aus den Verschiebungen der Höhenkurven im Zungenbereich unterhalb Querprofil 14 sind die Flächen- und Längenänderungen ermittelt worden, die in der folgenden Tabelle mit den Werten des Vorjahres verglichen sind. Der hieraus berechnete Volumenverlust beträgt 236'000 Kubikmeter. Im höhergelegenen Zungenbereich gleichen sich Verluste (182'000 m³) und Gewinne (179'000 m³) nahezu aus (A.Flotron).

Höhenkurve:		2310	2320	2330	2340	2350	2360	2370 m ü.M.
Flächenschwund	1980	700	1180	2800	2920	1380	1250	260 m ²
	1981	6870	5420	4130	3560	2400	1360	- m ²
mittlerer Rückzug	1980	2.6	3.3	7.6	7.3	4.9	5.2	3.7 m
	1981	25.5	15.0	11.2	8.9	8.6	6.8	- m

51 Unteraar

1980: Vermessungsflug V+D am 3.9.1980 für KWO, ausgewertet durch Flotron. Der Verminderung der Zungenfläche um 4488 Quadratmeter entspricht ein mittlerer Rückzug des Gletscherendes um 7.6 Meter. Die eigentliche Gletscherfront hat sich jedoch seit dem Vorjahr praktisch nicht verlagert. Der ermittelte Schwund ist weitgehend bedingt durch die Eisverluste bei den zwei Gletschertoren, wo der Eisrand lokal bis zu 60 Metern zurückversetzt worden ist. Der Seespiegel hat den Gletscherrand am 22. September 1979 erreicht. Während des nur 3 Tage dauernden Höchststaus im Oktober stand das Eis über eine 40 Meter lange Strecke bloss ein bis zwei Dezimeter tief im Wasser. Vom 16. Oktober an sank der Seespiegel. Dieser erreichte den Gletscherrand bis zum Schluss der Berichtsperiode nicht mehr. Der Seestau hatte also praktisch keinen Einfluss auf die Zungenänderung. Aus der Verschiebung der Höhenkurven im vordersten Zungenbereich, zwischen Zungenende und unterstem Querprofil, ergeben sich die Flächenverluste und Rückzugsbeträge (s. folgende Tab.), aus denen ein Massenverlust von 518'000 Kubikmetern berechnet worden ist (A.Flotron).

1981: Vermessungsflug V+D am 8.10.1981 für KWO, ausgewertet durch Flotron. In der Berichtsperiode hat die Zunge eine Fläche von 14 640 Quadratmetern freigegeben, was einer Verkürzung um durchschnittlich 26.6 Meter entspricht. Die nördliche Hälfte der Gletscherfront ist ziemlich gleichmässig um etwa 10 Meter, lokal bis zu 40 Metern zurückgeschmolzen. In der Mitte, wo der Stausee den Eisrand über eine etwa 80 Meter lange Strecke während 90 Tagen einstaute, blieb der Gletscherrand stationär. Die südliche Hälfte der Zungenfront ist an der Mündung des Gletscherbachs tief eingeschnitten. An der etwa 150 Meter langen süd-exponierten Flanke des Einschnitts und im Kessel des alten Gletschertores beträgt der Rückzug im Durchschnitt 20 Meter. Der Eis-sporn zwischen dem alten und dem neuen Tor hat seine Länge kaum verändert. Beim neuen Tor ist durch den Einbruch des Eisgewölbes über dem Aarbach der rinnenförmige Ein-

schnitt um 120 Meter verlängert worden. An der nord-exponierten Flanke des Einschnitts hat sich der Gletscher von einem schuttbedeckten Eisschild an der Talflanke abgetrennt. Diese Eismasse wurde nicht mehr zum Gletscher gerechnet. Der dadurch bedingte Rücksprung um etwa 200 Meter ist in die Berechnung der mittleren Längenänderung nicht mit einbezogen. Aus der Verschiebung der Höhenkurven unterhalb Querprofil 1 ergeben sich Flächen- und Längenverluste, die in der folgenden Tabelle mit den Vorjahreswerten verglichen sind. Im entsprechenden Bereich hat sich das Eisvolumen im Berichtsjahr um 690'000 Kubikmeter vermindert (A.Flotron).

Höhenkurve:		1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990 m ü.M.
Flächenschwund	1980	290	6570	8620	11510	8560	8340	4890	5120	680 m ²
	1981	3770	13020	14220	12440	12460	10120	6410	4640	- m ²
mittlerer Rückzug	1980	2.2	14.6	17.2	20.9	14.3	13.9	6.1	7.5	1.9 m
	1981	29.0	31.0	30.3	23.5	21.8	22.0	16.0	12.9	- m

52 Gaudi

1981: Seit Beginn der Messungen vor 23 Jahren hat sich der Gletscher ohne Unterbruch um insgesamt 193 Meter zurückgezogen (R.Straub).

53 Stein

1981: Seit 13 Jahren ist der Gletscher ohne Unterbruch um insgesamt 158 Meter vorge-stossen (R.Straub).

54 Steinlimmi

1980: Auf der rechten Seite, wo die Gletscherzunge mit Moränenschutt überdeckt ist, wurde der Rand des sichtbaren Eises eingemessen. Das Ergebnis der Messung an das freiliegende Zungenende auf der rechten Seite ist bei der Mittelung mit grösserem Gewicht berücksichtigt worden (R.Straub).

1981: Weil des Zungenende auf seiner rechten Seite stark mit Schutt überdeckt ist, konnte das Ausmass des Vorstosses (etwa 18 m bei Punkt 4) nicht genau bestimmt werden. Der in der Tabelle angegebene Wert ist am aeren Eis der linken Seite (bei Punkt 1) gemessen worden (R.Straub).

55 Trift

1980: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Der Vergleich mit den Luftbildern des Vorjahrs lässt vor allem im vordersten Zungenbereich ein deutliches Vorrücken des Eisrandes erkennen (VAW-M.Aellen).

1981: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Der Vergleich mit den Luftbildern des Vorjahrs zeigt, dass das Zungenende auf der ganzen Breite ziemlich gleichmässig vorgerückt ist (VAW-M.Aellen).

56 Rosenlauri

1980: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Der Vergleich mit den Luftbildern des Vorjahrs zeigt auf den ersten Blick, dass die Zunge auf der ganzen Breite stark vorgerückt ist. Dabei sind die losen Trümmerhaufen und Sturzkegel aus abgestürztem Eis am Fusse zu einer fast geschlossenen, ziemlich kompakten regenerierten Zunge zusammengewachsen. Auf dem "Gletschernebel", in der Talmitte, ist der Gletscher über einen im Vorjahr vom Eis noch deutlich abgesetzten kleinen Moränenwall vorgestossen. In der Bachrinne auf der Engelhornseite ist vor allem der schuttbedeckte regenerierte Zungenlappen auf etwa die doppelte Fläche angewachsen (VAW-M.Aellen).

1981: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Beim Vergleich mit den Luftbildern des Vorjahrs fällt auf, dass sich die verstürzte Eismasse auf der Wellhornseite fast durchgehend von der Abbruchfront losgelöst und als Rutschung durch die glatte Felsrinne vorgeschoben hat. Im mittleren Teil hat sich das Zungenende wenig verlagert. Der Zun-

genlappen in der drossenseitigen Talfurche hat sich deutlich aufgewölbt und vorgeschoben. Der davorliegende schuttbedeckte Sturzkegel ist kleiner geworden (VAW-M.Aellen).

57 Oberer Grindelwald

1980: Im Laufe der Winter- bis Fröhsommermonate stiess die Zungenfront bis zum Messpunkt 1971 vor, der vom Eis überflutet wurde. Die stark zerklüftete Steilstufe der Zunge war mit eindröcklichen Eistürmen bestöckt. Abstürzende Séracs vergrösserten die drei Sturzkegel am Hangfuss von Tag zu Tag. Ab Ende Juni bildeten sich infolge stärkeren Abschmelzens die Séracs zurück und Eisabbrüche wurden seltener, so dass die zwei vorderen Sturzkegel im Laufe des Sommers wegschmolzen. Die Zungenfront schmolz ebenfalls stark zurück. Sie lag Ende Oktober 12 Meter hinter dem aufgeschobenen Moränenwall, in dem sich auch der Felsblock mit der Messmarke 1971 wieder vorfand. Im Herbst erschienen neue Eistürme im Gletscherbruch, am Hangfuss bildeten sich erneut drei von Eistrümmern übersäte Sturzkegel. Die Gletscherzunge hat, in ihrer Stossrichtung der Talfurche folgend, gegen Norden abgedreht. Sie ist auf der Süd- und auf der Südwestseite vom Felshang deutlich abgelöst, was wohl auf die intensive Wärmeabstrahlung von den glattgeschliffenen Felsen zurückzuführen ist (V.Boss).

1981: Der Messpunkt 1971 ist wie erwartet vom Eis überflutet und durch einige für die vorgerückte Jahreszeit erstaunlich grosse Eisstürze überschüttet worden. Infolge des Wasserausbruchs vom 21. oder 22.10.1981 ist auch der 1972 angelegte Reservemesspunkt verschwunden. Der vom Wasser unterspülte Hang am Fusse der Halsegg ist mitsamt dem markierten Stein und einem mehrere Kubikmeter grossen Findling abgesackt. Die Zungenfront hat den Messpunkt 1971 um schätzungsweise 10 Meter überfahren (V.Boss). - Der Vergleich der jährlich durch die L+T aufgenommenen Luftbilder bestätigt, dass die Zungentatze im Berichtsjahr wesentlich weiter vorgerückt ist und sich auf Kosten des hintersten Sturzkegels stärker verbreitert hat als in den vorangehenden Jahren (VAW-M.Aellen).

58 Unterer Grindelwald

1980: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Die von H.Boss, Zweilötschinnen, am 15.10.1980 aufgenommenen Standardphotos machen den besonderen Vorstossmechanismus dieses Gletschers augenfällig: infolge der vom Kallifirn durch die "Schlosslauenen" abstürzenden Eislawinen sind vor allem die Sturzkegel auf dem Zungenende und in der Gletscherschlucht stark angewachsen, während sich der sichtbare Rand der Gletscherzunge kaum merklich verändert hat. Dem Luftbild ist zu entnehmen, dass der Sturzkegel in der Schlucht am Aufnahmedatum bis zur Einmündung der "Hohturnenlamm" reichte. Daraus ergibt sich ein Vorstoss durch Eisanlagerung von schätzungsweise 150 bis 200 Metern seit dem im Herbst 1976 erreichten Minimalstand (VAW-M.Aellen).

1981: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Aus den Luftbildern geht hervor, dass sich unterhalb des Zäsenbergs die tatzenförmige Zunge des oberen Eismeers immer weiter in das untere Eismeer hinausschiebt. Dieses hat im talwärts anschliessenden Bereich, zwischen Bänisegg und Stieregg, an Mächtigkeit so zugenommen, dass in absehbarer Zeit auch ein aktives Vorstossen des Zungenendes erwartet werden darf. Das passive Vorstossen durch Anlagerung der vom Kallifirn abgestürzten Eismassen scheint sich im Berichtsjahr zufolge stärkerer Abschmelzung etwas abgeschwächt zu haben. Die Photographien, die H.Boss am 20.10.1981 vom gleichen Standort wie in den Vorjahren aufnahm, lassen erkennen, dass der angelagerte Sturzkegel auf den Rändern der Gletscherschlucht etwas zurückgeschmolzen, am oberen Rand der Schlucht nahezu stationär geblieben ist. Die Interpretation der Luftbilder lässt vermuten, dass das Eis am Grunde der Schlucht um schätzungsweise 50 Meter weiter talwärts reicht als im Vorjahr. Eine genauere Angabe fehlt, weil der Einblick in die Schlucht durch Felsvorsprünge und vor allem durch starke Schlagschatten erschwert ist. Die angegebene Höhenkote ist anhand der Landeskarte (Blatt 1229, 1:25 000, Nachführung 1970) für den Eisrand am Boden der Gletscherschlucht grob geschätzt (VAW-M.Aellen).

59 Eiger

1980: Der Gletscher ist auf der ganzen Zungenbreite stärker vorgestossen als in den Vorjahren. Im Raum des Gletschertors, wo der Vorstoss schätzungsweise 25 Meter beträgt, sind die von der seitlichen Zungenfront an der Mönchseite abgestürzten Eismassen mit dem allgemein stark verschrundeten Gletscher verbunden (R.Zumstein).

1981: Die Messlinie des Vorjahres ist teils durch den grossen Vorstoss des Gletschers, teils durch die bei einem Unwetter im Vorgelände angelagerten Schuttmassen überdeckt worden. Rekonstruktion und Anschluss der alten an eine neue Messlinie bestätigen den grössten Vorstoss seit 1967. Das Gletschertor ist überdeckt durch eine etwa 80 Meter lange zungenförmige Anlagerung aus Lawinenschnee und Eistrümmern (R.Zumstein).

60 Tschingel

1980: Weil die schuttüberdeckte Toteismasse am rechten Zungenrand in zunehmendem Masse in den Vorstoss miteinbezogen wird, ist die Messbasis verlängert worden. Ausserdem ist sie an die alte Messlinie auf dem Tschingeltritt angeschlossen worden. Bei dieser Gelegenheit ist die Höhe des Gletschertors mittels Gefällsmesser und Messband genauer ermittelt worden als bisher. Weil die weisse, noch von Rutishauser angelegte Steinreihe inzwischen unbrauchbar geworden ist, sind die Messwerte auf die rote Steinreihe von 1978 bezogen worden. Die Gletscheroberfläche war weniger verschrundet als im Vorjahr (R.Zumstein).

1981: Der Gletscher ist etwa gleichviel vorgestossen wie in den letzten Jahren. Im Berichtsjahr sind einige zusätzliche kleine Schründe aufgerissen. Auffällige Erscheinungen sind der etwa 1 Meter hohe Vorstosswall und das stark veränderte Vorgelände mit weichem feinkörnigem Schutt und verschiedenen Bächen. Nach Aussagen einheimischer Wirte und Bergführer sind sämtliche Gletscher augenfällig gewachsen, wodurch Eisabbrüche häufiger geworden sind (R.Zumstein).

61 Gamchi

1980: Der Gletscher ist auf allen Messlinien ziemlich gleichmässig vorgerückt. Der von Moränenmaterial um 1 Meter vorgeschobene Messpunkt A lag am Messdatum rund 8 Meter vor dem Eisrand, der vom Gletscher überfahrene Messpunkt a rund 2 Meter dahinter. Auch die Punkte b und c, letzterer rund 10 Meter vor der Eisfront am Rand der Vorstossmoräne gelegen, sind neu versichert worden (F.Zurbrügg/O.Wettmann).

1981: Von den 5 bisher benutzten Messpunkten sind zwei auf dem östlichen und jener auf dem westlichen Ufer der Schlucht vom Gletscher überfahren worden (F.Zurbrügg).

62 Schwarz

1980: Die Gletscherzunge ist vollständig mit Schutt überdeckt. Das Tor ist stark zurückgeschmolzen und eingefallen (U.Vogt/J.Wenger).

1981: Die Gletscherzunge ist auf ihrer südlichen Flanke stark eingesunken. Das Zungenende hat wenig an Länge, jedoch viel an Masse verloren (U.Vogt/J.Wenger).

63 Lämmern

1980: Das Zungenende ist stark abgeflacht und sehr dünn, das Gletschertor eingefallen (U.Vogt/J.Wenger).

1981: Das Zungenende befindet sich am Fuss einer Steilstufe. Es hat an Volumen stark abgenommen (U.Vogt/J.Wenger).

64 Blümlisalp

1980: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Der Vergleich mit den Luftbildern des Vorjahrs zeigt, dass die Zungenfront allenthalben in unvermindertem, wenn nicht verstärktem Masse vorgerückt ist. Die Lawinenkegel in der Umgebung, die im Vorjahr stark zurückgeschmolzen waren, haben im Berichtsjahr die Ausmasse vom Herbst 1978 nahezu wieder erreicht (VAW-M.Aellen).

1981: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Das Zungenende ist erneut auf der ganzen Breite deutlich vorgerückt (VAW-M.Aellen).

65 Rätzli

1980: Bei den Messlinien A, C und D besteht der Gletscherrand aus hartem Firn, bei B aus blankem Eis. Der Gletscherbach tritt neuerdings etwa 250 Meter östlich des alten Tores aus der Zunge (K.Steiner).

1981: Die Messungen am Gletschertor und bei Messpunkt B konnten des vielen Neuschnee wegen nicht vorgenommen werden (K.Steiner).

66 Tiefen

1980: Der Gletscher ist bei allen Messpunkten gleichweit vorgestossen. Die Driftblöcke haben sich, wie in den Vorjahren, mit talwärts abnehmender Geschwindigkeit dem Zungenende um 9, 6 und 5 Meter genähert. Die Zunge ist erst in der zweiten Monatshälfte August ausgeapert, ihre vorderste Spitze lag auch noch am Messdatum unter Altschnee. Das im Vorjahr offene Tor hat sich wieder geschlossen. Beim südlichsten Messpunkt hat der Gletscher eine kleine Stirnmoräne aufgestossen (J.Marx/K.Oechslin).

1981: Da Gletscher und Vorgelände unter einer 40 Zentimeter hohen Neuschneedecke lagen, musste der Eisrand durch Schaufeln freigelegt und konnte nur auf +/- 1 Meter genau gemessen werden. Die Zunge ist in der Mitte leicht vorgestossen, auf den seitlichen Messlinien stationär geblieben. Der Driftblock 71 ist um 7 Meter, die oberen Driftblöcke (73 und 76) sind um je 5 Meter vorgerückt (J.Marx/K.Oechslin).

67 St. Anna

1980: Der Gletscher ist nur am aufgewölbten vordersten Zungenende (bei Messpunkt GL 77) ausgeapert, wo der Eisrand 2.5 Meter vorgerückt ist. Von den seitlichen Messlinien ist jene bei GL 76 seit einigen Jahren nicht messbar, weil hier der Schnee für die Skipiste eingewalzt wird und verfirnt. Die Spuren der Skipiste vom letzten Winter waren noch sichtbar. Der Rückzug um 16.5 Meter in 6 Jahren auf der westlichen Messlinie ist für die Ermittlung der durchschnittlichen Längenänderung nicht berücksichtigt (J.Marx/K.Oechslin).

68 Kehlen

1980: Im Gegensatz zu den Vorjahren war das Vorgelände mitsamt Messpunkt GL 72 aper. Der auf der Westseite vorspringende Eiskegel schiebt sich auch seitwärts vor. Der Gletscher stösst aus dem Schutt heraus, so dass an der Stirn mehr Eis zum Vorschein kommt. An seiner Front hat er den Schutt zu einem kleinen Wall aufgeschoben. Seit 1974 ist die Zunge um insgesamt 94 Meter vorgerückt und endet heute wieder in flacherem Gelände (J.Aschwanden/K.Oechslin).

69 Rotfirn

1980: Die Gletschernase, die den Kehlenalpbach überbrückt, ist kräftig vorgestossen (12.5 m), die Eisfront längs des Bachlaufs dagegen um 3.5 Meter zurückgeschmolzen. An ihrem südlichen Rand stösst die Zunge ebenfalls augenfällig vor. Sie ist massiger geworden und wölbt sich bei Messpunkt GL 70 seit 2 Jahren kuppenförmig auf. Daher haben wir als Mittelmaß für die Längenänderung die Summe der beiden Messergebnisse eingesetzt (J.Aschwanden/K.Oechslin).

70 Damma

1980: Die Hauptzunge ist massiger geworden, ihre Stirn nicht mehr so stark zerfurcht wie im Vorjahr. Während der Messung kollerten unablässig Steine über die steile Eisfront vom Gletscher herunter. Die 2 bis 3 Meter breiten Bachläufe führten viel Wasser (J.Aschwanden/K.Oechslin).

1981: Die Zungenfront ist augenfällig vorgestossen. Während der Messung sind wiederholt Steine über die steile Stirnwand heruntergekollert. Die Messlinien in der Mitte und auf der Ostseite sind zerstört worden. Seit 1975 ist der Gletscher um insgesamt 78.7 Meter vorgestossen (K.Oechslin).

71 Wallenbur

1980: Die Eisfront ist auf der ganzen Breite vorgestossen. Auf der Zungenstirn lag noch Schnee; der Gletscherrand war jedoch leicht zu finden. Seit 1970 ist das Zungenende je 5 mal vorgerückt und zurückgegangen. Es liegt heute 10 Meter weiter vorn als damals (M.Gisler/K.Oechslin).

1981: Die Gletscherzunge ist völlig überdeckt mit Geröll. Sie ist auf 3 Messlinien, wo der Gletscherrand sichtbar war, ziemlich gleichmässig vorgestossen. Vor dem Gletscher hat ein Schneeschild den Sommer überdauert (M.Gisler/K.Oechslin).

72 Brunni

1980: Der angegebene Wert für die Längenänderung ist an der vom Gletscher völlig abgetrennten Toteisscholle bestimmt worden. Die Hauptfront des Gletschers ist in der Mitte der plattigen Felstreppe, neben dem Bach, um eine Stufe vorgerückt. Der durch die Photos eindeutig nachgewiesene Vorstoss konnte nicht gemessen werden. Der Gletscher ist also nicht im Rückgang, sondern im Vorstoss (M.Gisler/K.Oechslin). - Der Gletscher ist gemäss der Interpretation der Beobachter ungeachtet des Messergebnisses den vorstossenden Gletschern zugezählt. Die sogenannte "Toteisscholle" indes ist als regenerierte Zunge zu bezeichnen, da sie - wie die Photos ebenfalls zeigen - durch Eisabbrüche vom Hauptgletscher auch im Berichtsjahr ernährt worden ist (Verfasser).

73 Hüfi

1980: Der Messpunkt GL 164 ist unter dem Eis verschwunden, das grosse Gletschertor noch vorhanden, aber meterhoch mit Eistrümmern gefüllt. Sonnseits, an seiner Nordflanke, schiebt der Gletscher einen Moränenwall auf. Das Eis selber ist blank. Der Hüfisee hat sich nicht verändert. Er frisst seine offenbar aus einem Felsriegel bestehende Abflussschwelle nicht durch (J.Marx/W.Tresch/K.Oechslin).

1981: Die Stirnpartie der Zunge ist massiger geworden. Schattenhalb, wo das Eis unter der Felswand in senkrechter Front an den Hüfisee stösst, kann der Gletscher nicht mehr betreten werden. Vor dem Gletschertor liegen meterhoch Eistrümmern. Die Messung ist an der Zungenmitte vorgenommen worden, wo der Gletscher weniger vorgestossen ist als auf den Seitenflügeln. Seit 1977 ist der Gletscher um insgesamt 64 Meter vorge-rückt (W.Tresch/K.Oechslin).

74 Griess

1980: Der Rand der mit Gesteinsschutt völlig überdeckten Gletscherzunge liegt unter Schnee und kann nicht eindeutig festgelegt werden (E.Gisler/K.Oechslin). - Aufgrund des vorliegenden Berichts und in Anbetracht der sehr geringen Veränderungen in den Vorperioden darf angenommen werden, das Gletscherende sei stationär geblieben (Verfasser).

1981: Die flache, mit Schutt völlig überdeckte Zunge weist wieder ein kleines Gletschertor auf. Weit hinter dem Gletscherrand zeigen sich Einbrüche im Eis, die bis auf die Geröllhalde des Gletscherbetts hinunterreichen (E.Gisler/K.Oechslin).

