DIE GLETSCHER DER SCHWEIZER ALPEN 1975/76 und 1976/77

97. und 98. Bericht

LES VARIATIONS DES GLACIERS SUISSES 1975/76 et 1976/77

97e et 98e 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'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich/ EPFZ

1983

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
1975/76 und 1976/77

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
1975/76 et 1976/77

PETER KASSER*, MARKUS AELLEN*,** und HANS SIEGENTHALER**

*) Gletscherkommission der SNG / Commission des glaciers de la SHSN

**) Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich / Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques de l'EPF à Zurich

97. und 98. Bericht
GLAZIOLOGISCHES JAHRBUCH DER GLETSCHERKOMMISSION DER SNG

97e et 98e rapports
ANNUAIRE GLACIOLOGIQUE DE LA COMMISSION DES GLACIERS DE LA SHSN

1983

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

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

Summary with Table of Contents in English see pages 202 to 208

Publikation der Gletscherkommission
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG)
c/o Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (VAW/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
de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich (VAW/EPFZ)
Gloriastrasse 37/39, ETH-Zentrum, CH-8092 Zurich.

Druck von Stämpfli & Co. AG, Bern 1983

Imprimé par Stämpfli & Cie. SA, Berne 1983

©Gletscherkommission der SNG
Commission des glaciers de la SHSN

Notiz

Die im Jahre 1893 gegründete Gletscherkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG) verfolgt die gleichen Ziele wie das "Gletscherkollegium", das durch den Schweizerischen Alpenklub (SAC) und die SNG gemeinsam im Jahre 1869 geschaffen und im Jahre 1893 aufgelöst worden ist.

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) a été constituée en 1893. Elle poursuit les mêmes buts que le "Collège glaciaire", commission fondée par le Club alpin suisse (CAS) et la SHSN, en 1869, et dissoute lors de la création de la commission actuelle.

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:
*Hans Röthlisberger, Zürich, Präsident / président	1965
Claude Jaccard, Davos, Vizepräsident / vice-président	1965
*Markus Aellen, Zürich, Sekretär und Delegierter für die Gletscherbeobachtungen / secrétaire et délégué aux contrôles glaciaires	1981
**Peter Kasser, Herrliberg, Alt-Präsident / ancien président	1948
Albert Bezinge, Sion	1977
André Flotron, Meiringen	1972
Hans Oeschger, Bern	1967
Bruno Salm, Davos	1981

Arbeitsgruppe für Gletscherbeobachtungen / groupe de travail pour l'observation des glaciers

**Vorsitzender / préposé
*Mitglied / membre

Seit dem Jahre 1964 verdankt die Gletscherkommission der SNG die Sammlung der jährlichen Beobachtungsergebnisse und die Bearbeitung des Jahresberichts der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich (ETHZ).

Depuis 1964, la Commission des glaciers de la SHSN est redevable de la collection des résultats des contrôles annuels et de la rédaction du rapport annuel aux Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich (EPFZ).

V O R W O R T

Die Berichte Nr. 1 bis 83 sind in französischer Sprache, die Berichte Nr. 84 bis 94 in zwei parallelen Reihen, französisch und deutsch, herausgegeben worden. Das vorliegende glaziologische Jahrbuch für die 97. und 98. Berichtsperiode enthält wie das vorangehende Jahrbuch beide Sprachen in einem Heft. Tabellen und Abbildungen für Einzeljahre sind für das erste Jahr deutsch, für das zweite Jahr französisch beschriftet. Andere Tabellen und Abbildungen sind zweisprachig. Die Bemerkungen zu den Längenänderungen der einzelnen Gletscher (Tab. 8) sind in der Regel nur in der Originalsprache der Beobachter, d.h. deutsch, französisch oder italienisch aufgenommen. Die umfangreichen Zahlentabellen mit Klima- und Abflussdaten sind in den glaziologischen Jahrbüchern weggelassen, weil diese Informationen in den im Kapitel 1.1 zitierten Jahrbüchern der zuständigen Institutionen zu finden sind. Beibehalten sind die Tabellen mit den Summen der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur (Tab. 1 und 2), einige Daten über die Winterschneedecke (Tab. 3 und 4, Abb. 5) sowie die graphischen Darstellungen zur Beschreibung der klimatischen Verhältnisse (Abb. 1 bis 4). Auf das "Verzeichnis von Publikationen" wird weiterhin verzichtet. Diese Angaben sind zum grössten Teil in der "Bibliographia scientiae naturalis Helvetica" der Eidgenössischen Landesbibliothek enthalten. Ein Teil der Texte, Tabellen und Abbildungen ist aus der Zeitschrift des Schweizerischen Alpenklubs (SAC) "Die Alpen", 1. und 4. Quartal 1978 (54. Jg.) übernommen worden.

Die Quellen zur Beschreibung von "Klima und Witterung" der Berichtsjahre (Kap. 1) sind in der zugehörigen Einleitung (Kap. 1.1) genannt.

Die Vermessungsflüge werden durch das Bundesamt für Landestopographie (L+T) und die Eidgenössische Vermessungsdirektion (V+D) durchgeführt (Tab. 5). An den Vermessungen und photogrammetrischen Auswertungen sind auch das Geodätische Institut der ETH Zürich und verschiedene Vermessungsbüros beteiligt (Kap. 2).

Die Institutionen und freien Mitarbeiter, welche jährlich die Gletscherenden einmessen (Kap. 3), sind nachstehend genannt mit den in Klammern beigefügten Nummern der beobachteten Gletscher (Tab. 8):

- Kantonale Forstdienste

  Bern (52 bis 56, 59 bis 65, 109)
  Graubünden (82 bis 89, 92 bis 98, 100, 102)
  Sankt Gallen (81, 91)
  Uri (66 bis 74)
  Wallis (7, 13, 14, 18 bis 33, 39 bis 42, 105)
  Glarus (77, 79, 80)
  Obwalden (75, 76)
  Tessin (103, 104, 117 bis 120)
  Waadt (44 bis 49)

- Kraftwerke Oberhasli (50, 51)
- Kraftwerke Mauvoisin (37, 38)
- Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch-Davos (115)
- Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (3 bis 6, 8 bis 12, 17, 78, 90, 106 bis 108, 110, 114).
- Individuelle Mitarbeiter:

  Jean-Louis Blanc, Les Peseux, NE (34 bis 36)

Viktor Boss, Grindelwald, mit Hans Boss, Zweilütschinen (57, 58)

Aldo Godenzi, Chur (99, 101)

Erwin Hodel, Adelboden (111)

Pierre Mercier, Lausanne (1, 2, 15, 43)

Rudolf Zimmermann, Zermatt (16)

Die Bildseiten und die Legenden in Kapitel 4 sind unverändert aus den oben erwähnten Quartalsheften des SAC übernommen.

Die Untersuchungen über den Massenhaushalt (Kap. 5) gehören zum wissenschaftlichen Langfristprogramm der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Sachbearbeiter für das Gebiet der Aletschgletscher ist Markus Aellen, für die Gletscher Gries, Limmern, Plattalva und Silvretta Hans Siegenthaler.

Die Tabellen und graphischen Darstellungen der Kapitel 1 bis 3 und 5 sind im vorliegenden Bericht weitergeführt worden mit den folgenden Ergänzungen (und neuer Numerierung):

- Kapitel 1.4. Daten über die Winterschneedecke: Aufnahme der 9 zusätzlichen Messstationen Arosa, Ftan, Gütsch, Montana, Mürren, Saas Almagell, Samedan, Santa Maria und Säntis (Seiten 42 bis 45)
- Abbildung 8: Lageänderung der Gletscherenden in den Schweizer Alpen 1890/91-1976/77 (S. 76)
- Tabelle 11 und Abbildung 9: Erweiterung der Angaben über die hydrologischen Bilanzen der Massa (Aletschgletscher) (Seiten 117 bis 120)
- Tabellen 12, 13 und Abbildung 10: Monatswerte der hydrologischen Bilanzen der Rhone von Porte du Scex (Seiten 121 bis 123)
- Abbildung 17: Aaregletscher - Lage der Querprofile (Seite 133).

Der Anhang (Kap. 6), dessen allgemeine Zielsetzungen im Vorwort des 95. und 96. Berichts formuliert sind, enthält im vorliegenden Jahrbuch folgende Beiträge:

- Kapitel 6.1: Infolge verschiedener Veränderungen an der meteorologischen Beobachtungsstation sind die in den früheren Gletscherberichten publizierten Werte der Lufttemperatur auf dem Säntis untereinander nicht vergleichbar. Max Schüepp hat die Monatsmittel der Lufttemperaturen für die Jahre 1864 bis 1980 (Tabelle 19) neu bearbeitet und kommentiert. Adolf Lemans hat die Monatssummen der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur von 1901 bis 1977 bereinigt (Tabelle 20).
- Kapitel 6.2 ist eine Pilotstudie von Peter Kasser, die am Beispiel des Einzugsgebietes der Rhone von Porte du Scex zeigt, wie die monatlichen "natürlichen" Aenderungen der Wasserreserven berechnet und zur Charakteristik der hydroklimatischen Bedingungen der Berichtsjahre benützt werden können.
- In Kapitel 6.3 fasst Hans Siegenthaler die Ergebnisse der langjährigen Messungen auf den Gletschern Limmern und Plattalva zusammen zum Vergleich mit den Gletscherständen 1947 und 1977, die auf der Kartenbeilage in der 3. Umschlagseite dargestellt sind.

P R E F A C E

Les rapports nos. 1 à 83 ont été publiés uniquement en langue française, les nos. 84 à 94 en deux éditions, française et allemande. Comme le volume précédent, le présent annuaire glaciologique, qui concerne les années du 97e et du 98e rapport, réunit les deux langues et les deux années dans un volume bilingue. Les tableaux et les figures, qui se rapportent séparément à l'une et à l'autre des deux années, sont commentés en allemand pour le premier, en français pour le deuxième exercice. D'autres tableaux ou figures sont bilingues. Les notes explicatives concernant la variation de longueur d'un glacier particulier (tabl. 8) ne sont données, en règle générale, que dans la langue de l'observateur, soit en allemand, en français ou en italien. On a renoncé à publier les tableaux volumineux contenant les données climatologiques et hydrologiques, car ces informations sont faciles à trouver dans les annuaires des institutions compétentes (voir références du chapitre 1.1). On a gardé pourtant les tableaux contenant les sommes des moyennes journalières positives de la température de l'air (tabl. 1), les informations sur la couverture neigeuse (tabl. 3 et 4, fig. 5) ainsi que les représentations graphiques illustrant les conditions climatiques (fig. 1 à 4). L'index des publications glaciologiques, donné dans les anciens rapports, n'a pas de suite dans les annuaires, puisque pour la plupart les oeuvres sont citées dans la "Bibliographia scientiae naturalis Helvetica", éditée par la Bibliothèque nationale suisse. Une partie des textes, des tableaux et des illustrations du présent rapport a été publiée dans la revue trimestrielle du Club alpin suisse (CAS) "Les Alpes", 1er et 4e trimestre 1978 (54e année).

Les sources, sur lesquelles se fonde la description des conditions climatiques des années du rapport (chap. 1), sont citées dans l'introduction (chap. 1.1).

Les vols photogrammétriques ont été effectués par l'Office fédéral de la topographie (S+T) ou par la Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M; tabl. 5). L'Institut géodésique de l'EPF Zurich ainsi que divers bureaux de géomètres officiels ont participé aux mensurations ou aux restitutions photogrammétriques (chap. 2).

Les institutions et les collaborateurs privés, qui ont effectué les mesures annuelles sur les fronts glaciaires (chap. 3), sont cités ci-après avec les numéros respectifs des glaciers observés (voir tabl. 8), indiqués entre paranthèses:

- Services forestiers des cantons de
  - Berne (52 à 56, 59 à 65, 109)
  - Grisons (82 à 89, 92 à 98, 100, 102)
  - Saint Gall (81, 91)
  - Uri (66 à 74)
  - Valais (7, 13, 14, 18 à 33, 39 à 42, 105)
  - Glaris (77, 79, 80)
  - Obwald (75, 76)
  - Tessin (103, 104, 117 à 120)
  - Vaud (44 à 49)
- Forces motrices de l'Oberhasli (50, 51)
- Forces motrices de Mauvoisin (37, 38)
- Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches, Weissfluhjoch-Davos (115)
- Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques de l'EPF Zurich (3 à 6, 8 à 12, 17, 78, 90, 106 à 108, 110, 114)

- Collaborateurs individuels

  Jean-Louis Blanc, Les Peseux (34 à 36)

  Viktor Boss, Grindelwald, et Hans Boss, Zweilütschinen (57, 58)

  Aldo Godenzi, Chur (99, 101)

  Erwin Hodel, Adelboden (111)

  Pierre Mercier, Lausanne (1, 2, 15, 43)

  Rudolf Zimmermann, Zermatt (16)

Les illustrations et les légendes du chapitre 4 sont tirées des fascicules respectifs de la revue "Les Alpes", cités plus haut.

L'établissement des bilans de masse fait partie des programmes de recherches scientifiques des Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques de l'EPF Zurich. Markus Aellen est responsable des mesures sur les glaciers d'Aletsch et Hans Siegenthaler est chargé des observations sur les glaciers de Gries, de Limmern, de Plattalva et de Silvretta.

Les tableaux et les représentations graphiques des chapitres 1 à 3 et 5 ont été repris dans le présent rapport avec les modifications suivantes (et une nouvelle numérotation):

- chapitre 1.4. Données sur la couche de neige hivernale: Enregistrement de 9 stations supplémentaires, soit Arosa, Ftan, Gütsch, Montana, Mürren, Saas Almagell, Samedan, Santa Maria et Saentis (pages 42 à 45)
- figure 8: Variation des positions des fronts glaciaires dans les Alpes suisses 1890/91-1976/77 (page 76)
- tableau 11 et figure 9: extension des données sur les bilans hydrologiques de la Massa (glaciers d'Aletsch) (pages 117 à 120)
- tableaux 12 et 13 et figure 10: Valeurs mensuelles des bilans hydrologiques du Rhône à la Porte du Scex (pages 121 à 123)
- figure 17: Glaciers de l'Aar. Situation des profils transversaux (page 133)

Dans le présent annuaire, l'appendice (chap. 6), dont le but a été formulé dans la préface des rapports 95 et 96, contient les contributions suivantes:

- chapitre 6.1: suite à divers changements de la station d'observations météorologiques du Saentis, les valeurs de la température de l'air publiées antérieurement dans nos rapports glaciologiques ne sont pas comparables entre elles. Max Schüepp a homogénéisé et commenté les moyennes mensuelles de la température de l'air pour les années 1864 à 1980 (tableau 19). Adolf Lemans a harmonisé les sommes mensuelles des températures positives de 1900 à 1977 (tableau 20).
- chapitre 6.2 est une étude-pilote, rédigée par Peter Kasser et qui, en traitant des données hydrologiques du bassin versant du Rhône à la Porte du Scex, démontre le calcul des variations mensuelles "naturelles" des réserves en eau. Ces variations permettent de caractériser les conditions hydroclimatiques des années considérées.

- chapitre 6.3 résume les résultats obtenus par Hans Siegenthaler sur les mesures glaciologiques, faites depuis 30 ans aux glaciers de Limmern et de Plattalva. En outre, ces résultats sont comparés aux variations de volume, déterminées à partir des états des glaciers relevés en 1947 et en 1977, tels qu'ils sont représentés sur la carte glaciologique (voir pli de la troisième page de couverture).

I N H A L T

Seite

Inhaltsverzeichnis 9

1 KLIMA UND WITTERUNG 17

1.1 EINLEITUNG 17

1.2 DAS JAHR 1975/76 19

1.3 DAS JAHR 1976/77 22

Tabellen 1 und 2. Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten April bis Oktober
a) absolute Werte, in Grad Celsius
b) relative Werte, in Prozenten der Periodenmittel 1959/77
Tabelle 1: im Jahr 1976 32
Tabelle 2: im Jahr 1977 33

Abbildungen 1 und 2. Tagesmittel der Lufttemperatur, tägliche Niederschlagsmenge und Höhenlage der Nullgradisotherme
Abbildung 1: im Jahr 1975/76 34
Abbildung 2: im Jahr 1976/77 36

Abbildungen 3 und 4. Niederschlag, Lufttemperatur, Sonnenscheindauer und Abfluss, bezogen auf die Mittelwerte der Periode 1931-1960, dargestellt für Monate, Winter, Sommer und Jahr
Abbildung 3: im Jahr 1975/76 38
Abbildung 4: im Jahr 1976/77 40

1.4 DATEN UEBER DIE WINTERSCHNEEDECKE 42

Bemerkungen zu den Schneemessstationen 42

Abbildung 5. Schneemessstationen 43
Tabelle 3. Daten über die Schneedecke im Winter 1975/76 44
Tabelle 4. Daten über die Schneedecke im Winter 1976/77 45

2 GLETSCHERCHRONIK 46

2.1 TAETIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1975/76 46

2.2 TAETIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1976/77 51

Tabelle 5. Vermessungsflüge in den Jahren 1976 und 1977 61

3 LAGEAENDERUNG DER GLETSCHERENDEN 66

3.1 JAHR 1975/76 66

3.2 JAHR 1976/77 67

Tabellen 6 und 7. Lageänderung der Gletscherenden - Zusammenfassungen
a) für das ganze schweizerische Beobachtungsnetz
b) für die Einzugsgebiete der Hauptflüsse
Tabelle 6: Jahr 1975/76 72
Tabelle 7: Jahr 1976/77 73

Abbildungen 6 und 7. Die Gletscher der Schweizer Alpen - Beobachtungen und Ergebnisse
Abbildung 6: im Jahre 1976 74
Abbildung 7: im Jahre 1977 75
Abbildung 8: Lageänderung der Gletscherenden in den Schweizer Alpen 1890/91 - 1976/77 76

Tabelle 8. Lageänderung der Gletscherenden 1975/76 und 1976/77 77
(mit Bemerkungen zu einzelnen Gletschern, S. 81 bis 98)

Seite

4 BILDTEIL 99

4.1 BILDFOLGE DES 97. BERICHTS - BILDLEGENDEN 99

Bildtafeln I bis IV
Tafel I (Bilder 1 bis 3). Kernbohrungen im Firn auf dem Colle Gnifetti (Monte Rosa), August 1977.
Tafeln II und III (Bilder 4 bis 6). Tschingelgletscher im Berner Oberland am 27. September 1977 und am 25. September 1975.
Tafel IV (Bilder 7 und 8). Eigergletscher am 24. September 1975.

4.2 BILDFOLGE DES 98. BERICHTS - BILDLEGENDEN 103

Bildtafeln V bis VIII
Tafel V (Bild 94). Saharastaub auf dem Breneygletscher, 24. Juli 1977.
Tafel VI (Bilder 95 bis 97). Untersuchungen des Schmelzwasserabflusses und der Gletscherbewegung am Unteraargletscher im Mai 1977.
Tafel VII (Bild 98). Regen- und Schmelzwasserrillen im Firn auf dem Breneygletscher, 23. Juli 1977.
Tafel VIII (Bild 99). Oberes Eismeer am 8. Oktober 1976. (Bild 100). Oberer Grindelwaldgletscher, Zungenende am 11. August 1977.