66-74 Zusammenfassung 1980: Im Kanton Uri konnten alle Gletscher des aktuellen Zungenbeobachtungsnetzes gemessen werden. Jeden dieser neun Gletscher kennen nun mindestens zwei Mitarbeiter des Lawinenverbauamtes. Die Urner Gletscher sind im Berichtsjahr fast ausnahmslos vorgestossen. Demzufolge hat sich - nach jahrzehntelangem Schwund - wie in den Jahren 1955, 1966, 1972, 1974, 1975 und 1977 bis 1980 wiederum ein positiver Wert für die durchschnittliche Längenänderung ergeben (K.Oechslin).

75 Firnalpeli

1980: Die lange Dauer der Schneebedeckung in den höheren Lagen infolge der weit in den Sommer hinein anhaltenden niederschlagsreichen und rauhen Witterung kommt darin zum Ausdruck, dass die Gletscheroberfläche im Gegensatz zu anderen Jahren weitgehend schneebedeckt ist und weniger offene Spalten aufweist. Das Gletscherende besteht fast durchwegs aus Firnschnee. Einzig bei Messpunkt 8 sind infolge der Gletscherbewegung Firneisbrocken bis an den vordersten Rand gerutscht. Im Durchschnittswert der Längenänderung ist das durch Anlagerung einer über 50 Meter langen Zunge zustande gekommene Ergebnis der Messung auf Linie 3 trotz seinem Übergewicht voll berücksichtigt, obwohl es für den Gletscher nicht unbedingt repräsentativ ist. Immerhin ist der Gletscher durchwegs über seinen Stand des Jahres 1978 hinaus vorgerückt (W.Rohrer).

1981: Das Gletscherende besteht zwischen den Messprofilen 1 und 3 aus mehrjährigem Schnee, zwischen den Profilen 3 und 8 aus Firneis. Besonders fällt auf, dass es nicht keilförmig ausläuft, sondern fast durchgehend in einer jähren, 2 bis 8 Meter hohen Wand abbricht und stellenweise stark zerklüftet ist. Dies weist auf Rutschungsvorgänge am Gletscherende hin. Das negative Vorzeichen der mittleren Längenänderung ergibt sich weitgehend aus dem Umstand, dass auf den westlichen Messlinien, vor allem bei Profil 3, der letztjährige Schnee weggeschmolzen ist. Das Vorstossen des Eises auf den Profillinien 6 bis 8 dürfte dem generellen Verhalten des Gletschers besser entsprechen als der Schwund der angelagerten Schneedecke (W.Rohrer). - Konsequenterweise ist das Ergebnis der Messlinie 3 wie im letzten Jahr mitberücksichtigt. Lässt man es in beiden Jahren aus, ergeben sich folgende Mittelwerte: +12.4 Meter im Vorjahr, -1.4 Meter im Berichtsjahr (Verfasser).

76 Griessen

1980: Der Vorstoss ist kleiner ausgefallen, als es die rauhe Witterung im Vorsommer erwarten liess. Dies ist vor allem auf den Umstand zurückzuführen, dass der Gletscher bei den Messpunkten 3 bis 6 an steile Felsen stösst, so dass sich sein Rand, sogar bei Dickenänderungen um einige Meter, seitwärts nur wenig verlagert. Bei den übrigen Messlinien sind ähnliche kleinere Felsköpfe vom Schnee bereits überdeckt worden. (W.Rohrer).

1981: Vermessungsflug L+T (s. Tab. 5). Weil im Berichtsjahr die Messung am Boden ausfiel und im Vorjahr keine Luftbilder aufgenommen wurden, bleibt ungewiss, wie sich der Gletscher seit dem Herbst 1980 verändert hat. Verglichen mit dem Stand, der auf den Luftbildern vom 25.9.1967 festgehalten ist, sind die Firnfelder im Vorgelände grösser geworden. Der Rand des alten Eises jedoch ist an den wenigen Stellen, wo er freiliegt, deutlich zurückgeschmolzen (VAW-M.Aellen).

77 Biferten

1980: Anstelle des vom Gletscher überfahrenen Messpunkts A sind die Messpunkte F und G neu eingerichtet worden. Bei der Wasserfassung 1, wo dauernd bis 50 Kubikmeter grosse Séracs abstürzen, konnte kein neuer Versicherungspunkt bestimmt werden. Zur genaueren Erfassung der jährlichen Veränderungen sind die Ergebnisse der Messungen auf den 4 Standardlinien, ergänzt durch weitere Messungen von den Basispunkten auf die extremen Punkte der Gletscherfront, im Massstab 1:1000 in einem Plan aufgezeichnet worden. Anhand von Photos ist bei der Fridolinshütte eine Dickenzunahme des Gletschers um 4 Meter seit 1958 ermittelt worden (W.Wild).

1981: Die Höhenkote des Gletschertors entspricht der Kote der Mauerkrone beim Rechen der Wasserfassung 2, welche jetzt unmittelbar am Zungenende liegt. Der Gletscher ist auch bei den übrigen Messpunkten vorgestossen ausser bei der Wasserfassung 1, wo etwa 2500 Kubikmeter Eis dicht neben der Fassung heruntergestürzt sind. Im Bereich des Abbruchs lag der Gletscherrand 26 Meter weiter hinten als im Vorjahr; bei Fassung 2 ist er um 15 bis 20 Meter vorgerückt. Die verstärkte Gletscherbewegung zeigt sich auch darin, dass neuerdings selbst im flachen Teil der Gletscherzunge grosse Spalten aufgerissen sind. Die Eisdicke hat in diesem Bereich erneut deutlich zugenommen, was sich in der Visur von der neuen über die alte Fridolinshütte auf die Horizontlinie

des Gletschers besonders deutlich feststellen lässt. Auf der Ostseite des Gletschers lagen am Messdatum noch Unmassen von Schnee und Schutt, die durch Lawinen von der steilen Flanke der Selbsanft abgeräumt worden waren (W.Wild).

78 Limmern

1980: Der ausgeaperte, schuttbedeckte linke Teil des Gletscherendes ist tachymetrisch aufgenommen, der z.T. mit Schnee bedeckte, stark mit Moränenschutt beladene rechte Teil durch Streckenmessungen von Fixpunkten aus erfasst. Nachdem die leicht überdurchschnittlich mächtige Winterschneedecke durch die nasskalte Witterung des Vorsommers geschont und teilweise sogar vermehrt worden war, lag anfangs September noch fast der ganze Gletscher unter Schnee. Auf der rechten Seite erstreckte sich die Schneedecke über den Gletscherrand hinaus ins Vorgelände. Ausgeapert waren der mittlere Teil des Zungenendes (bis gegen 2400 m ü.M.), exponierte Stellen in Spaltenzonen und merkwürdigerweise auch grössere Flächen im obersten Teil des Gletschers. Dies ist erstaunlich, da für die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie (etwa 2300 m ü.M.) einer der tiefsten und für die Massenänderung (Zuwachs um durchschnittlich fast 0.9 m Eis) einer der grössten je beobachteten Werte ermittelt worden ist. An einzelnen Messstellen ist der Gletscher bis zu 4 Metern dicker geworden. Nur wenig verändert gegenüber dem Vorjahr haben sich die Gletscherbewegung und die Lage des Zungenendes. Dieses ist auf der linken Seite leicht vorgerückt, sonst stationär geblieben. Auch ausserhalb des Gletschers, z.B. im Limmernband und in der Umgebung der Bifertenhütte überdauerte ungewöhnlich viel Schnee den ganzen Sommer. Der Kistenpassweg führte grösstenteils über Schnee, das ganze Muttseeplateau blieb verschneit. Infolge der verspäteten Schneeschmelze blieben die Zuflüsse zum Stausee mit rund 70 Millionen Kubikmetern etwas unter der Norm (VAW-H.Siegenthaler).

1981: Statt der Höhenkote des Gletschertors ist die Höhe des tiefsten Punkts des Zungenendes angegeben. Dieses ist auf der nördlichen Seite um fast 7 Meter vorgestossen. Der schuttbedeckte südliche Teil dagegen hat sich etwas zurückgebildet. Bei stärkerer Ausaperung als im Vorjahr haben sich Dicke, Masse und Fließgeschwindigkeit des Gletschers gesamthaft wenig verändert. An den einzelnen Messstellen sind Nettowerte der Massenänderung zwischen 3.5 bis 4 Metern Eisabtrag (in 2350 bis 2400 m ü.M.) und 1 bis 2 Meter Firnzuwachs (am Fuss des Scheibengrats) ermittelt worden. In der Umgebung des Gletschers ist die Winterschneedecke 1980/81 grösstenteils abgeschmolzen, wogegen verfirnte Reste der vorjährigen Schneedecke auch den Sommer 1981 überdauert haben. Im oberen Limmernband blieb der Firn durchgehend liegen, im unteren Limmernband, im Kistenband und in den Latten hielt er sich in einzelnen Flecken. Die Umgebung des Muttsees war grösstenteils aper (VAW-H.Siegenthaler).

79 Sulz

1980: Beidseits des Gletschertors hat die mit Bergschutt stark überdeckte Zunge deutliche Schuttwälle aufgeschoben (E.Blumer).

1981: Das Gletschertor war stärker geöffnet als in den Vorjahren. Die Gletscherzunge, nach wie vor mit Schutt überdeckt, ist vor allem in den seitlichen Teilen verhältnismässig stark vorgestossen (E.Blumer).

80 Glärnisch

1980: Ausser bei Messpunkt 2, wo noch etwas Schnee lag, war das Zungenende aper. Auf der neu eingerichteten Messlinie 3a ist der Gletscherrand meistens schneefrei und leicht zu erkennen. Der aktuelle Gletscherstand ist auf einem Plan im Massstab 1:1000 festgehalten und mit dem 1930 aufgenommenen, auf dem Übersichtsplan, Blatt Glärnisch, dargestellten Stand verglichen worden. Der Vergleich zeigt, dass der Gletscher vor 50 Jahren bei den Messpunkten 2, 3, 3A und 4 noch 34, 40, 43 bzw. 20 Meter dick war. Damals war die Zunge auch 250 bis 340 Meter länger als heute (W.Wild).

1981: Die angegebene Höhenkote gilt für den vordersten Punkt der Zunge, die als dünner Eislappen ohne sichtbaren Abfluss in einer Mulde endet. Der Gletscherbach entspringt seit Jahren bei Messpunkt 4 auf Kote 2362.8 m ü.M. in einem markanten Graben. Trotz der 0.2 bis 0.5 Meter hohen Neuschneedecke konnte das Gletscherende durch Sondieren ausgemacht werden. Im "Chalttäli" an der Nordflanke des Glärnisch hat sich ein durch Lawinen ernährtes Firnfeld in den letzten Jahren stark vergrössert. Es weist jetzt auch einige grössere Spalten auf (W.Wild).

81 Pizol

1980: Bei Schneetreiben und 10 Zentimetern Neuschnee konnte der Gletscherrand überall von der unteren Messlinie (A) problemlos eingemessen werden. Der schneereiche Winter und der extrem kalte Vorsommer haben fast durchwegs ein Längenwachstum zwischen rund 6 und 53 Metern bewirkt. Lediglich bei Punkt 1 war ein Rückgang um 0.1 Meter zu verzeichnen. Das Toteis und der Firn im Vorfeld, deren Ausdehnung seit dem Vorjahr zugenommen hat, sind zwischen den Punkten 4 bis 6 weiterhin mit dem Gletscher verbunden. Im Berichtsjahr hat sich erneut erwiesen, dass der Pizolgletscher sehr rasch auf Witterungseinflüsse reagiert, und zwar praktisch nur durch Anlagern oder Abschmelzen von Firn (W.Suter).

1981: Der durchwegs aperer Firnrand ist auf allen Messlinien mehr oder weniger, d.h. zwischen rund 58 Metern (bei Punkt A1) und 2 Metern (bei Punkt A6), zurückgeschmolzen. Im Durchschnitt ist der letztjährige Zuwachs um fast 2 Meter überkompensiert worden. Das Toteis im Vorfeld ist durch Firnablagerungen mit dem Gletscher verbunden. Deren Ausdehnung ist etwa gleich gross wie im Vorjahr. Stellenweise sind sie durch aperen Boden von der Gletscherzunge getrennt, so dass einzelne Messpunkte der Standlinie B wieder zum Vorschein kamen (W.Suter).

83 Punteglias

1980: Der bergseitige Rand der westlichen Zungenhälfte ist erstmals in die Messungen einbezogen worden. Auf der Westseite ist der Schwund viel stärker als auf der Ostseite, wo vermutlich wesentlich mehr Eis nachgeschoben wird. Die Mächtigkeit des westlichen Zungenlappens beträgt nur noch wenige Meter. Wenn die Entwicklung der letzten Jahre anhält, ist mit dem gänzlichen Abschmelzen dieses Gletschers zu rechnen (H.Klöti).

1981: Der Gletscherrand ist vor allem in der Mitte stark zurückgeschmolzen. Der Rand des östlichen Zungenlappens ist wegen der starken Überdeckung mit Moränenschutt im Gelände kaum erkennbar (H.Klöti).

84 Lenta

1980: Die Messung konnte in schneefreiem Gelände durchgeführt werden. Trotz der sehr geringen Verkürzung hat die Zunge erneut an Mächtigkeit deutlich abgenommen. Um einen allfälligen Vorstoss der hinteren Eisfront erfassen zu können, ist auch diese eingemessen worden (B.Parolini).

1981: Die zum zweitenmal vorgenommene Einmessung der hinteren Eisfront bestätigt die früher geäusserte Vermutung, wonach dieser Teil des Gletschers im Vorstossen begriffen sei. Vor dieser Eisfront ist ein kleiner Moränenwall aufgeschoben worden. Das bisher vermessene Zungenende ist erneut stark zurückgeschmolzen. Es ist dadurch steiler geworden und deshalb auch weniger mit Moränenschutt überdeckt als in den Vorjahren. Es wies einen grossen und zwei kleinere Wasseraustritte auf, denen der Gletscherbach ohne eigentliche Torbildung entströmte. Die schuttbedeckte Zunge zwischen Gletscherende und hinterer Eisfront ist flacher geworden. Die Einfurchung in der Zungenmitte, in der das Eis weggeschmolzen war, ist mit Geröll weitgehend zugeschüttet (B.Parolini).

85 Vorab

1980: Das Gletscherende war grösstenteils von Schnee des letzten Winters überdeckt. Die gemessenen Werte sind deshalb mit Unsicherheiten behaftet (R.Danuser).

1981: Das Gletscherende war wie im Vorjahr von Altschnee überdeckt. Die ermittelte Längeneränderung ist also wiederum mit Unsicherheiten behaftet (R.Danuser).

86 Paradies

1980: Der Massenrückgang ist wiederum beträchtlich. Am benachbarten Zapportgletscher konnte ein grösserer Eisabbruch festgestellt werden (O.Hugentobler).

1981: Der erneute Schwund sowohl bezüglich der Länge als auch der Masse steht vermutlich im Zusammenhang mit dem extrem schneearmen Winter im Bereich des Hinterrheintales und des Misox: das Dorf San Bernardino war während des ganzen Winters 1980/81 praktisch schneefrei (O.Hugentobler).

87 Suretta

1980: An der linken Zungenflanke, bei Punkt GL 9, ist der Gletscherrand um 25.5 Meter zurückgegangen (O.Hugentobler).

1981: Ein Eisenbruch hinter dem Zungenende lässt auf einen starken Massenverlust schliessen (O.Hugentobler).

88 Porchabella

1980: Der geringe Rückgang um durchschnittlich 6.5 Meter auf allen 6 Messlinien, vor allem im mittleren Zungenbereich, wird durch ebenso bescheidene Vorstösse um durchschnittlich 3.3 Meter auf 6 Messlinien an den Flanken ausgeglichen. Auf 4 Messlinien blieb der Gletscherrand stationär. Die fast vollständige Ausaperung des Gletscherendes und die stellenweise unterhöhlte oder eingestürzte Eisdecke an den Flanken weisen darauf hin, dass der diesjährige Stillstand lediglich eine Folge der Kälteperioden im Frühsommer ist (F.Juvalta).

89 Verstankla

1980: Infolge des verspäteten Sommeranfangs schmolz der Schnee auf der Gletscherzunge ausgesprochen spät, nämlich erst in der zweiten Augushälfte weg. Nach Schneefällen bis zur Waldgrenze in den ersten Septemberwochen brachte erst um Mitte dieses Monats eine Föhnlage die für die Zungenmessung hinreichend günstigen Schneeverhältnisse. Von den 5 Basispunkten waren zwei durch einen Felsblock (P2) oder durch Firnschnee (P3) überdeckt und mussten für die Messung rekonstruiert werden. Die Gletscherzunge ist vor allem im mittleren Bereich vorgestossen. In den Randpartien hat sie sich nicht oder nur wenig verändert. Am Zungenende hat sich das Eis aufgewölbt und weitere Schuttmassen vor sich hergeschoben. Am nördlichen Zungenrand hat das über eine Felsterrasse sich vorschiebende Eis Moränenschutt auf die Messmarke P0 geschoben. Das Gletschertor, das sich bei unveränderter Höhenlage nach wie vor auf einer Felsnase befindet, liegt nach dem für das Gemeindegebiet Klosters neu erstellten Übersichtsplan im Massstab 1:10'000 auf etwa 2405 Metern Meereshöhe (J.Stahel).

1981: Nach einem ausgesprochen schneereichen Winter, der durch Schneedruck längs der Strasse nach Saas und durch Lawinen an den Alpwäldern massive Schäden verursachte, schmolz im milden Frühling der Schnee erstaunlich rasch weg. Weil auch im Sommer, abgesehen von einigen Kälteeinbrüchen, mildes Wetter vorherrschte, konnte der Gletscher bei günstigen Bedingungen vermessen werden. Bei Messpunkt 2 hat der Gletscher den Felsblock, der im Vorjahr die Messung behinderte, von der Messmarke heruntergeschoben. Der von Firn überdeckte Punkt 3 musste rekonstruiert werden. Der Gletscher ist vor allem auf der schattigeren, von Lawinenschnee und Blockschutt stärker überdeckten südlichen Zungenhälfte vorgestossen. Der Vorstoss kommt jetzt auch in der bärentatzenförmigen Aufwölbung des Zungenendes zum Ausdruck. Die Felsnase mit dem Gletschertor wird vom Eis immer mehr überfahren. Rund 35 Meter weiter unten hat sich ein neues Tor geöffnet, das etwa gleichviel Wasser entlässt wie das obere. Weil der Gletscher auch den Messpunkten auf der nördlichen Zungenhälfte immer näher rückt und einen davon mit Geröll überschüttet hat, ist eine neue Basislinie, die 64 Meter tiefer liegt als die alte, eingerichtet und vermessen worden (J.Stahel).

90 Silvretta

1980: Für den tiefsten Punkt des Zungenendes, das grossenteils noch unter einer Alt-schneedecke lag, ergab die tachymetrische Vermessung die Höhenkote 2425.5 m ü.M. Der Wert für die mittlere Längenänderung ist an den aperen Bereichen des Gletscherrandes bestimmt worden. Die Winterschneedecke schmolz auf dem Gletscher nur im vordersten Zungenbereich ganz weg und auch in der Umgebung blieb ungewöhnlich viel Schnee liegen. Entsprechend der geringen mittleren Höhe der Gleichgewichtslinie (etwa 2500 m ü.M.), sind hohe Akkumulationsbeträge (bis 3 m Firnzuwachs zwischen 2800 und 3000 m ü.M.) und niedrige Ablationsbeträge (1.5 bis 2.5 m Eisabtrag am Zungenende) gemessen worden. Der daraus ermittelte Massenzuwachs um insgesamt 4'000'000 Kubikmeter (durchschnittlich um rund 1.25 m) Eis stellt den drittgrössten seit 1960 beobachteten Wert dar. An den drei (durch die Bojen I-III markierten) Standardmessstellen in 2580, 2870 bzw. 3000 Metern Meereshöhe ist der Gletscher um 2.2, 1.8 bzw 1.1 Meter dicker geworden. Bei der mittleren Boje ist die Geschwindigkeit der Gletscherbewegung gleich geblieben wie im Vorjahr; bei den andern Bojen sind durch den Ausfall der Messmarken im Berichtsjahr (bei I) oder im Vorjahr (bei III) Beobachtungslücken entstanden (VAW-H.Siegenthaler).

1981: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf den tiefsten Punkt des Gletscherendes, wo der Hauptbach aus dem Gletscher tritt. Der Nebenbach, der dem oberen Randsee am nördlichen Zungenrand entspringt und der früher teils vor, teils unter dem Eis dem untersten See am südlichen Zungenrand zufluss, ist durch den vorstossenden Gletscher in das untere Seelein am nördlichen Rand abgeleitet worden. Die Schneeanlagerungen des Vorjahrs am Zungenende sind verschwunden. Der Eisrand hat sich seit 1979, als er ebenfalls freilag, um durchschnittlich 8.6 Meter vorgeschoben. Am südlichen Rand der Zunge bricht das Eis über eine Felsstufe in das Vorfeld ab. Infolge der stärkeren Ausaperung und bei fast unveränderter Fliessgeschwindigkeit ist der Gletscher an den einzelnen Messstellen um 0.1 bis 0.6 Meter dünner geworden. Bei einem Flächenverhältnis von 3.4 : 1 des Nährgebiets zum Zehrgebiet überwog der Zuwachs den Abtrag um durchschnittlich 0.35 Meter (VAW-H.Siegenthaler).

91 Sardona

1980: Der weitgehend noch von Winterschnee bedeckte Gletscher ist bei allen Messpunkten vorgestossen. Bei den Punkten 1 und 2 ist der aus blankem Eis bestehende Gletscherrand um 9.6 bzw. 1.4 Meter vorgestossen, auf der Zwischenstrecke stellenweise an einer Felskante abgebrochen. Bei den Punkten 3 und 4 ist der Gletscherrand aus Firneis oder Firn um je 5 Meter bis hart an die Messmarken vorgestossen. Durch den Firnzuwachs zwischen den Punkten 5 und 6 ist der letztjährige Schwund in diesem Bereich wieder ausgeglichen. Auch die Firnfelder vor der Zunge, zwischen den Punkten 4 bis 6, sind seit dem letzten Herbst wieder kräftig gewachsen (W.Suter).

1981: Bei den Messpunkten 3 und 6 ist das Firneis um je 1.3 Meter zurückgeschmolzen, bei Punkt 5 um 1.2 Meter vorgestossen. Bei den 3 übrigen Messpunkten ist der aus blankem Eis bestehende Gletscherrand mehr oder weniger vorgestossen: am meisten bei Punkt 1 (17.6 m), der vom Eis erreicht und mit Moränenschutt zugedeckt wurde; am wenigsten bei Punkt 4 (0.2 m), wo das Eis den Felsblock mit der Felsmarke erreicht hat. An der Felskante zwischen den Punkten 1 und 2 bricht laufend Eis ab. Die Firnfelder zwischen den Punkten 4 und 6 haben sich im Vergleich zum Vorjahr wenig verändert (W.Suter).

92 Roseg

1981: Das stark zerklüftete und zum Teil meterdick mit Schutt überdeckte Gletscherende lag bei den mittleren Messpunkten bis zu 61 Metern vor, bei den seitlichen Messpunkten bis zu 94 Metern hinter dem Stand von 1979 (C.Mengelt).

95 Calderas

1980: Die durch Revierförster H.Gschwend durchgeführten Messungen haben einen ziemlich gleichmässigen Rückzug von 8 bis 13 Metern auf den 6 je 20 Meter voneinander entfernten parallelen Messlinien ergeben (C.Mengelt).