5 MASSENHAUSHALT 105

5.1 EINLEITUNG 105

5.2 ERGEBNISSE DES HAUSHALTSJAHRES 1975/76 107

5.3 ERGEBNISSE DES HAUSHALTSJAHRES 1976/77 108

Tabelle 9. Massenänderung einiger Gletscher in den Jahren 1974/75 bis 1976/77 113
Tabelle 10. Hydrologische Bilanzen einiger vergletscherter Einzugsgebiete
a) Einzugsgebiet der Aegina (Griesgletscher) 1974/75 bis 1976/77 114
b) Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) 1974/75 bis 1976/77 115
c) Einzugsgebiet der Rhone (oberhalb des Genfersees) 1972/73 bis 1976/77 116
Tabelle 11. Einzugsgebiet Massa/Blatten bei Naters - Hydrologische Bilanzen
a) Kalendermässig festgelegte Haushaltsperioden: Monate, Winter, Sommer und hydrologische Jahre 1975/76 und 1976/77 117
b) Klimabedingt veränderliche Haushaltsperioden: Zuwachsperioden, Schwundperioden und Jahreszyklen 1973/74 bis 1976/77 119
Abbildung 9. Einzugsgebiet Massa (Aletschgletscher) - Hydrologische Bilanzen 1975/76 und 1976/77 120
a) Tageswerte von Niederschlag, Abfluss und Reservenänderung
b) Tageswerte der Reservenänderung, kumuliert vom 1.10.1975 bis 30.9.1976 und vom 1.10.1976 bis 30.9.1977.
Abbildung 10. Einzugsgebiet Rhone/Porte du Scex - Jahresgang der Reservenänderung 1975/76 und 1976/77, verglichen mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Extremwerten der Periode 1955/56 bis 1979/80. 121
Tabellen 12 und 13. Einzugsgebiet Rhone/Porte du Scex - Hydrologische Bilanzen für Monate, Winter, Sommer und hydrologisches Jahr
Tabelle 12. 1975/76 122
Tabelle 13. 1976/77 123
Abbildung 11. Griesgletscher - Massenbilanz 1975/76 124
Abbildung 12. Griesgletscher - Massenbilanz 1976/77 125
Abbildung 13. Limmern- und Plattalvagletscher - Massenbilanz 1975/76 126
Abbildung 14. Limmern- und Plattalvagletscher - Massenbilanz 1976/77 127
Abbildung 15. Silvrettagletscher - Massenbilanz 1975/76 128
Abbildung 16. Silvrettagletscher - Massenbilanz 1976/77 129

Seite

Tabellen 14 bis 16. Massenänderungen 1975/76 und 1976/77, für Höhenstufen von 100 Metern
Tabelle 14: Griesgletscher 130
Tabelle 15: Limmern- und Plattalvagletscher 131
a) Limmerngletscher
b) Plattalvagletscher
Tabelle 16: Silvrettagletscher 132

5.4 MESSUNGEN AN DEN AAREGLETSCHERN 133

Einleitung 133

Abbildung 17. Aaregletscher - Lage der Querprofile 133
Tabelle 17. Die Aaregletscher im Jahre 1975/76 - Hauptresultate 134
Tabelle 18. Die Aaregletscher im Jahre 1976/77 - Hauptresultate 135

6 ANHANG: LANGJAEHRIGE BEOBACHTUNGSREIHEN (MIT LITERATURHINWEISEN) 136

6.1 DIE LUFTTEMPERATUREN AUF DEM SAENTIS, von Max Schüepp 136

KOMMENTAR 136

Tabelle 19. Lufttemperatur Säntis - Mittelwerte der Monate, Sommer, Kalenderjahre und hydrologischen Jahre 1864 bis 1980
a) Jahre 1864 bis 1887. Werte reduziert nach den Messungen auf Rigi-Kulm. 142
b) Jahre 1887 bis 1980. Nach Juli 1887 auf dem Säntis gemessene Werte. 143
c) Dezenniumsmittel 1871/80 bis 1971/80 145
Tabelle 20. Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur auf dem Säntis für Monate, Sommer, Kalenderjahre und hydrologische Jahre 1901 bis 1977 (überarbeitet von A.Lemans). 146

6.2 DIE VARIATION DER WASSERVORRAETE IM EINZUGSGEBIET DER RHONE VON PORTE DU SCEX, von Peter Kasser 148

6.21 EINFUEHRUNG 148

6.22 DAS EINZUGSGEBIET UND DIE VERWENDETEN MESS-STATIONEN 150

Abbildung 18. Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex 151
Tabelle 21. Das Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex und einige seiner Teileinzugsgebiete. Flächen, Vergletscherung, Meereshöhen und mittlere Jahresabflussmengen 152
Tabelle 22. Verteilung von Abfluss und Niederschlag über das Jahr 153
Tabelle 23. Regionale Verteilung der Niederschlagsmessstationen 155
Tabelle 24. Flächeninhalte der Höhenstufen, der Felsen und Schutthalden, der Wälder, der Gletscher und der Seen 156

6.23 DIE 25-JAEHRIGE BEZUGSPERIODE VON 1955/56 BIS 1979/80 157

Tabelle 25. Bestimmung des Gebietsniederschlags 158

6.24 DIE VORRATSAENDERUNGEN IN DEN EINZELNEN JAHREN DER BEZUGSPERIODE 159

Tabelle 26. Die Grössen der hydrologischen Bilanz 160

6.25 DIE MONATSWERTE DER BILANZGROESSEN UND DEREN SUMMIERUNG UEBER AUSGEWAEHLTE JAHRE 161

Tabelle 27. Verteilung der Gebietsverdunstung auf die Monate 161
Tabellen 28 bis 30. Einzugsgebiet der Rhone/Porte du Scex - Hydrologische Bilanzen
a) Monatswerte
b) Summenwerte
Tabelle 28: im Jahre 1973/74 162
Tabelle 29: im Jahre 1974/75 163
Tabelle 30: im Jahre 1946/47 164

Seite

Tabellen 31 und 32. Gebietsniederschlag, Abfluss und Aenderung der Wasserreserven. Mittelwerte, Extremwerte und Standardabweichung der Bezugsperiode
Tabelle 31: für die Monatswerte 165
Tabelle 32: für die Summenwerte 166
Abbildung 19. Summenlinien der monatlichen Aenderungen der Wasservorräte für die Jahre 1973/74, 1974/75 und 1946/47 im Vergleich zu den Extremwerten und Mittelwerten der Bezugsperiode 1955/56 bis 1979/80 167

6.26 DIE NORMIERTEN ABWEICHUNGEN DER VORRATSAENDERUNGEN VON DEN MITTELWERTEN DER BEZUGSPERIODE 1955/56 BIS 1979/80 168

Tabellen 33 und 34. Die Aenderungen der Wasserreserven. Standardisierte Abweichungen von den Mittelwerten der Bezugsperiode
Tabelle 33: Monatswerte 170
Tabelle 34: Summenwerte ab 1. Oktober 171
Abbildung 20. Variation der Wasserreserven in der Bezugsperiode 1955/56 bis 1979/80 - Vergleich der empirischen Verteilung mit einer angepassten Normalverteilung in ausgewählten Fällen 172

6.27 SCHLUSSBEMERKUNGEN MIT HINWEISEN AUF DIE FEHLERQUELLEN UND DIE GENAUIGKEIT DER BERECHNUNG DER VORRATSAENDERUNGEN 173

Tabelle 35. Einige Einzugsgebiete, deren Abflussmengen seit mindestens 1917 gemessen und deren Gebietsniederschläge bestimmt worden sind 176
Tabelle 36. Einige Testgebiete der Landeshydrologie, deren Abflussmengen seit mindestens 1956 gemessen worden sind. 177

6.28 LITERATURHINWEISE 178

6.29 KURZFASSUNG DER KAPITEL 6.21 BIS 6.27 IN FRANZOESISCHER SPRACHE 180

6.3 GLAZIOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN AN DEN GLETSCHERN LIMMERN UND PLATTALVA, von Hans Siegenthaler 184

6.31 EINLEITUNG 184

Tabelle 37. Lageänderung der Gletscherenden von 1947 bis 1977 185

6.32 GLAZIOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN 186

Abbildung 21. Jährliche Höhenänderungen der Gletscheroberfläche in Fixpunkten, von 1947 bis 1977 189
Abbildung 22. Querprofile in den Jahren 1852, 1947, 1964 und 1977 190
Abbildung 23. Gletscherflächen in den Jahren 1852, 1947, 1959 und 1977 190
Abbildung 24. Spezifische Massenbilanzen in extremen und ausgeglichenen Haushaltsjahren (1948/49, 1956/57, 1964/65 und 1969/70) 191
Tabelle 38. Jährliche Massenänderung und Höhe der Gleichgewichtslinie von 1947/48 bis 1976/77 192
Tabellen 39 und 40. Jährliche Massenänderung für Höhenstufen von 100 Metern, von 1947/48 bis 1976/77
Tabelle 39: Limmerngletscher 193
Tabelle 40: Plattalvagletscher 196

6.33 GLAZIOLOGISCHE SPEZIALKARTE DES LIMMERN- UND DES PLATTALVAGLETSCHERS 198

Tabelle 41. Flächen- und Höhenänderung für Höhenstufen von 100 Metern, von 1947 bis 1977 199
Karte 1:10 000 Limmern- und Plattalvagletscher. Aufnahmen 1947 und 1977 **3. Umschlagseite**

6.34 KURZFASSUNG DER KAPITEL 6.31 BIS 6.33 IN FRANZOESISCHER SPRACHE 200

7 ZUSAMMENFASSUNG DER KAPITEL 1 BIS 6 IN ENGLISCHER SPRACHE 202

Inhaltsverzeichnis in englischer Sprache 205

TABLE DES MATIERES

page

Table des matières 13

1 CONDITIONS CLIMATIQUES 24

1.1 INTRODUCTION 24

1.2 L'ANNEE 1975/76 27

1.3 L'ANNEE 1976/77 30

Tableaux 1 et 2. Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air; mois d'avril à octobre
a) valeurs absolues, en degrés Celsius
b) valeurs relatives, en pourcent des moyennes 1959/77
Tableau 1: en 1976 32
Tableau 2: en 1977 33

Figures 1 et 2. Température moyenne journalière de l'air, somme journalière des précipitations et altitude de l'isotherme de zéro degré
Figure 1: en 1975/76 34
Figure 2: en 1976/77 36

Figures 3 et 4. Précipitations, températures de l'air, durée d'insolation et écoulement - Valeurs mensuelles, saisonnières et annuelles relatives aux moyennes de la période 1931-1960
Figure 3: en 1975/76 38
Figure 4: en 1976/77 40

1.4 DONNEES NIVOLOGIQUES 42

Remarques concernant les stations nivométriques 42

Figure 5. Stations nivométriques 43
Tableau 3. Enneigement de l'hiver 1975/76 44
Tableau 4. Enneigement de l'hiver 1976/77 45

2 CHRONIQUE DES GLACIERS 54

2.1 ACTIVITE ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1975/76 54

2.2 ACTIVITE ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1976/77 58

Tableau 5. Vols photogrammétriques des années 1976 et 1977 61

3 VARIATIONS DES FRONTS GLACIAIRES 69

3.1 VARIATIONS EN 1975/76 69

3.2 VARIATIONS EN 1976/77 70

Tableaux 6 et 7. Variations de longueur des glaciers - Récapitulations
a) pour l'ensemble du réseau d'observation suisse
b) pour les bassins versants de la Suisse
Tableau 6: en 1975/76 72
Tableau 7: en 1976/77 73

Figures 6 et 7. Les glaciers des Alpes suisses - Observations et résultats
Figure 6: en 1975/76 74
Figure 7: en 1976/77 75

Figure 8. Variations de la position des fronts glaciaires dans les Alpes suisses 1890/91-1976/77 76

Tableau 8. Variations des fronts glaciaires en 1975/76 et en 1976/77 (avec remarques sur la variation de certains glaciers, aux pages 81 à 98) 77

page

4 ILLUSTRATIONS PHOTOGRAPHIQUES 101

4.1 ILLUSTRATIONS DU 97e RAPPORT - LEGENDES 101

Planches I à IV
Planche I (Figures 1 à 3): Prélèvements par carottage dans le névé du col Gnifetti (Mont Rose), août 1977
Planches II et III (Figures 4 à 6): Glacier de Tschingel dans l'Oberland bernois, le 27 septembre 1977 et le 25 septembre 1975
Planche IV (Figures 7 et 8): Glacier de l'Eiger, le 24 septembre 1975

4.2 ILLUSTRATIONS DU 98e RAPPORT - LEGENDES 104

Planches V à VIII
Planche V (Figure 94): Poussière saharienne sur le glacier de Breney, le 24 juillet 1977
Planche VI (Figures 95 à 97) Recherches sur l'écoulement de l'eau de fusion et le mouvement de la glace au glacier inférieur de l'Aar, mai 1977
Planche VII (Figure 98): Rigoles d'eau de pluie et de fonte sur le glacier de Breney, le 23 juillet 1977
Planche VIII (Figure 99): Eismeer supérieur, le 8 octobre 1976
(Figure 100): Langue terminale du glacier supérieur de Grindelwald le 11 août 1977

5 BILANS DE MASSE 109

5.1 INTRODUCTION 109

5.2 ANNEE DE BILAN 1975/76 111

5.3 ANNEE DE BILAN 1976/77 112

Tableau 9. Bilans annuels de masse de quelques glaciers, de 1974/75 à 1976/77 113
Tableau 10. Bilans hydrologiques de quelques bassins versants englacés
a) Bassin de l'Aegina (Glacier de Gries), de 1974/75 à 1976/77 114
b) Bassin de la Massa (Glaciers d'Aletsch), de 1974/75 à 1976/77 115
c) Bassin du Rhône (en amont du Léman), de 1972/73 à 1976/77 116
Tableau 11. Bassin versant de la Massa (Glaciers d'Aletsch)- Bilans hydrologiques
a) Périodes fixes du calendrier: mois, hivers, étés et années hydrologiques 1975/76 et 1976/77 117
b) Périodes variables en fonction des conditions climatiques: périodes d'accumulation, d'ablation et des cycles annuels de 1973/74 à 1976/77 119
Figure 9. Bassin de la Massa (Glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques 1975/76 et 1976/77
a) Valeurs journalières des précipitations, des débits et de la variation des réserves
b) Valeurs journalières de la variation des réserves, cumulées du 1er octobre 1975 au 30 septembre 1976 et du 1er octobre 1976 au 30 septembre 1977 120
Figure 10. Bassin versant du Rhône/Porte du Scex - Fluctuation des réserves en eau au cours des années 1975/76 et 1976/77, comparée aux valeurs moyennes, déviations standard et valeurs extrêmes de la période 1955/56-1979/80 121
Tableaux 12 et 13. Bassin du Rhône/Porte du Scex - Bilans hydrologiques pour mois, hivers, étés et années hydrologiques
Tableau 12: en 1975/76 122
Tableau 13: en 1976/77 123
Figure 11. Glacier de Gries - Bilan de masse en 1975/76 124
Figure 12. Glacier de Gries - Bilan de masse en 1976/77 125
Figure 13. Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilan de masse en 1975/76 126
Figure 14. Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilan de masse en 1976/77 127
Figure 15. Glacier de Silvretta - Bilan de masse en 1975/76 128
Figure 16. Glacier de Silvretta - Bilan de masse en 1976/77 129

page

Tableaux 14 à 16. Bilans de masse 1975/76 et 1976/77, par échelons de 100 mètres d'altitude
Tableau 14: Glacier de Gries 130
Tableau 15: Glaciers de Limmern et de Plattalva 131
a) Glacier de Limmern
b) Glacier de Plattalva
Tableau 16: Glacier de Silvretta 132

5.4 MENSURATIONS AUX GLACIERS DE L'AAR 133

Introduction 133

Figure 17. Glaciers de l'Aar - Situation des profils transversaux 133
Tableau 15. Glaciers de l'Aar en 1975/76 - Résultats principaux 134
Tableau 16. Glaciers de l'Aar en 1976/77 - Résultats principaux 135

6 ANNEXE: SERIES D'OBSERVATIONS MULTIANNUELLES (AVEC REFERENCES DE PUBLICATIONS) 139

6.1 LES TEMPERATURES DE L'AIR AU SAENTIS, par Max Schüepp 139

COMMENTAIRE 139

Tableau 19. Température de l'air au Saentis - Moyennes des mois, étés, années civiles et années hydrologiques de 1864 à 1980
a) Années 1964 à 1887. Valeurs réduites d'après les mesures à Rigi-Kulm 142
b) Années 1887 à 1980. Valeurs mesurées au Saentis 143
c) Moyennes décennales 1871/80 à 1971/80 145
Tableau 20. Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air pour mois, étés, années civiles et années hydrologiques de 1901 à 1977 (révisées par A.Lemans) 146

6.2 LES VARIATIONS DES RESERVES EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT DU RHONE DE PORTE DU SCEX, par Peter Kasser 148

6.21 INTRODUCTION 148

6.22 LE BASSIN VERSANT ET LES STATIONS DE MESURAGE UTILISEES 150

Figure 18. Bassin versant du Rhône de Porte du Scex 151
Tableau 21. Le bassin versant du Rhône de Porte du Scex et un choix de ses bassins versants partiels. Surfaces, altitudes et écoulements moyens annuels 152
Tableau 22. Répartition de l'écoulement et des précipitations sur les mois de l'année 153
Tableau 23. Répartition régionale des stations pluviométriques 155
Tableau 24. Surfaces des zones d'altitude, des rochers et des éboulis, des forêts, des glaciers et des lacs 156

6.23 LE BILAN HYDROLOGIQUE DE LA PERIODE DE REFERENCE DE 1955/56 A 1979/80 157

Tableau 25. Détermination des précipitations 158

6.24 LES VARIATIONS ANNUELLES DES RESERVES EN EAU 159

Tableau 26. Les valeurs annuelles du bilan hydrologique 160

6.25 LES BILANS HYDROLOGIQUES MENSUELS ET LEURS VALEURS CUMULEES DE QUELQUES ANNEES CHOISIES 161

Tableau 27. Répartition de l'évapotranspiration annuelle sur les mois 161
Tableau 28 à 30. Bassin versant du Rhône à Porte du Scex - Bilans hydrologiques
a) valeurs mensuelles
b) valeurs mensuelles cumulées
Tableau 28: en 1973/74 162
Tableau 29: en 1974/75 163
Tableau 30: en 1946/47 164

page

Tableaux 31 et 32. Précipitations, écoulement et variation des réserves en eau. Valeurs moyennes, écarts-type et valeurs extrêmes de la période de référence
Tableau 31: des valeurs mensuelles 165
Tableau 32: des valeurs mensuelles cumulées 166
Figure 19. Variations mensuelles cumulées des réserves en eau, en 1973/74, 1974/75 et 1946/47, comparées aux valeurs moyennes, déviations standard et valeurs extrêmes de la période 1955/56 à 1979/80 167

6.26 LES DEVIATIONS STANDARDISEES DES VARIATIONS DES RESERVES EN EAU PAR RAPPORT AUX VALEURS MOYENNES DE LA PERIODE DE REFERENCE 168

Tableaux 33 et 34. Les variations des réserves en eau. Déviations standardisées par rapport aux valeurs moyennes de la période de référence
Tableau 33: Valeurs mensuelles 170
Tableau 34: Valeurs mensuelles cumulées 171
Figure 20. Variations des réserves en eau dans la période de référence 1955/56-1979/80 - Comparaison des distributions empirique et normale ajustée dans quelques cas choisis 172

6.27 REMARQUES FINALES COMPRENANT UN APERCU DES SOURCES D'ERREURS ET DE LA PRECISION DES CALCULS DES VARIATIONS DES RESERVES 173

Tableau 35. Quelques bassins versants, dont les débits sont mesurés depuis 1917 et où les précipitations ont été déterminées 176
Tableau 36. Quelques bassins repères du Service hydrologique national, où les débits ont été mesurés depuis 1956 au moins 177

6.28 REFERENCES DE PUBLICATIONS 178

6.29 APERCUS EN LANGUE FRANCAISE DES CHAPITRES 6.21 A 6.27 180

6.3 OBSERVATIONS GLACIOLOGIQUES AUX GLACIERS DE LIMMERN ET DE PLATTALVA, par Hans Siegenthaler 184

6.31 INTRODUCTION 184

Tableau 37. Variations des front glaciaires, de 1947 à 1977 185

6.32 OBSERVATIONS GLACIOLOGIQUES

Figure 21. Variations annuelles du niveau de la surface dans les points répères, de 1947 à 1977 189
Figure 22. Niveau de la surface glaciaire dans les profils transversaux, en 1852, 1947, 1964 et 1977 190
Figure 23. Surfaces glaciaires en 1852, 1947, 1959 et 1977 190
Figure 24. Bilans de masse spécifiques des années particulièrement extrêmes ou modérées (1948/49, 1956/57, 1964/65 et 1969/70) 191
Tableau 38. Bilan annuel de masse et altitude de la ligne d'équilibre, de 1947/48 à 1976/77 192
Tableaux 39 et 40. Bilans annuels de masse, de 1947/48 à 1976/77, par échelons d'altitude
Tableau 39: Glacier de Limmern 193
Tableau 40: Glacier de Plattalva 196

6.33 CARTE SPECIALE DES GLACIERS DE LIMMERN ET DE PLATTALVA 198

Tableau 41. Variations de la surface et du volume glaciaires, de 1947 à 1977, par échelons d'altitude 199

Carte 1:10 000 des glaciers de Limmern et de Plattalva. Relevés de 1947 et de 1977 3e page de couverture

6.34 APERCUS EN LANGUE FRANCAISE DES CHAPITRES 6.31 A 6.33 200

7 RESUMES EN LANGUE ANGLAISE DES CHAPITRES 1 A 6 202

Table des matières en langue anglaise 205

1. KLIMA UND WITTERUNG

1.1 EINLEITUNG

Die Abbildungen 1 und 2 auf den Seiten 34 bis 37 zeigen den Witterungsverlauf in den Berichtsjahren an einigen ausgewählten Stationen, für welche die Tageswerte der Temperaturen und der Niederschlagsmengen eingezeichnet sind, zusammen mit der Höhenlage der Nullgradisotherme über Payerne. Für die Stationen Zürich SMA, Locarno-Monti und Jungfraujoch sind die aktuellen Temperaturtagesmittel (1) und die langjährigen Mittelwerte für die betreffenden Tage aufgetragen, wobei die Unregelmässigkeiten dieser langjährigen Mittelwertskurven (2) von Auge ausgeglichen worden sind. Die nicht in (1) und (2) publizierten Daten können bei der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt in Zürich bezogen werden, wobei die aktuellen Werte der Lufttemperaturen zusammen mit anderen Messgrössen der gleichen Station in Monatstabellen vorliegen. Die täglichen Niederschlagsmengen (3) für die Stationen Zürich SMA, Locarno-Monti, Säntis und Sion sowie die Höhenlage der Nullgradisotherme für die 13Uhr-Aufstiege der Radiosonden in der aerologischen Station Payerne sind in den Abbildungen 1 und 2 ebenfalls eingezeichnet. Diese Höhen über Meer sind aus den Temperaturprofilen in den täglichen Wetterbulletins (4) durch Interpolation gewonnen worden. Bei Inversionen mit mehr als einer Nullgrad-Höhenlage ist jeweils nur die höchste aufgetragen. Für jeden Tag ist zudem der langjährige Mittelwert für die Meereshöhe der Nullgradisotherme angegeben (2a).

Der Jahresgang der Tageswerte von Temperatur, Niederschlag und Höhenlage der Nullgradisotherme ergibt ein instruktives Bild der klimatischen Bedingungen, denen die Gletscher in den Berichtsjahren unterworfen waren. Es darf aber nicht übersehen werden, dass die in den Abbildungen 1 und 2 dargestellten Daten von nur drei Temperaturstationen, vier Niederschlagsmessstellen und einer Station zur Bestimmung der Höhenlage der Nullgradisotherme in der freien Atmosphäre nicht genügen, um die regionalen Unterschiede im schweizerischen Alpenraum zu erfassen. Vor allem die Niederschlagsmengen können mit dem Ort sehr stark variieren (5).

In den Abbildungen 3 und 4 sind Niederschlagssummen, Sonnenscheindauer und Abflussmengen der Berichtsjahre für Monats-, Saison- und Jahreswerte als relative Abweichungen von den langjährigen Mittelwerten, Temperaturen als Differenz zu diesen aufgetragen. Diese Darstellung für 22 Messstellen des Niederschlags und der Temperatur, 13 der Sonnenscheindauer und 11 der Abflussmengen gibt einen allgemeinen Ueberblick über den Charakter der Berichtsjahre und Hinweise auf regionale Unterschiede. Weil aber gleiche Mittelwerte und Summen über Monate, Saison und Jahr durch sehr verschiedene zeitliche Abläufe entstehen können, lassen sich diese Werte nur bedingt mit den Massenänderungen der Gletscher korrelieren (ver-

---

(1) Nummern in Klammern beziehen sich auf die Literaturangaben am Ende dieses Kapitels 1.1

gleiche Bemerkungen in Kap. 1.1 des 93. und 94. Berichts). Bei den Abflussmengen (6) ist zudem auf den Einfluss der Verminderung der vergletscherten Flächen hinzuweisen, der während der langen Rezessionsperiode systematisch zu einer Verringerung der Abflussmengen bei gleichen klimatischen Bedingungen geführt hat.

In Ergänzung der Abbildungen 1 bis 4 sind in den Tabellen 1 und 2 die Summen der positiven Tagestemperaturen aufgetragen, die den Publikationen von A. Lemans (7) entnommen sind. Die Daten über die Schneedecke sind enthalten in den Tabellen 3 und 4, welche durch die Lageskizze der Schneemessstationen in Abbildung 5 ergänzt werden.

Zusätzlich zu den erwähnten Quellen stützt sich die Beschreibung der klimatischen Verhältnisse in den Berichtsjahren auf die Winterberichte des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch-Davos (8). Diesem Institut verdanken wir auch die von M. Schild und S.Gliott verfassten Kurzberichte über "Schnee und Lawinen", die im 97. und 98. Bericht auszugsweise eingearbeitet worden sind.

Literaturangaben zu Kapitel 1.1

(1) Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (MZA), 112. Jg. 1975, 113. Jg. 1976 und 114. Jg. 1977

(2) Beiheft zu den Annalen der MZA, Jg. 1972: Klimatologie der Schweiz M, Teil I - Der Jahresgang der meteorologischen Elemente in der Schweiz, von M. Schüepp

(2a) Beiheft zu den Annalen der MZA, Jg. 1978: Klimatologie der Schweiz, Heft 21/O - Die Nullgradgrenze in der Schweiz 1951 - 1978 nach den Radiosondierungen von Payerne, von A. Güller

(3) Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den Meteorologischen und Regenmess-Stationen der Schweiz, Jahrgänge 1975, 1976 und 1977

(4) Tägliche Wetterberichte der MZA, Jahrgänge 1975, 1976 und 1977

(5) Monatliche Witterungsberichte der MZA, Jahrgänge 1975, 1976 und 1977

(6) Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz. - Hrg. vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Bern, Verlag Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern, Jg. 1975, 1976 und 1977

(7) A. Lemans: Der Firnzuwachs pro 1975/76 in einigen schweizerischen Firngebieten, 63. Bericht, Zürich 1977. - Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, Jg. 122, Schlussheft, S. 484-492
(Dito) ...pro 1976/77, 64. Bericht, Zürich 1978. - Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, Jg. 123, Heft 2, S. 151-159

(8) Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1975/76, Winterbericht des EISLF, Weissfluhjoch/Davos, Nr. 40. - Verlag EDMZ, Bern
(Dito) ..., Winter 1976/77, Nr. 41

1.2 DAS JAHR 1975/76

Einem überdurchschnittlich warmen und grösstenteils trockenen Zeitabschnitt, der im gesamten Gebiet der Schweizer Alpen vom 17. September bis zum 9. Oktober 1975 dauerte, folgte mit einem Tief über Mitteleuropa vom 10. bis 13. Oktober der Wintereinbruch, welcher die Akkumulationsperiode auf den Gletschern schlagartig einleitete. Die Niederschlagssummen waren im Oktober unterdurchschnittlich bis normal, im November im allgemeinen etwas grösser als das langjährige Mittel, bei meistenorts etwas zu tiefen Temperaturen in beiden Monaten. Die Schneefälle von Anfang November und in der mittleren Novemberdekade sicherten die permanente Winterschneedecke in den Berggebieten.

Die Monate Dezember 1975 bis Juni 1976 waren im ganzen Alpengebiet sehr niederschlagsarm, mit Ausnahme des Januars in der Nordostschweiz und in Mittelbünden sowie des Monats April, in dem nur Mittelbünden und das Unterengadin deutlich zu trocken waren. Wesentlich für die Erhaltung der Winterschneedecke auf den Gletschern waren die Niederschläge vom 7./8. April, die auf der Nordseite der Alpen oberhalb 1500 Meter über Meer 15 bis 50 cm Neuschnee brachten, und das Höhentief vom 22. bis 25. April mit reichlichen Schneefällen im ganzen schweizerischen Alpengebiet. Bemerkenswert für die Jahreszeit sind die 75 cm Neuschnee, die am 24. April in Ackersand in den Vispertälern auf rund 700 Metern über Meer beobachtet worden sind.

Der Monat Dezember war vor allem in den Höhenstationen und auf der Alpensüdseite deutlich zu warm. Im Januar waren die Temperaturen in den Höhenstationen ungefähr normal, in den Tälern der Alpen und auf der Südseite überdurchschnittlich. Der Februar war im ganzen Alpengebiet zu warm. Im März und April glichen sich die zeitweise grossen positiven und negativen Abweichungen von den Normaltemperaturen in den Monatsmitteln ungefähr aus. Im Mai waren die Temperaturen je nach Gebiet normal bis etwas zu hoch, im Juni übertrafen sie die Normalwerte in manchen Stationen beträchtlich.

Die Sonnenscheindauer war in allen Monaten von Dezember bis Mai fast überall grösser als der langjährige Durchschnitt, abgesehen von der Ostschweiz und Mittelbünden, wo im Januar die Normalwerte nicht erreicht wurden. Im Juni schien die Sonne im ganzen Alpengebiet sogar aussergewöhnlich lange.

Juli bis September dagegen waren arm an Sonnenschein, August und September zudem viel zu kalt. Abgesehen von der Alpensüdseite, brachte der Juli endlich allgemein etwas überdurchschnittliche Niederschlagssummen. Im August wichen die Niederschläge nur wenig von den Normalwerten ab. Sehr nass war es im September und Oktober in Mittelbünden, im Engadin und auf der Alpensüdseite, im Oktober auch im Oberwallis.

Das Berichtsjahr vom Oktober 1975 bis zum September 1976 als Ganzes ist meistenorts als trocken bis ausserordentlich trocken zu werten. Ausnahmen sind die Stationen Davos Platz und Brusio, wo die Juli- und Septemberniederschläge das Niederschlagsdefizit der übrigen Monate auszugleichen vermochten.

Am Schluss des Berichtsjahres, im Herbst 1976, kam der Winter - im Gegensatz zum Vorjahr - zögernd, mit kleinen Schritten. Der Aufbau der permanenten Winterschneedecke begann auf Gütsch (2288 m ü.M.) am 13. Oktober, auf dem Versuchsfeld Weissfluhjoch (2540 m ü.M.) einen Tag später, auf dem Säntis (2500 m ü.M.) erst am 31. Oktober. Die unterhalb 2000 Metern ü.M. gelegenen Schneemessstationen wurden grösstenteils im Laufe des Monats November dauernd eingeschneit. Weil auf den Gletschern der Schnee oft früher liegen bleibt als auf dem aperen Boden, dürften, von tief liegenden Gletscherenden abgesehen, die vergletscherten Flächen in Mittelbünden und auf der Südseite der Schweizer Alpen schon am 10. September 1976 bleibend eingeschneit worden sein, in den Walliser Alpen möglicherweise am 13. Oktober.

Im Haushaltsjahr 1975/76 nahm die Masse der Gletscher in der Schweiz ab. Die Firngebiete wurden durch die viel zu geringen Winterniederschläge nur ungenügend ernährt. Zudem waren die Massenverluste durch Ablation trotz der in Berglagen meistenorts etwas zu kalten Sommerperiode von Mai bis September und den für diesen Zeitabschnitt ebenfalls unterdurchschnittlichen Summen der positiven Tagestemperaturen grösser als in einem Mitteljahr, weil die Gletscher früh ausaperten, die Ablationsperiode sehr lange dauerte und die Abschmelzung in der nahezu niederschlagsfreien und extrem sonnenscheinreichen Wärmeperiode vom 7. Juni bis zum 19. Juli besonders intensiv war. Zudem schien auch die Sonne im ganzen Sommer länger als im langjährigen Mittel, mit Ausnahme von Mittelbünden und Engadin, wo die Normalwerte gerade erreicht wurden.

Klima und Vergletscherung bestimmen weitgehend die Abflüsse in den Gletscherbächen. Das A+W misst Abflussmengen von Einzugsgebieten, die bis zu 65,9% der Fläche (Aletsch 1973) mit Gletschern bedeckt sind. In allen diesen Gebieten wurden von Oktober 1975 bis September 1976 unterdurchschnittliche Jahresabflüsse festgestellt, weil sich die Niederschlagsarmut stärker auswirkte als die etwas über den Normalwerten liegenden Schmelzwassermengen.

Ueber die Schneedecke und die Lawinen ergibt sich aus dem Bericht von M. Schild, dass der Winter 1975/76 in den zahlreichen unterhalb 2000 Meter über Meer gelegenen Stationen des EISLF zu den vier schneeärmsten der letzten 20 bis 35 Jahre zu zählen ist. Neben der Schneearmut, die sich auf alle Gebirgslagen erstreckte, war das lockere Fundament der Schneedecke charakteristisch, das in der langen Schönwetterperiode von Anfang Dezember bis Mitte Januar durch Umwandlung zu Schwimmschnee entstand. Die Schneefälle im Januar bewirkten nur für die Oberflächenschichten eine merkliche Verfestigung. Deshalb dauerte eine latente, im allgemeinen jedoch geringe Lawinengefahr bis zum frühen Ausapern an. Nur die Neuschneefälle vor Ende April bewirkten vorübergehend eine erhöhte Lawinengefahr. Zum Absturz von

Grosslawinen kam es aber nicht; in Siedlungen und auf Arbeitsstellen gab es keine Lawinenopfer und nur geringe Sachschäden. Dem EISLF sind 39 Lawinen bekanntgeworden, bei denen gesamthaft 69 Personen, alles Skifahrer und Bergsteiger, mitgerissen wurden, wobei 37 heil davonkamen, während je 16 Verletzungen oder den Tod erlitten. Im langjährigen Mittel verloren jährlich 25 Menschen, wovon 18 Touristen, ihr Leben in Lawinen.

1.3 DAS JAHR 1976/77

Der in den gesamten Schweizer Alpen sonnenarme und viel zu kalte Monat September 1976 wird in die Berichterstattung für 1976/77 einbezogen, weil die Gletscher der Alpensüdseite, des Engadins und Mittelbündens in höheren und mittleren Lagen durch aussergewöhnlich grosse Niederschläge schon vor der Mitte dieses Monats definitiv eingeschneit worden sind. In den gleichen Gebieten und im Oberwallis waren die Niederschläge auch im Oktober überdurchschnittlich gross, bei ungefähr normalen Temperaturen im Tessin und beträchtlichen Wärmeüberschüssen in den meisten anderen Stationen der Schweiz. Zwischen dem 13. und 15. Oktober erhielten die Gletscher der Alpennordseite und des Wallis ihre Winterschneedecke. In den Tälern zog der Winter erst zwischen Ende Oktober und Anfang Dezember endgültig ein.

In den Monaten November bis März wurden die Durchschnittswerte der Niederschläge in allen Gebieten übertroffen oder wenigstens erreicht. Auf der Alpensüdseite wurde die Norm in allen Monaten mit Ausnahme des Dezembers deutlich überschritten. Im Januar fiel im Tessin und in den südlichen Tälern Graubündens sogar das Drei- bis Vierfache der Mittelwerte. Vom 10. bis 12. dieses Monats wurde innert 36 Stunden eine Neuschneesumme von 54 cm in Locarno, von 97 cm in Olivone und von 105 cm in Airolo abgelagert. Die Alpennordseite und das Wallis erhielten ihre Niederschlagsüberschüsse in den Monaten Dezember bis Februar, Mittelbünden im Februar und das Engadin von Januar bis März. Aussergewöhnlich warm waren auf der Alpennordseite die Monate Februar und März, mit Monatsmittelwerten, die 4 bis 5°C, beziehungsweise 2 bis 4°C über den langjährigen Normalwerten lagen.

Der Monat April zählte auf der Alpennordseite zu den niederschlagsreichsten der Periode 1901 bis 1977, mit dem Zwei- bis Dreifachen der normalen Monatssumme. Auf der Alpensüdseite fielen, grösstenteils vom 28. bis 30. April, 100 bis 150% der langjährigen Monatsmittelwerte. Der April war überall zu kalt und mit Ausnahme des Tessins auch arm an Sonnenschein.

Die Temperaturen der Sommermonate Mai bis September waren grösstenteils zu tief und erreichten nur ausnahmsweise normale Werte. Dasselbe gilt für die Sonnenscheindauer, abgesehen vom Monat September, in dem im Berner Oberland, im Wallis und im Tessin bescheidene Ueberschüsse gemessen wurden. Die Summen der positiven Tagestemperaturen von Mai bis September sind in den letzten 17 Jahren nur ausnahmsweise noch etwas kleiner gewesen. Die Niederschlagssummen von Mai bis September waren auf der Alpensüdseite grösser als die langjährigen Mittelwerte, in den übrigen Gebieten ungefähr normal.

Die Ablationsperiode der Gletscher ging mit dem überall zu trockenen Monat September 1977 noch nicht zu Ende. Die Niederschläge in der ersten Oktoberdekade fielen zum Teil bis über 3000 Meter über Meer als Regen; sowohl der Monat Oktober als auch die erste Novemberdekade waren viel zu warm. Am 11. November stieg die Nullgradisotherme in den Bergen so-

gar über 4000 Meter über Meer, bevor am 12. November ein Kaltlufteinbruch folgte und die Schneefälle vom 13. bis 15. November 1977 den Winter in den Berglagen und den Tälern zugleich brachten.

Dank dem Aufbau einer mächtigen Schneedecke im Winter und geringer Abschmelzung im kalten Sommer, in welchem längere Schönwetterperioden überhaupt fehlten, war das Jahr von Oktober 1976 bis September 1977 für die Gletscher sehr günstig. Die aussergewöhnlich niederschlagsreiche Zone umfasste die ganze Alpensüdseite und reichte im Oberwallis bis gegen den Alpenkamm des Berner Oberlandes. Auch im Engadin und in Mittelbünden waren die Niederschläge beträchtlich grösser als die Normalwerte. Bezogen auf die langjährigen Mittelwerte, nahmen die Niederschläge bis zum Alpennordfuss hin ab, wo sie ungefähr dem Durchschnitt entsprachen. Das Wärmedefizit von Mai bis September war in allen Gletschergebieten der Schweizer Alpen sehr gross.

Die Abflussmengen von sehr stark vergletscherten Einzugsgebieten wie demjenigen der Massa waren deutlich unter dem Durchschnitt. Im Gebiet der Rhone bei Porte du Scex wurde der Fehlbetrag aus den Gletschergebieten durch die reichlichen Anteile aus dem unvergletscherten Teil mehr als kompensiert. Der Rhein bei Rheinfelden verdankte seine überdurchschnittliche Wasserführung den reichlichen Niederschlägen im westlichsten Teil des Mittellandes und in Graubünden sowie den relativ kleinen Verdunstungsverlusten.

In bezug auf Schnee und Lawinen im Winter 1976/77 ist dem Bericht von M. Schild ergänzend zu entnehmen, dass die Schneedecke ab Mitte November in den Hochlagen der ganzen Schweizer Alpen, auf der Alpensüdseite auch in tieferen Lagen überdurchschnittlich mächtig war. Nach den aussergewöhnlich grossen Schneefällen im April traf dies in allen Gebieten zu. Während die höheren Regionen im Sommer stellenweise nicht ausaperten, wurden Berglagen unterhalb 2000 Meter zum normalen Zeitpunkt schneefrei. Abgesehen von Schattenlagen, konnte sich der Schneezuwachs dank verhältnismässig hohen Temperaturen und einigen starken Regenfällen bis in die Hochlagen meist rasch setzen und gut verfestigen. Die gefährlichen Lawinensituationen waren deshalb selten auf einen unstabilen Aufbau der Schneedecke zurückzuführen; sie entstanden vielmehr als Folge grosser Neuschneemengen, die innert einer kurzen Zeitspanne gefallen waren. Von total 97 in 35 Lawinen Verschütteten fanden 30 den Tod, wovon 18 beim Skifahren, 8 beim Bergsteigen und 4 in den ungewöhnlichen Strassenunfällen am Julier, Flüela und Bernhardin. 13 der Opfer verunfallten in den Randmonaten des Winters.

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 (p. 34 à 37) par les valeurs quotidiennes de la température de l'air et des précipitations, mesurées à quelques stations choisies, ainsi que de l'altitude de l'isotherme de zéro degré, déterminée au-dessus de Payerne. On y trouve, pour chaque jour et pour les stations de Zurich ISM, de Locarno-Monti et du Jungfraujoch, les valeurs moyennes actuelle (1) et pluriannuelle (2) de la température de l'air. Les courbes indiquant les moyennes pluriannuelles ont été simplifiées quelque peu, en égalisant "à l'oeil" certaines irrégularités. Les données, en tant qu'elles ne sont pas publiées dans (1) ou (2), peuvent être obtenues à l'Institut suisse de météorologie à Zurich sous forme de tableaux mensuelles. Outre la température de l'air, on trouve dans ces tableaux les valeurs journalières des divers éléments météorologiques mesurés à la station respective. Les précipitations (3) sont indiquées, dans les figures 1 et 2, par les sommes journalières totalisées 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. On a indiqué dans la figure, pour chaque jour également, la valeur moyenne pluriannuelle de l'altitude de zéro degré (2a).

Les fluctuations périodiques des valeurs actuelles de la température de l'air, des précipitations et de l'altitude de zéro degré reflètent assez fidèlement les conditions climatiques variables, auxquelles ont été soumis les glaciers, au cours de l'année. Il faut admettre, que les données représentées dans les figures 1 et 2, provenant de trois stations de mesures pour les températures, de quatre pour les précipitations et d'une seule pour l'altitude de l'isotherme de zéro degré, ne permettent pas de saisir les détails de la variation régionale de ces grandeurs sur l'étendue entière des Alpes suisses. C'est le cas surtout des précipitations, dont la quantité peut varier beaucoup d'un endroit à l'autre (5).

Dans les figures 3 et 4, les précipitations, les durées de l'ensoleillement et les débits d'eau sont représentés par la déviation relative, les températures par l'écart absolu des valeurs mensuelles, saisonnières et annuelles par rapport à la moyenne pluriannuelle respective. Ces représentations s'étendent sur 22 stations de mesure pour les températures

---

(1) Les chiffres mis entre paranthèses se rapportent aux références citées a la page 26.

et les précipitations, sur 13 stations pour l'ensoleillement et sur 11 stations du réseau hydrométrique. Ainsi présentées, les données résumant les conditions climatiques des années du présent rapport, reflètent aussi leurs variations régionales. Puisque des évolutions tout-à-fait différentes peuvent produire les mêmes sommes ou valeurs moyennes mensuelles, saisonnières ou annuelles, la corrélation des données climatologiques avec les bilans de masse glaciaire ne peut se faire que sous certaines réserves (voir les remarques respectives du chapitre 1.1 des 93e et 94e rapports). Quant aux débits d'eau (6), il faut tenir compte du fait, que pendant plus de cent ans les débits ont diminué systématiquement dans les bassins versants englacés à la suite de la décrue des glaciers, qui a diminué continuellement les surfaces glaciaires productrices des eaux de fonte. Or, sous des conditions climatiques semblables, les débits de tels bassins sont nettement plus faibles, aujourd'hui, que dans les temps passés.

Les tableaux 1 et 2, complémentaires aux figures 1 à 4 et résumant les sommes des moyennes journalières positives de la température de l'air des mois d'avril à octobre et de l'été, sont tirés des publications de A. Lemans (7). Les données sur l'enneigement, reportées dans les tableaux 3 et 4, sont complétées par la figure 5, qui indique la situation géographique des stations nivométriques choisies.

La description des conditions climatiques se fonde sur les références citées ci-devant et, en outre, sur les rapports annuels de l'Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches, à Davos (8). On doit au même institut les aperçus sur la neige et les avalanches, rédigés par M. Schild et S. Gliott. Ils sont partiellement publiées dans les 97e et 98e rapports.