1981: Der Bach tritt ohne Torbildung aus dem Gletscher. Der Toteislappen ist mit dem Errgletscher nur noch durch eine schmale Eisbrücke verbunden (H.Gschwend).

96 Tiatscha

1980: Die Zungentatze in der Gletschermitte hat sich weiter vorgeschoben. Von der westlichen Abbruchfront ist soviel Eis abgestürzt, dass der Sturzkegel bis an den Gletscher hinaufreicht (J.Könz).

1981: Die Zungentatze in der Gletschermitte hat sich leicht zurückgebildet. Die obere Eisfront hat sich vorgeschoben und ist jetzt durch den Sturzkegel abgestützt. Infolgedessen ist weniger Eis abgebrochen als in jedem der letzten 10 Jahre (J.Könz).

97 Sesvenna

1980: Das durchschnittlich stationäre Verhalten ergibt sich aus aus bescheidenem Vorstossen (um 1.4, 0.4 bzw. 3.4 m) auf den Messlinien 1, 2 und 5 wie aus ebenso schwachem Schwund (um 1.2, 0.3 bzw. 4.5 m) auf den übrigen Messlinien. Die Mächtigkeit des Zungenrandes jedoch scheint weiter abgenommen zu haben (L.Rauch).

1981: Die Tendenz zum Abschmelzen des Gletscherrandes hält an. Im Bereich der Messlinien 1 bis 3 ist der Schwund gering (bis 1.3 m), im östlichen Teil des Gletschers wesentlich stärker (bis 6 m). Von Jahr zu Jahr bedeckt mehr Moränenschutt den mittleren Teil des Gletscherendes. Gegenwärtig ist noch nicht klar, ob es sich dabei um das Gletscherbett oder um das auf dem Rücken des Gletschers vom Sesvennagipfel herabtransportierte Abbruchmaterial handelt. Zum erstenmal war das Gletschertor begehbar (L.Rauch).

98 Lischana

1980: In Anbetracht der geringen Mächtigkeit der Eisdecke ist der durchschnittliche Schwund sehr bescheiden. Er ergibt sich aus einem kleinen Vorstoss (um 2.9 m) bei Punkt 45 und mässigem Schwund (um 8.2 bzw. 2 m) bei den Punkten 75 und 118. Auf den beiden Randlinien (A bzw. 160) konnte der von Altschnee bedeckte Gletscherrand nicht eingemessen werden (L.Rauch).

1981: Altschnee bedeckte einen grossen Teil des Vorgeländes und den westlichen Punkt der Messbasis. Bedingt durch die geringe Mächtigkeit des Eises am Zungenende, haben die Messergebnisse der letzten Jahre stark geschwankt. Der ermittelte Vorstoss darf deshalb nicht überbewertet werden (L.Rauch).

99 Cambrena

1980: Im Messbereich liegt vor der spaltenlosen aufgewölbten Gletscherstirn ein kleiner, frisch aufgeschobener Moränenwall. Nordwestlich davon bricht der Gletscher in einer etwa 20 Meter hohen Eiswand über eine Felswand ab. Eine dünne schmale Eiszunge verbindet den Gletscher mit der grossen Toteismasse am Fusse der Felswand. Über diese fallen ständig grosse Eisblöcke herunter (A.Godenzi). - Wie beim Brunnigletscher ist auch hier die Toteismasse als regenerierte Gletscherzunge zu bezeichnen, solange sie offensichtlich durch Eisstürze ernährt wird. Freilich hat sie während der Aufbauphase mehr Ähnlichkeit mit einem Schuttkegel als mit einer Gletscherzunge (Verfasser).

1981: Die Messung im Herbst konnte nicht durchgeführt werden. Ein Besuch im Sommer zeigte jedoch, dass der Gletscher seinen Vorstoss fortsetzt (A.Godenzi).

100 Palü

1981: Die Messung war durch Neuschnee und Kälte erschwert, der Aufstieg zum Gletscher wegen starker Vereisung gefährlich. Der Vorstoss seit der letzten Messung ist augenfällig und tritt eindrücklich in Erscheinung durch die hohe Aufwölbung der Gletscherfront. Die Moränenwälle vor der Zunge sind weniger hoch aufgeschoben als früher (A.Colombo).

101 Paradisino

1980: Auf der flachen schneebedeckten Zunge trat an 2 Stellen aperes Eis zutage. Von der alten Messbasis ist nur noch 1 Punkt zu sehen. Seit 1967 ist der (auf der Landeskarte 1:25'000, Blatt 1278, als "Vedreit da Camp" eingetragene) Gletscher um schätzungsweise 25 Meter zurückgeschmolzen (A.Godenzi). - Den Zahlenangaben auf den Messprotokollen der Jahre 1971 und 1980 ist zu entnehmen, dass der Gletscher vor allem an den Zungenrändern deutlich zurückgeschmolzen, in der Mitte dagegen etwas vorgestossen ist. Nach unsicheren Angaben, die von einer im Herbst 1976 bei viel Neuschnee versuchten Messung stammen, ist der Vorstoss in der Zungenmitte zur Hauptsache vermutlich in den letzten 4 Jahren erfolgt, wobei er durch das Zurückschmelzen der Zungenränder weitgehend kompensiert worden zu sein scheint (Verfasser).

102 Forno

1980: Die Längenänderungen auf den neu festgelegten Messlinien sind graphisch ermittelt. Das ganz ausgeaperte und wegen des regnerischen Wetters sehr glatte Zungenende ist auf 7 Messlinien stark zurückgeschmolzen, auf einer Linie stationär geblieben und auf 2 Linien am Westrand des Messbereichs vorgestossen (C.Mengelt).

1981: Bei der Messung auf den Rand des sichtbaren Eises sind schuttbedeckte Teile des Gletscherendes nicht erfasst worden. Die rote Farbe einer Messmarke ist durch (grüne?, Verf.) Unbekannte grau überstrichen worden und muss deshalb erneuert werden (C.Mengelt).

103 Bresciana

1980: La misurazione è stata con tempo coperto e ghiaccio ben visibile in assenza di neve (F.Viviani).

104 Basodino

1980: Nessun problema per la misurazione essendo il fronte del ghiacciaio molto netto e preciso (C.Valeggia/G.Corti).

1981: Fronte del ghiacciaio molto netto e preciso (C.Valeggia).

105 Rossboden

1980: Die angegebenen Werte für Längenänderung und Höhe des Gletschertors sind bisher an der durchgehend mit Blockschutt überdeckten ausgedünnten Zunge, einer seit Jahren vom Gletscher kaum noch ernährten Toteismasse, bestimmt. Die früher vermeldete, etwa 15 Meter hohe Eisfront des rückwärtigen (aktiven) Teils der Zunge liegt auf 2110 Metern Meereshöhe. Sie schiebt sich über die schuttbedeckte Toteiszunge vor, die dadurch gestaucht und reaktiviert wird. Um die Bewegung der vor der Vorstossfront entstandenen girlandenförmigen Stauchwülste zu erfassen, sind auf 3 solchen Wülsten je 2 Felsblöcke markiert und eingemessen worden (M.Borter).

1981: Die durchwegs mit Blockschutt überdeckte Zunge ist offensichtlich reaktiviert, da das Gletscherende auf allen 3 Messlinien vorgestossen ist. Von den markierten Blöcken im Bereich der Zungenaufwölbung sind die beiden vordersten im Berichtsjahr um 41.3 bzw. 44.9 Meter vorgerückt, die beiden mittleren um 44.7 bzw. 48.1 Meter und die drei oberen um 51.5 bzw. 51.6 und 52.2 Meter. Diese Werte bestätigen, dass die unterliegende, seit Jahren kaum noch aktive Zunge gestaucht und aktiviert wird (M.Borter). - Um weitere Angaben über den Bewegungsvorgang zu erhalten, sind an einigen Stellen im aufgewölbten Bereich, wo Eis an der Oberfläche zum Vorschein kommt, Holzstangen eingebohrt worden. Zudem sind Kontrollpunkte für die photogrammetrische

Auswertung der seit 1968 jährlich aufgenommenen Luftbilder signalisiert und vermessen worden (VAW-M.Aellen).

107 Bis

1980: Vermessungsflug V+D (s. Tab. 5). Der Vergleich der Luftbilder mit den Aufnahmen der Vorjahre ergibt, dass der Gletscher eine kleine Zungentatze durch die nördlichste Bachrunse immer weiter vorschiebt, während die breite Abbruchfront naturgemäss mehr oder weniger stationär bleibt, indem sich die lokalen, durch vorgeschobene Eisnasen oder durch Abbruchnischen entstandenen Veränderungen annähernd ausgleichen. Deutlich zugenommen haben die Sturzkegel vor der nördlichen Zungenhälfte. Der frische Eisschutt auf dem von Jahr zu Jahr vergrösserten Sturzkegel in der nördlich des "Mittelgrotzen" herunterziehenden Runse des Bisbachs lässt vermuten, dass die Vorstossendenz des Gletschers etwa gleichermassen vorhanden ist wie im linken Randbereich. Anhand der Landeskarte 1:25'000, Blatt 1328, auf dem der Gletscherstand von 1960 dargestellt ist, lässt sich der Vorstoss längs des Bisbachs grob abschätzen auf rund 300 Meter (horizontal gemessen), wobei das Zungenende vom kotierten Punkt 2195 um etwa 180 Höhenmeter tiefer gelegt worden ist. Zieht man auch den angelagerten Eisschutt in Betracht, vergrössert sich der Vorstoss in der Horizontalen um rund 200 Meter, in der Vertikalen um etwa 100 Meter (VAW-M.Aellen).

1981: Vermessungsflug V+D (s. Tab. 5). Den Luftbildern ist zu entnehmen, dass sich die seitlichen Zungenlappen tatzenförmig immer weiter vorschieben. Von den Gletschern an der Südostflanke des Weissorns, welche durch die Luftbilder ebenfalls erfasst werden, ist der Schali seit mehreren Jahren im Vorstoss. Die schuttbedeckte flache Zunge des Hohlichts ist im Berichtsjahr erstmals deutlich vorgestossen, nachdem sie in den letzten Jahren mehr oder weniger stationär geblieben war (VAW-M.Aellen).

109 Alpetli

1981: Die Messpunkte A und B, denen sich der Gletscher um mehr als die Hälfte des letztjährigen Abstands genähert hat, sind rückwärts versichert worden. Am nördlichen Gletscherufer sind 80 Kubikmeter Kalkfels ausgebrochen (U.Fuhrer/K.Ogi).

110 Lötschberg

1980: Vermessungsflug L+T (s.Tab. 5). Beim Vergleich der Senkrechtaufnahmen mit den am 13.8.1974 aufgenommenen, den Gletscher schief von hinten erfassenden Luftbildern lässt sich mit etwelcher Mühe feststellen, dass die Zungenfront auf der ganzen Breite vorgerückt ist (VAW-M.Aellen).

111 Ammertan

1980: Das Zungenende ist durch den angelagerten Winterschnee auf allen 3 Messlinien um etwa 1 bis 2 Meter verlängert worden. Der dadurch verdeckte Gletscherrand dürfte nahezu stationär geblieben sein (E.Hodel).

1981: Die überaus mächtige Schneedecke, die im Januar neue Höchstwerte erreichte, ist im Frühsommer stark abgebaut worden. Neue Höchstwerte sind auch bei den Neuschneemengen des Monats Juli beobachtet worden. Trotzdem dürfte der Gletscher an Masse nur wenig zugenommen haben. Bei Messpunkt 1 ist der seit 1977 angelagerte Firn um 2.7 Meter, bei den Messpunkten 2 und 3 das apere Gletschereis um 1.1 bzw. 1.5 Meter zurückgeschmolzen. Der Strubelgletscher oberhalb der Engstligenalp ist auffallend stark zerrissen (E.Hodel).

112 Dungal

1980: Vermessungsflug L+T (s.Tab. 5). Wegen der am Aufnahmedatum noch weit über den Gletscher ins Vorgelände hinabreichenden Winterschneedecke geben die Luftbilder keinen Aufschluss über die Veränderungen der Gletscherzunge seit der letzten Aufnahme vom 13.8.1974 (VAW-M.Aellen).

113 Gelten

1980: Vermessungsflug L+T (s.Tab. 5). Wegen der am Aufnahmedatum bis ins Rottal hinabreichenden Winterschneedecke ergeben die Luftbilder wie bei Dungal (s.o.) keinen schlüssigen Befund (VAW-M.Aellen).

114 Plattalva

1980: Die Winterschneedecke, die am Messdatum noch den ganzen Gletscher und grosse Flächen der Umgebung überzog, war am Gletscherende 1 - 1.5 Meter dick. Aus den Messungen am Pegelnetz ist für die 86 Hektaren, die nach der luftphotogrammetrischen Aufnahme vom 15.9.1977 als Gletscherfläche ausgeschieden worden sind, ein Massenzuwachs von total rund 0.9 Millionen Kubikmetern oder um durchschnittlich 1.1 Meter Eisdicke berechnet worden. An der Standardmessstelle (auf rund 2800 Metern Meereshöhe) ist der Gletscher um 1 Meter dicker geworden (VAW-H.Siegenthaler).

1981: Das Gletscherende besteht aus dem mittlerweile verfirnten Schnee, der im Vorjahr angelagert, aber noch nicht zum Gletscher gerechnet worden war (VAW-H.Siegenthaler).

117 Valleggia

1980: Il fronte del ghiacciaio è molto netto. Abbiamo fissati due novi punti della base su una costola rocciosa. Il rilievo polare è stato eseguito stazionando sul nuovo punto 1 (C.Valeggia/G.Corti). - Der angegebene Wert für die Längenänderung ist aus den in den Messprotokollen 1976 und 1980 für die Punkte A und B angegebenen Messwerten provisorisch bestimmt (Verfasser).

118 Val Torta

1980: Non è stato possibile misurarlo a causa della presenza di neve nella conca dove s'immerge il fronte del ghiacciaio (C.Valeggia/G.Corti).

119 Cavagnoli

1980: Situazione simile a quella del 1979. Il rilievo è reso difficile dal fatto che il fronte si trova in una conca sempre coperta di neve (C.Valeggia/G.Corti).

1981: Situazione sempre simile a quella degli anni precedenti (C.Valeggia).

120 Corno

1980: Non è stato possibile misurarlo a causa della forte copertura nevosa (C.Valeggia/G.Corti).

4. B I L D T E I L

4.1 BILDFOLGE DES 101.BERICHTS - TAFELN I bis IV

Bildlegenden

Tafeln I bis III

151 bis 159 Findelengletscher

(vgl. Kap. 2.1).

Aufnahmen W.Schmid, VAW (151) und A.Iken, VAW (152 bis 159).

Der Gletscher bewegt sich in Bild 151 auf den Betrachter zu, in den Bildern 152 und 153 von rechts nach links, in den übrigen von links nach rechts.

- 151 Scherzone am nördlichen Zungenrand am 18.Juni 1980. Beim beginnenden Vorstoss schob sich das Eis am Ufer zu einem Wall auf. Längs dieses Walles wurde das schnell bewegte Eis rechts im Bild vom fast unbewegten Eis der Randzone abgeschert.
- 152 und 153 Gletscherzunge und -vorfeld am 28.Juni 1979, etwa zu Beginn des Vorstosses. Blick vom Stockhorn nordwärts.
- 154 Stauchwülste im Moränenschutt am nördlichen Zungenrand am 15.Oktober 1980.
- 155 Zungenende mit wallförmig aufgeworfenen schuttbedeckten Rändern und vorgelagerter reaktivierter Toteistafel (vorne rechts) am 4.Oktober 1980. Blick gletscherabwärts zur Wasserfassung (oben rechts), der sich der Gletscher innert etwa eines Jahres um rund 85 Meter (gut ein Drittel der anfänglichen Entfernung) genähert hat.
- 156 und 157 Verschiebungsfläche mit angefrorener Grundmoräne am nördlichen Zungenrand.
- 156 Die Höhe der Seitenfront am 25.Januar 1981 lässt sich an der Person links im Bild abschätzen.
- 157 Die Nahaufnahme vom 8.Februar 1981 beim Riss der Seitenfront in Bild 156 zeigt am lotrechten Gletscherrand angefrorene lehmige Moränenkruste mit kleineren und grösseren Gesteinsbrocken. Unebenheiten in der zurückgebliebenen Randscholle haben in der Verschiebungsfläche striemenförmige, parallel zur wagrechten Bewegungsrichtung verlaufende Rillen hinterlassen.
- 158 Über den Stirnmoränenwall am Zungenende vorgeschobene Eistafel am 8.Februar 1981. Im überfahrenden Moränenwall erkennt man eingefaltete Teile der Winterschneedecke.
- 159 Vor der im Bild 158 gezeigten Stelle des Zungenendes ist die Winterschneedecke zu einer walzenförmigen Falte zusammengeschoben. Aufnahme vom 24.März 1981.

Tafel IV

160 bis 163 Unterer Grindelwaldgletscher

(vgl. Kap. 3.1).

Aufnahmen H.Boss, Zweilütschinen.

160 Zungenende am 12.Oktober 1976. Die Aufnahme zeigt den Gletscher auf dem Stand seiner kleinsten Längenausdehnung seit dem Mittelalter.

161 und 162 Zungenende am 13.Oktober 1979.

161 Eissturz vom Kallifirn durch die "Schlosslauenen" auf das Gletscherende.

162 Die Sturzkegel auf dem Zungenende sind seit 1976 stark angewachsen. Vom vordersten sind grosse Eismassen in die mehr als 100 Meter tiefe Schlucht abgeglitten und haben diese über eine rund 70 Meter lange Strecke bis zum Rand aufgefüllt: Gletschervorstoss durch Eisanlagerung.

163 Zungenende am 15.Oktober 1980. Vom vorstossenden Kallifirn auf den stationären Unteren Grindelwaldgletscher abgestürztes Eis hat die Sturzkegel auf dem Zungenende nochmals vergrössert. Innert Jahresfrist ist es um weitere 100 Meter in die Schlucht vorgedrungen und bedeckt nun am Zungenende auch deren Ränder.





152 Δ

154 ▽



156 ▽

157 ▽





153 Δ

155 ∇



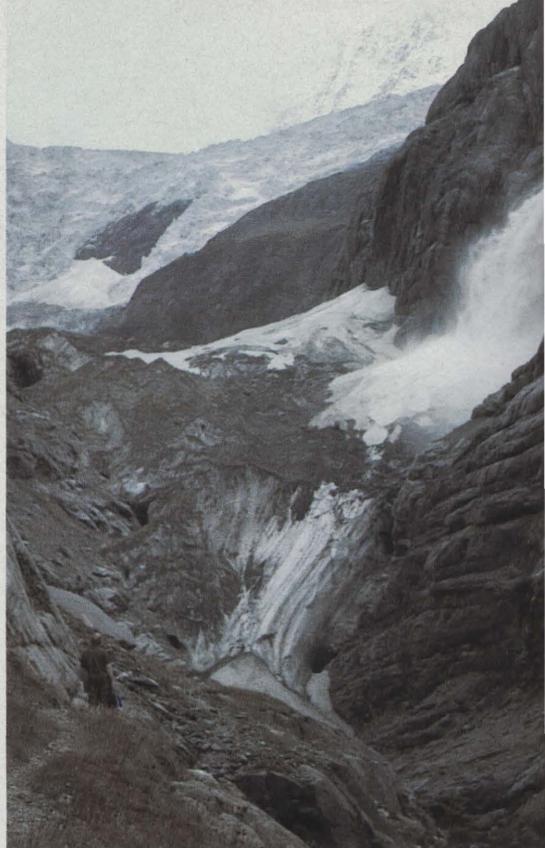
158 ∇

159 ∇





160△



161△



162▽



161△

4. ILLUSTRATIONS PHOTOGRAPHIQUES

4.1 ILLUSTRATIONS DU 101e RAPPORT - PLANCHES I à IV

Legendes des illustrations

Planches I à III

151 à 159 Glacier de Findelen

(cf. chap. 2.1).

Clichés W.Schmid, VAW (151) et A.Iken, VAW (152 à 159).

Sur la figure 151, le glacier s'écroule vers l'observateur. Sur les figures 152 et 153, il se déplace de la droite vers la gauche, sur les autres figures de la gauche vers la droite.

- 151 Zone de cisaillement sur le bord nord de la langue, le 18 juin 1980. Au début de la crue, la glace marginale a formé un rempart, le long duquel la langue en mouvement accéléré (à droite) s'est détachée de la glace presque inerte sur la rive.
- 152 et 153 Vue du Stockhorn vers le nord, le 28 juillet 1979. On voit la langue et la délaissée du glacier à la phase initiale de la crue.
- 154 Bourrelets de compression dans les dépôts morainiques sur la rive nord, le 15 octobre 1980.
- 155 Vue plongeante de la rive nord sur le front du glacier et la prise d'eau (en haut, à droite), le 4 octobre 1980. Devant le rempart marginal, recouvert de débris morainiques, on remarque, à droite, une plaque de glace morte, également recouverte de moraine et qui a été réactivée. Par son avance d'environ 85 mètres, le glacier a couvert en une année le tiers de la distance qui, au début de la crue, l'avait séparé de la prise d'eau.
- 156 et 157 Mur de glace vertical, formé par le plan de décrochement sur le bord nord de la langue, plâtré de moraine de fond gelée.
- 156 Le personnage à gauche permet de se faire une idée de la hauteur du mur, le 25 janvier 1981.
- 157 Le cliché du 8 février 1981 montre en détail une partie du mur vertical et de la crevasse, visible à la figure 156. La croûte de moraine limoneuse, parsemée de galets et de blocs rocheux arrondis, est soudée à la glace par le gel. Les sillons et arêtes à peu près horizontaux, striant le plan de décrochement, sont dus au frottement contre la glace restée en place. Cela permet de déceler la direction et le sens du déplacement.
- 158 Plaque de glace chevauchant la moraine frontale, le 8 février 1981. Sous la plaque, on reconnaît des restes pliés du manteau neigeux écrasé.
- 159 Le cliché du 24 mars 1981 montre l'endroit de la figure 158 où, entre-temps, le manteau neigeux, comprimé et déformé par la poussée du glacier, a pris la forme de plis cylindriques.

Planche IV

160 à 163 Glacier inférieur de Grindelwald

(cf. chap. 3.1).

Clichés H.Boss, Zweilütschinen.

160 Le cliché du 12 octobre 1976 montre le front du glacier dans sa position la plus retirée depuis le Moyen Age.

161 et 162 Vues sur le front du glacier. le 13 octobre 1979.

161 Chute de glace dans le couloir de la "Schlosslauenen": le Kallifirn se décharge.

162 Glissant des cônes d'avalanches (notablement plus importants qu'en 1976), des quantités importantes de glace sont tombées dans la gorge, profonde de plus de cent mètres, et l'ont bouchée sur une distance de près de 70 mètres: avance due à l'accumulation de glace devant le front glaciaire.

163 Vue sur le front du glacier, le 15 octobre 1980. Les masses de glace tombées du Kallifirn (en crue) ont agrandi encore les cônes d'avalanches sur la langue du glacier inférieur de Grindelwald, qui lui-même est resté stationnaire. En une année, la glace a comblé la gorge sur cent mètres et déborde maintenant sur les rives.

4.2 BILDFOLGE DES 102.BERICHTS - TAFELN V bis VIII

Bildlegenden

Tafeln V und VIII

- 116 und 121 bis 124 **Dickenmessungen an Gletschern mittels Radio-Echolot** (vgl. Kap. 2.2).
Aufnahmen W.Haeberli, VAW (116) und H.P.Wächter, VAW (121 bis 124).
Rhonegletscher am 16. (121) und am 18. September 1980 (123,124).
Grubengletscher (VS) am 31. Mai 1981 (116).
Griesgletscher (VS) am 15. Juni 1982 (122).
- 116 Radio-Echolot im Einsatz auf dem Grubengletscher (VS). Auf Gletscherzungen werden Tiefenmessungen nach diesem neuen Verfahren mit Vorteil im Winter oder im Frühjahr vorgenommen. Auf der glatten Gletscheroberfläche der Schneedecke lässt sich die rund 50 Kilogramm schwere Messausrüstung, einsatzbereit auf zwei Schalenschlitten aus Kunststoff gepackt, leicht von einer Messstelle zur anderen ziehen.
- 121 Im Rahmen eines glaziologischen Forschungsprojekts des Geographischen Instituts der ETH Zürich ist das Gletscherbett im Talbereich des Rhonegletschers auf 11 Quer- und 3 Längsprofilen in 235 Messpunkten mit Radiowellen ausgelotet worden. Die grössten ermittelten Eisdicken von 370 Metern liegen bereits am Rand des mit dem verwendeten Gerät erfassbaren Tiefenbereichs.
- 122 Für die Messung werden die Sendeanlage (hinten) und die Empfangsanlage (vorn) der Messapparatur 50 Meter voneinander entfernt aufgestellt und die für den Transport in Schlaufen aufgenommenen bis 80 Meter langen Antennen parallel zueinander und rechtwinklig zur Messachse ausgelegt. Bei guten Verhältnissen können im Tag 30 bis 40 Messstellen erfasst werden.
- 123 Wichtigster Bestandteil der Empfangsanlage ist das messbereit auf dem Schlitten montierte Oszilloskop. Auf dessen Mattscheibe erscheint bei der Messung ein Kurvenbild, aus dem die Messwerte herausgelesen werden.
- 124 Im Oszillogramm werden das vom Sender als einfache Welle (Monopuls) ausgestrahlte Signal (links) und sein vom Gletscherbett zurückgeworfenes Echo (rechts) dem Auge sichtbar. Der Abstand zwischen den beiden in entgegengesetzter Richtung ausschlagenden Schwingungen ist ein Mass für die Zeit, die das Signal braucht, um den Weg vom Sender über das Gletscherbett zum Empfänger zurückzulegen. Im dargestellten Fall war das Signal während 1.35 Mikrosekunden unterwegs im Rhonegletscher, was bedeutet, dass das Eis an dieser Stelle 126 Meter dick ist.

Tafeln VI und VII

117 bis 120 Feegletscher.

Senkrechtaufnahmen L+T (117) am 23. September 1969 (Ausschnitt aus Luftbild Nr. 8592) und V+D (118) am 8. Oktober 1981 (Ausschnitt aus Luftbild Nr. 1596). Ansichten H. Röthlisberger, VAW (119) am 16. Oktober 1967 und W. Schmid, VAW (120) am 4. Oktober 1981.

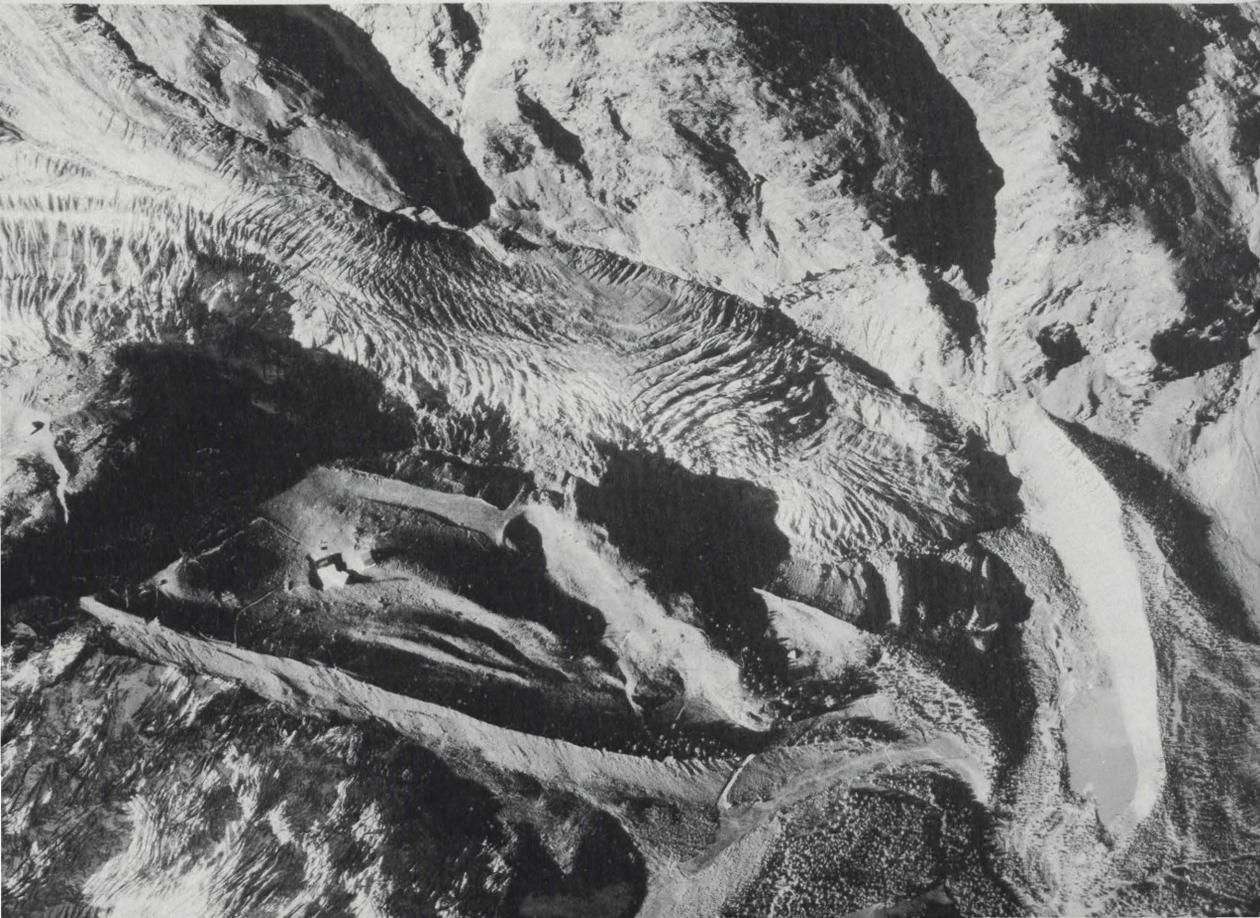
117 bis 120 Zunge des nördlichen Feegletschers. Durch die enge Felsrinne nördlich der Gletscheralp schiebt sich die tatzenförmig aufgewölbte Gletscherzunge über grobblockigen Bergsturzschutt gegen den See in ihrem früheren Zungenbecken vor. Sie entströmt der trichterförmigen, etwa 6 Kilometer breiten Talmulde am Fusse der Mischabelhörner, in der die Lawinen- und Firnablagerungen an den Ostflanken von Lenzspitze (4294 m), Dom (4545.4 m), Täschhorn (4490.7 m) und Alphubel (4206 m) zusammenfliessen zum schmalen Eisstrom der rund 300 Meter breiten Zunge. Am Ost- rand der Mulde fliesst der südliche Feegletscher über den Nordhang des Allalinorns (4027.4 m) hinab zu den gestuften Felshängen südlich der Gletscheralp. Seine breite Front, die am unteren Rand der Senkrechtaufnahmen (Bilder 117 und 118) teilweise sichtbar ist, stösst gegenwärtig ebenfalls kräftig vor. Bei den grössten Eisständen des 17. bis 19. Jahrhunderts erreichten beide Gletscher den Talgrund, wobei die Gletscheralp zeitweise ringsum von Eis umgeben war. Vom Bergsturz, der im Sommer 1954 die vordersten 400 Meter des nördlichen Gletschers zuschüttete, zeugen die helle Gesteinsfarbe in der Ausbruchnische oberhalb des Zungenendes und der grobe Blockschutt des Sturzkegels, der sich vor der Gletscherstirn gegen den See herunterzieht. In den 23 Jahren seit 1958 ist der Gletscher ziemlich regelmässig und stetig um insgesamt rund 300 Meter, in der 14 jährigen, durch die Bilder erfassten Zeitspanne seit 1967 um rund 200 Meter vorgerückt.





△ 117

▽ 118





△ 119

▽ 120





△ 121

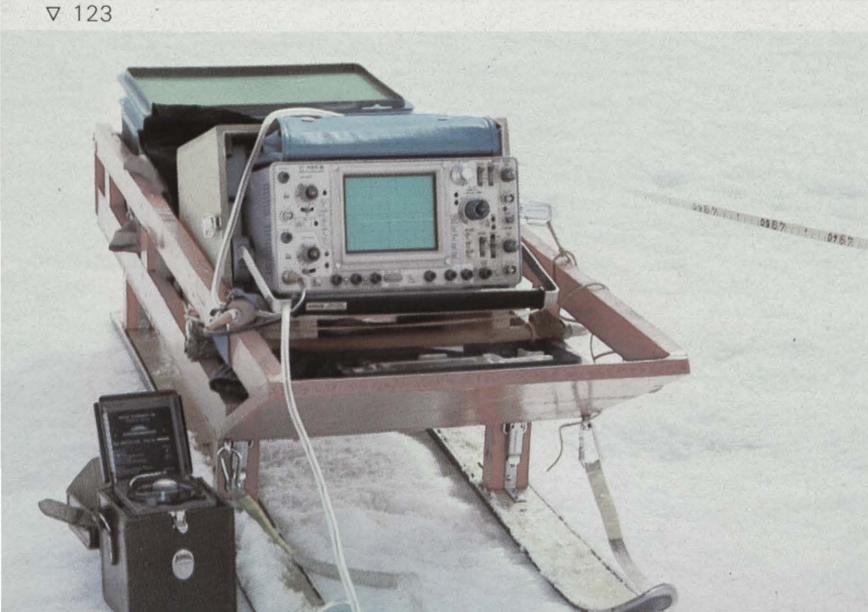
▽ 122



▽ 123

▽ 124

← 1.35 μs →



4.2 ILLUSTRATIONS DU 102e RAPPORT - PLANCHES V à VIII

Legendes des illustrations

Planches V et VIII

116 et 121 à 124 Mesures de l'épaisseur des glaciers par sondages radio-électriques.

(cf. chap. 2.2).

Clichés W.Haeblerli, VAW (116) et H.P.Wächter, VAW (121 à 124).

Glacier du Rhône, le 16 (121) et le 18 septembre 1980 (123, 124).

Glacier de Gruben (VS), le 31 mai 1981 (116).

Glacier de Gries (VS), le 15 juin 1981 (122).

116 Sondages radio-électriques sur le glacier de Gruben (VS). En hiver et au printemps, les 50 kilogrammes de l'appareillage en état de fonctionnement peuvent être facilement déplacés d'un endroit à l'autre sur la surface lisse du glacier au moyen de deux luges en plastique.

121 Dans le cadre d'un projet de recherches glaciologiques de l'Institut de géographie de l'EPFZ, on a sondé le lit de la langue du glacier du Rhône au moyen d'ondes radio-électriques en 235 points répartis sur 11 profils transversaux et 3 profils longitudinaux. Les profondeurs maximales de 370 mètres sont à la limite des possibilités de l'appareil.

122 Pour les mesures, l'émetteur (arrière-plan) et le récepteur (avant-plan) de l'appareil sont placés à 50 mètres l'un de l'autre. Les antennes, enroulées pour le transport, déployées jusqu'à une longueur de 80 mètres pour le travail, sont placées parallèlement l'une à l'autre et perpendiculairement à l'axe de la mesure. Par conditions favorables, on peut exécuter de 30 à 40 mesures par jour.

123 L'oscilloscope, la partie importante du récepteur, est monté sur une luge. Pour mesurer, on n'a qu'à l'enclencher. La courbe qui apparaît sur son écran permet de déterminer les valeurs recherchées.

124 L'oscillogramme visualise, à gauche, le signal de l'émetteur par une ondulation primaire (impulsion isolée) et, à droite, son écho renvoyé par le lit du glacier. La distance entre ces deux ondulations vibrant en sens opposé correspond au temps mis par le signal pour arriver au récepteur après avoir frappé le lit du glacier. Dans notre exemple, le signal a mis 1.35 microseconde pour parcourir la glace du glacier du Rhône, ce qui correspond à une épaisseur de 126 mètres à cet endroit.

117 à 120 **Glacier de Fee.**

Vues verticales: clichés aériens S+T (117) du 23 septembre 1969 (détail du cliché no. 8592) et D+M (118) du 8 octobre 1981 (détail du cliché aérien no. 1596).

Vues panoramiques: H.Röthlisberger, VAW (119) du 16 octobre 1967 et W.Schmid, VAW (120) du 4 octobre 1981.

117 à 120 **Langue du glacier septentrional de Fee.** La langue glaciaire, qui a adopté la forme d'une patte de fauve, se glisse dans l'étroite gorge rocheuse située au nord de la Gletscheralp et, en engloutissant les éboulis grossiers devant son front, s'approche du lac qui occupe l'ancien lit glaciaire. Elle s'écoule d'une vaste combe en forme d'entonnoir, large d'environ 6 kilomètres et située au pied des Mischabel, où les névés et les avalanches provenant des flancs orientaux de la Lenzspitze (4294 m), du Dom (4595.4 m), du Täschhorn (4490.7 m) et de l'Alphubel (4206 m) s'accumulent, puis sont évacués par l'étroit fleuve de glace de la langue, dont la largeur ne mesure que 300 mètres. En longeant le bord oriental de cette combe, le glacier méridional de Fee s'étale sur le versant nord de l'Allalinhorn (4027.4 m) et sur les pentes rocheuses étagées au sud de la Gletscheralp. Son large front, partiellement visible au bord inférieur des prises de vue aériennes (photos 117 et 118), est actuellement en progression rapide. Lors des crues glaciaires maximales des XVIIe à XIXe siècles, ces deux glaciers s'étendaient jusqu'au fond de la vallée, et la Gletscheralp fut, par moments, complètement entourée de glace. L'éboulement qui a recouvert les 400 premiers mètres du glacier septentrional de Fee, en été 1954, est visible en deux endroits: sa niche de décollement, signalée par la teinte plus claire des rochers situés au-dessus de la langue glaciaire, et son cône d'éboulis formé de blocs grossiers qui se sont répandus du front glaciaire vers le lac. Le glacier a avancé assez régulièrement de 300 mètres environ en 23 ans (depuis 1958) et de 200 mètres dans les 14 ans qui séparent les deux prises de vue terrestres.

5. M A S S E N H A U S H A L T

5.1 EINLEITUNG

In Tabelle 9 sind die von der VAW für die Gletscher in 4 Flusseinzugsgebieten bestimmten Haushaltszahlen der letzten 3 Jahre 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 10 sind die Massenänderungen der Gletscher in drei verschiedenen grossen und in unterschiedlichem Ausmass vergletscherten Einzugsgebieten für die letzten drei Jahre 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 11, illustriert durch die Abildung 9, gibt einen Einblick in den zeitlichen Verlauf des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet der Massa während der Haushaltsjahre 1979/80 und 1980/81. 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 (s. Literaturangaben zu Kap. 1.1) 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 11b 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 9 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 Änderung der Wasserreserven im Einzugsgebiet der Rhone oberhalb des Genfersees sind aufgrund von Monatswerten in den Tabellen 12 und 13 zahlenmässig, in der Abbildung 10 graphisch dargestellt. Die Grundlagen dazu sind in Kapitel 6.2 des 97./98.Gletscherberichts (Glaziologisches Jahrbuch) mit entsprechenden Angaben für die Jahre 1955/56 bis 1979/80 erläutert.

In den Tabellen 14 bis 16 ist die höhenmässige, in den Abbildungen 11 bis 13 die räumliche Verteilung der Massenänderung am Schluss der beiden Haushaltsperioden 1979/80 und 1980/81 dargestellt für die Gletscher Gries, Limmern, Plattalva und Silvretta. Eine zusammenfassende Übersicht über die Ergebnisse der Haushalts- und weiterer Messungen an diesen Gletschern ist im Anhang der vorangehenden Jahrbücher enthalten (s.a. Lit. 11 in Kap. 2).

Die luftphotogrammetrisch bestimmten jährlichen Veränderungen der Aaregletscher vom Spätsommer 1979 bis zum Herbst 1981 sind in den Tabellen 17 und 18 des Kapitels 5.4 zusammengefasst.

Kapitel 5.5 mit den Tabellen 19 bis 23 enthält die Ergebnisse der Beobachtungen, die in den Jahren 1979/80 und 1980/81 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 worden. Seither sind sie als Kapitel 5.5 des glaziologischen Jahrbuchs weitergeführt (vgl. Kap. 5.51).

5.2 MASSENÄNDERUNG IM HAUSHALTSJAHR 1979/80

Gestützt u.a. auf Abbildung 3a, wird im Witterungsbericht (Kap. 1.2) auf die regionalen Unterschiede bei den für den Massenhaushalt der Gletscher massgeblichen Klimagrössen Jahresniederschlag und Sommertemperatur hingewiesen. Diese erklären recht gut das unterschiedliche Ausmass des absoluten Massenzuwachses, der bei Aletsch etwa doppelt so gross ist wie bei Gries und Limmern/Plattalva. Um sie rascher und leichter miteinander vergleichen zu können, müssten wir die Haushaltszahlen in gleicher Weise wie den Jahresniederschlag und die Sommertemperatur nach ihren Abweichungen vom Normalwert klassieren. Das ist ausser bei Aletsch, wo die Messreihe bald 60 Jahre umfasst, wegen der Kürze der Messreihen nur bedingt möglich. In diesem Sinn kann das Ergebnis des Berichtsjahrs für Aletsch als zweithöchster Wert der Messreihe eindeutig, bei Limmern/Plattalva und bei Silvretta als dritthöchster Wert einer bloss 21 Jahre umfassenden Messreihe mit Vorbehalt als sehr grosser Zuwachs gewertet werden. Der als gross einzustufende Zuwachs bei Gries ist in den 19 Jahren seit Beginn der Messungen dreimal übertroffen worden.

Für die Aaregletscher hat A.Flotron im photogrammetrisch vermessenen Talbereich einen Volumenzuwachs von 8.1 Millionen Kubikmetern Eis ermittelt, der als zweithöchster Wert einer mehr als 50 Jahre zurückreichenden Reihe um 4 Millionen Kubikmeter unter dem Höchstwert von 1977/78 bleibt. Die Änderung der mittleren Eisdicken in den Querprofilen schwankte in der Messperiode 1979/80 zwischen -1.0 und +2.6 Metern auf dem Oberaargletscher, zwischen -2.7 und +3.5 Metern auf dem Unteraargletscher (vgl. Tab. 17).

5.3 MASSENÄNDERUNG IM HAUSHALTSJAHR 1980/81

Beim Vergleich der Ergebnisse für das Berichtsjahr ist zu beachten, dass die beträchtlichen Niederschläge im September 1981 ausser bei Aletsch nicht in die Haushaltsperiode fallen. Für die Erklärung des grossen Unterschiedes zwischen dem ausserordentlichen Zuwachs im Aletschgebiet und den mehr oder weniger ausgeglichenen Massenbilanzen der übrigen Gletscher sind die Bemerkungen im Witterungsbericht (Kap. 1.3) wie auch die Abbildung 4a durch den Hinweis zu ergänzen, dass im Bereich der Berner Alpen an mehreren Stationen neue Höchstwerte des Jahresniederschlags beobachtet worden sind, z.B. in Rekingen, Kandersteg und Grindelwald. In Grindelwald ist mit 1798 Millimeter im Berichtsjahr der frühere Höchstwert (1708 mm im Jahre 1977/78) sogar deutlich übertroffen worden. Für den Griesgletscher, der nach Abbildung 4a in der Zone stark überdurchschnittlicher Jahresniederschläge liegt, hat sich das negative Bilanzergebnis offensichtlich schon während der Akkumulationsperiode angebahnt, da dieser Gletscher in der Zone aussergewöhnlicher Trockenheit im Winter lag und damit, wie die Angaben im Bericht von M.Schild über Schnee und Lawinen im Winter 1980/81 bestätigen, der Zone unterdurchschnittlicher Schneemengen angehörte.

Im Talbereich der Aaregletscher, der jährlich photogrammetrisch vermessen wird, hat A.Flotron eine Volumenverminderung um 12.8 Millionen Kubikmeter Eis ermittelt. Das Ergebnis des Berichtsjahres entspricht dem Mittelwert der Jahre 1969 bis 1977. Der Zuwachs aus den Jahren 1977 bis 1980 ist bereits zur Hälfte wieder aufgezehrt worden. In je zwei Querprofilen auf dem Lauteraar- und dem Oberaargletscher hat sich die Gletscheroberfläche um durchschnittlich 0.1 bis 0.5 Meter gehoben. In den übrigen Querprofilen ist sie um durchschnittlich 0.2 bis 3.8 Meter abgesunken (vgl. Tab. 18).

5. BILANS DE MASSE

5.1 INTRODUCTION

Le tableau 9 contient les résultats des bilans de masse, établis par les VAW pour les glaciers de 4 bassins versants. Le bilan total indique le gain ou la perte en volume de glace. Le bilan spécifique représente l'épaisseur de la couche d'eau que produirait ce gain ou cette perte réparti(e) sur la surface totale du glacier. Le bilan spécifique permet de comparer directement les résultats obtenus pour les différents glaciers, même dans la plupart des cas, où les périodes respectives de bilan ne sont pas strictement identiques.

Le tableau 10 donne les bilans hydrologiques des trois dernières années, 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 11 et par les graphiques de la figure 9, qui révèlent les fluctuations des réserves en eau de ce bassin au cours des années de bilan 1979/80 et 1980/81. Selon les formules indiquées dans les remarques du tableau on a déterminé les variations mensuelles des réserves et leurs sommes saisonnières et annuelles. Les valeurs journalières publiées des débits et des précipitations (v. références du chap. 1.1) ont permis d'établir des bilans quotidiens, qui sont résumés dans le tableau 11b pour les périodes du cycle annuel et représentés dans la figure 9 par les courbes de leurs 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 extrêmes maximales (au printemps) et minimales (en automne), qui marquent le début ou la fin des périodes de bilan (définies suivant le cycle annuel des conditions climatiques et indépendantes des dates fixes du calendrier). Les bilans présentés dans le tableau 11b résument les bilans quotidiens des 2 cycles annuels de 1979/80 à 1980/81 et de leurs phases: période d'accumulation, 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 9 les valeurs moyennes, les écarts standardisés et les valeurs extrêmes, qui ont été déterminées à partir des données mensuelles de la période 1930/78.

Le modèle similaire, appliqué au bassin versant du Rhône à l'amont du Lac Léman est documenté par les tableaux 12 et 13 ainsi que par la figure 10. Il reflète les fluctuations mensuelles des réserves en eau de ce bassin durant les années 1979/80 et 1980/81. Portant sur les années 1955/56 à 1979/80, ce modèle a été analysé et discuté dans le chapitre 6.2 des 97e/98e rapports glaciologiques.

Les tableaux 14 à 16 donnent les bilans de masse établis en fonction de l'altitude et les figures 11 à 16 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 1979/80 et 1980/81. Les résultats des bilans de masse établis pour les années antérieures sont résumés dans l'annexe des annuaires précédents avec les résultats d'autres observations faites sur ces glaciers (v. aussi réf. 11 du chap. 2.1).