Références du chapitre 1.1.

(1) Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (MZA), 112. Jg. 1975, 113. Jg. 1976 und 114. Jg. 1977

(2) Beiheft zu den Annalen der MZA, Jg. 1972: Klimatologie der Schweiz M, Teil I - Der Jahresgang der meteorologischen Elemente in der Schweiz, von M. Schüepp

(2a) Beiheft zu den Annalen der MZA, Jg. 1978: Klimatologie der Schweiz, Heft 21/O - Die Nullgradgrenze in der Schweiz 1951 - 1978 nach den Radiosondierungen von Payerne, von A. Güller

(3) Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den Meteorologischen und Regenmess-Stationen der Schweiz, Jg. 1975, 1976 und 1977

(4) Bulletins météorologiques quotidiens de l'Institut suisse de météorologie (ISM), années 1975, 1976 et 1977

(5) Bulletins climatologiques mensuels de l'ISM, années 1975, 1976 et 1977

(6) Annuaire hydrogaphique de la Suisse. Publié par l'Office fédéral de l'économie hydraulique, Berne, années 1975, 1976 et 1977. - Edité par l'Office central fédéral des imprimés et du matériel, Berne

(7) Lemans, A.: Der Firnzuwachs pro 1975/76 in einigen schweizerischen Firngebieten. 63. Bericht, Zürich 1977. - Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, Jg. 122, Schlussheft, S. 484-492.
(Dito) ... pro 1976/77. 64. Bericht, Zürich 1978. - Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, Jg. 123, Heft 2, S. 151-159.

(8) Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1975/76, Winterbericht des EISLF, Weissfluhjoch-Davos, Nr. 40. - Verlag Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, Bern
(Dito) ... Winter 1976/77, Nr. 41

1.2 L'ANNEE 1975/76

La période extraordinairement chaude et généralement sèche, qui, sur toute l'étendue des Alpes suisses, a duré du 17 septembre au 9 octobre 1975, fut suivie d'une situation cyclonale sur l'Europe centrale du 10 au 13 octobre. Cette date marque le brusque début de l'hiver et donc de la période d'accumulation sur les glaciers. Les sommes des précipitations furent normales ou inférieures à la moyenne pluriannuelle en octobre, légèrement excessives, en général, en novembre. Pendant ces deux mois, dans la plupart des stations, les températures furent un peut trop basses. Les chutes de neige du début et de la deuxième décade de novembre ont assuré la permanence de la couche de neige hivernale à la montagne.

Les mois de décembre 1975 à juin 1976 furent très pauvres en précipitations dans toutes les régions des Alpes, à l'exception de la partie nord-est de la Suisse et du centre des Grisons en janvier, tandis qu'en avril le centre des Grisons et la Basse-Engadine furent les seules régions nettement trop sèches. Les précipitations des 7 et 8 avril, qui au nord des Alpes apportèrent 15 à 50 centimètres de neige fraîche au-dessus de 1500 mètres, et de même le cyclone à haute altitude, qui amena les chutes de neige du 22 au 25 avril, abondantes dans toutes les régions des Alpes suisses, furent très importantes pour la conservation de la couche de neige hivernale sur les glaciers. Les 75 centimètres de neige fraîche, observés le 24 avril à environ 700 mètres d'altitude à Ackersand, dans la vallée de Viège, sont exceptionnels pour la saison.

Le mois de décembre fut nettement trop chaud surtout dans les stations de haute altitude et sur le versant sud des Alpes. En janvier, les températures des hautes stations ont été à peu près normales; dans les vallées des Alpes et sur le versant sud, elles excédèrent les moyennes. Février a été trop chaud partout dans la région des Alpes. En mars et en avril, les grands écarts positifs et négatifs de la température normale se compensèrent à peu près dans les moyennes mensuelles. En mai, selon les régions, les températures furent normales ou légèrement trop hautes. En juin, il faisait beaucoup trop chaud dans plusieurs stations.

Pendant tous les mois de décembre à mai, presque partout la durée d'ensoleillement dépassa la moyenne pluriannuelle, sauf en Suisse orientale et dans le centre des Grisons, où les valeurs normales n'ont pas été atteintes en janvier. En juin, le soleil brilla exceptionnellement longtemps sur toute la région des Alpes.

La période de juillet à septembre, en revanche, fut pauvrement ensoleillée; en outre, aux mois d'août et de septembre il faisait beaucoup trop froid. En général, juillet a apporté enfin des sommes de précipitations supérieures à la moyenne, sauf pour le versant sud des Alpes. En août, les précipitations ne dévièrent que peu des valeurs moyennes. Septembre et octobre furent très humides pour le centre des Grisons, l'Engadine et le versant sud des Alpes, octobre également pour le Haut-Valais.

Dans son ensemble, l'année du rapport d'octobre 1975 à septembre 1976 a été sèche pour la plupart des stations. Font exception les stations de Davos Platz et de Brusio, où les excès des précipitations de juillet et de septembre compensèrent les déficits des autres mois.

En 1976, le début de l'hiver fut moins brusque qu'en 1975. Il n'arriva d'ailleurs qu'en hésitant, à petits pas. La couche permanente de neige hivernale commença à se constituer le 13 octobre à Gütsch (2288 m), un jour plus tard sur le champ d'essais du Weissfluhjoch (2540 m), et le 31 octobre seulement au sommet du Säntis (2500 m). La plupart des stations du réseau pour l'observation de la neige, situées au-dessous de 2000 mètres, furent enneigées définitivement au cours du mois de novembre. Sur les glaciers, la neige maintient plus facilement que sur le sol nu. A l'exception des langues glaciaires qui descendent très bas dans les vallées, au centre des Grisons et sur le versant sud des Alpes, les surfaces glaciaires devaient se trouver enneigées de façon durable le 10 septembre 1976 déjà, dans les Alpes valaisannes le 13 octobre probablement.

Pendant l'année 1975/76, la masse des glaciers a diminué en Suisse. Les névés ne furent alimentés qu'insuffisamment par les précipitations hivernales, beaucoup trop faibles. Bien que la période estivale de mai à septembre ait été, dans l'ensemble, un peu trop froide presque partout à la montagne, et bien que les sommes des températures journalières positives pour cette période soient restées également au-dessous de la valeur habituelle, les pertes de masse par ablation furent plus importantes que pendant une année normale. La couche de neige sur les glaciers a disparu, en effet, tôt dans la saison; la période d'ablation a duré très longtemps, et la fonte, pendant la période de chaleur du 7 juin au 19 juillet, extrèmement ensoleillée et presque sans précipitations, a été particulièrement intense. En outre, le soleil a brillé pendant tout l'été plus longtemps que la moyenne pluriannuelle. On constate des exceptions au centre des Grisons et en Engadine, où les valeurs normales furent tout juste atteintes.

A part le climat, c'est la glaciation qui détermine en grande partie le régime de l'écoulement des torrents de montagne. L'A+W mesure les débits de bassins versants dont la surface est recouverte de glace jusqu'à 65,9% (Aletsch 1973). Dans ces bassins, d'octobre 1975 à septembre 1976, les débits observés sont restés au-dessous des valeurs moyennes, parce que l'excès des eaux de fonte a été trop modeste pour compenser entièrement le manque prononcé de précipitations.

En ce qui concerne la couverture neigeuse et les avalanches, le rapport de M. Schild nous apprend que, dans les nombreuses stations de l'IFENA, sauf celles situées au-dessus de 2000 mètres, l'hiver 1975/76 compte parmi les quatre hivers les plus pauvres en neige de ces vingt ou trente-cinq dernières années. A part la pauvreté en neige, observable partout à la montagne, un fond peu cohérent de la couche neigeuse fut une caractéristique de

cette longue période de beau temps (du début de décembre à mi-janvier), où la neige s'est transformée en givre de profondeur. Les chutes de neige de janvier ne purent consolider que les couches superficielles. Pour cette raison, un danger d'avalanches latent, quoique peu important en général, a subsisté jusqu'au déneigement des pentes. Passagèrement les chutes de neige fraîche, vers la fin d'avril, ont accru ce danger. Pourtant il n'y eut pas de grosses chutes d'avalanches, ni de victimes d'avalanches dans les habitations ou sur les chantiers, et les dommages matériels furent peu importants. L'IFENA a enregistré 39 avalanches qui, au total, ont emporté 69 personnes, skieurs ou alpinistes. 37 s'en sont tirés sans dommages, 16 ont été blessés et tout autant ont perdu la vie. La moyenne pluriannuelle des morts par avalanche s'élève à 25 personnes, dont 18 touristes.

1.3 L'ANNEE 1976/77

On a inclus dans le présent rapport le mois de septembre 1976, sombre et beaucoup trop froid, parce que les glaciers du versant sud des Alpes, de l'Engadine et des Grisons ont été définitivement enneigés avant le milieu du mois, à la suite des chutes de neige excessives; dans la même région et dans le Haut-Valais, les précipitations d'octobre furent également trop fortes, par températures à peu près normales au Tessin, trop élevées dans le reste de la Suisse. Entre les 13 et 15 octobre, les glaciers du versant nord des Alpes et du Valais reçurent leur couverture permanente de neige hivernale; dans les vallées, l'hiver ne s'installa définitivement qu'entre la fin d'octobre et le début de décembre.

De novembre à mars, les quantités normales de précipitations furent dépassées ou au moins atteintes dans toutes les régions. Durant tous ces mois, sauf en décembre, la moyenne fut nettement dépassée au sud des Alpes. En janvier, on a noté au Tessin et dans les vallées méridionales des Grisons 3 à 4 fois la quantité normale; du 10 au 12 de ce mois, on vit se déposer en 36 heures une couche de neige fraîche, épaisse de 54 centimètres à Locarno, de 97 centimètres à Olivone et de 105 centimètres à Airolo. Le versant nord des Alpes et le Valais ont reçu des précipitations excessives de décembre à février, le centre des Grisons en février et l'Engadine de janvier à mars. Les mois de février et de mars ont été anormalement chauds au nord des Alpes, avec des moyennes mensuelles s'écartant respectivement de 4 à 5° et de 2 à 4° de la norme.

Au nord des Alpes, le mois d'avril, avec des quantités 2 à 3 fois supérieures à la normale, compte parmi les mois les plus riches en pluie de la période 1901 à 1977. Au sud des Alpes, où les précipitations arrivèrent surtout du 28 au 30 avril, on a mesuré 100 à 150% de la normale. Partout ce mois fut trop froid et, sauf au Tessin, pauvre en insolation.

Pendant les mois de mai à septembre, les températures furent en général trop basses et n'atteignirent qu'exceptionnellement la normale; l'insolation fut également déficitaire, sauf en septembre, où l'Oberland bernois, le Valais et le Tessin ont enregistré de faibles excédents. Au cours des 17 dernières années, les sommes des températures journalières positives de mai à septembre n'ont été qu'exceptionnellement plus faibles qu'en 1977. Les sommes des précipitations estivales dépassèrent la norme au sud des Alpes et restèrent à peu près normales ailleurs.

Sur les glaciers, la période d'ablation s'est poursuivie au cours d'un mois de septembre trop sec. Les précipitations de la première décade du mois d'octobre sont tombées en partie sous forme de pluie jusqu'au-dessus de 3000 mètres; tant octobre que la première décade de novembre furent beaucoup trop chauds. Le 11 novembre l'isotherme de zéro degré a même dépassé 4000 mètres, avant que l'invasion froide du 12 novembre, suivie des chutes de neige du 13 au 15, amène l'hiver en montagne et dans les vallées.

Grâce à la formation d'un épais manteau de neige en hiver et à une fonte réduite dans un été froid, privé de longues périodes de beau temps, l'année allant d'octobre 1976 à septembre 1977 fut très favorable pour les glaciers. La zone anormalement pluvieuse, qui s'est étendue sur tout le versant sud des Alpes, a compris également le Haut-Valais jusqu' aux Alpes bernoises; également le centre des Grisons et l'Engadine ont eu des précipitations excédentaires. Les précipitations moyennes décrurent en allant du sud vers le nord du pays, où elles furent sensiblement normales. Le déficit thermique de mai à septembre fut très important dans toute la région alpine.

L'écoulement des bassins-versants riches en glaciers, comme par exemple celui de la Massa, a été nettement inférieur à la moyenne. Pour le bassin du Rhône, à l'amont de la Porte du Scex, le déficit des régions glaciaires fut mieux que compensé par l'apport des régions sans glaciers; l'excédent du débit du Rhin à Rheinfelden s'explique surtout par les pluies abondantes dans la partie occidentale du Plateau suisse et dans les Grisons, mais aussi par la diminution des pertes par évaporation.

En ce qui concerne la neige et les avalanches de l'hiver 1976/77, le rapport de M. Schild précise que, dès la mi-novembre, le manteau de neige a été plus important que la moyenne, aussi bien dans les régions hautes des Alpes suisses que dans les régions basses du versant sud. En avril, après les très fortes chutes de neige, ce fut le cas dans toutes les régions. Alors qu'en haute altitude la couche de neige ne disparut pas entièrement en été, la zone au-dessous de 2000 mètres fut libre de neige à l'époque habituelle. Grâce aux températures relativement élevées et grâce à quelques fortes chutes de pluie, la couche de neige fraîche s'est rapidement tassée et consolidée à tous les niveaux, versants à l'ombre exceptés. Aussi l'instabilité de la couche superficielle ne fut que rarement la cause des situations précaires de danger d'avalanches. Bien plus souvent, celles-ci furent une conséquence des grandes quantités de neige fraîche, tombées en peu de temps. Parmi 97 personnes atteintes par 35 avalanches, 30 ont trouvé la mort, dont 18 en course de ski, 8 en course de montagne et 4 par accident sur les routes des cols du Julier, de la Fluela et du Bernardin. 13 de ces accidents mortels datent du début ou de la fin de l'hiver.

Tabelle 1. Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur in den Monaten April bis Oktober 1976 1)

a) absolute Werte, in Grad Celsius

Station	Meereshöhe in Metern	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai/Sept.
a) Messstationen									
Gütsch	2287	7	88	214	246	175	87	70	810
Säntis 2)	2500	6	52	158	186	95	66	81	557
Weissfluhjoch	2667	0	44	148	176	87	53	67	508
Jungfraujoch (Sphinx)	3578	0	0	9	18	0	0	9	27
Payerne (700 mb) 3)	3100	0	2	62	84	29	16	33	193
München (700 mb) 3)	3100	0	9	40	79	17	14	50	159
Mailand (700 mb) 3)	3100	0	6	62	98	35	16	27	217
b) Extrapolationen für Firngebiete									
Clariden 4)	2700	0	34	147	173	96	38	34	488
Clariden 4)	2900	0	17	115	139	62	19	23	352
Silvretta 5)	2750	0	36	136	163	75	44	58	454
Jungfraufirn (P 3) 6)	3350	0	0	24	40	2	5	15	71

1) Auszug aus A.Lemans, "Der Firnzuwachs pro 1975/76 in einigen schweizerischen Firngebieten". 63. Bericht, Zürich 1977.
2) Durch A.Lemans korrigierte, mit der Messreihe vor 1960 vergleichbare Werte.
3) Temperaturmessungen in der freien Atmosphäre (Niveau 700 mb = etwa 3100 m ü.M.) nach Radiosondierungen (Mittelwert aus 1-Uhr- und 13-Uhr-Aufstieg, berechnet von G.Gensler).
4) Werte reduziert nach Gütsch.
5) Werte reduziert nach Weissfluhjoch.
6) Werte reduziert nach Jungfraujoch (Sphinx).

b) relative Werte, in Prozenten der Periodenmittel 1959/77

Station	Meereshöhe in Metern	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mai/Sept.
a) Messstationen									
Gütsch	2287	57	150	145	108	79	55	76	100
Säntis 2)	2500	74	122	147	116	60	56	115	95
Weissfluhjoch	2667		139	153	110	55	47	114	91
Jungfraujoch (Sphinx)	3578			111	70			250	40
Payerne (700 mb) 3)	3100		25	172	112	40	32		80
München (700 mb) 3)	3100		112	125	125	26	31		74
Mailand (700 mb) 3)	3100		55	127	97	36	27		68
b) Extrapolationen für Firngebiete									
Clariden 4)	2700		166	172	113	66	40	78	98
Clariden 4)	2900		170	192	117	56	28	89	98
Silvretta 5)	2750		142	158	111	52	44	115	90
Jungfraufirn (P 3) 6)	3350			131	86	5	22	169	54

1-6) siehe oben, Tab. 1a).

Tableau 2. Somme des moyennes journalières positives de la température de l'air; mois d'avril à octobre 1977 1)

a) valeurs absolues, en degrés Celsius

Station	Altitude m s.m.	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Mai/Sept.
a) Stations d'observation									
Gütsch	2287	12	44	118	213	171	143	109	689
Säntis 2)	2500	4	44	88	148	102	84	106	466
Weissfluhjoch	2667	5	22	78	144	110	87	86	441
Jungfraujoch (Sphinx)	3578	0	0	0	23	2	8	7	33
Payerne (700 mb) 3)	3100	1	6	17	78	37	47	37	185
Munich (700 mb) 3)	3100	0	14	33	64	43	32	51	186
Milan (700 mb) 3)	3100	0 7)	3	22	95	34	51	18	205
b) Extrapolations pour les névés de									
Clariden 4)	2700	2	10	52	134	92	87	47	375
Clariden 4)	2900	0	3	28	98	60	63	25	252
Silvretta 5)	2750	4	16	67	129	98	78	75	388
Jungfraufirn (P 3) 6)	3350	0	0	1	42	12	19	16	74

1) Extrait de A.Lemans, "Der Firnzuwachs pro 1976/77 in einigen schweizerischen Firngebieten". 64. Bericht, Zurich 1978.
2) Valeurs corrigées par A.Lemans et qui sont comparables avec les longues séries d'avant 1960.
3) Observations de températures dans l'atmosphère libre, faites au moyen de radio-sondages au niveau 700 mb = environ 3100 mètres sur mer (valeurs moyennes des sondages de 1 heure et 13 heures, calculées par G.Gensler).
4) Valeurs extrapolées d'après Gütsch
5) Valeurs extrapolées d'après Weissfluhjoch
6) Valeurs extrapolées d'après Jungfraujoch-Sphinx
7) Lacune d'observations de 13 jours/ Beobachtungslücke von 13 Tagen.

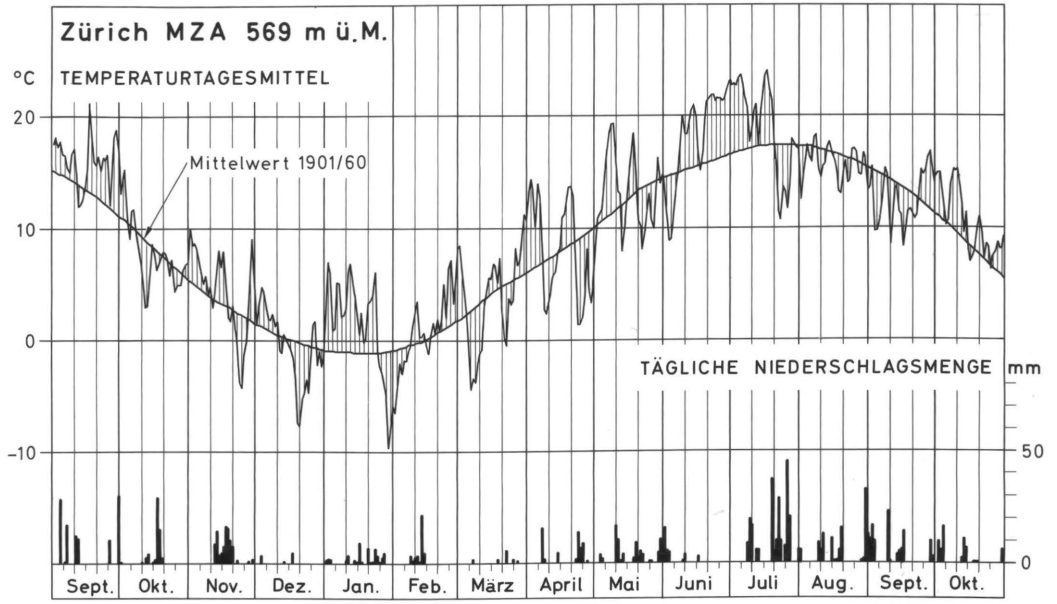
b) valeurs relatives, en pourcent des valeurs moyennes de la période 1959/77

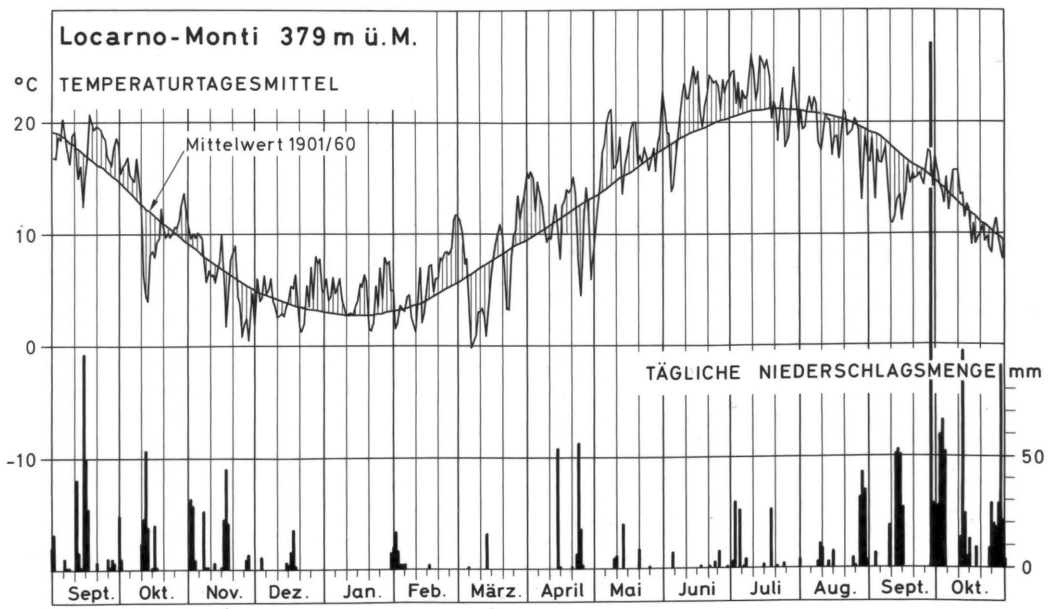
Station	Altitude m s.m.	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Mai/Sept.
a) Station d'observation									
Gütsch	2287	98	75	80	93	77	90	118	85
Säntis 2)	2500	49	104	82	92	64	72	151	79
Weissfluhjoch	2667	125	70	81	90	69	77	146	79
Jungfraujoch (Sphinx)	3578				89	9	78	194	49
Payerne (700 mb) 3)	3100		75	47	104	51	94		77
Munich (700 mb) 3)	3100		175	103	102	65	71		87
Milan (700 mb) 3)	3100		27	45	94	35	86		64
b) Extrapolations pour les névés de									
Clariden 4)	2700	100	49	61	88	63	91	108	75
Clariden 4)	2900		30	47	83	54	92	97	70
Silvretta 5)	2750	143	63	78	88	67	77	149	77
Jungfraufirn (P 3) 6)	3350			5	90	29	83	180	57

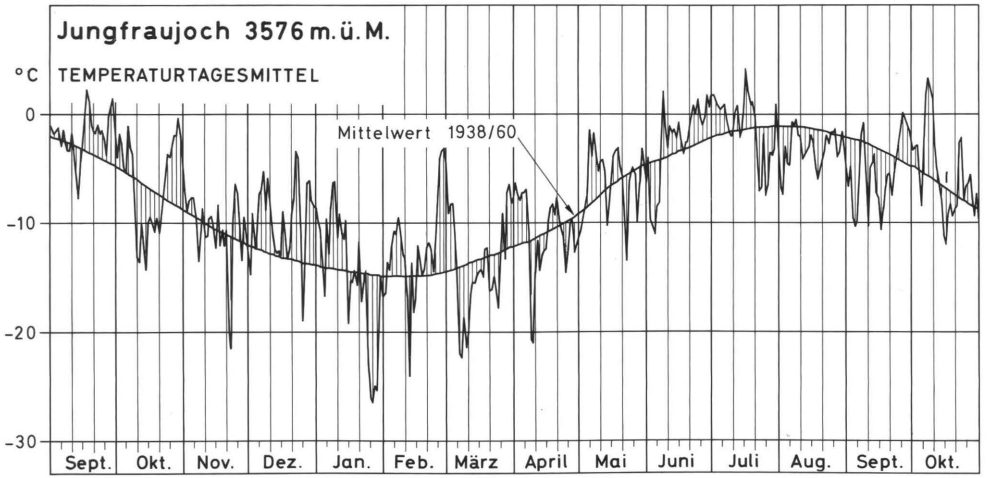
1-6) voir ci-devant, tab. 2a)

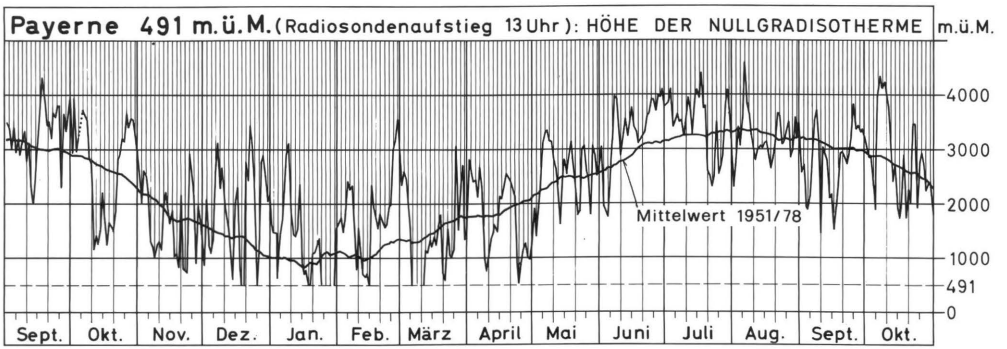
Abbildung 1 / Figure 1

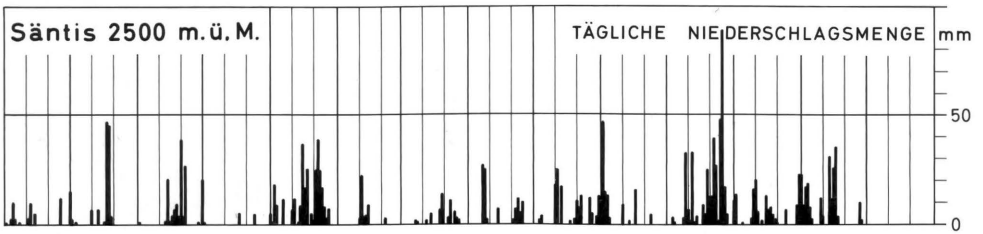
TEMPERATURTAGESMITTEL, TÄGLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE UND HÖHENLAGE DER NULLGRADISOTHERME im Jahr 1975/76






Jungfraujoch 3576 m.ü.M.
°C
TEMPERATURTAGESMITTEL
0
-10
-20
-30
Mittelwert 1938/60
Sept.
Okt.
Nov.
Dez.
Jan.
Feb.
März
April
Mai
Juni
Juli
Aug.
Sept.
Okt.


Payerne 491 m.ü.M. (Radiosondenaufstieg 13 Uhr): HÖHE DER NULLGRADISOTHERME
m.ü.M.
4000
3000
2000
1000
491
0
Mittelwert 1951/78
Sept.
Okt.
Nov.
Dez.
Jan.
Feb.
März
April
Mai
Juni
Juli
Aug.
Sept.
Okt.


Säntis 2500 m.ü.M.
TÄGLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE
mm
50
0

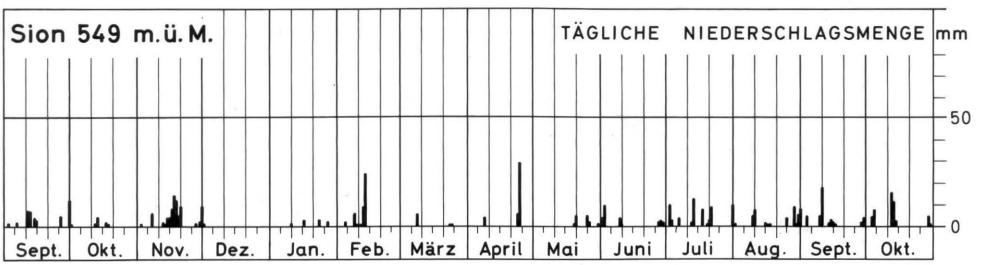
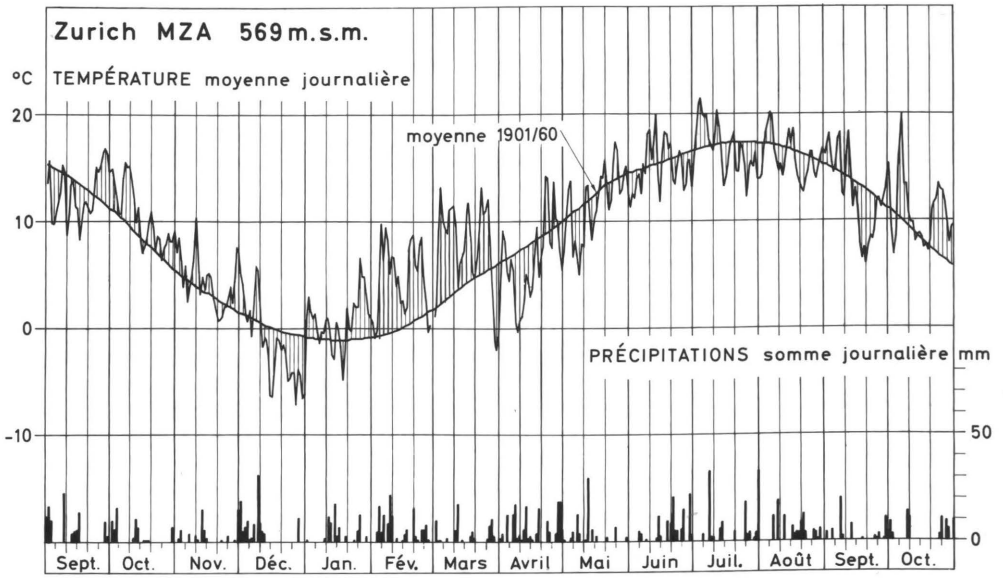
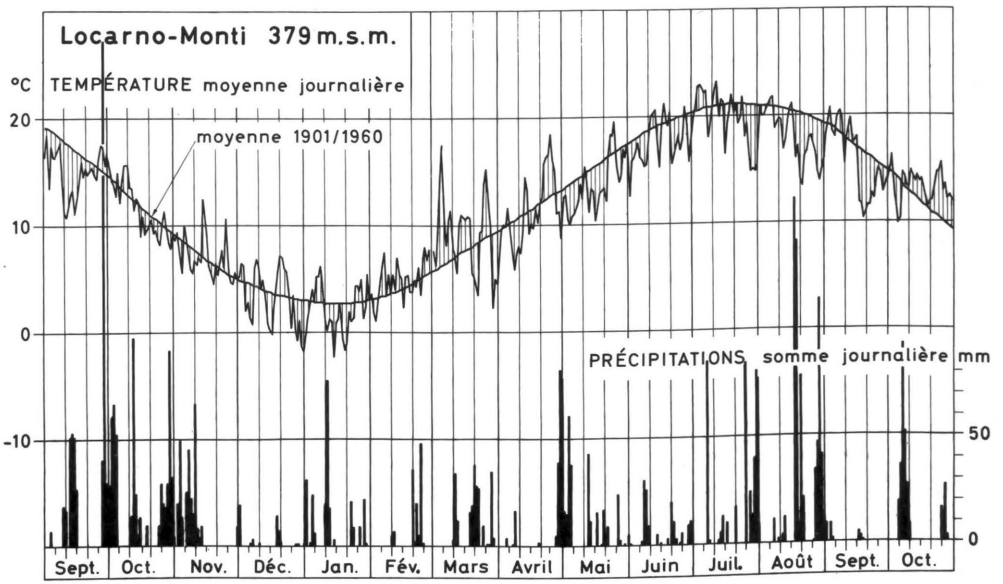
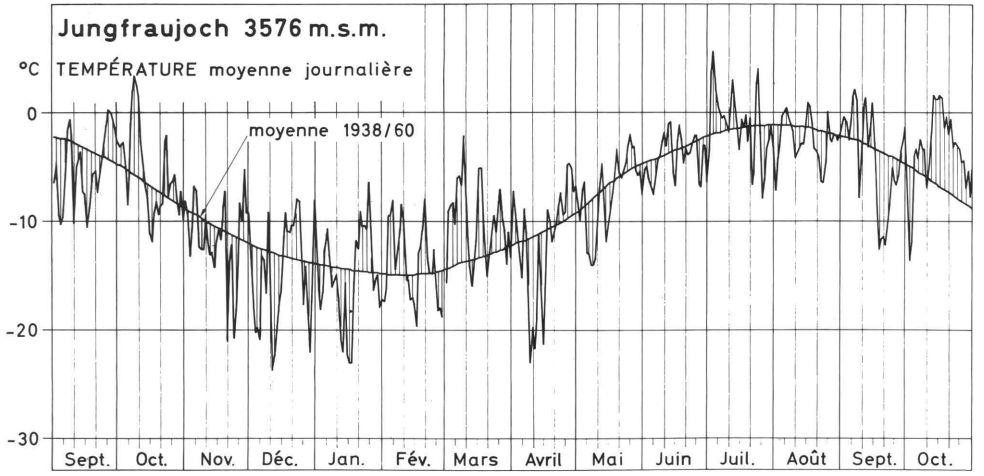

Sion 549 m.ü.M.
TÄGLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE
mm
50
0
Sept.
Okt.
Nov.
Dez.
Jan.
Feb.
März
April
Mai
Juni
Juli
Aug.
Sept.
Okt.

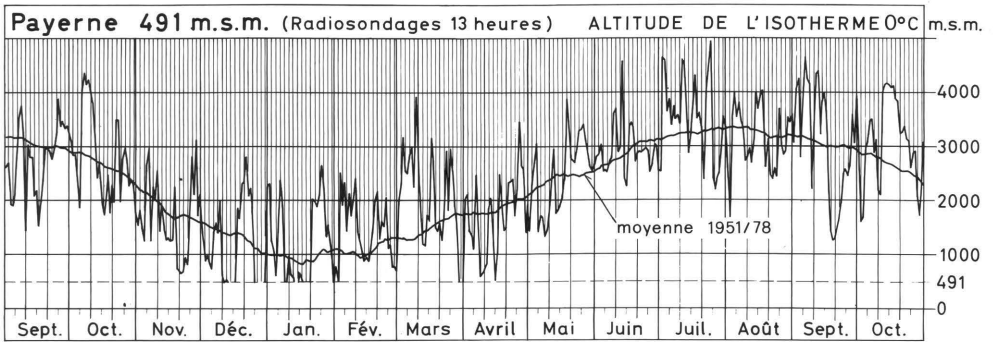
Abbildung 2 / Figure 2

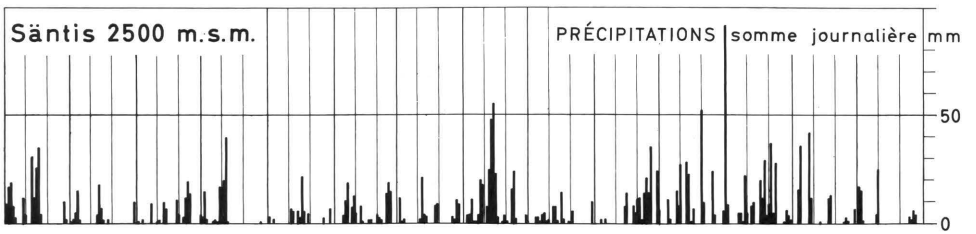
TEMPÉRATURE (moyenne journalière), PRÉCIPITATIONS (somme journalière) ET ALTITUDE DE L'ISOTHERME 0 °C (Radiosondages 13h) en 1976/77






Jungfraujoch 3576 m.s.m.
°C TEMPÉRATURE moyenne journalière
0
-10
-20
-30
moyenne 1938/60
Sept. Oct. Nov. Déc. Jan. Fév. Mars Avril Mai Juin Juil. Août Sept. Oct.


Payerne 491 m.s.m. (Radiosondages 13 heures) ALTITUDE DE L'ISOTHERME 0°C m.s.m.
4000
3000
2000
1000
491
0
moyenne 1951/78
Sept. Oct. Nov. Déc. Jan. Fév. Mars Avril Mai Juin Juil. Août Sept. Oct.


Säntis 2500 m.s.m.
PRÉCIPITATIONS somme journalière mm
50
0

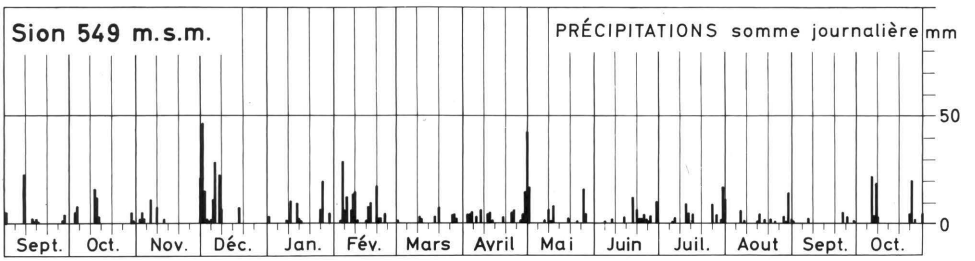

Sion 549 m.s.m.
PRÉCIPITATIONS somme journalière mm
50
0
Sept. Oct. Nov. Déc. Jan. Fév. Mars Avril Mai Juin Juil. Aout Sept. Oct.

Abbildung 3 / Figure 3

NIEDERSCHLAG, TEMPERATUR, SONNENSCHEINDAUER UND ABFLUSS 1975/76

Werte für Monate, Jahreszeiten und Jahr, bezogen auf die Mittelwerte der Periode 1931 ÷ 1960 [für Ausnahmen siehe 1)]

10, ..., 9 Monate Oktober 1975 bis September 1976
W = Winter = Oktober bis April
S = Sommer = Mai bis September
J = Jahr = Oktober bis September

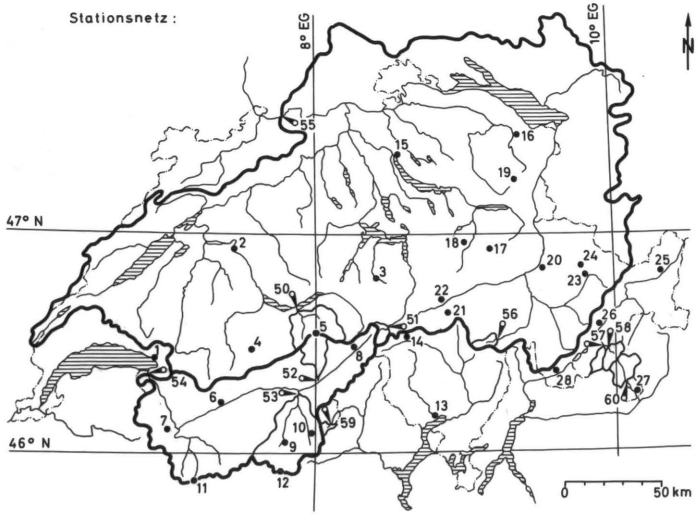
Abflussmengen

Abflussmenge: $\frac{\Delta A}{\bar{A}} = \frac{\text{Abweichung vom Mittelwert}}{\text{Mittelwert}}$

1) Ausnahmen

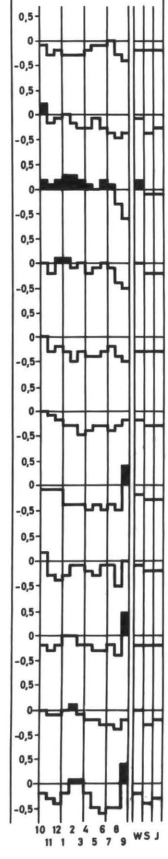
Nr.	Station	Temperatur	Sonnenscheindauer	Abfluss
5	Jungfraujoch	1938/39 ÷ 63/64	1931/32 ÷ 60/61	——
6	Sion	——	1941/42 ÷ 63/64	——
12	Testa Grigia	1952/53 ÷ 63/64	——	——
13	Locarno-Monti	1935/36 ÷ 63/64	1931/32 ÷ 60/61	——
16	St. Gallen	——	1956/57 ÷ 63/64	——
18	Braunwald	——	1935 ÷ 1973	——
22	Disentis	——	1954 ÷ 1973	——
24	Weissfluhjoch	1947 ÷ 1973	1947 ÷ 1973	——
51	Furkareuss / Realp	——	——	1957 ÷ 1973
52	Massa / Massaboden	——	——	1931/32 ÷ 60/61
56	Hinterrhein / Hinterrhein	——	——	1945/46 ÷ 63/64
57	Rosegbach / Pontresina	——	——	1955 ÷ 1973
58	Berninabach / Pontresina	——	——	1955 ÷ 1973
59	Zwischbergenbach / im Fah	——	——	1952 ÷ 1973

Stationsnetz:



Abfluss-Stationen

Nr.	FLUSS / Station	m.ü.M.	Einzugsgebiet: ganze Fläche F in km²	Einzugsgebiet: mittlere Höhe m.ü.M.	Einzugsgebiet: Gletscherfläche % von F	Abfluss $\frac{\Delta A}{\bar{A}}$
50	LÜTSCHINE / Gsteig	582	379	2050	19.5	
51	FURKAREUSS / Realp	1559	61	2465	13.8	
52	MASSA / Blatten bei Naters	1446	195	2945	66.6	
53	VISPA / Visp	650	778	2660	33.1	
54	RHONE / Porte du Sex	374	5220	2130	16.2	
55	RHEIN / Rheinfelden	258	34550	1085	1.6	
56	HINTERRHEIN / Hinterrhein	1581	55	2390	21.6	
57	ROSEGBACH / Pontresina	1766	67	2716	32.8	
58	BERNINABACH / Pontresina	1804	107	2617	19.7	
59	ZWISCHBERGENBACH / im Fah	1745	17	2531	13.4	
60	POSCHIAVINO / le Prese	967	169	2170	6.8	