Les variations annuelles des glaciers de l'Aar, déterminées par aérophotogrammétrie, sont résumées dans les tableaux 17 et 18 du chapitre 5.4 pour la période de la fin de l'été 1979 jusque'à l'automne 1981.

Dans le chapitre 5.5 avec les tableaux 19 à 23 nous présentons les résultats des observations faites, en 1979/80 et 1980/81, 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 (cf. chap. 5.1).

5.2 BILAN ANNUEL DE MASSE EN 1979/80

La description des conditions climatiques (chap. 2.1) se réfère essentiellement à la répartition régionale (représentée dans la fig. 3) des précipitations annuelles et des températures estivales. Ce sont les éléments du climat qui déterminent le régime de masse d'un glacier. Les croquis de la figure expliquent assez bien la grande différence des gains de masse dans chacune des régions: à Aletsch, les gains sont près de deux fois plus grands qu'à Gries ou à Limmern/Plattalva. Tout comme pour les précipitations annuelles et pour les températures estivales, on pourrait établir une évaluation plus rapide et plus facile, dans la mesure où les résultats des bilans de masse sont classés de façon semblable selon leur déviation de la valeur normale. A l'exception des glaciers d'Aletsch, où la série des observations s'étend sur presque 60 ans, ce classement ne peut se faire que sous réserve, car les séries de mesures (ne comprenant qu'une vingtaine d'années) sont trop courtes. Les résultats obtenus au glacier d'Aletsch sont exceptionnels. Une seule fois jusqu'à maintenant on a pu observer, en effet, une augmentation plus forte. On peut faire la même remarque à propos des glaciers de Limmern /Plattalva et de la Silvretta: le résultat de leurs mesures les place au troisième rang d'importance d'une série de 21 années d'observation. Quant au glacier de Gries, le gain a été important pendant cette dernière période, mais ce résultat a été dépassé trois fois en 19 ans.

Dans la partie inférieure des glaciers de l'Aar, A.Flotron a trouvé par aérophotogrammétrie une augmentation du volume de 8.1 millions de mètres cubes de glace, ce qui est le plus grand gain, après l'année 1977/78, d'une série commencée, il y a plus de 50 ans. Dans les divers profils transversaux, l'épaisseur moyenne du glacier a varié, depuis l'année précédente, entre -1.0 et +2.6 mètres au glacier supérieur et entre -2.7 et +3.5 mètres au glacier inférieur de l'Aar (cf tabl. 17).

5.3 BILAN ANNUEL DE MASSE EN 1980/81

Avant toute comparaison des résultats de l'année 1980/81, il faut se rappeler que les fortes précipitations de septembre 1981 tombent en dehors de la période du bilan, à l'exception de la région d'Aletsch. La notable différence existant entre l'accroissement extraordinaire des réserves en eau dans la région d'Aletsch et les bilans de masse plus ou moins égalisés des autres glaciers s'explique non seulement par les conditions météorologiques citées dans le chapitre 1.3 et reproduites dans la figure 4a, mais aussi par le fait que, dans plusieurs stations de la région des Alpes bernoises on a enregistré de nouvelles sommes maximales des précipitations annuelles, à Reckingen, à Kandersteg et à Grindelwald, par exemple. Les 1798 mm mesurés à Grindelwald dépassent nettement l'ancien record (1708 mm en 1977/78) de cette station. La raison du bilan négatif du glacier de Gries, situé dans la zone des précipitations fortement excédentaires selon la figure 4a, doit certainement être recherchée dans la période d'accumulation, car ce glacier se trouvait dans la zone de sécheresse extrême en hiver et, par conséquent, dans la région d'enneigement déficitaire, ainsi que le confirme le rapport de M.Schild sur la neige et les avalanches de l'hiver 1980/81.

D'après les restitutions photogrammétriques de A.Flotron, la partie basse des glaciers de l'Aar a subi une perte de volume de 12.8 millions de mètres cubes. Ce résultat correspond à la moyenne des années 1969 à 1977 et le gain des années 1977 à 1980 a déjà disparu de moitié. Deux profils transversaux du glacier de l'Aar montrent une élévation de la surface du glacier de 0.1 à 0.3 mètre en moyenne, tandis que, dans les autres profils transversaux, on a observé un abaissement de 0.2 à 0.8 mètre (cf. tabl. 18).

Tabelle 9. Massenänderung einiger Gletscher in den Jahren 1978/79 bis 1980/81
 Tableau 9. Bilans annuels de masse de quelques glaciers, de 1978/79 à 1980/81

Gletscher Glacier	Haushaltsjahr oder -periode Année ou période de bilan		Gletscher- fläche Surface glaciaire km ²	Massenänderung gesamt spezifisch Bilan de masse total spécifique		Gleich- gewichtslinie Ligne d'équilibre m ü.M. m s.m.
	vom/du	bis/au		B _a * 1) 10 ⁶ m ³	b _a 2) kg/m ²	
Gries	26.9.78	25.9.79	6.34 3a)	- 6.232	- 885	3070
	25.9.79	29.9.80	6.33 3b)	+ 5.061	+ 719	2660
	29.9.80	24.9.81	6.32 3c)	- 1.634	- 232	2940
Aletsch	1.10.78	30.9.79	128.22 4a)	+ 23.127	+ 162	2973 5)
	1.10.79	30.9.80	128.20 4b)	+218.570	+1534	2781 5)
	1.10.80	30.9.81	128.14 4c)	+181.727	+1276	2857 5)
Limmern	5.9.78	30.8.79	2.52 6)	- 0.101	- 36	2915
	30.8.79	1.9.80	2.52 6)	+ 2.032	+ 721	2302
	1.9.80	1.9.81	2.52 6)	- 0.311	- 111	2730
Plattalva	5.9.78	30.8.79	0.86 6)	- 0.152	- 159	2915
	30.8.79	1.9.80	0.86 6)	+ 0.936	+ 980	(<2546)
	1.9.80	1.9.81	0.86 6)	- 0.173	- 181	2825
Silvretta	14.9.78	13.9.79	3.15 7)	- 0.196	- 56	2790
	13.9.79	14.9.80	3.15 7)	+ 3.898	+1114	2505
	14.9.80	12.9.81	3.15 7)	+ 1.220	+ 348	2675

1) Gesamter Zuwachs oder Abtrag, berechnet als Eisvolumen mit einem mittleren Raumbgewicht von 0.9 g/cm³. Werte für Aletsch abgeleitet aus der hydrologischen Bilanz des Einzugsgebiets der Massa (s. Tab. 10), für die übrigen Gletscher ermittelt aus Zonen gleicher Massenänderung.

Somme totale des gains et pertes de masse, exprimée en volume de glace, en admettant une densité de 0.9 g/cm³ pour celle-ci. Valeurs pour Aletsch dérivées du bilan hydrologique du bassin versant de la Massa (v. tabl. 10), pour les autres glaciers déterminées à partir des zones à bilans spécifiques égaux.

2) Gleichmässig über den Gletscher verteilter Zuwachs oder Abtrag, berechnet als Wasseräquivalent. Der Eismenge 1 kg/m² entspricht eine Wassersäule von 1 Millimeter Höhe.

Somme totale des gains et pertes répartie sur la surface du glacier et exprimée par son équivalent en eau. Une masse de glace de 1 kg/m² équivaut à 1 millimètre en hauteur d'eau.

3) Geschätzter Wert für - Valeur estimée pour: a) 1.10.1979, b) 2.10.1980, c) 1.11.1981.

4) Geschätzter Wert für - Valeur estimée pour: a) 14.9.1979, b) 19.9.1980, c) 19.9.1981.

5) Aus den Pegelmessungen auf dem Jungfraufirn interpolierter Wert - Valeur obtenue par interpolation des données collectées au Jungfraufirn.

6) Fläche am 15.9.1977 - Surface du 15.9.1977.

7) Fläche am 12.9.1973 - Surface du 12.9.1973.

Tabelle 10. Hydrologische Bilanz einiger vergletscherter Einzugsgebiete in den Jahren 1978/79 bis 1980/81

Tableau 10. Bilan hydrologique annuel de quelques bassins versants englacés, de 1978/79 à 1980/81

Gebietsflächen und -höhen - Surfaces et altitudes des bassins:

Einzugsgebiet - Bassin versant	a) Aegina	b) Massa	c) Rhone
Gesamtfläche - Surface totale (km ²)	10.4	194.7	5220
Gletscherfläche - Surface englacée (km ²)	6.3	128.2	746.6
mittlere Meereshöhe - Altitude moyenne (m)	2820	2950	2130
Abflussmessstation - Station limnigraphique	Griessee	Blatten/Naters	Porte du Scex
Meereshöhe - Altitude (m)	2337	1446	374
Höchster Punkt - Point culminant	Blinnenhorn	Aletschhorn	Dufourspitze
Meereshöhe - Altitude (m)	3373.8	4195	4634.0

a) Einzugsgebiet der Aegina (Griesgletscher) - Bassin de l'Aegina (glacier de Gries) 1)

Bilanzperiode		Abfluss	Verdunstung	Reserven- änderung	Niederschlag	
Période du bilan		Écoulement	Évaporation	Variation des réserves	Gebietsmittel	Totalisator
vom/du	bis/au	kg/m ² 2)	kg/m ² 3)	kg/m ² 4)	moyennes kg/m ² 5)	totalisateur kg/m ² 6)
26.9.78	25.9.79	1998	200	- 540	1658	1347
25.9.79	29.9.80	1609	200	+ 439	2247	1947
29.9.80	24.9.81	2088	200	- 142	2146	2228
Mittelwert (20 Jahre) - Valeur moyenne (20 ans)						(17 J./17 a.)
1961/62 - 1980/81		1849	200	- 33	2016	1723 (64/81)

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. 9 und 14) - Valeurs dérivées du bilan de masse du glacier (cf. tabl. 9 et 14).

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 Jahresmengen - Précipitations annuelles collectées dans le totalisateur du Col de Corno (Koordinaten/Coordonnées: 672.34/145.80 km/ 2510 m).

Tabelle 10. Fortsetzung - Tableau 10. Continuation

b) Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) - Bassin de la Massa (glaciers d'Aletsch) 1)

Bilanzjahr	Niederschlag	Verdunstung	Abfluss	Reserven- änderung	Gletscher- fläche	Spezifische Massenänderung
Année du bilan	Précipita- tions	Evaporation	Ecoule- ment	Variation des réserves	Surface glaciaire	Bilan de masse spécifique
1.10.-30.9.	N 2) kg/m ²	V 2) kg/m ²	A 2) kg/m ²	R 2) kg/m ²	G 3) km ²	B 4) kg/m ²
1978/79	2243	210	1925	+ 108	128.22	+ 162
1979/80	2936	210	1716	+1010	128.20	+1554
1980/81	3064	210	2014	+ 840	128.14	+1276
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. 11a) - Complète le tableau 10b de l'annuaire précédent (cf. tabl. 11a).

2) Siehe Tabelle 11a, Fussnoten 3 bis 6 - Voir tableau 11a, remarques 3 à 6.

3) Schätzwerte, abgeleitet aus der jährlichen Längenänderung des Grossen Aletschgletschers (s. Tab. 9, 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. 9, remarque 4, et cf. tabl. 21 des 95e/96e rapports glaciologiques).

4) Schätzwerte, berechnet nach der Formel - Valeurs calculées selon la formule: $B = F \cdot R / G$ ($F = 194.7 \text{ km}^2$).

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

Bilanzjahr	Nieder- schlag	Verdun- stung	Abfluss				Reserven- änderung
			gemessen	umgeleitet	gespeichert	berechnet	
Année du bilan	Précipita- tions	Evapora- tion	Ecoulement				Variation d.réserves
1.10.-30.9.	N 2) kg/m ²	V 2) kg/m ²	mesuré A _G 2) kg/m ²	détourné A _A -A _E 2) kg/m ²	retenu S 2) kg/m ²	restitué A 2) kg/m ²	R 2) kg/m ²
1978/79	1323	300	1077	0	- 5	1072	- 49
1979/80	1818	300	1259	- 4	1	1256	+ 262
1980/81	1659	300	1239	- 7	12	1244	+ 115
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. 12 und 13) - Complète le tableau 10c de l'annuaire précédent (cf. tabl. 12 et 13).

2) Siehe Bemerkungen zu Tabelle 12 (vgl. Kap. 6.2 des 97./98. Gletscherberichts) - Voir remarques du tableau 13 (cf. chap. 6.2 des 97e/98e rapports glaciologiques).

Tabelle 11. Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) - Hydrologische Bilanzen 1979/80 und 1980/81
 Tableau 11. Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques, en 1979/80 et 1980/81

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

Jahr Année	Bilanzgrössen Composantes du bilan (kg/m ²)	2)	Monate - Mois												Winter Hiver 10-4	Sommer Eté 5-9	Jahr Année 10-9
			10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1979/80	N Niederschlag	3)	361	327	425	210	252	298	91	145	292	298	149	86	1965	971	2936
	A Abfluss	4)	142	19	12	6	4	5	9	49	221	316	597	335	197	1519	1716
	V Verdunstung	5)	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	122	88	210
	R Reservenänderung	6)	202	290	396	186	231	275	65	78	54	-36	-465	-267	1646	-636	+1010
	U Massenumsatz	7)	520	364	454	234	273	321	117	212	530	632	763	439	2284	2578	4862
1980/81	N Précipitations	3)	352	92	174	385	82	505	77	319	225	332	155	365	1667	1397	3064
	A Ecoulement	4)	90	18	9	5	3	9	47	60	370	448	603	351	182	1832	2014
	V Evaporation	5)	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	122	88	210
	R Variation des réserves	6)	245	56	148	362	62	478	14	241	-162	-134	-465	-4	1363	-523	+840
	U Régime hydrologique	7)	459	128	200	408	102	532	141	397	612	798	775	734	1971	3317	5288

- 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. 10) - Débits enregistrés par le Service hydrologique fédéral à la station limnigraphique de Blatten bei Naters (cf. tabl. 10).
- 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 11. Fortsetzung - Tableau 11. Continuation

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

Haushaltsperiode - Période du bilan	Beginn			Bilanzgrößen - Composantes		Bilanz - Bilan (kg/m ²)	
	Début am/le	Fin am/le	Dauer Tage/jours	Zuwachs Accumulation kg/m ² 2)	Schwund Dissipation kg/m ² 3)	Reservenänderung Variation des ré- serves 4)	Massenumsatz Régime hydro- logique 5)
Zuwachsperiode	12.10.79	15.7.80	278	2592	612	+ 1980	3204
Période d'accumulation	7.10.80	28.5.81	234	1987	319	+ 1668	2306
Mittel/Moyenne 1973/81	30.9.	13.6.	257.9	1885	453	+ 1433	2338
Schwundperiode	16.7.80	6.10.80	83	334	1256	- 922	1590
Période d'ablation	29.5.81	21.9.81	116	835	1743	- 908	2578
Mittel/Moyenne 1973/81	14.6.	29.9.	107.5	609	1541	- 932	2150
Jahreszyklus	12.10.79	6.10.80	361	2926	1868	+ 1058	4794
Cycle annuel	7.10.80	21.9.81	350	2822	2062	+ 760	4884
Mittel/Moyenne 1973/81	30.9.	29.9.	365.4	2494	1994	+ 501	4488

1) Die Bemerkungen zu Tabelle 11a gelten sinngemäss auch für diese Tabelle - Les remarques du tableau 11a (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/m² den niederschlagsärmsten Tagen zugeteilten monatlichen Niederschlagsmengen.

Somme des débits journaliers et de l'évaporation, admise invariable pour les mois et dont les mensualités sont réparties (à raison de 1 kg/m²) sur les jours des moindres précipitations.

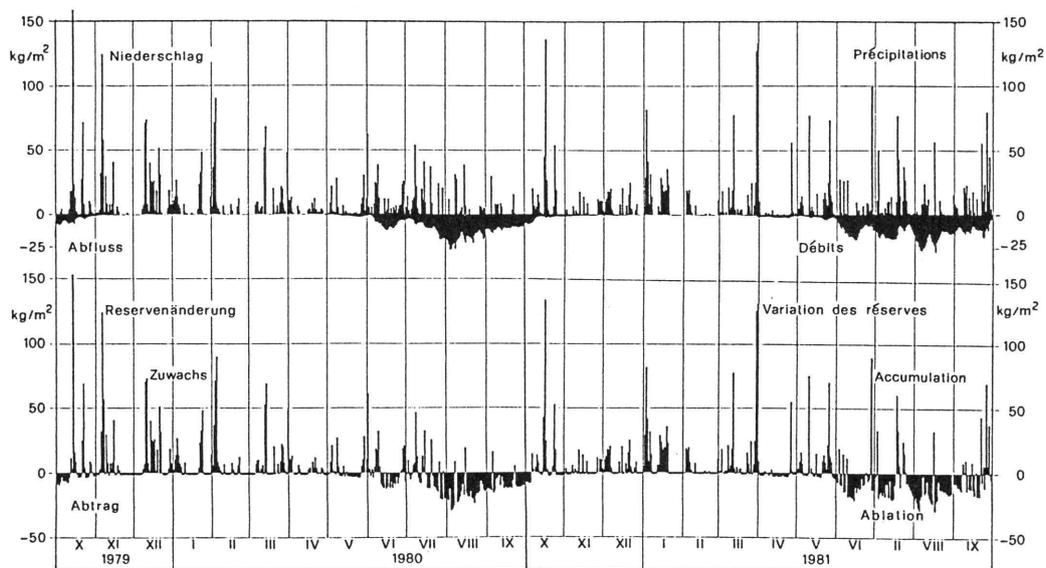
4) Summe der täglichen Reservenänderungen - Somme des variations journalières des réserves en eau.

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

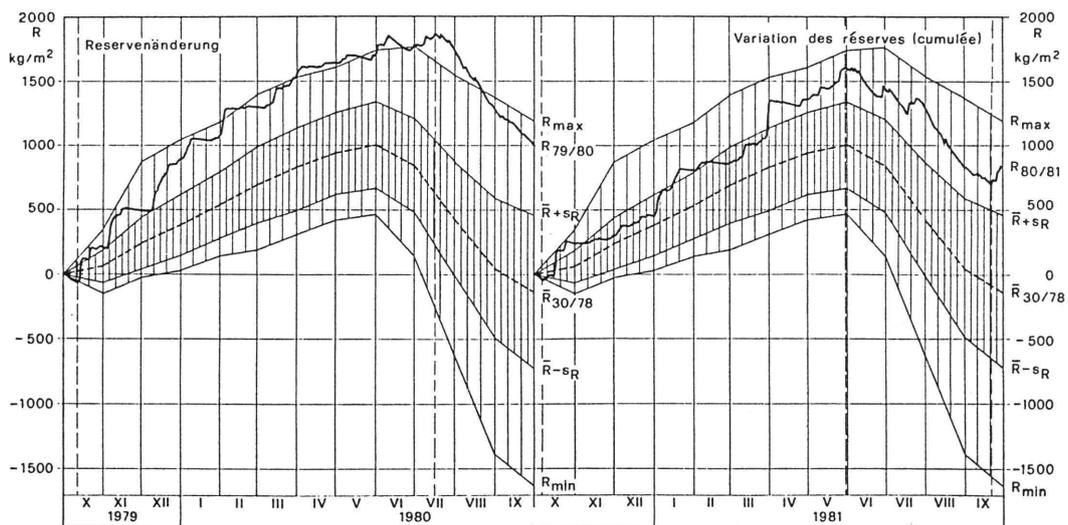
Abbildung 9. Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) - Hydrologische Tagesbilanzen 1979/80 und 1980/81

Figure 9. Bassin versant de la Massa (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques goutidiens, en 1979/80 et 1980/81

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



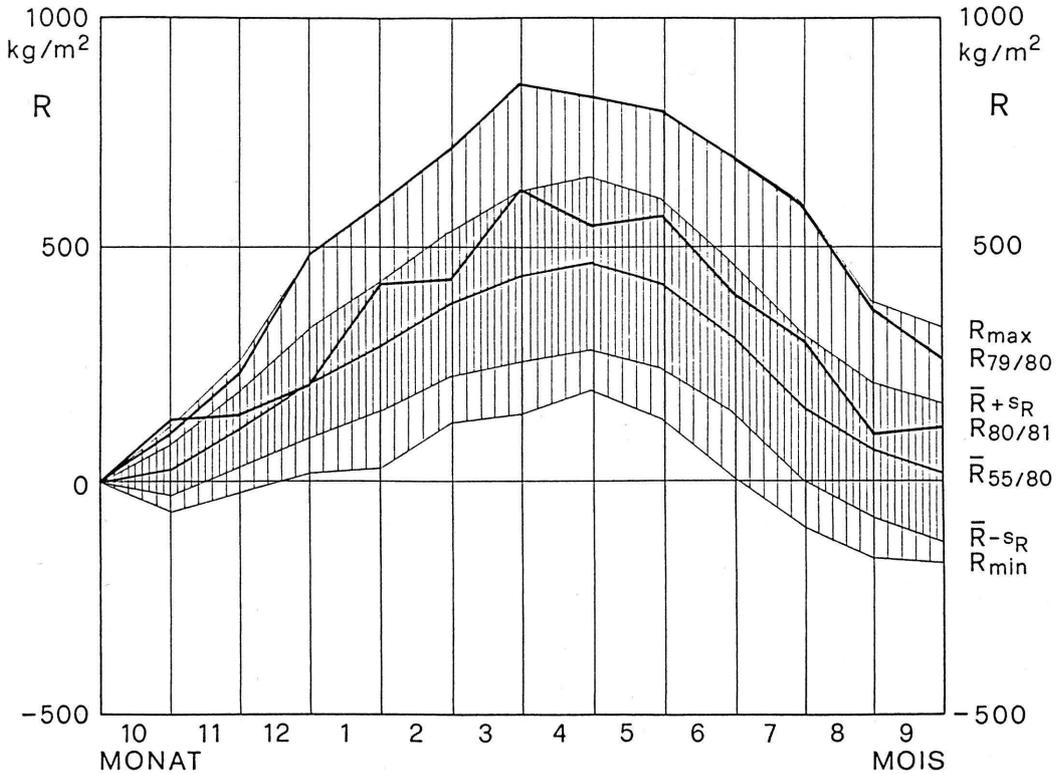
b) Jahrgang der Reservenänderung, mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1930/78
Evolution des réserves en eau, comparée aux valeurs statistiques de la période 1930/78



Tageswerte der Berichtsjahre, summiert vom 1.10. bis 30.9. (vgl. Tab. 11a) - Valeurs quotidiennes des années du rapport, cumulées du 1.10. au 30.9. (cf. tabl. 11a): $R_{79/80}$, $R_{80/81}$
Vergleichswerte 1930/78 (Monatswerte) - Valeurs statistiques 1930/78 (mensuelles): \bar{R} = Mittelwert/moyenne, s_R = Standardabweichung/écart-type, R_{max} , R_{min} = Extremwerte/valeurs extrêmes

Abbildung 10. Einzugsgebiet Rhone-Porte du Scex - Jahresgang der Reservenänderung 1979/80 und 1980/81, mit statistischen Vergleichswerten der Periode 1955/80

Figure 10. Bassin versant du Rhône-Porte du Scex - Evolution des réserves en eau, en 1979/80 et en 1980/81, comparée aux valeurs statistiques de la période 1955/80



Legende - Légende

R = Reservenänderung (summierte Monatswerte) - Variation des réserves en eau (valeurs mensuelles cumulées):

- Werte der Berichtsjahre - Valeurs des années du rapport: $R_{79/80}$, $R_{80/81}$

- Statistische Werte 1955/80 - Valeurs statistiques 1955/80: Mittelwert/moyenne \bar{R} , Standardabweichung/écart-type s_R , Extremwerte/valeurs extrêmes R_{max} , R_{min}

Statistische Zahlen der Summenwerte - Paramètres statistiques des valeurs cumulées

Grösse Zahlenwert am Ende des Monats - Valeur à la fin du mois:

Paramètre	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/m ²	27.4	116.3	213.1	291.0	381.5	441.9	469.8	425.3	309.2	161.1	69.0	20.1
s_R kg/m ²	54.4	81.3	116.9	138.0	155.5	185.3	187.4	183.2	160.2	156.7	143.9	147.9

Normierte Abweichungen 1979/80 und 1980/81 - Déviations standardisées 1979/80 et 1980/81: \bar{R}/ω_R

1979/80	2.0	2.1	3.5*	3.3*	3.2*	3.3*	2.9*	3.0*	3.6*	4.1*	3.1	2.5
1980/81	2.8	0.5	-0.9	1.4	0.5	1.5	0.6	1.7	0.8	1.3	0.3	0.9

*) Höchstwert der Periode 1955/80 - Valeur maximale de la période 1955/80

Tabelle 12. Einzugsgebiet der Rhone (oberhalb Genfersee) - Hydrologische Bilanzen 1979/80 für Monate, Winter, Sommer und hydrologisches Jahr 1)

Bilanzgrössen 2) (in kg/m ²)		Monate												Winter 10-4	Sommer 5-9	hydr. Jahr 10-9
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Gebietsniederschlag N	3)	189	185	299	149	160	189	42	109	159	184	91	62	1213	605	1818
Gebietsverdunstung V	4)	15	6	3	3	6	15	24	48	51	51	45	33	72	228	300
Abfluss:																
- gemessen in Porte du Scex A _G	5)	74	70	67	69	70	71	69	93	172	184	195	124	490	769	1259
- Ueberleitungen A _A -A _E	6)	0	1	1	1	1	1	0	0	-1	-2	-4	-2	5	-9	-4
- Rückhalt in Stauseen S	7)	-3	-20	-25	-36	-34	-40	-25	-1	34	55	81	14	-183	184	1
- rekonstruiert für P.d.Scex A	8)	71	51	43	34	37	32	44	92	205	237	272	136	312	944	1256
Reservenänderung R	9)	103	129	253	112	117	142	-26	-31	-97	-104	-226	-107	829	-567	+262
Normierte Abweichung \bar{R}/ω_R	10)	2.0	0.9	2.6	0.8	0.5	2.0	-1.6	0.5	0.5	1.2	-3.9	-1.6	2.8	-1.1	2.4
Massenumsatz U	11)	275	242	345	186	203	236	110	249	415	472	408	231	1597	1777	3374

1) Ergänzt Tabellen 12 und 13 des vorangehenden Jahrbuchs (vgl. Tab. 10c und Abb. 10).