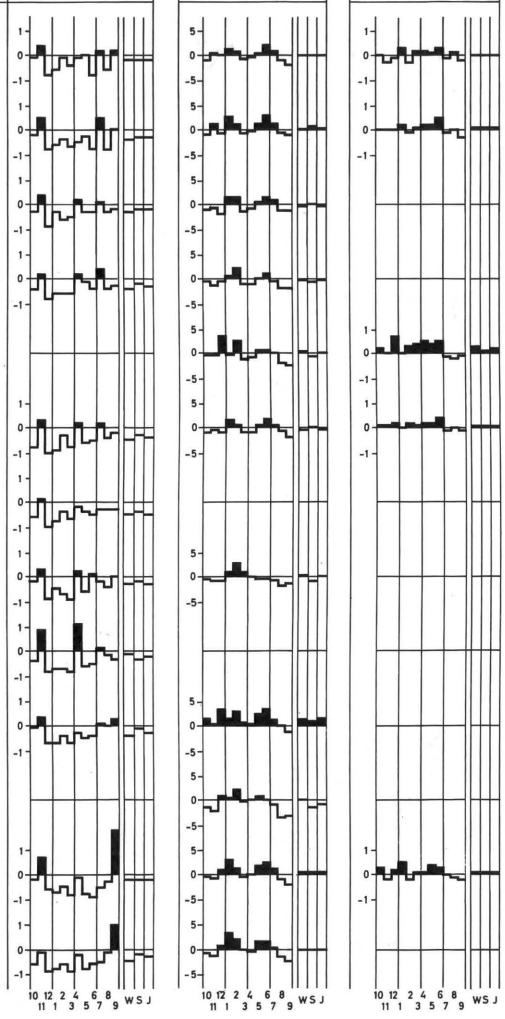
Meteorologische Daten •

$\frac{\Delta N}{\overline{N}}$ = Abweichung vom Mittelwert / Mittelwert

ΔT = Abweichung vom Mittelwert in °C

$\frac{\Delta S}{\overline{S}}$ = Abweichung vom Mittelwert / Mittelwert

Nr.	Station / m.ü.M.	Niederschlag $\frac{\Delta N}{\overline{N}}$	Temperatur ΔT °C	Sonnenscheindauer $\frac{\Delta S}{\overline{S}}$
1	Montreux 408			
2	Bern 572			
3	Engelberg 1018			
4	Adelboden 1355			
5	Jungfraujoch 3576			
6	Sion 549			
7	Les Marécottes 1040			
8	Reckingen 1330			
9	Zermatt 1632			
11	Gr. St. Bernard 2479			
12	Testa Grigia 3488			
13	Locarno Monti 379			
14	Airolo 1149			
15	Zürich 569			
16	St. Gallen 664			
17	Elm 962			
18	S.: Braunwald 1190			
19	Säntis 2500			
20	Chur 585			
21	Platta Medels 1378			
22	S.: Disentis 1173			
23	Davos Platz 1561			
24	Weissfluhjoch 2667			
25	Schuls 1295			
26	Bever 1712			
27	Brusio 840			
28	Vicosoprano 1065			



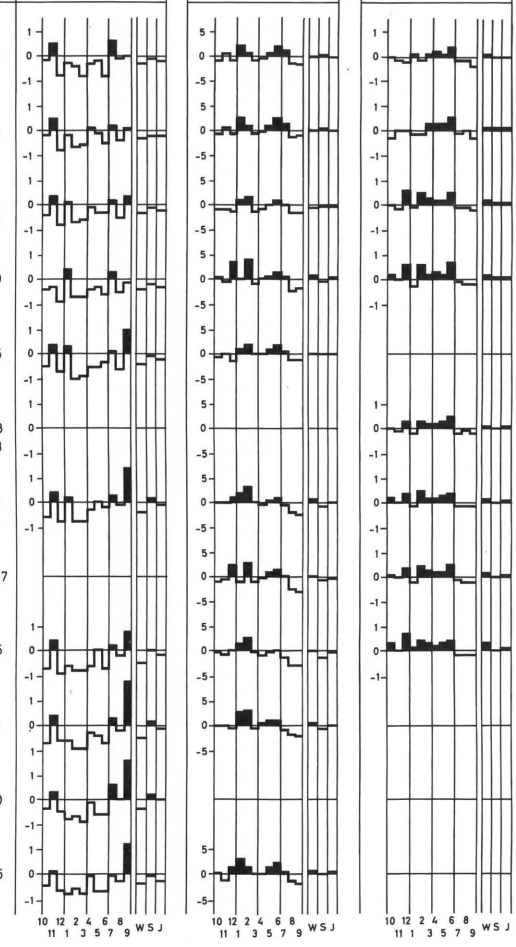


Abbildung 4 / Figure 4

PRÉCIPITATIONS, TEMPÉRATURES, DURÉE D'INSOLATION ET ÉCOULEMENT EN 1976 / 77

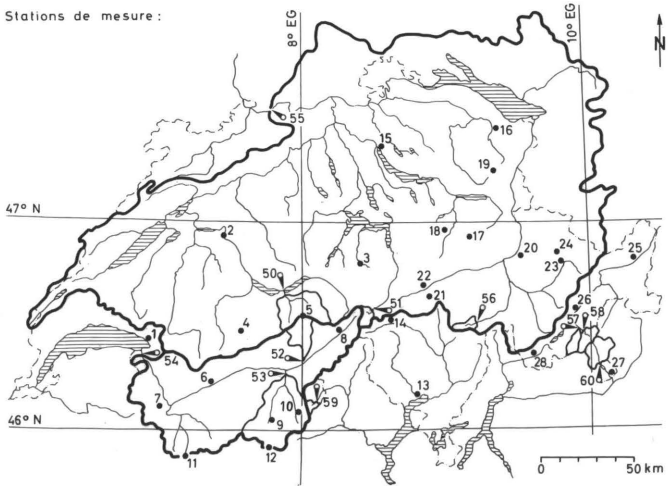
Valeurs mensuelles, saisonnières et annuelles relatives aux valeurs moyennes de la période 1931 ÷ 1960 [exceptions voir 1)]

10, ... ,9 mois d'octobre 1976 à septembre 1977
H = hiver = octobre à avril
E = été = mai à septembre
A = année = octobre à septembre

1) Exceptions :

No.	Station	Température	Durée d'insolation	Débit
5	Jungfraujoch	1938/39 ÷ 63/64	1931/32 ÷ 60/61	———
6	Sion	———	1941/42 ÷ 63/64	———
12	Testa Grigia	1952/53 ÷ 63/64	———	———
13	Locarno-Monti	1935/36 ÷ 63/64	1931/32 ÷ 60/61	———
16	St. Gallen	———	1956/57 ÷ 63/64	———
18	Braunwald	———	1935 ÷ 1973	———
22	Disentis	———	1954 ÷ 1973	———
24	Weissfluhjoch	1947 ÷ 1973	1947 ÷ 1973	———
51	Furkareuss / Realp	———	———	1957 ÷ 1973
52	Massa / Massaboden	———	———	1931/32 ÷ 60/61
56	Hinterrhein / Hinterrhein	———	———	1945/46 ÷ 63/64
57	Rosegbach / Pontresina	———	———	1955 ÷ 1973
58	Berninabach / Pontresina	———	———	1955 ÷ 1973
59	Zwischbergenbach / im Fah	———	———	1952 ÷ 1973

Stations de mesure :

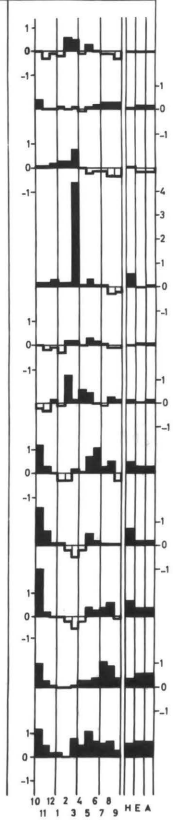


Mesure des débits

Débits : $\frac{\Delta D}{\overline{D}} = \frac{\text{Écart de la moyenne}}{\text{Valeur moyenne}}$

Stations de jaugeage :

No.	RIVIÈRE / Station	m.s.m.	Bassin versant Superficie totale S en km²	Bassin versant Altitude moyenne m.s.m.	Bassin versant Aire englacée en % de S	Débits $\frac{\Delta D}{\overline{D}}$
50	LÜTSCHINE / Gsteig	582	379	2050	19.5	
51	FURKAREUSS / Realp	1559	61	2465	13.8	
52	MASSA / Blatten bei Naters	1446	195	2945	66.6	
53	VISPA / Visp	650	778	2660	33.1	
54	RHONE / Porte du Sex	374	5220	2130	16.2	
55	RHEIN / Rheinfelden	258	34550	1085	1.6	
56	HINTERRHEIN / Hinterrhein	1581	55	2390	21.6	
57	ROSEGBACH / Pontresina	1766	67	2716	32.8	
58	BERNINABACH / Pontresina	1804	107	2617	19.7	
59	ZWISCHBERGENBACH / im Fah	1745	17	2531	13.4	
60	POSCHIAVINO / le Prese	967	169	2170	6.8	



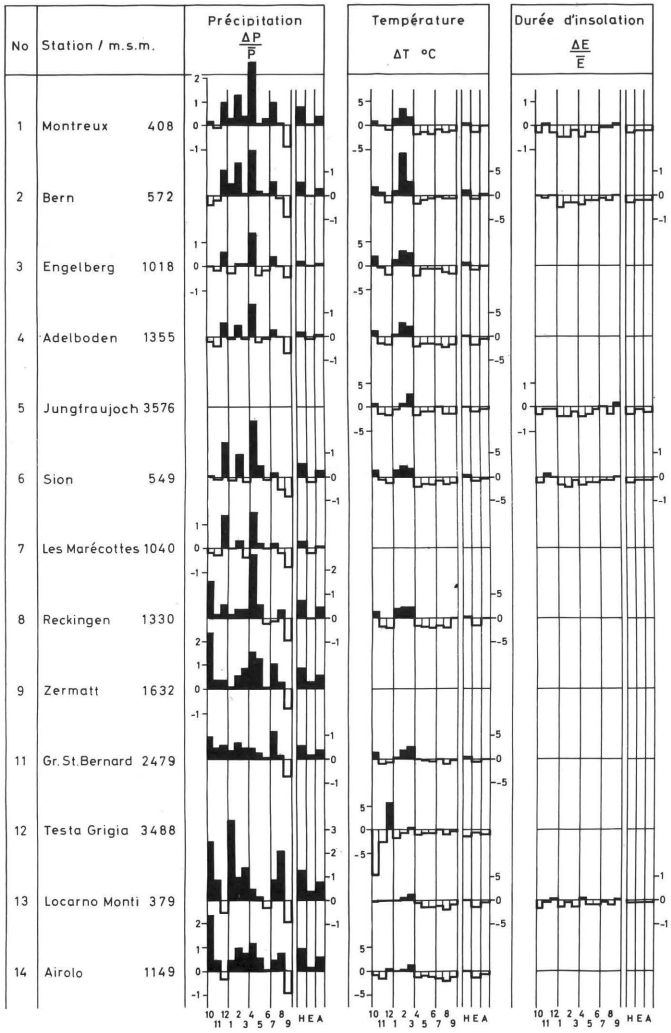
Donnees météorologiques •

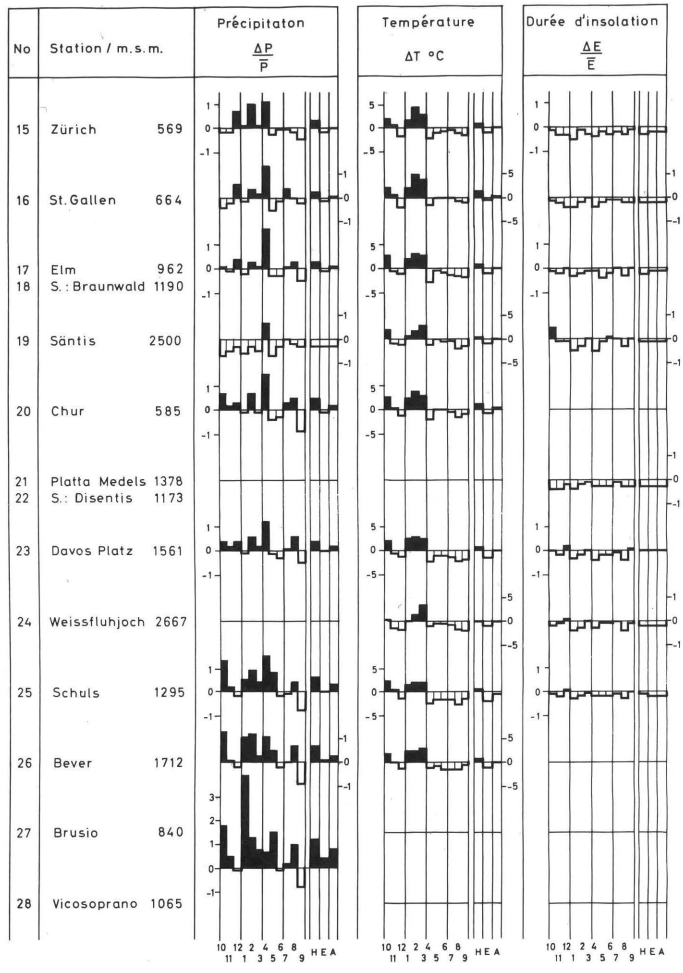
$\frac{\Delta P}{P}$ = $\frac{\text{Écart de la moyenne}}{\text{Valeur moyenne}}$

$\Delta T\ °C$ = Écart de la moyenne

$\frac{\Delta E}{E}$ = $\frac{\text{Écart de la moyenne}}{\text{Valeur moyenne}}$

No	Station / m.s.m.	
1	Montreux	408
2	Bern	572
3	Engelberg	1018
4	Adelboden	1355
5	Jungfraujoch	3576
6	Sion	549
7	Les Marécottes	1040
8	Reckingen	1330
9	Zermatt	1632
11	Gr. St. Bernard	2479
12	Testa Grigia	3488
13	Locarno Monti	379
14	Airolo	1149
15	Zürich	569
16	St. Gallen	664
17	Elm	962
18	S.: Braunwald	1190
19	Säntis	2500
20	Chur	585
21	Platta Medels	1378
22	S.: Disentis	1173
23	Davos Platz	1561
24	Weissfluhjoch	2667
25	Schuls	1295
26	Bever	1712
27	Brusio	840
28	Vicosoprano	1065





1.4 DATEN UEBER DIE WINTERSCHNEEDECKE

Bemerkungen zu den Schneemessstationen

Die in Abbildung 5 sowie in den Tabellen 3 und 4 aufgeführten Stationen sind eine Auswahl der durch das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch-Davos (EISLF), die Schweizerische Meteorologische Anstalt, Zürich (SMA) oder die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) an der ETH Zürich betriebenen Messstellen. Die Stationen Nr. 8, 12 und 17 gehören zum Netz der SMA, die 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. Vollständigere Daten sind im Jahrbuch "Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1975/76", Winterbericht des EISLF, Weissfluhjoch-Davos, Nr. 40 und im entsprechenden Jahrbuch für das Jahr 1976/77, Winterbericht 41, zu finden. Im vorliegenden Bericht neu aufgenommen sind die Stationen Mürren, Gütsch, Säntis, Montana, Saas-Almagell, Arosa, Santa Maria, Samedan und Ftan.

1.4 DONNEES NIVOLOGIQUES

Remarques concernant les stations nivométriques

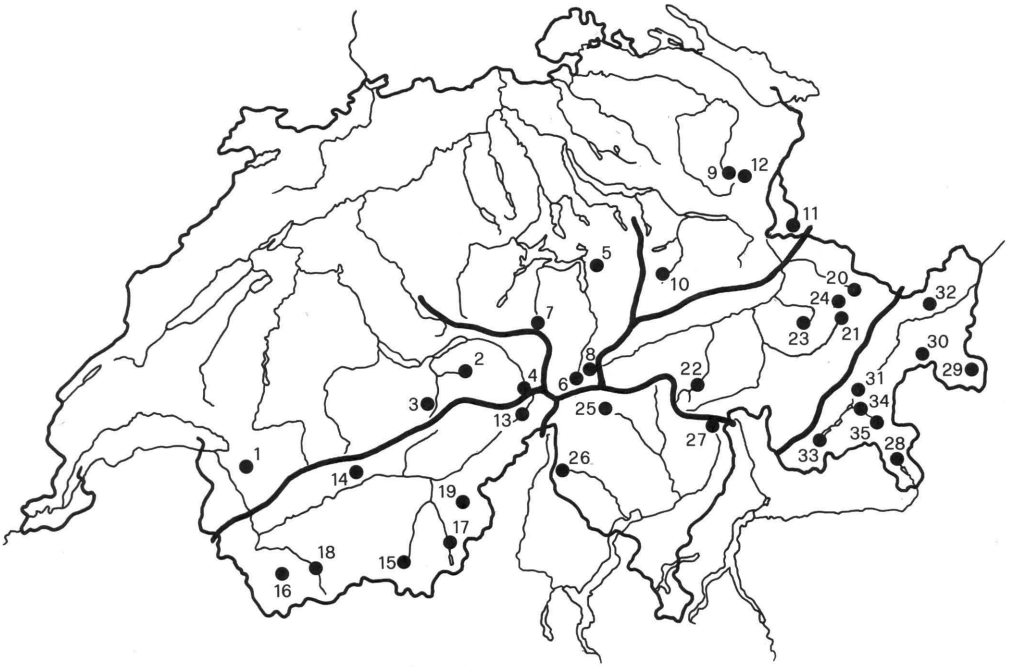
Les stations nivométriques indiquées à la figure 5 ainsi que dans les tableaux 3 et 4 sont choisies parmi les stations exploitées par l'Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches au Weissfluhjoch-Davos (IFENA), l'Institut suisse de météorologie (ISM) ou par les Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'EPF Zurich. 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, les autres font partie du réseau commun à l'IFENA et aux VAW. On trouvera des données plus complètes dans l'annuaire "Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1975/76", rapport hivernal no 40 de l'IFENA, Weissfluhjoch-Davos, pour l'hiver 1975/76 et respectivement, dans l'annuaire no 41 pour l'hiver 1976/77. Ont été nouvellement ajoutées dans ce rapport les stations de Mürren, Gütsch, Säntis, Montana, Saas-Almagell, Arosa, Santa Maria, Samedan et Ftan.

Abbildung 5

Figure 5

SCHNEEMESSSTATIONEN

STATIONS NIVOMETRIQUES



a) Alpennordseite Nord des Alpes		b) inneralpines Gebiet Régions internes		c) Alpensüdseite+Engadin Sud des Alpes+Engadine	
Nr. Station	Höhe m ü. M.	Nr. Station	Altitude m s.m.	Nr. Station	Höhe m ü. M.
1 Leysin	1250	13 Ulrichen	1345	25 Ambri	1000
2 Grindelwald-Bort	1570	14 Montana	1470	26 Bosco-Gurin	1490
3 Mürren	1670	15 Zermatt	1610	27 San Bernardino-Dorf	1630
4 Grimsel	1970	16 Bourg-St. Pierre	1650	28 Poschiavo	1014
5 Stoos	1290	17 Saas Almagell	1667	29 Sta. Maria	1400
6 Andermatt	1440	18 Mauvoisin	1840	30 La Drossa	1710
7 Trübsee	1800	19 Simplon Hospiz	2000	31 Samedan	1710
8 Gütsch	2287	20 Klosters EW	1200	32 Ftan	1710
9 Schwägalp	1290	21 Davos-Dorf	1560	33 Maloja	1810
10 Braunwald	1320	22 Zervreila	1735	34 Pontresina	1840
11 Malbun	1600	23 Arosa	1818	35 Berninahäuser	2049
12 Säntis	2500	24 Weissfluhjoch	2540		

Tabelle 3. Daten über die Schneedecke im Winter 1975/76

Station	Meereshöhe	Periode mit permanenter Schneedecke			Grösste Schneehöhe		Grösster Wasserwert der Schneedecke	
	Meter	erster Tag	letzter Tag	Dauer Tage	Betrag cm	Datum	Betrag mm	Datum
Leysin.....	1250	17.11.	30.3.	135	80	14. 2.	161	15.3.
Grindelwald-Bort..	1570	17.11.	3.4.	139	110	14. 2.	217	1.3.
Mürren.....	1670	11.10.	12.4.	184	124	14. 2.	-	-
Grimsel.....	1970	11.10.	25.5.	228	245	25. 4.	-	-
Stoos.....	1290	16.11.	19.4.	156	124	15. 2.	245	27.2.
Andermatt.....	1440	17.11.	20.4.	156	108	24. 1.	250	16.2.
Trübsee.....	1800	10.10.	31.5.	235	185	24. 4.	611	1.5.
Gütsch.....	2287	11.10.	24.5.	227	160	15. 4.	-	-
Schwägalp.....	1290	18.11.	15.4.	150	172	28. 1.	389	14.2.
Braunwald.....	1320	18.11.	30.4.	165	145	15. 2.	352	16.2.
Malbun.....	1600	18.11.	20.4.	155	103	25. 1.	268	3.2.
Säntis.....	2500	14.10.	29.6.	259	344	10. 4.	-	-
Ulrichen.....	1345	8.11.	31.3.	145	78	14. 2.	156	2.2.
Montana.....	1470	15. 1.	28.3.	73	63	15.+16.2.	-	-
Zermatt.....	1610	3.11.	10.4.	160	74 1)	16. 2. 1)	189	15.3.
Bourg-St.-Pierre..	1650	17.11.	4.3.	109	48 2)	1.12. 2)	59	15.2.
Saas Almagell.....	1667	11.10.	7.4.	141	87	19.11.	-	-
Mauvoisin.....	1800	8.11.	18.4.	163	93	14. 2.	260	15.3.
Simplon Hospiz....	2000	11.10.	11.5.	214	140	25. 4.	-	-
Klosters EW.....	1200	18.11.	13.4.	148	143	25. 1.	249	15.2.+15.3.
Davos Flüelastrasse	1550	18.11.	15.4.	150	102	23. 1.	211	15.2.
Zervreila.....	1735	11.10.	20.4.	193	100	1.12.	234	1.3.
Arosa.....	1818	18.11.	4.5.	168	117	25. 1.	-	-
Weissfluhjoch.....	2540	13.10.	20.6.	252	163	25. 1.	486	1.5.
Ambri.....	1000	27.11.	18.1.	53	42	24. 4.	-	-
Bosco-Gurin.....	1510	8.11.	27.3.	141	110	1.12.	207	9.2.
San Bernardino Dorf	1630	8.11.	4.4.	149	91	1.,2.+4.12.	215	15.3.
Poschiavo.....	1014	21.11.	4.1.	45	15	1.12.	-	-
Santa Maria	1400	16.11.	27.3.	133	74	1.12.	94	1.2.
La Drossa.....	1710	13.11.	19.4.	159	68	1.12.	161	16.3.
Samedan.....	1710	15.11.	30.3.	137	65	1.12.	-	-
Ftan.....	1710		2.4.		62	24. 1.	-	-
Maloja.....	1810	16.11.	5.4.	142	102	1.12.	193	14.2.
Pontresina.....	1840	16.11.	30.3.	136	70	1.12.	-	-
Berninahäuser.....	2049	16.11.	7.4.	144	65	6.+7.2.	-	-

1) Schneehöhe am 24. April: 103 cm / hauteur de la couche de neige 103 cm, le 24 avril.
2) Schneehöhe am 24. April: 78 cm / hauteur de la couche de neige 78 cm, le 24 avril.

Tableau 4. Enneigement de l'hiver 1976/77

Station	Altitude	Période d'enneigement continu			Hauteur maximale de la couche de neige		Valeur maximale de l'équivalent en eau de la couche de neige	
	m s.m.	Premier jour	Dernier jour	Durée jours	cm	Date	mm	Date
Leysin.....	1250	1.12.	9.3.	99	95	17.1.	150	30.1.
Grindelwald-Bort..	1570	7.11.	6.5.	181	113	17.1.	346	28.2.
Mürren.....	1670	8.11.	10.5.	184	115	16.4.	410	15.4.
Grimsel.....	1970	29.10.	13.6.	228	433	15.4.	-	-
Stoos.....	1290	14.11.	25.3.	132	120	17.1.	233	1.2.
Andermatt.....	1440	8.11.	7.5.	181	123	18.1.	333	1.3.
Trübsee.....	1800	4.11.	14.6.	223	270	16.4.	795	17.5.
Gütsch.....	2287	13.10.	28.6.	259	380	16.4.	-	-
Schwägalp.....	1290	14.11.	2.5.	170	168	17.1.	413	4.3.
Braunwald.....	1320	20.11.	6.5.	168	150	16.4.	295	16.2.
Malbun.....	1600	14.11.	1.5. 1)	169	104	16.4.	178	16.2.
Säntis.....	2500	31.10.	30.7.	273	620	16.+17.4.	-	-
Ulrichen.....	1345	8.11.	11.5.	185	144	26.+27.2.	454	15.3.
Montana.....	1470	25.11.	31.3.	127	89	17.1.	-	-
Zermatt.....	1610	4.11.	19.4.	167	103	25.2.+2.3.	264	15.3.
Bourg-St-.Pierre..	1650	14.11.	22.3.	129	70	14.1.	166	1.3.
Saas Almagell.....	1667	4.11.	23.4.	171	100	21.3.	-	-
Mauvoisin.....	1800	7.11.	22.5.	197	148	10.4.	466	14.4.+3.5.
Simplon Hospiz....	2000	29.10.	13.6.	228	280	1.5.	-	-
Klosters EW.....	1200	12.11.	30.4.	170	117	13.12.	313	1.3.
Davos Flüelastrasse	1550	12.11.	30.4.	170	101	3. 3.	280	1.3.
Zervreila.....	1735	30.10.	17.5.	200	138	16. 4.	420	15.4.
Arosa.....	1818	8.11.	20.5.	194	170	16. 4.	-	-
Weissfluhjoch.....	2540	14.10.	13.7.	273	304	16. 4.	1003	16.5.
Ambri.....	1000	1.12.	2.4.	123	104	25. 2.	-	-
Bosco-Gurin.....	1510	29.10.	26.4.	180	200	22. 3.	320	26.2.
San Bernardino Dorf	1630	29.10.	18.5.	202	243	25. 2.	579	21.3.
Poschiavo.....	1014	1.11.	25.3.	145	90	15.+16.1.	-	-
Santa Maria.....	1400	20.11.	20.4.	152	119	25. 2.	251	1.3.
La Drossa.....	1710	30.10.	11.5.	194	127	25. 2.	329	2.4.
Samedan.....	1710	8.11.	27.4.	171	126	25. 2.	-	-
Ftan.....	1710	20.11.	29.4.	161	96	7.+25.2.	213	2.3.
Maloja.....	1810	29.10.	18.5.	202	244	25. 2.	563	15.3.
Pontresina.....	1840	8.11.	28.4.	172	140	25. 2.	-	-
Berninahäuser.....	2049	28.10.	17.5.	202	150	25.2.+29.3.	-	-

1) Sans neige le 4 avril / aper am 4. April

2. GLETSCHERCHRONIK

2.1 TAETIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1975/76

Die frühen und zum Teil ausgiebigen Schneefälle im Spätsommer und Herbst des Berichtsjahres beeinträchtigten bei manchen, vor allem bei hochgelegenen kleinen Gletschern die nach der starken Ausaperung im Frühsommer für die Zungenbeobachtung anfänglich günstigen Verhältnisse in erheblichem Masse. Für die Aufnahme von Luftbildern im Hochgebirge war der ganze Sommer und mit Ausnahme weniger Tage im Oktober auch der Herbst 1976 ausgesprochen ungünstig. Den besonderen Anstrengungen unserer Beobachter und einem ausserordentlichen Einsatz der Operateure der Eidgenössischen Landestopographie (L+T) und der Eidgenössischen Vermessungsdirektion (V+D) am Wochenende des 9./10. Oktobers ist es zu verdanken, dass im Berichtsjahr trotz den oben erwähnten erschwerten Bedingungen bei rund 120 Gletschern die periodische Messung oder Beobachtung am Boden oder aus der Luft wiederholt werden konnte. Von den 116 im Beobachtungsnetz der Gletscherkommission erfassten Gletschern sind 73 nur am Boden gemessen oder besucht, 22 sowohl am Boden als auch aus der Luft beobachtet, 10 nur im Luftbild festgehalten worden. Die Messungen am Boden sind durchgeführt worden bei 69 Gletschern von den Forstdiensten der Kantone Wallis (22 Gletscher), Waadt (4), Bern (10), Uri (9), Obwalden (1), Glarus (3), St. Gallen (2), Graubünden (13) und Tessin (5), bei je 13 Gletschern durch die Abteilung für Hydrologie und Glaziologie der VAW und die privaten Mitarbeiter P.Mercier (4), R.Zimmermann(1), J.-L.Blanc (3), H. und V.Boss (2), E.Hodel (1) und A.Godenzi (2), bei 1 Gletscher durch die Kraftwerkgesellschaft Mauvoisin. Bei den 10 anhand der Luftbilder beurteilten Gletschern bestand die Luftbildauswertung in 6 Fällen im visuellen Vergleich mit früheren Aufnahmen, in den übrigen 4 Fällen in einer photogrammetrischen Auswertung am Autographen. Diese wurde wie in früheren Jahren ausgeführt bei 1 Gletscher für die VAW durch das Geodätische Institut der ETHZ (Allalin), bei 1 Gletscher für die Kraftwerkgesellschaft Mauvoisin durch das Vermessungsbüro H.Leupin in Bern (Giétro), bei 2 Gletschern für die Kraftwerkgesellschaft Oberhasli durch das Vermessungsbüro A.Flotron in Meiringen. Beim Pierredar, der in Bezug auf die Längenänderung nach visuellem Luftbildvergleich beurteilt worden ist, sind für den Kanton Waadt durch das Vermessungsbüro J.Vetterli in Genf luftphotogrammetrisch Oberflächenprofile aufgenommen worden. Von den 11 nicht besuchten Netzgletschern werden 4 nicht mehr oder noch nicht regelmässig gemessen, bei 1 wurde der Aufnahmeflug, bei den restlichen 6 die Messung am Boden durch ungünstige Wetter- oder Schneeverhältnisse verhindert. Im Rahmen der jährlichen Erhebungen der Gruppe für gefährliche Gletscher oder im Zusammenhang mit praktischen, von der VAW im Auftrag von Dritten untersuchten Problemen sind ausser 5 gleichzeitig dem Zungenbeobachtungsnetz der Gletscherkommission angehörenden 14 weitere steile Gletscher aus der Luft photographiert worden, davon 13 in jährlicher Wiederholung. Zusätzlich aufgenommen wurde der Clariden. Tabelle 5 enthält ein ausführliches Verzeichnis der Senkrechtaufnahmen, die 1976 und 1977 durch L+T oder V+D von Gletschern erstellt worden sind. Bei den meisten Flügen handelte es sich um jährlich in erster Linie für glaziologische Zwecke wiederholte Aufnahmen, wobei insgesamt 34 Glet-

scher erfasst wurden. Bei 10 Netzgletschern und 1 weiteren Gletscher ergab sich die Gelegenheit zur Aufnahme aus dem von der L+T zur Revision der Landeskarte durchgeführten Flugprogramm. Gletscherstürze im Juni gaben Anlass zu Flügen ausserhalb der Routineprogramme über 5 Gletschern.

Neu ins Messnetz der Gletscherkommission aufgenommen worden ist der zweigeteilte Cavagnoligletscher im Cristallinagebiet. Kreisförster G.Ciseri, Locarno, hat mit seinen Mitarbeitern eine Messbasis an der Zunge des nördlicher gelegenen Hauptgletschers eingerichtet. Ausser den im letzten Bericht gemeldeten Mutationen bei den Beobachtern, die zum Teil die Berichtsperiode 1975/76 betrafen, sind uns keine Wechsel bekannt geworden. Durch einen tragischen Unfall ist Dr. Heinz Rutishauser allzufrüh aus dem Leben geschieden. Seiner gelegentlichen Mitarbeit als Begleiter oder Stellvertreter von alt Kreisförster R.Schwammberger bei den Zungenmessungen am Eiger- und Tschingelgletscher, vor allem aber seinen eigenen geologischen und glaziologischen Untersuchungen in jener Gegend verdanken wir manchen interessanten Hinweis und wertvollen Beitrag zur Kenntnis der Gletscher im Lauterbrunnental. Die Gletscherkommission dankt allen Beobachtern, anderen Mitarbeitern und Institutionen, die in irgend einer Form zu unseren Erhebungen beigetragen haben.

Ueber die Gletscherveränderungen auf der ganzen Erde gibt es Berichte, die von 1895 an durch die im Vorjahr gegründete Internationale Gletscherkommission und später durch die Internationale Assoziation für wissenschaftliche Hydrologie (IAHS) und deren Internationale Kommission für Schnee und Eis (ICSI) herausgegeben worden sind (9*). Im Jahre 1967 ist diese Arbeit durch einen ständigen Dienst zur Erfassung der Gletscherveränderungen, den PSFG (Permanent Service on the Fluctuations of Glaciers) im Rahmen des internationalen Rates der wissenschaftlichen Unionen (ICSU) übernommen worden, mit Peter Kasser, Zürich, als Direktor. Nach dessen Rücktritt im Jahre 1974 wurde im Berichtsjahr 1976 Fritz Müller, Leiter des Geographischen Instituts der ETH, Zürich, als Nachfolger gewählt. Die Organisation, Auswertung und Publikation der Beobachtungen über die Gletscherveränderungen in der Schweiz wird auf nationaler Ebene in Zusammenarbeit mit der GK/SNG unverändert durch die VAW betreut.

Wie in den vorangehenden Berichten soll nachstehend über einzelne Forschungsprojekte informiert werden.

Seit den fünfziger Jahren wird das Eis der polaren Eiskappen (Grönland, Antarktis) mit tiefen Bohrungen erforscht. Diese aufwendigen Forschungsarbeiten haben ein neues Licht auf die Geschichte der Atmosphäre in den letzten etwa 100 000 Jahren geworfen. Von besonderem Interesse ist aber auch die Entwicklung der Atmosphäre in einem industriellen Ballungsgebiet seit dem Beginn der Industrialisierung. Voraussetzung dafür, dass man z.B. den Gang der Luftverschmutzung anhand von Firn- und Eisschichten untersuchen kann, ist ein Gletscher,

---

(9*) In Klammern gesetzte Zahlen mit Stern verweisen auf die Literaturangaben am Schluss dieses Kapitels (S. 49)

der so kalt ist, dass das wenige im Sommer entstehende Schmelzwasser unmittelbar an der Firnoberfläche wiedergefriert, nicht versickert und deshalb die in den tiefer liegenden Schichten enthaltene Information (Staub, Gase) nicht verwischt. Eistemperaturmessungen auf dem Grenzgletscher (Gletscherbericht 1974/75) deuteten darauf hin, dass diese Bedingung auf dem Monte Rosa erfüllt ist. Im Rahmen eines gemeinsamen Projekts des Physikalischen Instituts der Universität Bern und der VAW wurden deshalb in den Sommern 1976 und 1977 auf dem Colle Gnifetti (4450 m ü.M., Bilder 1-3) mehrere Kernbohrungen ausgeführt. Dabei wurde ein im Laufe der letzten Jahre vom Berner Institut entwickeltes elektromechanisches Bohrgerät verwendet. Die tiefste Bohrung erreichte 65 Meter. Aus Bohrloch-Temperaturmessungen kann man abschätzen, dass die Jahresmitteltemperatur an der Firnoberfläche rund $-15^{\circ}C$ beträgt und das Schmelzwasser tatsächlich unmittelbar an der Oberfläche gefriert, wobei es horizontale Eislinsen bildet. Die Untersuchungen an den Bohrkernen konzentrierten sich vorerst auf die Altersbestimmung einzelner Horizonte mit Hilfe konventioneller wie auch allermodernster Methoden (Analyse von Eislinsen, Saharastaub, Tritium, Sauerstoffisotopen, radioaktivem Zerfall von Blei). Der jährliche Firnzuwachs kann nach den ersten Resultaten auf 30-35 cm Wasserwert pro Jahr geschätzt werden, was an der Oberfläche rund 1 bis 1 1/2 Metern Schnee entspricht. Das Alter der tiefsten Bohrkerne beträgt rund 150 Jahre. Proben der Bohrkerne wurden in verschiedenen Instituten Europas untersucht (10*-13*).

Auch im temperierten, nassen Firn des Ewigschneefeldes wurden Kernbohrungen vorgenommen. Die grösste erreichte Tiefe beträgt hier 39 Meter. Während an den Bohrkernen vor allem der Einfluss des Firnwassers auf den Gasgehalt von temperiertem Gletschereis untersucht wird, dienten die Bohrlöcher der Beobachtung des in rund 25 bis 30 Metern Tiefe liegenden "Grundwasserspiegels" und damit der Arbeitsgruppe, über die im Vorjahr berichtet worden ist.

Am Griesgletscher im Aeginental sind in den Sommern 1975 und 1976 die an der Gletscheroberfläche sichtbaren Strukturen im Eis wie Schichtgrenzen, Spalten, Scherflächen, Schieferung in allen Einzelheiten kartiert und untersucht worden durch Spezialisten des Geologischen Instituts der ETH Zürich. Das besondere Augenmerk dieser Forscher galt den Beziehungen der erfassten Strukturelemente zu den Bewegungs- und Spannungsverhältnissen im Gletscher, die am weitmaschigen Pegelnetz der VAW 1972/73 bestimmt und durch Verformungsmessungen an einem speziellen engmaschigen Pegelnetz in einem Querprofil für die Berichtsjahre ergänzt wurden (14*, 15*).

Im schneearmen Winter 1975/76 vermochte die Kälte tiefer in den Boden und in die Gletscher einzudringen als in schneereichen Jahren. Als im Juni unvermittelt auch im Hochgebirge die Luft stark erwärmt wurde, lag die Temperatur im Firn und Eis noch wesentlich unter dem Schmelzpunkt. Dieser Umstand begünstigte die Bildung und Erhaltung von temporären Gletscherrandseen, welche sich beispielsweise am Aletschgletscher trotz früherer Schneeschmelze wesentlich später entleerten als in anderen Jahren. Der Märjelensee als grösster Randsee des Aletschgletschers blieb zum erstenmal seit 1964 sogar während des ganzen Sommers voll.

Es ist denkbar, dass in ähnlicher Weise Zusammenhänge bestanden zwischen Witterung und mehreren Gletscherstürzen, die sich zu Beginn der Hitzeperiode an hochgelegenen Hängegletschern ereigneten. Die 2 folgenschwersten fielen am Sonntag, den 13. Juni, im Val de Bagnes und an der Jungfrau im Berner Oberland. Beim Absturz der Silberlaui vom Hochfirn an der Jungfrau wurde auf der Stufensteinalp eine Gruppe von 3 Bergsteigern verschüttet. Ihre Leichen konnten zum Teil erst nach mehrtägiger Suche geborgen werden. Einen glimpflichen Verlauf nahm der Fall im Wallis, wo eine vom Hängegletscher in der Nordostflanke des Tournelon Blanc abgestürzte Eislawine die Alpstrasse von Mauvoisin nach Chanrion verschüttete und zahlreichen Automobilisten den Rückweg ins Tal versperrte. Sie erreichte teilweise auch den Stausee, vermochte jedoch keine an der Staumauer feststellbare Flutwelle zu erzeugen. Ohne Folgen blieben Eisstürze, die sich in den gleichen Tagen am Claridenstock ereigneten. Eine Woche später, am 20. Juni, wurden am Liskamm 7 Alpinisten von einer Eislawine mitgerissen und zum Teil schwer verletzt.

Die im Herbst aufgenommenen Luftbilder lassen bei mehreren Gletschern Anzeichen von Rutschungsvorgängen erkennen, die beim Trift- bzw. Tälligletscher im Saastal zu einem grösseren Eissturz führten. Bei diesem Gletscher sind grössere Stürze auch in den Jahren 1959, 1966, 1969 und 1973 festgestellt worden.

Literaturangaben zu Kapitel 2.1 / Références du chapitre 2.1

9*) Müller, F. (1977): Fluctuations of Glaciers 1970-1975 (Vol. III). - IAHS (ICSI) and UNESCO, Paris.

10*) Oeschger, H., Schotterer, U., Stauffer, B., Haeberli, W. and Röthlisberger, H. (1978): First results from alpine core drilling projects. Appendices: 210Po (210Pb) dating on the Colle Gnifetti core 1976 (Gäggeler, H.); Sahara dust in the Alps - a short review (Haeberli, W.). - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie Bd. 13, H. 1/2 (1977), S. 193-208.

11*) Neftel, A. (1980): Untersuchungen an einem Eisbohrkern vom Grenzgletscher in Bezug auf Raumladungssignal, pH-Wert, Leitfähigkeit, Stratigraphie und Totalgasgehalt. Die Analyse der 14C-Messungen von absolut datierten Baumringproben. - Diss. Universität Bern.

12*) Wagendach, D. (1981): Pilotstudie zur Aerosoldeposition auf einer hochalpinen "kalten" Firndecke. - Diss. Universität Heidelberg.

13*) Schotterer, U., Haeberli, W., Good, W., Oeschger, H. und Röthlisberger, H. (1981): Datierung von kaltem Firn und Eis in einem Bohrkern vom Colle Gnifetti, Monte Rosa. - Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, wissenschaftlicher Teil, 1978, S. 48-57.

14*) Hambrey, M.J. and Milnes, A.G. (1977): Structural geology of an Alpine Glacier (Griesgletscher, Valais, Switzerland). - Eclogae Geologicae Helveticae, Vol 70, No. 3, p. 667-684.

15*) Hambrey, M.J., Milnes, A.G. and Siegenthaler, H. (1980): Dynamics and structure of Griesgletscher, Switzerland. - Journal of Glaciology, Vol. 25, No. 92, p. 215-228.

Literaturangaben zu Kapitel 2.2 / Références du chapitre 2.2

16*) Röthlisberger, H., Iken, A. and Spring, U. (1979): Piezometric observations of water pressure at the bed of Swiss glaciers (Abstract). In: Symposium on Glacier Beds, Ottawa, 15 - 19 August 1978. Journal of Glaciology, Vol. 23, No. 89, p. 429.

17*) Deichmann, N., Ansorge, J. and Röthlisberger, H. (1979): Observations of glacier seismicity on Unteraargletscher (Abstract). In: Symposium on Glacier Beds, Ottawa, 15 - 19 August 1978. Journal of Glaciology, Vol. 23 No. 89, p. 409.

18*) Röthlisberger, H. (1980): Gletscherbewegung und Wasserabfluss. - Wasser, Energie, Luft - Eau, énergie, air, Heft 9, 1980, 72. Jg., S. 290-294.