2) Siehe Tabellen 12, 25 und 26 des 97./98. Gletscherberichts.

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 Aegidental 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: $\bar{R} = R - \bar{R}$ 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 13. Bassin du Rhône (à l'amont du Léman) - Bilans hydrologiques 1980/81 pour mois, hiver, été et année hydrologique 1)

Composantes du bilan 2) (en kg/m ²)	Mois													Hiver 10-4	Eté 5-9	Année hydr. 10-9
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Précipitations N	3)	216	58	93	244	47	261	48	171	108	176	48	190	967	692	1659
Evaporation V	4)	15	6	3	3	6	15	24	48	51	51	45	33	72	228	300
Ecoulement:																
- mesuré à Porte du Scex A _G	5)	81	67	54	52	55	79	112	96	175	165	163	140	500	739	1239
- détourné A _A -A _E	6)	0	1	1	1	1	0	0	0	-1	-2	-5	-3	4	-11	-7
- retenu dans lacs artificiels S	7)	-10	-28	-28	-29	-25	-28	-9	6	52	63	43	5	-157	169	12
- restitué à Porte du Scex A	8)	71	40	27	24	31	51	103	102	226	226	201	142	347	897	1244
Variation des réserves en eau R	9)	130	12	63	217	10	195	-79	21	-169	-101	-198	15	548	-433	115
Déviat. standardisée \tilde{R}/ω_R	10)	2.8	-1.8	-0.6	3.2	-1.4	3.3	-3.1	2.5	-1.3	1.3	-3.1	1.7	0.6	0.1	0.9
Régime hydrologique U	11)	302	104	123	271	84	327	175	321	385	453	294	365	1386	1817	3203

1) Complète les tableaux 12 et 13 de l'annuaire précédent (cf. tabl. 10c et fig. 10).

2) Voir tableaux 12, 25 et 26 des 97e/98e rapports glaciologiques.

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: $A = A_G + (A_A - A_E) + S$

9) Variation des réserves (naturelles) en eau: $R = N - A - V$

10) Déviat. 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 14. Griesgletscher (Aegina) - Massenänderung 1979/80 und 1980/81 in Höhenstufen

Tableau 14. Glacier de Gries (Aegina) - Bilans de masse 1979/80 et 1980/81, en fonction de l'altitude

Messperioden - Années de bilan: 25.9.1979 - 29.9.1980
29.9.1980 - 24.9.1981

Höhenstufe m ü.M. Altitude m s.m.	Fläche Surface km ² 1)	Massenänderung - Bilan de masse			
		1979/80		1980/81	
		gesamt 10 ⁹ kg	spezifisch kg/m ²	total 10 ⁹ kg	spécifique kg/m ²
2380 - 2500	0.181/0.176 2)	- 0.306 3a)	- 1691 3a)	- 0.781 3b)	- 4437 3b)
2500 - 2600	0.608	- 0.197	- 324	- 0.996	- 1638
2600 - 2700	0.984	- 0.064	- 65	- 0.942	- 957
2700 - 2800	0.543	+ 0.202	+ 372	- 0.179	- 330
2800 - 2900	0.726	+ 0.418	+ 576	- 0.208	- 286
2900 - 3000	1.004	+ 1.028	+ 1024	+ 0.062	+ 62
3000 - 3100	1.597	+ 2.380	+ 1490	+ 0.978	+ 612
3100 - 3200	0.547	+ 0.848	+ 1550	+ 0.420	+ 768
3200 - 3300	0.130	+ 0.227	+ 1746	+ 0.163	+ 1254
3300 - 3400	0.010	+ 0.018	+ 1800	+ 0.013	+ 1300
2380 - 3400	6.330/6.325 2)	+ 4.554 3a)	+ 719 3a)	- 1.470 3b)	- 232 3b)

1) Flächen am 15.9.1979 (Ausnahmen s. Fussnote 2) - Surfaces du 15.9.1979 (exceptions v. note 2).

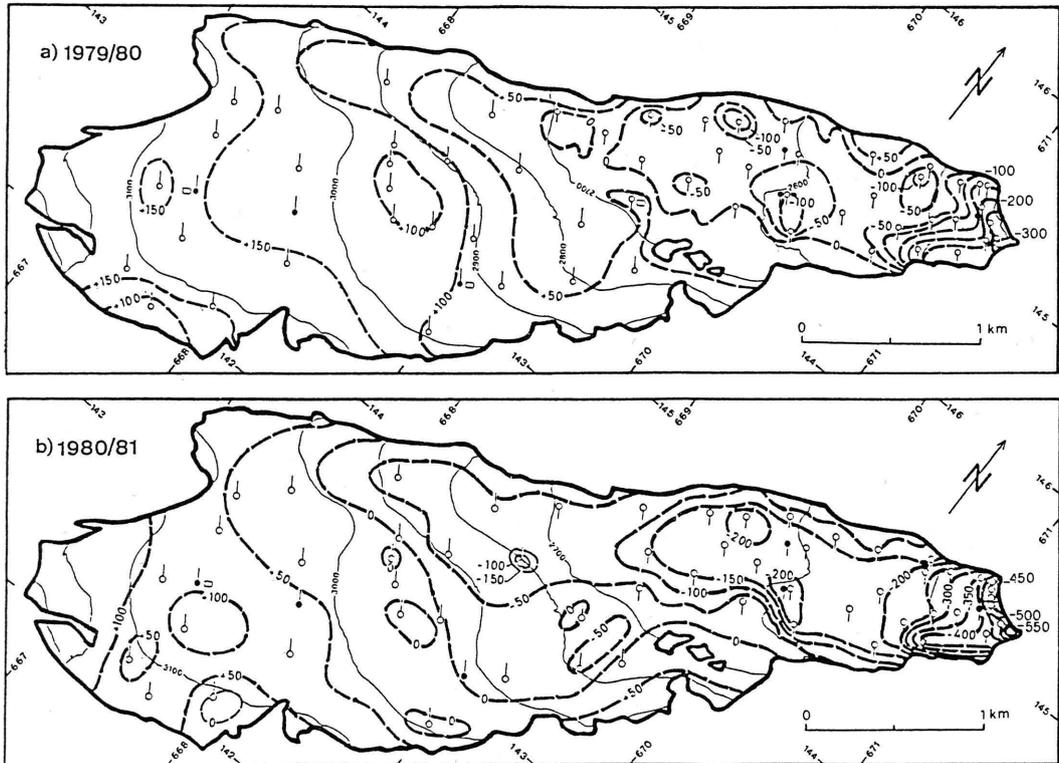
2) Flächen am 29.9.1980/1.11.1981, berechnet aus dem Flächenschwund am Zungenende (Einwirkung des Stausees).

Surfaces des 29.9.1980/1.11.1981, déterminées en tenant compte des pertes de surface dans les parties terminales (dues à l'influence du lac artificiel).

3) Einschliesslich des Eisabtrags 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) 18 700 m³, b) 91 100 m³.

Abbildung 11. Griesgletscher (Aegina) - Massenhaushalt: Zonen gleicher Massenänderung in den Jahren a) 1979/80, b) 1980/81

Figure 11. Glacier de Gries (Aegina) - Bilan de masse: Zones d'égalité du bilan spécifique, a) en 1979/80, b) en 1980/81



Legende zu Abbildungen 11 bis 13

- Höhenlinie
- Linie gleicher Massenänderung (Wasserwert in cm)
- Firnpegel (Nährgebiet)
- ♀ Ablationspegel (Zehrgebiet)
- jedes Jahr in gleicher Ausgangslage aufgestellter Pegel (Boje)
- Schneeschacht (Dichtebestimmung)

Légende des figures 11 à 13

- Courbe de niveau
- Ligne d'égalité du bilan spécifique (hauteur d'eau en cm)
- Balise d'accumulation (névé du glacier)
- ♀ Balise d'ablation (langue du glacier)
- Balise remplacée chaque année au même point de départ
- Puits de sondage (mesures de densité)

Tabelle 15. Limmern- und Plattalvagletscher - Massenänderung 1979/80 und 1980/81 in Höhenstufen

Tableau 15. Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilans de masse 1979/80 et 1980/81, en fonction de l'altitude

Messperioden - Années de bilan: 30.8.1979 - 1.9.1980
1.9.1980 - 1.9.1981

a) Limmern

Höhenstufe m ü.M. Altitude m s.m.	Fläche Surface km ² 1)	Massenänderung - Bilan de masse			
		1979/80		1980/81	
		gesamt 10 ⁹ kg	spezifisch kg/m ²	total 10 ⁹ kg	spécifique kg/m ²
2100 - 2200	0.032	- 0.008	- 250	- 0.032	- 781
2200 - 2300	0.085	+ 0.004	+ 47	- 0.099	- 1165
2300 - 2400	0.101	- 0.027	- 267	- 0.164	- 1624
2400 - 2500	0.177	+ 0.032	+ 181	- 0.131	- 740
2500 - 2600	0.211	+ 0.091	+ 431	- 0.115	- 545
2600 - 2700	0.380	+ 0.251	+ 661	- 0.142	- 374
2700 - 2800	0.623	+ 0.641	+ 1029	+ 0.082	+ 132
2800 - 2900	0.427	+ 0.394	+ 923	+ 0.151	+ 354
2900 - 3000	0.277	+ 0.169	+ 610	+ 0.014	+ 51
3000 - 3100	0.100	+ 0.106	+ 1060	+ 0.041	+ 410
3100 - 3200	0.017	+ 0.021	+ 1235	+ 0.012	+ 706
3200 - 3300	0.034	+ 0.043	+ 1265	+ 0.026	+ 765
3300 - 3400	0.060	+ 0.103	+ 1717	+ 0.070	+ 1167
2100 - 3400	2.524	+ 1.820	+ 721	- 0.280	- 111

1) Flächen am 15.9.1977 - Surfaces du 15.9.1977.

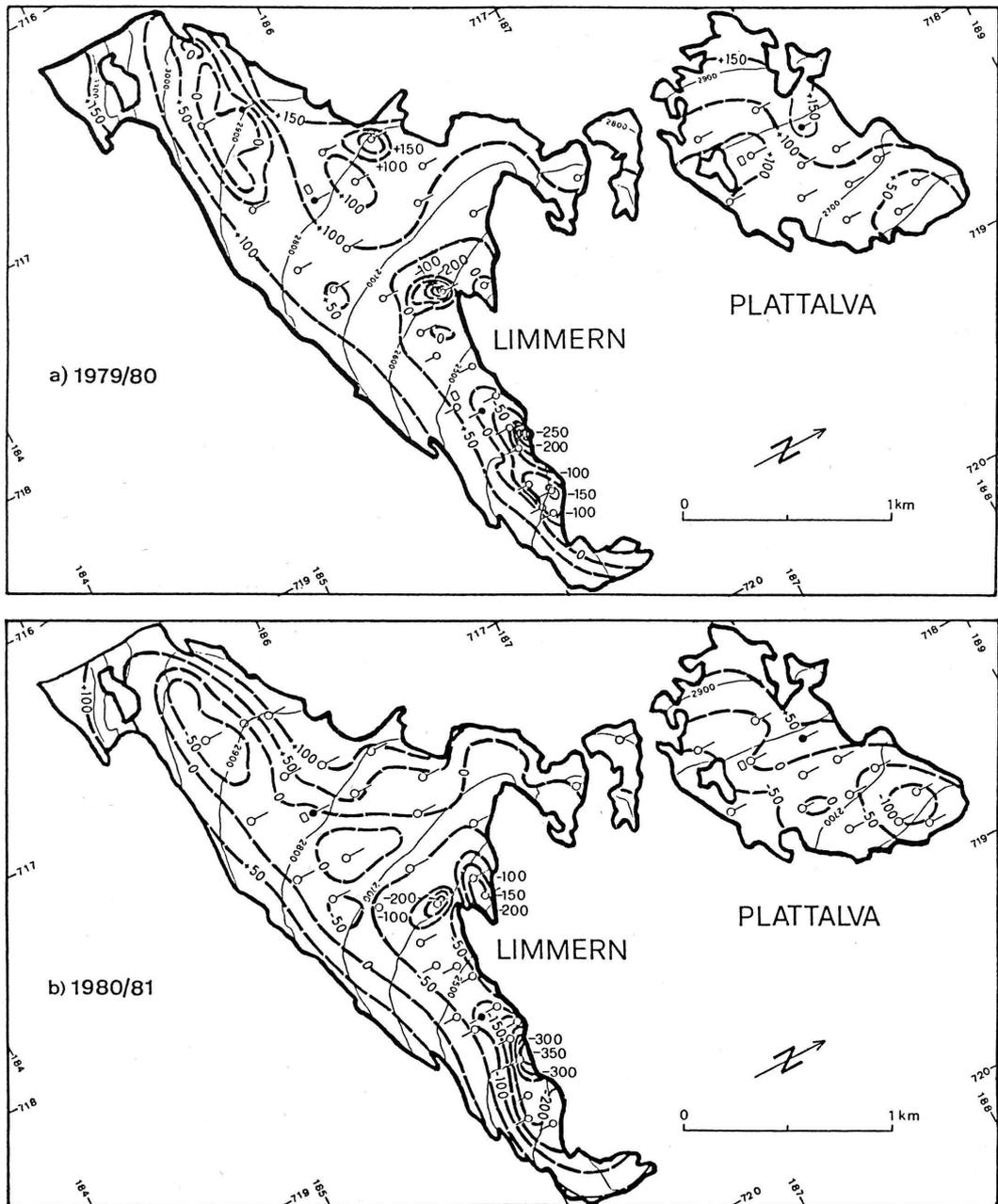
b) Plattalva

Höhenstufe m ü.M. Altitude m s.m.	Fläche Surface km ² 1)	Massenänderung - Bilan de masse			
		1979/80		1980/81	
		gesamt 10 ⁹ kg	spezifisch kg/m ²	total 10 ⁹ kg	spécifique kg/m ²
2500 - 2600	0.048	+ 0.017	+ 354	- 0.039	- 812
2600 - 2700	0.168	+ 0.105	+ 625	- 0.096	- 571
2700 - 2800	0.348	+ 0.349	+ 1003	- 0.098	- 282
2800 - 2900	0.202	+ 0.220	+ 1089	+ 0.018	+ 89
2900 - 3000	0.090	+ 0.145	+ 1611	+ 0.056	+ 622
3000 - 3100	0.004	+ 0.007	+ 1750	+ 0.003	+ 750
2500 - 3100	0.860	+ 0.843	+ 980	- 0.156	- 181

1) Flächen am 15.9.1977 - Surfaces du 15.9.1977.

Abbildung 12. Limmern- und Plattalvagletscher - Massenhaushalt: Zonen gleicher Massenänderung in den Jahren a) 1979/80, b) 1980/81

Figure 12. Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilan de masse: Zones d'égalité du bilan spécifique, a) en 1979/80, b) en 1980/81



Legende s. Seite 121 - Légende v. page 121

Tabelle 16. Silvrettagletscher - Massenänderung 1979/80 und 1980/81 in Höhenstufen

Tableau 16. Glacier de Silvretta - Bilans de masse 1979/80 et 1980/81, en fonction de l'altitude

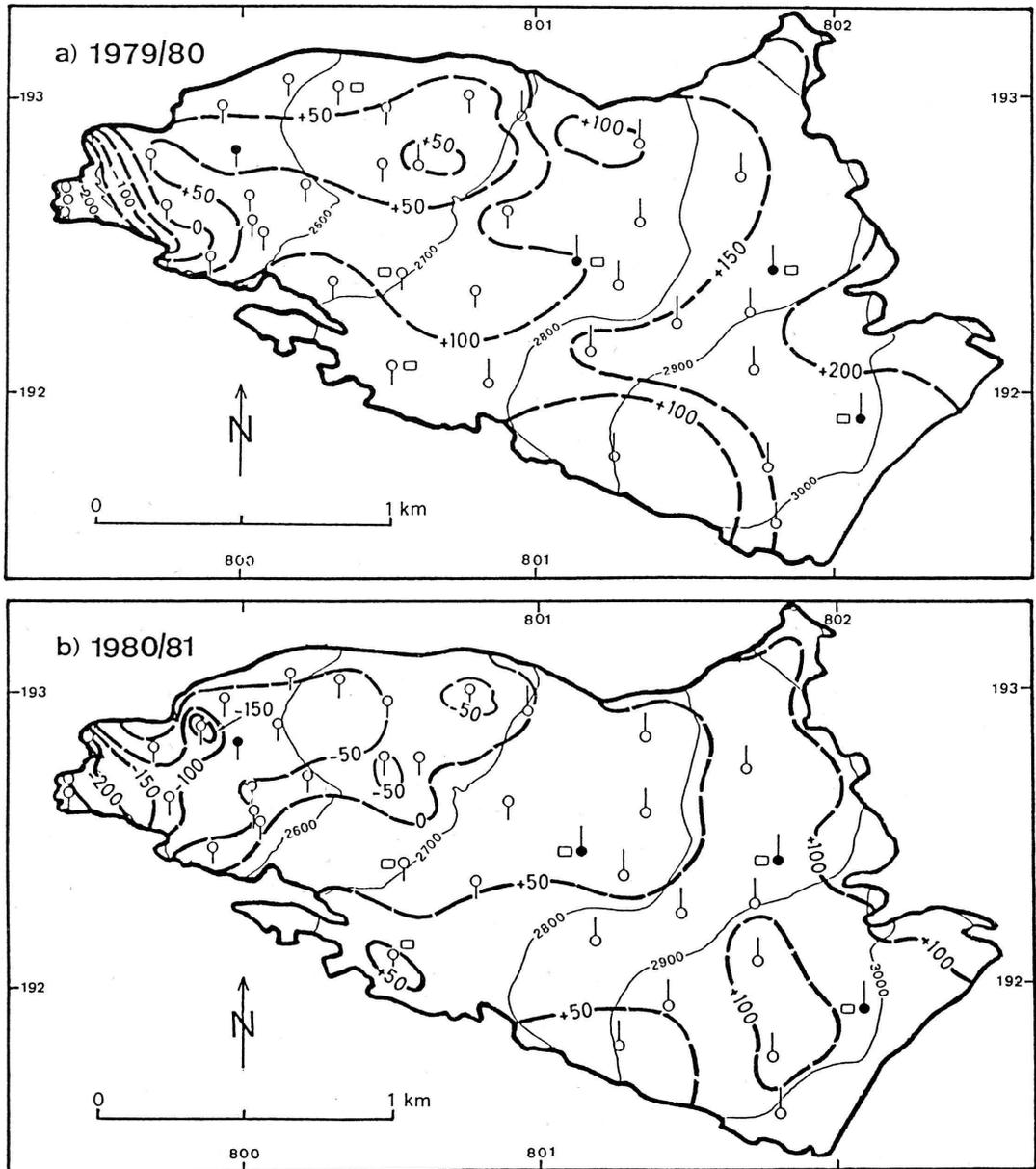
Messperioden - Années de bilan: 13.9.1979 - 14.9.1980
14.9.1980 - 12.9.1981

Höhenstufe m ü.M. Altitude m s.m.	Fläche Surface km ² 1)	Massenänderung - Bilan de masse			
		1979/80		1980/81	
		gesamt 10 ⁹ kg	spezifisch kg/m ²	total 10 ⁹ kg	spécifique kg/m ²
2400 - 2500	0.031	- 0.061	- 1968	- 0.069	- 2226
2500 - 2600	0.385	+ 0.131	+ 340	- 0.260	- 675
2600 - 2700	0.498	+ 0.306	+ 614	- 0.077	- 155
2700 - 2800	0.789	+ 0.858	+ 1087	+ 0.324	+ 411
2800 - 2900	0.628	+ 0.918	+ 1462	+ 0.466	+ 742
2900 - 3000	0.577	+ 0.893	+ 1548	+ 0.497	+ 861
3000 - 3150	0.242	+ 0.463	+ 1913	+ 0.216	+ 893
2400 - 3150	3.150	+ 3.508	+ 1114	+ 1.097	+ 348

1) Flächen am 12.9.1973 - Surfaces du 12.9.1973.

Abbildung 13. Silvrettagletscher - Massenhaushalt: Zonen gleicher Massenänderung in den Jahren a) 1979/80, b) 1980/81

Figure 13. Glacier de Silvretta - Bilan de masse: Zones d'égalité du bilan spécifique, a) en 1979/80, b) en 1980/81



Legende s. Seite 121 - Légende v. page 121

5.4 MESSUNGEN AN DEN AAREGLETSCHERN - MENSURATIONS AUX GLACIERS DE L'AAR

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 17 und 18 zusammengefasst. In der nachstehenden Lageskizze (Abb. 14) sind die luftphotogrammetrisch vermessenen Querprofile und die zugehörigen Passpunkte eingezeichnet. Ausführlichere 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 enthalten. Im Zeitpunkt der Vermessungsflüge 1980 und 1981 waren die Gletscher teilweise mit Neuschnee bedeckt, weshalb nur die tiefergelegenen Profile ausgewertet wurden. Ergänzende Kommentare sind in den Bemerkungen zu Tabelle 8 (s. S. 81-83) und im Text der Kapitel 5.2 und 5.3 (s. S. 106 und 107) zu finden.

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 tableaux 17 et 18. La situation des profils transversaux, contrôlés par levés aérophotogramétriques annuels, est représentée dans le croquis suivant (fig. 14). Le programme de mensurations a été défini dans notre 90e rapport, qui contient une liste des coordonnées des points de repérage et renseigne sur la durée des observations aux divers sites. Lors des vols photogrammétriques, en 1980 et 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 remarques du tableau 8 (v. p. 81-83) et dans le texte des chapitres 5.2 et 5.3 (v. p. 109 et 110).

Abbildung 14. Aaregletscher - Lage der Querprofile

Figure 14. Glaciers de l'Aar - Situation des profils transversaux

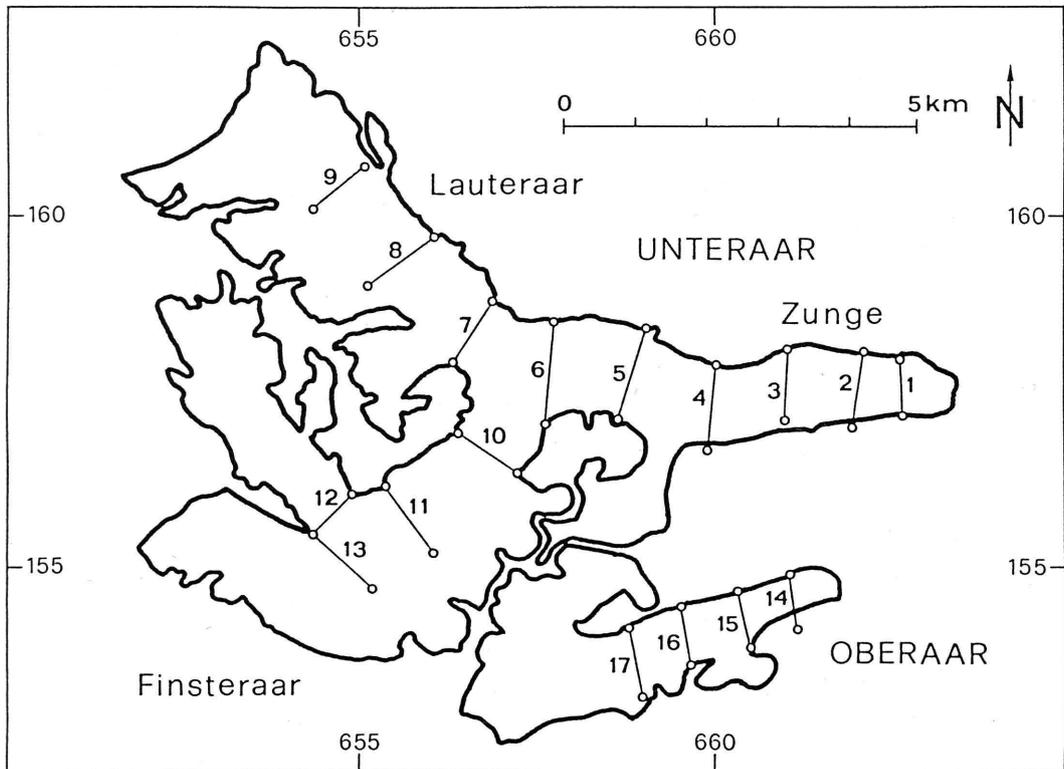


Tabelle 17. Die Aaregletscher im Jahre 1979/80 - Hauptergebnisse 1)

Messperiode: 15.8.79 - 3.9.80

Gletscher	Profil 2)	Höhe d. Gletscheroberfläche			Gletscherbewegung				Abschnitte zwischen Profilen		
		mittlere Höhe		Änderung 1979/80	Verschiebung		Geschwindigkeit		Abschnitt	Flächen- änderung m ²	Volumen- änderung 10 ³ m ³
		1979 m ü.M.	1980 m ü.M.		Mittel m	Maximum m	Mittel m/Jahr	Änderung m/Jahr			
Unteraar											
-Zunge	Z Zungenende 1979										
	1	1976.0	1973.3	- 2.7	1.8	2.7	1.7	0	Z-1	- 4488	- 518
	2 obere Brandlamm	2039.5	2037.4	- 2.1	4.0	5.8	3.8	+ 1.0	1-2		- 1038
	3	2132.8	2131.3	- 1.5	16.1	20.6	15.3	+ 2.1	2-3		- 1680
	4 Pavillon Dollfus	2219.2	2218.6	- 0.6	20.5	25.8	19.5	+ 3.7	3-4		- 966
	5	2290.5	2290.0	- 0.5	26.9	33.1	25.6	+ 5.8	4-5		- 744
	6 Mieselenegg	2363.3	2363.5	+ 0.2	32.3	41.2	30.7	+ 5.9	5-6		- 207
-Lauteraar	7	2430.1	2431.1	+ 1.0	29.2	38.5	27.7	+ 4.0	6-7		+ 572
	8 Wildläger	2514.8	2517.0	+ 2.2	3)				7-8		+ 2323
	9	2644.4	2647.9	+ 3.5	3)				8-9		+ 3572
-Finsteraar	10	2451.3	2452.8	+ 1.5	37.0	46.0	35.2	+ 4.9	6-10		+ 996
	11 Grunerhorn	2562.8	2564.8	+ 2.0	3)				10-11		+ 2553
	12 Strahlegg	2630.6	2632.1	+ 1.5	3)				11-12/13		+ 2654
	13 Finsteraar	2656.4	2658.7	+ 2.3	3)						
										Z-9/12/13	+ 7517
Oberaar											
	Z Zungenende 1979										
	14 mittleres Profil	2364.7	2363.7	- 1.0	10.5	15.4	10.0	+ 2.0	Z-14	- 2536	- 107
	15 oberes Profil	2486.8	2487.2	+ 0.4	15.3	21.7	14.6	4)	14-15		- 130
	16 oberstes Profil	2566.7	2566.6	- 0.1	3)				15-16		+ 90
	17	2677.5	2680.1	+ 2.6	3)				16-17		+ 741
										Z-17	+ 594

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

2) Vergleiche Abbildung 14.

3) Nicht messbar (Gletscher mit Neuschnee bedeckt am Aufnahmedatum 1980).

4) Keine Geschwindigkeitsangabe im Vorjahr - Vitesse de l'année précédente non déterminée.

Tableau 18. Glaciers de l'Aar en 1980/81 - Résultats principaux 1)

Période: 3.9.80 - 8.10.81

Glacier	Profil 2)	Niveau de la surface			Mouvement du glacier				Sections entre les profils		
		altitude moyenne		variation 1980/81	déplacement		vitesse		section de surface m ²	variation du volume 10 ³ m ³	variation m/an
		1980	1981		moyen	maximal	moyenne	variation			
m	s.m.	m	m	m	m	m/an	m/an				
Unteraar											
-Langue	Z front en 1980										
	1	1973.3	1969.5	- 3.8	1.7	3.1	1.5	- 0.2	Z-1	-14640	- 690
	2 obere Brandlamm	2037.4	2035.2	- 2.2	3.9	5.9	3.6	- 0.2	1-2		- 1287
	3	2131.3	2129.7	- 1.6	18.1	22.3	16.5	+ 1.2	2-3		- 1766
	4 Pavillon Dollfus	2218.6	2217.0	- 1.6	22.7	27.4	20.7	+ 1.2	3-4		- 1467
	5	2290.0	2288.8	- 1.2	28.6	36.8	26.1	+ 0.5	4-5		- 1890
	6 Mieselenegg	2363.5	2362.5	- 1.0	3)				5-6		- 1518
									6-7		- 809
-Lauteraar	7	2431.1	2430.4	- 0.7	3)				7-8		- 290
	8 Wildläger	2517.0	2517.3	+ 0.3	3)				8-9		+ 314
	9	2647.9	2648.1	+ 0.2	3)						
									6-10		- 761
-Finsteraar	10	2452.8	2452.5	- 0.3	3)				10-11		- 1093
	11 Grunerhorn	2564.8	2563.6	- 1.2	3)				11-12/13		- 1325
	12 Strahlegg	2632.1	2630.9	- 1.2	3)						
	13 Finsteraar	2658.7	2658.4	- 0.3	3)						
									Z-9/12/13		-12582
Oberaar											
	Z front en 1980										
	14 profil moyen	2363.7	2362.5	- 1.2	3)				Z-14	- 8088	- 236
	15 profil supérieur	2487.2	2487.7	+ 0.5	3)				14-15		- 152
	16 profil suprême	2566.6	2566.7	+ 0.1	3)				15-16		+ 179
	17	2680.1	2679.9	- 0.2	3)				16-17		- 30
									Z-17		- 239

129

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

2) Confère figure 14.

3) Non mesurable (glacier recouvert de neige fraîche à la date du levé en 1981).

5.5 DER FIRNZUWACHS IN EINIGEN FIRNGEBIETEN

5.51 Einleitung

Jährliche Berichte über Niederschlags-, Schnee- und Firnakkumulationsmessungen, die seit 1913 im Claridengebiet, seit 1914 im Silvrettagebiet, seit 1915 im Parsenengebiet und seit 1918 im Aletschgebiet durchgeführt werden, sind durch verschiedene, im nachstehenden Verzeichnis genannte Institutionen und Privatpersonen verfasst und herausgegeben worden (vgl. Kap. 5.51 des vorangehenden Jahrbuchs). Das vorliegende Kapitel 5.5 mit den Berichten für die Jahre 1979/80 und 1980/81 stellt in gekürztem Umfang die 67. und 68. Folge dieser Firnberichte dar. Die einzelnen in den nachstehenden Teilkapiteln verarbeiteten Beiträge verdanken wir folgenden Mitarbeitern und Institutionen:

- A.Lemans, G.Gensler, SMA Zürich
- G.Kappenberger, SMA Osservatorio ticinese Locarno-Monti
- Hüttenwart B.Marti, Linthal
- EISLF Davos-Weissfluhjoch (E.Beck)
- Hochalpine Forschungsstation Jungfrauojoch (O.Wegmüller)
- VAW (Gruppe Gletscherbeobachtung der Abteilung für Glaziologie)

Verzeichnis der publizierten Firnberichte und ihrer Verfasser

- a) "Bericht der Gletscher-Kommission der Physikalischen Gesellschaft Zürich". - Jahrbuch "Ski", 9.-15. Jg., 1914-1920.
- b) "Der Firnzuwachs pro 19../.. in einigen schweizerischen Firngebieten". Bericht der Gletscherkommission der Physikalischen Gesellschaft Zürich. - Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich (NGZ), 67.-71. Jg., 1922-1926.
- c) (Dito). Bericht der Zür(i)cher Gletscherkommission. - Vierteljahrsschrift der NGZ, 72.-91. Jg., 1927-1946.
- d) (Dito). 34.-58.Bericht. Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt Zürich. - Vierteljahrsschrift der NGZ, 92.-116. Jg., 1947-1971.
- e) (Dito). 59.-64.Bericht. - Vierteljahrsschrift der NGZ, 118.-123. Jg., 1973-1978.
- f) "Der Firnzuwachs in einigen Firngebieten" (65.-68.Bericht). - 99.-102.Gletscherbericht, Glaziolog. Jahrbuch, Kap. 5.5, (1986, 1988).

Verfasser:	F.Rudgers	Berichte Nr.	1 (1913/14) - 3 (1915/16)
	R.Billwiller		4 (1916/17) - 33 (1945/46)
	W.Kuhn		34 (1946/47) - 49 (1961/62)
	A.Lemans		50 (1962/63) - 64 (1976/77)
	M.Aellen		(65)(1977/78) -(68)(1980/81)

5.52 Clariden

Das gegenwärtige Messprogramm der jährlichen, seit 1913 laufenden Erhebungen über den Firnzuwachs und den Niederschlag im Claridengebiet ist im vorangehenden Jahrbuch 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 19 und 20 enthaltenen Ergebnisse verdanken.

Beobachtungen 1980

Die Frühjahrsbegehung erfolgte relativ spät am 8.Juni. Der Hüttenpegel zeigte eine Schneehöhe von immer noch 370 Zentimetern an. Auf dem Gletscher, wo weder der untere noch der obere Pegel sichtbar waren, wurde an beiden Messstellen je ein Übergangspiegel gesetzt. Zum Sondieren waren die Verhältnisse ungünstig, da kein eindeutiger Sommerhorizont aufgespürt werden konnte, z.T. wohl auch aus dem Grund, dass das Schmelzwasser schon tief vorgedrungen war und die Firnschichten des Vorjahrs erreicht hatte. Dies konnte im Schneeschacht festgestellt werden. Hier wurde der Sommerhorizont an einer bräunlichen Schicht eindeutig ermittelt. Es wurde eine Schneehöhe von 600 Zentimetern bestimmt, mit einem Wasserwert von 285 Zentimetern. Die oberflächlichen Schichten waren bereits gut verfestigt.

Im Herbst waren die beiden ursprünglichen Bojen knapp sichtbar. An beiden Standorten erfolgte eine Grabung bis zum Ockerhorizont. Die Werte der Tabelle 19 zeigen, dass mächtige Restfirnschichten den Sommer überdauert haben.

Beobachtungen 1981

Die Frühlingsbegehung erfolgte Mitte Mai. Der Hüttenpegel zeigte eine Schneehöhe von 355 Zentimetern an. Der untere Firnpegel (2700 m) war nicht aufzufinden. In der Grabung beim oberen Firnpegel (2900 m) wurde der Ockerhorizont in einer Tiefe von 489 Zentimetern gefunden. Das ermittelte durchschnittliche Raumgewicht von 0,421 Gramm pro Kubikzentimeter ergab einen Wasserwert von 206 Zentimetern. Die Perkolation hatte erst die obersten anderthalb Meter erfasst, wobei der erste Halbmeter aus noch nicht gut gesetztem Schnee bestand.

Die Begehung im Herbst erfolgte kurz nach einem Schneefall, der die sommerliche Schmelzperiode beendet und eine etwa einen halben Meter hohe Schneedecke hinterlassen hatte. Diese ist in den Werten der Tabelle 20 mitberücksichtigt ausser bei den in Klammern beigefügten Zahlen. Am oberen Standort (2900 m) ergab sich eine gute Übereinstimmung zwischen den im Schacht und den am Pegel bestimmten Werten der Schneehöhe. Im Gegensatz dazu zeigte sich am unteren Standort (2700 m), wo der abgebrochene Pegel zum Vorschein gekommen war, eine Differenz von 63 Zentimetern auf der "falschen" Seite, indem die Messung am Pegel eine Schneehöhe von 312 Zentimetern, die Schneehöhe im Schacht eine solche von 249 Zentimetern ergab. Zeigt der Pegel einen kleineren Wert an als der Schacht, ist dies auf Setzung der Unterlage oder auf weiteres Abschmelzen im Herbst mit entsprechendem Absinken des Ockerhorizonts zurückzuführen. Eine gegensätzliche, im vorliegenden Fall beobachtete Differenz kann (ausser durch Einsinken der Stange) nur zustande kommen, wenn der Pegel von Passanten herausgezogen und nicht mehr gleich tief wieder eingestossen wird. Dies dürfte im Herbst 1980 vorgekommen sein, so dass die 9 Meter lange Aluminiumstange schliesslich nur noch 2 Meter tief im Firn steckte. Damit stand sie sehr ungünstig für Belastungen auf Biegung, welche offensichtlich den Bruch bewirkten.

Tabelle 19. Claridenfirn - Hauptergebnisse 1979/80

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

Messperiode		Messstelle		Schnee- oder Firnzuwachs			Dicken- änderung m	Horizontal- bewegung m
vom	bis	Pegel	Höhe m ü.M.	Höhe m	Wasserwert cm	Raumgewicht g/cm ³		
Winterschneedecke								
17.9.79	8.6.80	unterer	2700	1)				
16.9.79	8.6.80	oberer	2900	600	285	0.475		
Firnzuwachs								
17.9.79	23.9.80	unterer	2700	315	179	0.568	2)	3.6
16.9.79	22.9.80	oberer	2900	459	270	0.588	- 0.3	14.5

1) Keine Messung (Pegel verschwunden) - Non mesurée (balise disparue).

2) Visuren nicht messbar (Nebel) - Visées non mesurables (brouillard).

b) Saison- und Jahresniederschlag in Totalisatoren und an Niederschlagsmessstationen

Station	Höhe m ü.M.	Niederschlag der Messperioden			Niederschlag im hydrolog. Jahr		
		Winter cm 1)	Sommer cm 1)	Jahr cm 1)	Summe cm 2)	Abweichung vom Normalwert cm 3) Prozent	
Totalisatoren							
Claridenhütte	2480	144	60	204	197	+ 15 (-5)	+ 8 (- 2)
Geissbützistock	2710	179	59	238	230	- 89	- 28
Stationen mit täglicher Niederschlagsmessung							
Tierfehd	820	151	56	207	198	+ 29	+ 17
Elm	962	129	52	181	173	+ 19	+ 12
Disentis	1173	89	35	124	116	- 9	- 7
Braunwald	1190	182	72	254	246	+ 59	+ 32
Urnerboden	1350	160	73	233	225	+ 64	+ 40

1) Messperioden: 16.9.79 - 7.6.80 (Winter), 7.6. - 23.9.80 (Sommer), 16.9.79 - 23.9.80 (Jahr), 1.10.79 - 30.9.80 (hydrologisches Jahr).

2) Für die Totalisatoren ist der gemessene Jahresniederschlag nach den Ergebnissen der täglichen Beobachtungen an den Vergleichsstationen reduziert auf das hydrologische Jahr.

3) Der Normalwert entspricht dem Mittelwert folgender Perioden (gem. Annalen der SMA 1980):

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

Tableau 20. Glacier de Clariden - Résultats principaux de l'exercice 1980/81

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

Période de mesure		Site de mesure		Accumulation nette			Variation	Déplacement
du	au	balise	altitude	hauteur de neige	équivalent en eau	densité	d'épaisseur	horizontal
			m s.m.	cm l)	cm l)	g/cm ³ . l)	m	m
Accumulation hivernale								
23.9.80	15.5.81	infér.	2700	l)				
23.9.80	15.5.81	supér.	2900	489 (434)	206 (190)	.42 (.43)		
Accumulation annuelle								
23.9.80	30.9.81	infér.	2700	249 (191)	117 (106)	.47 (.56)	+ 2.2	4.0
23.9.80	30.9.81	supér.	2900	334 (266)	158 (142)	.47 (.53)	+ 2.1	17.0

1) Werte in Klammer: Neuschnee nicht eingerechnet - Valeurs en parenthèses: neige fraîche excluse.

2) Keine Messung (Pegel verschwunden) - Non mesurée (balise disparue).

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

Station	Altitude	Précipitations des périodes de mesure			Précipitations de l'année hydrologique		
		hiver	été	année	somme	déviaton de la norme	pour-cent
	m s.m.	cm l)	cm l)	cm l)	cm 2)	cm 3)	
Totalisateurs							
Cabane de Clariden	2480	112	107	219	219	+ 37 (+17)	+ 20 (+8)
Geissbüztistock	2710	150	109	259	259	- 60	- 19
Stations pluviométriques (observations quotidiennes)							
Tierfehd	810	112	110	222	220	+ 51	+ 30
Elm	962	89	88	177	176	+ 22	+ 14
Disentis	1180	72	68	140	124	0	0
Braunwald	1190	131	101	232	232	+ 45	+ 24
Urnerboden	1350	98	122	220	220	+ 60	+ 37

1) Périodes de mesure: 23.9.80 - 16.5.81 (hiver), 16.5. - 1.10.81 (été), 23.9.80 - 1.10.81 (année), 1.10.80 - 30.9.81 (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 1981):

1901/60 stations pluviométriques
 1941/70 totalisateur Geissbüztistock: 319 cm
 1961/70 totalisateur Cabane de Clariden: 202 cm
 1971/80 " " " " : 182 cm.

5.53 Silvretta und Engadin

Im Silvrettagebiet sind die üblichen, in Kapitel 5.53 des vorangehenden Jahrbuchs beschriebenen Beobachtungen in den Berichtsjahren wie bisher durch das EISLF weitergeführt worden. Die Angaben für Tabelle 21 verdanken wir E.Beck (EISLF). Die Messungen am Pegelnetz der VAW (vgl. Kap. 6.3 des 95./96.Gletscherberichts), durch H.Siegen-thaler (VAW) im gewohnten Umfang weitergeführt, sind z.T. in den vorangehenden Kapiteln verarbeitet (s. Tab. 9 und 16 sowie Abb. 13).

Die Ergebnisse seiner vorwiegend telemetrischen Beobachtungen im Berninagebiet (vgl. Kap. 5.53 des vorangehenden Jahrbuchs) kommentiert G.Gensler (SMA) in den nachstehenden Berichten.

Beobachtungen 1980

Zu Beginn des Sommers 1980 lag die Grenze der Winterschneedecke ungewöhnlich tief: bei 2300 Metern an Nordhängen und 2600-2700 Metern an Südhängen am 28.Juni, je nach Lage rund 50 bis 150 Meter höher am 8.Juli. Ende August lag sie auf nordexponierten Gletscherhängen des Morteratschgebiets bei 2600 Metern. Der Stand der grössten Ausaperung ist nicht erfasst, da die Beobachtung am 10.Oktober nach den ersten ergiebigen Schneefällen (ab 8.10.) erfolgte. Bilder aus anderen Teilen der Schweizer Alpen lassen Ende September eine unterdurchschnittliche Ausaperung erkennen, insbesondere auf den Gletschern in West-, Nord- und Ostlagen. Ausnahmsweise konnte der Diavolezzagletscher noch anfangs September so gut befahren werden, dass alle drei Skilifte (2850-3010 m ü.M.) in Betrieb waren (mit Rekordfrequenzen!). Am 6.Oktober waren unvergletscherte Gebiete unbedeutend mehr, vergletscherte etwas weniger ausgeapert als am 27.September 1978. Der Stand der Ausaperung am Ende des Sommers 1980 ist somit weitgehend vergleichbar mit jenem am Ende des Sommers 1978. In der Reihe der 45 Beobachtungsjahre gehört das Berichtsjahr zu den Jahren mit den grössten Restflächen der Winterschneedecke am Ende der Schmelzperiode. Die absolute Höhe des Firngrates am Mittelgipfel des Palü nahm vom Juli 1979 bis März 1980 um etwa 1 Meter, bis im Januar 1981 um weiter rund 4 Meter zu. Für den Firnzuwachs über mehrere Jahre sind am Abbruch der Palükuppe (3850 m) Beträge zwischen 11¼-12 Metern seit 1977 und 27-28 Metern seit 1969, bei den Refugi Chamuotchs am Persgletscher (3300 m) solche zwischen 6 Metern seit 1978 und 11 Metern seit 1977 ermittelt worden.

Beobachtungen 1981

Nach einem sehr schneearmen Winter aperten die bewohnten Talgebiete des Engadins und die Pässe ungewohnt früh aus (z.B. Flugplatz Samaden am 31.3., Berninapass am 15.4). In der Folge stellte sich bis zum Hochsommer jedoch ein Rückstand in der Ausaperung ein, bedingt durch den Wärmemangel im Juni und Juli: vom 17.Juni bis 28.Juli ergab sich für die positive Gradtagssumme ein Wert von nur 43° über Payerne, 38° über München und 74° über Mailand! Die Winterschneedecke reichte Mitte Juli an Nordhängen bis 2500 m ü.M. (in einzelnen Flecken gegen 2100 m ü.M.), an West- oder Osthängen bis 2600 m ü.M. herunter. Starke Schneefälle um den 20.Juli brachten einen grossen Zuwachs und bewirkten eine Verzögerung des Ausaperns um etwa 3 Wochen. Mitte September ergab sich ein Stand geringerer Ausaperung als in 31 Sommern, aber stärkerer Ausaperung als im Sommer des Vorjahrs und in 4 weiteren Sommern (1951, 1960, 1977, 1978) der vorangehenden 46 Jahre. Die Mehrjahreswerte des Firnzuwachses, ermittelt an den Schichtstrukturen, die in Firnabbrüchen zum Vorschein kommen, sind nachstehend verzeichnet.

Tabelle 21. Silvrettagletscher - Winterschneedecke und jährlicher Firnzuwachs 1979/80 und 1980/81

Tableau 21. Glacier de Silvretta - Accumulations nettes hivernale et annuelle en 1979/80 et 1980/81

Messperiode Période de mesure		Messstelle Site de mesure	Höhe Altitude	Schneehöhe Hauteur de neige	Wasserwert Equivalent en eau	Raumgewicht Densité
vom/du	bis/au		mÜM./msm.	cm	cm	g/cm ³
Winterschneedecke - Accumulation nette hivernale						
1) 79	6.5.80	Vorfeld	2460	370 2)	157	0.424
20.9.79	6.5.80	Firnpegel	2750	444	180	0.405
1) 80	10.6.81	Vorfeld	2460	221 2)	118	0.534
30.9.80	10.6.81	Firnpegel	2750	311	158	0.507
Jährlicher Firnzuwachs - Accumulation nette annuelle						
20.9.79	30.9.80	Firnpegel	2750	192	104	0.543
30.9.80	26.9.81	Firnpegel	2750	108 (68) 3)	44 (36) 3)	0.411 (.530)

1) Datum des Einschneiens ungewiss (vgl. Tab. 3 und 4: Klosters, Weissfluhjoch) - Date de l'en-neigement incertaine (cf. tabl. 3 et 4: Klosters, Weissfluhjoch).

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

3) Werte in Klammer: Neuschnee nicht eingerechnet - Valeurs en parenthèses: neige fraîche excluse.

Tabelle 22. Berninagebiet - Höhenänderung der Firnoberfläche und jährlicher Firnzuwachs 1979/80 und 1980/81

Tableau 22. Massif de la Bernina - Variation du niveau de la surface glaciaire et accumulation nette annuelle, en 1979/80 et 1980/81

Messdatum Date de mesure		Höhenänderung der Firnoberfläche 1) Variation du niveau de la surface glaciaire		Firnzuwachs 2) Accumulation nette
Jahr/année	Datum/date	Piz Misaun (3090 m) m	Piz Rosatsch (3100 m) m	Piz Palü (3850 m) m
1979/80	23.9.	0	0	0
	1.1.	2.2	1.9	2 3/4
	30.3.	3.7	2.6	5 1/4
	26.6.	3.8	2.8	5 1/2
	7.10. 3)	0.6 3)	0.3 3)	3 1/2 3)
	10.10.	1.4	0.8	4 1/2
1980/81	7.10.	0	0	0
	3.1.	1.7	1.5	2 3/4
	28.8.	0.2	0.3	2 3/4
	11.9.	-0.1	0.3	2 3/4

1) Änderung 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).

3) Interpolierte Werte (ohne Neuschneezuwachs vom 8.-10.10.) - Valeurs interpolées (couche de neige fraîche accumulée du 8 au 10 octobre excluse).

Berninagebiet - Mehrjahreswerte des Firnzuwachses

	Firnzuwachs (in m) seit Herbst									
	1980	1979	1978	1977	1975	1974	1972	1968	1965	
Refugi Chamuotschs (3300 m)	3.5	7	10	12.5						
Piz Morteratsch (3450 m)		2.75		6		10	13			
Palükuppe (3850 m)		4.5		12.5	18	20	23.5	26.5	29-30	

5.54 Jungfraufirn (Grosser Aletschgletscher)

Auf dem Jungfraufirn des Grossen Aletschgletschers hat die Abteilung für Glazialogie der VAW, unterstützt durch das Personal der Hochalpinen Forschungsstation Jungfrauoch mit monatlichen Fernrohrablesungen, das Messprogramm am Pegelnetz unter der Leitung des Verfassers im Rahmen der Vorjahre weitergeführt (vgl. Kap. 5.54 des vorangehenden Jahrbuchs). Ein Teil der Ergebnisse ist zusammengefasst in Tabelle 23 für das erste, in Tabelle 24 für das zweite Berichtsjahr. In beiden Jahren hat das Aletschgebiet der Zone mit sehr grossen Jahresniederschlagsmengen angehört (vgl. Abb. 3a und 4a). Die berechneten täglichen Bilanzen des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet der Massa (s. Abb. 9) geben Einblick in den zeitlichen Ablauf der Rücklagenbildung. In der Reihe der 59 Jahresbilanzen, beginnend mit 1922/23, ergibt sich für das Haushaltsjahr 1979/80 der zweithöchste, für 1980/81 der vierthöchste Wert des Massenzuwachses. In den knapp 40 Jahre umfassenden Beobachtungsreihen, die von den drei in Tabelle 23 bzw. 24 berücksichtigten Firnpegeln vorliegen, sind - je nach Messstelle - ebenfalls nur 3 bis 6 Jahre zu finden, die einen grösseren Zuwachs gebracht haben als 1979/80. Auch die Werte für 1980/81 liegen deutlich über dem langjährigen Durchschnitt. Dabei ist zu beachten, dass an der obersten Messstelle (P5), in deren nahen Umgebung sich im Sommer 1980 grosse Eislawinen abgelagert hatten, ein (zu grosser) Firnzuwachs gemessen wurde, der rund 2 Meter mehr beträgt als in der weiteren, durch die Lawinen ungestörten Umgebung. Infolge überdurchschnittlichen Dickenwachstums und beschleunigter Bewegung des Gletschers hat sich die Firnoberfläche am Ausgang des Sphinxstollens in den letzten Jahren so stark angehoben, dass der Felsstollen (wie in früheren Zeiten) durch einen Eisstollen verlängert werden musste.

Tabelle 23. Jungfraufirn - Winterschneedecke, jährlicher Firnzuwachs, Dickenänderung und Bewegung im Jahre 1979/80

Messperiode		Messstelle		Schnee- oder Firnzuwachs			Dicken-	Horizontal-
vom	bis	Pegel	Höhe m ü.M.	Höhe cm	Wasserwert cm	Raumgewicht g/cm ³	änderung m	bewegung m
Winterschneedecke								
			1a)	2)				
20.9.79	14.5.80	P 9	2929.3	4.95				
19.9.79	14.5.80	P 3	3349.7	5.85				
19.9.79	13.5.80	P 5	3504.4	6.55				
Firnzuwachs								
							3)	
20.9.79	24.9.80	P 9	2921.8	2.30	138	0.602	+ 1.5	120.5
19.9.79	17.9.80	P 3	3348.1	6.05	328	0.542	+ 1.3	36.5
19.9.79	18.9.80	P 5	3504.5	6.55	336	0.513	+ 1.4	29.6

1) Oberflächenkote zu Beginn (1a) und am Schluss (1b) der Messperiode, d.h. am Anfangs- und am Endpunkt der Verschiebungsbahn des Pegels.

2) Am Pegel gemessene Werte. Grösste Schneehöhe (gemäss Fernrohrablesungen HFS) am 22.7.80: P 3: 735 cm, P 5: 835 cm.

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.

Tableau 24. Jungfraufirn - Accumulations nettes hivernale et annuelle, variation de l'épaisseur et mouvement du glacier en 1980/81

Période de mesure		Site de mesure		Accumulation nette			Variation	Déplacement
du	au	balise	alti- tude m s.m.	hauteur de neige cm	équivalent en eau cm	Densité g/cm ³	d'épaisseur m	horizontal m
Accumulation hivernale								
			1a)	2)				
24.9.80	9.6.81	P 9	2931.1	3.25				
17.9.80	9.6.81	P 3	3351.0	4.10				
18.9.80	9.6.81	P 5	3505.7	6.70				
Accumulation annuelle								
							3)	
24.9.80	21.9.81	P 9	2922.0	0.70	42 4)		+ 0.2	122.9
17.9.80	20.9.81	P 3	3347.8	4.00	207	0.518	- 0.4	37.0
18.9.80	20.9.81	P 5	3505.1	7.00 5)	362 5)	0.517	+ 0.5	33.6

1) Cotes d'altitude déterminées au début (1a) et à la fin (1b) de l'exercice, soit aux points de départ et d'arrivée du chemin parcouru par la balise.

2) Valeurs mesurées sur les balises. Valeurs maximales observées (par lectures télémétriques) le 5.7.81: P 3: 485 cm, P 5: 690 cm.

3) Variation de l'altitude aux points de départ des balises P 3 et P 5, valeur moyenne de 13 observations faites (le 9.10.81) sur le profil transversal passant par le point de départ de la balise P 9.

4) Valeur estimée en admettant une densité de 0.6 g/cm³.

5) Accumulation excessive (d'env. 2 m) sous l'influence de dépôts d'avalanches de glace (entourant la balise de 3 côtés) - Uebermässiger Zuwachs (um ca. 2 m zu gross), beeinflusst durch Ablagerungen von Eislawinen (auf 3 Seiten des Pegels).

5.55 Accumulation nivale sur quelques glaciers Aperçu du chapitre 5.5

Chapitre 5.51: Introduction (p. 130)

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 précédent. Les rapports sur les exercices de 1979/80 et 1980/81 (présentés dans ce volume) correspondent aux rapports nos. 67 et 68 de l'ancienne série. Nous remercions les personnes et institutions, qui sont nommées à la page 130, de leur collaboration fidèle et de leurs contributions annuelles.

Chapitre 5.52: Clariden (p. 131-133, tabl. 19 et 20)

Les observations dans la région du glacier de Clariden (cf. chap. 5.52 de l'annuaire précédent) ont été poursuivies, en 1980 et en 1981, par G.Kappenberger, qui a rédigé les rapports et les tableaux y relatifs.

Chapitre 5.53: Silvretta et Engadine (p. 134-135, tabl. 21 et 22)

Les observations faites dans les environs du glacier de Silvretta par le personnel de l'IFENA ont porté, en 1980 et 1981 comme ces dernières années, sur 1 balise (située dans la zone d'accumulation du glacier) et 3 totalisateurs (situés à l'aval du glacier). Les données nivologiques collectées par E.Beck sont résumées dans le tableau 21. Les données que les VAW ont collectées sur leur réseau de balises (cf. chap. 6.3 des 95e/96e rapports glaciologiques) sont présentées, en partie, dans les chapitres précédents (cf. chap. 5.2 et 5.3, tabl. 9 et 6, fig. 13).

Les résultats des observations télémétriques que G.Gensler a effectuées, en 1980 et 1981, dans le massif de la Bernina, sont résumés dans le tableau 22 et commentés dans les rapports rédigés par lui-même.

Chapitre 5.54: Jungfraufirn - Glacier d'Aletsch (p. 136, tabl. 23 et 24)

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 23 et 24.

6. S U M M A R I E S

INTRODUCTION

An annual survey of the actual state and recent variation of the glaciers in the Swiss Alps is the central task of the "Gletscherkommission (GK) der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG)" (Glacier Commission of the Swiss Academy of Natural Sciences). "The glaciers of the Swiss Alps 1979/80 and 1980/81" are reports 101 and 102 in a series founded by F.A.Forel in 1880. The index of this series is given on page 4 of the cover. Since 1964, the GK/SNG has been indebted to the "Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH)" (Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology annexed to the Federal Institute of Technology) in Zürich for collecting the annual observation data and for the preparation of the annual reports; these reports are published with financial support from the SNG.

To determine any changes in length, a network of 120 glaciers has been selected. Appropriate measurements are carried out at 79 glaciers by the cantonal forestry services, at 4 by hydroelectric power companies, at 22 by scientific institutions and at 15 by individual collaborators. Determining changes in mass of 5 glaciers is part of a long-term programme of the VAW. The aerial photogrammetrical survey is made by the "Bundesamt für Landestopographie (L+T)" (Swiss Federal Topographical Survey) and the "Eidgenössische Vermessungsdirektion (V+D)" (Swiss Federal Office of Cadastral Surveying). The description of the climatic conditions are based upon data from the "Schweizerische Meteorologische Anstalt (SMA)" (Swiss Meteorological Institute) in Zürich, the "Landeshydrologie des Bundesamtes für Umweltschutz" (Hydrological Service of the Swiss Federal Office for Environmental Protection) in Berne, the "Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (EISLF)" (Swiss Federal Institute for the Study of Snow and Avalanches) in Davos-Weissfluhjoch and the VAW in Zürich.

The bilingual French-German reports in hand utilise, as far as possible, texts, tables, graphs and photographs which have been published in a summarized form in the magazine of the Swiss Alpine Club, viz. "Die Alpen". These summaries appear, as a rule, one year after the actual observations have been made. The structure and contents of chapters 1 to 5 were standardised in reports 95 and 96 and completed by an additional chapter (5.5) in reports 99 and 100. This form will be maintained until further notice. A chapter containing additional information (chapter 6 of the previous volumes) is omitted in reports 101 and 102 (in hand).

Chapter 1: Climate and Weather

In the balance year 1979/80, the mass of the glaciers in Switzerland increased again at a similar rate as in the years 1976/77 and 1977/78, which in most regions were years of excessive mass gain. As it is shown in figures 1 and 9, these gains were largely due to heavy precipitations and unusually cold periods in spring and early summer, leading to an extremely late beginning of the melting season. After a period of warm and dry weather with intensive melting in August, the field work for the annual survey could be done under fair conditions on most glaciers.

In the balance year 1980/81 total precipitation was again excessive in most parts of the Alps (cf. fig. 4a), even in the southern regions, where winter snow-cover had been extremely low, while it had been extremely high in some of the northern regions. Accordingly, at the end of a rather warm ablation period (cf. fig. 2) producing higher than average melting rates, considerable mass losses in the southern Alps were in contrast to mass gains in the northern Alps. Heavy snow-falls in September brought an early end to the melting season and, for several parties, were a hindrance in doing the field work for the annual survey on their glaciers.

Chapter 2: Glacier Chronicle

The periodical "Ice" of the International Glaciological Society reports, from time to time, about glaciological activities and about particular glaciological events in the Swiss Alps. A list of the flights made over glaciers for aerial photogrammetrical survey in the years 1980 and 1981 is given in table 5.

Chapter 3: Position Changes of Glacier Termini

The annual surveys on glacier front positions (tables 6 to 8 and figures 6 to 8) gave the following results:

Year of exercise	Number of glaciers			sample size	mean variation in length	
	advancing	stationary	retreating		meters	number of values
1979/80	73	9	27	109	+ 3.3	84
1980/81	52	5	42	99	+ 0.7	78

Figure 8 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 1980/81.

Chapter 4: Photographic Section

The titles of the pictures, taken from the magazine "Die Alpen", can be found in the table of contents (page 143).

Chapter 5: Mass Balance

The specific changes in mass have been determined for 5 glaciers (tables 9, 14 to 16 and figures 11 to 13). In the last 3 years, the following rates, expressed in kg/m² or millimeters water equivalent, were observed:

Balance year	Specific mass balances of the glaciers				
	Gries	Aletsch	Limmern	Plattalva	Silvretta
1978/79	- 885	+ 162	- 36	- 159	- 56
1979/80	+ 719	+1534	+ 721	+ 980	+1114
1980/81	- 232	+1276	- 111	- 181	+ 348

The balance years are defined in table 9, which also includes the glaciated surface areas and the equilibrium line altitudes. Hydrological balances for the catchment areas of the rivers Aegina/Stausee Gries, Massa/Blatten bei Naters and Rhone/Porte du Scex are given in tables 10 to 13 and in figures 9 and 10. Information about surface area and volume changes for both, the upper and the lower Aaregletscher can be found in tables 17 and 18. 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 (page 130). The history of these reports and of each series of records is shortly lined out in chapter 5.5 of the previous volume, where also the running programs of the annual surveys are described in more details.

TABLE OF CONTENTS

chapter	page
Table of contents (German, French)	9, 12
1 CLIMATE AND WEATHER	15, 23
1.1 INTRODUCTION	15, 23
1.2 THE YEAR 1979/80	18, 25
1.3 THE YEAR 1980/81	20, 27
Tables 1 and 2. Degree-days of months April to October	
a) absolute values, b) relative values (in % of mean 1959/81)	
Tab. 1: in 1980	30
Tab. 2: in 1981	31
Figures 1 and 2. Meteorological conditions	
Fig. 1: in 1979/80	32
Fig. 2: in 1980/81	34
Figures 3 and 4. Regional deviations from normal climate, shown for	
a) annual precipitation, b) mean summer air temperature	
Fig. 3: in a) 1979/80, b) 1980	36
Fig. 4: in a) 1980/81, b) 1981	37
1.4 DATA ON WINTER SNOW-COVER	38
Remarks concerning the observation network	38
Figure 5. The observation network (referred to in tables 3 and 4)	39
Table 3. Snow-cover in winter 1979/80	40
Table 4. Snow-cover in winter 1980/81	41
2 CHRONICLE	42, 49
2.1 GLACIOLOGICAL ACTIVITIES AND SPECIAL EVENTS IN 1979/80	42, 49
2.2 GLACIOLOGICAL ACTIVITIES AND SPECIAL EVENTS IN 1980/81	46, 53
Table 5. Aerial survey of glaciers in 1980 and 1981	58
3 VARIATION OF GLACIER TERMINI	62, 64
3.1 INTRODUCTION	62, 64
3.2 RESULTS OF THE 101st EXERCISE (1979/80)	62, 64
3.3 RESULTS OF THE 102nd EXERCISE (1980/81)	63, 65
Tables 6 and 7. Variation of glacier termini - Statistics regarding	
a) river basins, b) mountain regions of Switzerland	
Tab. 6: for the year 1979/80	66
Tab. 7: for the year 1980/81	67
Figures 6 and 7. The glaciers of the Swiss Alps - Observation network	
a) observed glaciers, b) variation of glacier termini	
Fig. 6: in 1980	68
Fig. 7: in 1981	69
Figure 8. Variation of glacier termini in the Swiss Alps - Main	
results of exercises 1879/80 to 1980/81	70
a) annual samples	
b) Percentage of advancing and of retreating glaciers	
c) mean annual length variation	

Table 8.	Variation of glacier termini in 1979/80 and 1980/81 (with notes on particular glaciers: see p. 75-96)	71
4	P H O T O G R A P H I C A L I L L U S T R A T I O N S	97, 99
4.1	ILLUSTRATIONS OF THE 101st REPORT - PLATES I-IV	97, 99
	Figure captions of plates I-IV, photographs 151-163	99
	phot. 151-159: Findelen glacier	97, 99
	phot. 160-163: Lower Grindelwald glacier	98, 100
4.2	ILLUSTRATIONS OF THE 102nd REPORT - PLATES V-VIII	101, 103
	Figure captions of plates V-VIII, photographs 116-124	101, 103
	phot. 116 and 121-124: Measuring ice-depth of glaciers by radio-echo sounding	101, 103
	phot. 117-120: Fee glacier	102, 104
5	M A S S B A L A N C E S	105, 108
5.1	INTRODUCTION	105, 108
5.2	RESULTS OF BALANCE YEAR 1979/80	106, 109
5.3	RESULTS OF BALANCE YEAR 1980/81	107, 110
	Table 9. Annual mass balances from 1978/79 to 1980/81	111
	Table 10. Annual hydrological balances of glaciated river basins, from 1978/79 to 1980/81	
	a) Aegina (with Gries glacier)	112
	b) Massa (with Aletsch glaciers)	113
	c) Rhone (above Lake of Geneva)	113
	Table 11. Massa river basin (Aletsch glaciers) - Hydrological balances 1979/80 and 1980/81 for	
	a) calendar periods: months, seasons, hydrological year	114
	b) climatic periods: accumulation and ablation periods, annual cycle	115
	Figure 9. Massa river basin (Aletsch glaciers) - Daily hydrological balance and variation of water storage 1979/80 and 1980/81	
	a) specific values of precipitation, run-off and water storage	116
	b) water storage cumulated over hydrological years, with statistical values of period 1930/78	116
	Figure 10. Rhone river basin (above Lake of Geneva) - Monthly variation of water storage in hydrological years 1979/80 and 1980/81, with statistical values of period 1955/80	117
	Tables 12 and 13. Rhone river basin (above Lake of Geneva) - Monthly, seasonal and annual hydrological balances	
	Tab. 12: in 1979/80	118
	Tab. 13: in 1980/81	119
	Table 14 and figure 11. Gries glacier (Aegina) - annual mass balances 1979/80 and 1980/81	
	Tab. 14: Mass balance versus altitude	120
	Fig. 11: Zones of equal specific mass change in a) 1979/80, b) 1980/81	121

	Table 15 and figure 12. Limmern and Plattalva glaciers - annual mass balances 1979/80 and 1980/81	
	Tab. 15: Mass balances versus altitude for a) Limmern, b) Plattalva	122
	Fig. 12: Zones of equal specific mass change in a) 1979/80, b) 1980/81	123
	Table 16 and figure 13. Silvretta glacier - annual balances 1979/80 and 1980/81	
	Tab. 16: Mass balance versus altitude	124
	Fig. 13: Zones of equal specific mass change in a) 1979/80, b) 1980/81	125
5.4	SURVEYS ON OBERAAR AND UNTERAAR GLACIERS	126
	Introduction	126
	Figure 14. Oberaar and Unteraar glaciers - Location of the profiles	127
	Table 17. Oberaar and Unteraar glaciers - Results of survey 1980	128
	Table 18. Oberaar and Unteraar glaciers - Results of survey 1981	129
5.5	SNOW AND FIRN ACCUMULATION ON SOME GLACIERS	130
5.51	Introduction	130
5.52	Clariden glacier	131
	Tables 19 and 20. Clariden glacier - Results of 1980 and 1981 surveys	
	a) Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizontal movement	
	b) seasonal and annual precipitation totalized in rain gauges and observed at pluviometric stations	
	Tab. 19: in 1979/80	132
	Tab. 20: in 1980/81	133
5.53	Silvretta glacier and Engadine region	134
	Table 21. Silvretta glacier - Winter snow-cover and annual net accumulation in 1979/80 and 1980/81	135
	Table 22. Glaciers of Bernina group - Thickness changes and net accumulation in 1979/80 and 1980/81	135
5.54	Jungfraufirn (Aletsch glacier)	136
	Tables 23 and 24. Jungfraufirn - Winter snow-cover, annual net accumulation, change of thickness and horizontal movement	
	Tab. 23: in 1979/80	137
	Tab. 24: in 1980/81	137
5.55	Summary of chapter 5.5 in French	138
6	S U M M A R Y in English	139

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, créés 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 - 107	1983/84 - 1985/86

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

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

Zeitschrift - Périodique:	Bericht - Rapport Nr. 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 1-63, Bern 1925-1987	45 - 107 *)
*) publiziert ohne Tabellen - publiés sans les tableaux:	71 - 75
publiziert in gekürzter Fassung - publiés en extrait:	85 - 107

Als Sonderdrucke sind erhältlich - 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 - 101/102