19*) Iken, A., Röthlisberger, H., Flotron, A. and Haeberli, W. (im Druck): The uplift of the Unteraargletscher at the beginning of the melt season - a consequence of water storage at the bed? - Als "Abstract" (1979) in: Symposium on Glacier Beds, Ottawa, 15 - 19 August 1978. Journal of Glaciology, Vol. 23, No. 89, p. 430-431.

20*) Lang, H., Leibundgut, Ch. and Festel, E. (1980): Results from tracer experiments on the water flow through the Aletschgletscher. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie Bd. 15, H. 2 (1979), S. 209-218.

2.2 TAETIGKEIT UND BESONDERE EREIGNISSE IM JAHRE 1976/77

Nach dem ausserordentlich schneereichen Winter und dem kühlen, sonnenarmen Sommer des Berichtsjahrs waren im Herbst 1977 zahlreiche Gletscherzungen noch nicht ausgeapert. Besonders bei kleinen hochgelegenen Gletschern und vornehmlich in den südlichen Landesteilen erstreckte sich die Winterschneedecke am Schluss der Schmelzperiode immer noch über das Zungenende hinab ins Vorgelände. Dadurch wurde manche Zungenmessung am Boden erschwert oder gar verunmöglicht. Für die Gletscherbeobachtung aus der Luft brachte der trübe Sommer eher noch schlechtere Bedingungen als in den Vorjahren. Nur wenige Tage im Spätsommer waren klar genug für Luftaufnahmen im Hochgebirge. Erfreulicherweise sind trotz diesen erschwerenden Umständen insgesamt nicht weniger Gletscher als im letzten und vorletzten Jahr gemessen, besucht oder beflogen worden, so dass für die meisten im Beobachtungsnetz der GK/SNG erfassten Gletscher Angaben über den aktuellen Stand und die Veränderung der Zunge seit der letzten Messung gemacht werden können.

Durch Messungen und Beobachtungen im Gelände sind im Herbst 1977 102 Gletscherzungen erfasst worden. Von diesen ist die Hälfte (51) auch im Luftbild festgehalten worden. Senkrechtaufnahmen sind ebenfalls von 7 weiteren zum Beobachtungsnetz der GK/SNG gehörenden Gletschern erstellt worden. Die terrestrischen Vermessungen und Erhebungen wurden besorgt durch die staatlichen Forstdienste bei 75 Gletschern in den Kantonen Wallis (24), Waadt (4), Bern (10), Uri (9), Obwalden (2), Glarus (3), Sankt Gallen (2), Graubünden (15) und Tessin (6), durch die Abteilung für Hydrologie und Glaziologie der VAW bei 14 Gletschern, durch die privaten Mitarbeiter P.Mercier (4), J.-L.Blanc (3), H. und V.Boss (2), R.Zimmermann, E.Hodel und A.Godenzi (je 1) bei insgesamt 12 Gletschern und durch die Kraftwerkgesellschaft Mauvoisin bei 1 Gletscher. Aus den von der L+T und der V+D aufgenommenen Luftbildern sind durch photogrammetrische Auswertung quantitative Angaben für 5 Gletscher, durch visuellen Vergleich mit früheren Aufnahmen qualitative Angaben über die Längenänderung von 3 Gletschern gewonnen worden. Mit der Auswertung am Autographen wurde wie in früheren Jahren bei 2 Gletschern (Ober- und Unteraar) durch die Kraftwerkgesellschaft Oberhasli das Vermessungsbüro A.Flotron in Meiringen, bei 1 Gletscher (Giétro) für die Kraftwerkgesellschaft Mauvoisin das Vermessungsbüro H.Leupin in Bern, bei 1 Gletscher (Allalin) durch die VAW und bei 1 Gletscher (Unterer Grindelwald) durch die GK/SNG das Geodätische Institut der ETHZ betraut. Im Berichtsjahr nicht beobachtet worden sind 8 Gletscher, von denen 3 nicht regelmässig beobachtet werden. Bei den übrigen fiel die Messung am Boden oder der Vermessungsflug aus wegen ungünstiger Schnee- und Wetterverhältnisse (3) oder wegen Erkrankung des Beobachters (2). Den jährlichen Erhebungen der Gruppe für gefährliche Gletscher oder den von der VAW im Auftrag von Dritten im Zusammenhang mit praktischen Problemen durchgeführten Untersuchungen dienten Vermessungsflüge über 4 steilen, dem Messnetz der GK/SNG zugehörigen, und über 5 weiteren steilen Gletschern. Bei 10 bisher jährlich aufgenommenen steilen Gletschern konnte die V+D wegen plötzlicher akuter Erkrankung ihres Operateurs den Flug im Berichtsjahr nicht wiederholen. Die von der L+T für die Nachführung der Landeskarte angeordneten Aufnahmeflüge

erfassten hauptsächlich die Tessiner und die südlichen Walliser Alpen mit insgesamt etwa einem Drittel (rund 600) der im Gletscherinventar der Schweiz verzeichneten Einheiten (Tabelle 5).

Das Beobachtungsnetz ist um einen weiteren Gletscher vermehrt worden auf 117 Einheiten. Der nach langjährigem Unterbruch erstmals wieder in den Tabellen 6 bis 8 aufgeführte Ornygletscher im Val Ferret ist in früheren Jahren (1880-1885, 1915-1936) regelmässig am Boden gemessen worden. Die aktuellen Beobachtungen beschränken sich vorläufig auf die im Berichtsjahr und 6 Jahre zuvor aufgenommenen Luftbilder.

Auf Ende des Kalenderjahres 1977 ist Herr M.Peter, Kreisforstinspektor in Brig, in den Ruhestand getreten. Ihm gebührt unser Dank für die unentwegte Betreuung der oft mit besonderen Schwierigkeiten verbundenen Zungenmessungen am Kaltwasser-, Lang- und Rossbodengletscher. Seinen Amtsnachfolger, Herrn M.Borter, haben wir im vorletzten Bericht als Mitarbeiter der Gletscherkommission bereits begrüssen dürfen. Ihm folgt als Inspektor des Forstkreises Susten Herr V.Bregy nach, den wir als neuen Mitarbeiter bei den Gletschermessungen in unserem Kreise ebenfalls willkommen heissen. Kurze Zeit nach seiner vorzeitigen Pensionierung ist Hans Meyer seinem schweren Leiden erlegen. Ihm verdanken wir zahllose hervorragende Gletscheraufnahmen, die er als Operateur der Eidgenössischen Vermessungsdirektion oft auch bei Sondereinsätzen unter schwierigen Bedingungen machte. Die in unserem 95. Bericht wiedergegebenen Schrägaufnahmen vom Unteraar- und vom Eigergletscher zeugen von seinem hohen photographischen Können. Die Gletscherkommission dankt allen Beobachtern, anderen Mitarbeitern und Institutionen, die in irgendeiner Form zu unseren Erhebungen beigetragen haben.

Wie in den vorangegangenen Berichten soll nachstehend über einzelne Forschungsprojekte informiert werden.

In den letzten Jahren hat sich die Ergründung des Schmelzwasserabflusses im Innern und an der Sohle des Gletschers immer mehr zu einem Schwerpunkt der glaziologischen Forschung entwickelt, wobei den Beziehungen zwischen dem Wasserdruck im Entwässerungssystem des Gletschers und dem Gleiten des Gletschers auf seiner Unterlage besonderes Interesse gewidmet wird. Berichte über Vorstudien und Untersuchungen zu diesem Problem, die an verschiedenen Gletschern durchgeführt worden sind (z.B. Oberaletsch, Gorner) sind im 94. bis 96. Gletscherbericht enthalten. Im aktuellen Berichtsjahr sind Messungen mit verschiedenen Zielsetzungen auf dem Unteraar-, Breney- und Aletschgletscher vorgenommen worden.

Mit der im Mai am Unteraar durch die VAW/ETHZ durchgeführten Kampagne sollte insbesondere das Verhalten des Gletschers im Frühjahr, bei einsetzender Schneeschmelze, erfasst werden. Es zeigte sich, dass der Gletscher beim ersten intensiven Schmelzwasseranfall im gesamten Zungengebiet innert ein bis zwei Tagen in raschere Bewegung geriet. Dabei rissen unzählige neue Spalten bis zur Oberfläche der 2 bis 4 Meter mächtigen Schneedecke auf. Gleichzeitig entleerten sich durch diese Spalten und durch kleinere Risse oberflächliche Schmelz-

wassertümpel. Ueberdies wurde in dieser Phase ein starkes Anschwellen der Gletscherbeben festgestellt. Ferner ergaben Färbungen, dass schon kurz nach Beginn der Schmelzperiode in der Zungenmitte an der Gletschersohle ein 5 Kilometer langes Gerinne direkt zum Gletschertor führte. Das schon in früheren Jahren und auch an anderen Gletschern beobachtete, mit einer Hebung der Gletscheroberfläche um mehrere Dezimeter verbundene Geschwindigkeitsmaximum im Frühjahr wird vermutlich verursacht durch grossräumige, wassergefüllte Kavernen, die sich zu Beginn der Schmelzperiode am Gletscherbett bilden und anschliessend entleeren. Durch Messungen im Juli und August am Breneygletscher im Val de Bagnes ist in mehreren zur Gletschersohle vorgetriebenen Bohrlöchern die örtliche und zeitliche Variation des Wasserdruckes im intra- und subglazialen Entwässerungsnetz erfasst worden. Dabei zeigte sich generell eine gute Uebereinstimmung der täglichen Druckschwankungen in den verschiedenen Löchern (16*-19*).

Im Anschluss an die im Berichtsjahr abgeschlossenen Beobachtungen des Wassers im Firn des Ewigschneefelds (Aletschgletscher, siehe Seite 48) sind durch die VAW mit massgeblicher Mitwirkung des Geographischen Instituts der Universität Bern Färbversuche vorgenommen worden. Der im ersten Versuch am 18. August 1976 dem Firngrundwasser im Ewigschneefeld durch ein Bohrloch zugeführte Farbstoff (25 kg Uranin) konnte 3 Wochen später erstmals im Abfluss des Aletschgletschers nachgewiesen werden. Die zweite Farbeingabe (5 kg Sulforhodamin) erfolgte am 15. September direkt in einen Gletschermühlenbach auf der aperen Gletscherzunge unterhalb des Konkordiaplatzes. In diesem Fall betrug die Laufzeit von der Eingabestelle bis zum Ausfluss des Aletschgletschers lediglich 6 bis 7 Stunden (20*).

Im Zusammenhang mit den Studien über die Abflussprozesse im Gletscher mag ferner interessieren, dass sich der Gornersee im Gegensatz zu anderen Jahren nicht nur einmal, sondern auch noch ein zweites Mal entleert hat. Die erste Entleerung erfolgte bereits im Juni, die zweite im September.

Am 14. Juli 1977 ereignete sich ein grosser Eissturz an der Nordostflanke des Weisshorns. Ein Teil der Sturzmasse drang über die grosse Firnmulde und die etwas tiefer gelegene grosse Firnterrasse bis ins Zungengebiet vor.

16*-20*) Literaturangaben zu diesem Kapitel siehe Seite 50.

2. CHRONIQUE DES GLACIERS

2.1 ACTIVITE ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1975/76

Après la forte ablation du début de l'été, on devait s'attendre à des conditions favorables pour l'observation des langues glaciaires. Mais, vers la fin de l'été déjà, les chutes de neige, précoces et en partie abondantes, ont rendu difficile l'observation sur le terrain pour un bon nombre de glaciers, particulièrement pour des petits, situés à haute altitude. En haute montagne, l'été et l'automne 1976, sauf quelques jours en octobre, furent exceptionnellement défavorables pour la prise de vues aériennes. Les efforts particuliers de nos observateurs et l'activité extraordinaire des opérateurs du Service topographique fédéral (L+T) et de la Direction fédérale des mensurations cadastrales (V+D) pendant la fin de semaine des 9 et 10 octobre ont permis de répéter, pendant l'exercice 1975/76, les mensurations ou les observations périodiques terrestres ou aériennes pour environ 120 glaciers, malgré les difficultés citées plus haut. Parmi les 116 glaciers du réseau d'observation de la Commission des glaciers, 73 ne furent mesurés ou visités que sur le terrain, 22 furent observés sur le terrain et de l'avion, et 10 par photos aériennes seulement. Les mensurations au sol furent effectuées pour 69 glaciers par les services forestiers cantonaux du Valais (22 glaciers), de Vaud (4), de Berne (10), d'Uri (9), d'Obwald (1), de Glaris (3), de St. Gall (2), des Grisons (13) et du Tessin (5); pour 13 glaciers par la section d'hydrologie et de glaciologie des VAW, pour 13 autres par les collaborateurs privés MM. P.Mercier (4), R.Zimmermann (1), J.-L.Blanc (3), H. et V.Boss (2), E.Hodel (1) et A.Godenzi (2), pour 1 glacier par la Société des forces motrices de Mauvoisin. Pour les 10 glaciers étudiés uniquement sur la base de clichés aériens, le dépouillement des photos se fit, dans six cas, par comparaison visuelle avec des vues aériennes prises les années précédentes et, dans les quatre autres cas, par restitution photogrammétrique à l'aide de l'autographe. Comme les années précédentes, une restitution photogrammétrique à été réalisée pour le Glacier de l'Allalin, à la demande des VAW, par l'Institut géodésique de l'EPFZ; pour le glacier de Giétro, à la demande de la Société des forces motrices de Mauvoisin, par le bureau de mensurations H.Leupin à Berne; et pour les deux glaciers de l'Aar, à la demande de la Société des forces motrices d'Oberhasli, par le bureau de mensurations A.Flotron, à Meiringen. Pour Pierredar, la variation de longueur fut estimée par comparaison visuelle des clichés aériens, tandis que, à la demande du canton de Vaud, le bureau de mensurations J. Vetterli, à Genève, a relevé par photogrammétrie aérienne des profils de surface. Parmi 11 glaciers non visités du réseau, 4 ne sont plus ou pas encore observés régulièrement. Dans un cas, le vol photogrammétrique et, dans les six autres cas, les mensurations terrestres se sont heurtées à des conditions climatiques ou d'enneigement trop défavorables. Les relevés par photographie aérienne du groupe de travail pour l'étude des glaciers dangereux et ceux des VAW, en relation avec des problèmes pratiques étudiés pour des tiers, ont porté sur 5 glaciers qui appartiennent également au réseau d'observation de la Commission des glaciers, ainsi que sur 14 autres glaciers raides, dont 13 sont survolés de façon régulière une fois par année au moins.

Exceptionnellement le Clariden a été ajouté à ce programme. Une liste détaillée des clichés aériens des glaciers pris en 1976 et en 1977 par L+T et V+D est donnée dans le tableau 5 de cet annuaire. En 1977, environ 45 glaciers ont été survolés, dont 34 dans le cadre du programme répété annuellement pour les recherches glaciologiques. Les vols réalisés par L+T pour la révision de la carte nationale de la Suisse nous ont procuré des prises de vues verticales de 10 glaciers du réseau, plus un autre. En juin, des éboulements de glaciers nous ont incités à entreprendre des vols photogrammétriques sur 5 glaciers, en dehors des programmes de routine.

Pendant l'exercice, la Commission des glaciers a ajouté à son réseau d'observation le glacier de Cavagnoli (massif de Cristallina), qui se présente en deux parties séparées. Notre observateur, M. G.Ciseri, forestier d'arrondissement à Locarno, a établi avec ses aides une base de mesures devant la langue de la partie principale située plus au nord. A notre connaissance, il n'y a pas de nouvelles mutations à ajouter à celles des observateurs annoncées dans le dernier rapport et qui, en partie, concernaient l'exercice 1975/76. A la suite d'un tragique accident, le docteur Heinz Rutishauser nous a été enlevé prématurément. Nous lui devons plus d'un renseignement intéressant et un précieux support à la connaissance des glaciers de la vallée de Lauterbrunnen. Sa collaboration occasionnelle nous a été particulièrement utile, lorsqu'il accompagnait ou remplaçait l'ancien forestier de district, R.Schwammberger, pour les mensurations des langues des glaciers de l'Eiger et du Tschingel. Mais il convient surtout d'apprécier les études personnelles en géologie et en glaciologie qu'il a conduites dans cette région. La Commission des glaciers remercie tous les observateurs et toutes les institutions qui ont participé, sous quelle forme que ce soit, à nos relevés.

Depuis 1895, la Commission internationale des glaciers, fondée une année auparavant, publie des rapports sur les variations des glaciers de l'ensemble de la terre. L'Association internationale pour l'hydrologie scientifique (AIHS) et sa Commission internationale pour la neige et la glace (ICSI) ont continué l'étude de ces problèmes et l'édition des rapports (9*). Depuis 1967, la rédaction de ces rapports est assurée par un service permanent, le PSFG (Permanent Service on the Fluctuations of Glaciers) qui enrégistre les fluctuations des glaciers. Ce service fut établi dans le cadre du Conseil international des unions scientifiques (ICSU), et Peter Kasser, de Zurich, en fut le premier directeur. Après sa démission en 1974, Fritz Müller, chef de l'Institut de géographie de l'EPFZ, a été désigné comme son successeur en 1976. L'organisation, le dépouillement et la publication des observations sur les variations des glaciers au plan national suisse restent, comme auparavant, à la charge des VAW qui collaborent avec la Commission des glaciers de la SHSN.

(9*) Les chiffres entre paranthèses et marqués d'un astérisque se réfèrent à la liste des publications de ce chapitre (voir page 49).

Comme dans les rapports antérieurs, on trouvera ici des informations sur divers projets d'études.

Depuis les années cinquante, la glace des calottes polaires (Groenland, Antarctique) est étudiée au moyen de forages profonds. Ces recherches coûteuses ont néanmoins révélé des aspects nouveaux de l'histoire générale de l'atmosphère au cours des cent mille dernières années. Mais il serait important de connaître, en outre, le développement de l'atmosphère depuis le début de l'industrialisation dans une région à grande concentration d'industries. Dans une telle région, une analyse détaillée des accumulations de neige et de glace devrait permettre d'étudier, par exemple, les degrés de pollution de l'air au cours des temps. Mais il faudrait trouver dans cette région un glacier assez froid pour que le peu d'eau produit par la fonte estivale regèle immédiatement à sa surface, avant qu'elle ne puisse s'infiltrer dans les couches sous-jacentes et y faire disparaître certains éléments d'information (gaz, poussière). Les températures mesurées au glacier de Grenz (v. notre dernier rapport) font supposer que ces conditions sont suffisamment remplis au Mont Rose. Aussi, dans le cadre d'un projet commun, les laboratoires de physique de l'Université de Berne et les VAW ont-ils entrepris, pendant les étés 1976 et 1977, des opérations de carottages au Col Gnifetti, à 4450 mètres d'altitude (v. figures 1-3). A l'aide d'une foreuse électro-mécanique, développée à ces fins par l'institut bernois au cours de ces dernières années, plusieurs forages furent faits, dont le plus profond a atteint 65 mètres. Les températures mesurées dans les puits de forage indiquent que la température moyenne annuelle à la surface du névé est d'environ -15°C et que, en effet, l'eau de fonte regèle à la surface même, en formant des plaques de glace lenticulaires. En étudiant les échantillons prélevés, on s'efforça d'abord de déterminer l'âge des diverses couches au moyen de méthodes aussi bien conventionnelles qu'ultra-modernes (analyse des lentilles de glaces, de la poussière du Sahara, du tritium, des isotopes d'oxygène, de la décomposition radioactive du plomb etc.). Selon les premiers résultats, la moyenne de l'accumulation nette est estimée à 35 cm d'eau, ce qui équivaut à un résidu annuel (à la surface) de 1 ou 1,5 mètres de neige. En âge, les plus anciens prélèvements approchent donc des cent cinquante ans. Des échantillons ont été examinés dans les laboratoires spécialisés de différents instituts universitaires européens (10*-13*).

On a fait également des prélèvements dans le névé tempéré et humide de l'Ewigschneefeld, et la plus grande profondeur atteinte se situe à 39 mètres. Si, avec les carottages, on peut étudier avant tout l'influence de l'eau de fonte sur la teneur en gaz de la glace tempérée, les trous de forage permettent d'observer le niveau de la nappe phréatique, située en moyenne à 25 ou 30 mètres de profondeur, et rendent service également au groupe étudiant la circulation de l'eau dans le glacier (v. notre dernier rapport).

Pendant les étés 1975 et 1976, des spécialistes de l'Institut de géologie de l'EPF Zurich ont étudié et cartographié au glacier de Gries, dans l'Aeginental, toutes les structures dans la glace, visibles à la surface du glacier, telles que limites de couches, cre-

vasses, surfaces de cisaillement, schistosité. Ces chercheurs concentrèrent leur attention particulière sur les relations entre les éléments de structures observés ainsi que les déplacements et états de contraintes du glacier, déterminés en 1972/73 à l'aide du réseau de balises à grande échelle des VAW et complétés pendant les exercices 1975/76 et 1976/77 par des mesures de déformation dans un profil transversal sur un réseau à petite échelle.

Pendant l'hiver 1975/76, pauvre en neige, le froid a pu pénétrer dans le sol et dans les glaciers plus profondément que pendant les hivers très enneigés. Quand soudain, au mois de juin, même en haute montagne, l'air se réchauffa fortement, la température des névés et de la glace resta toujours bien au-dessous du point de fusion. Cette circonstance favorisa la formation et la conservation de lacs temporaires en marge des glaciers. Ceux-ci, comme nous avons pu le constater par exemple à Aletsch, se vidèrent beaucoup plus tard dans la saison que d'habitude, malgré une fonte précoce des neiges. Pour la première fois depuis 1964, le lac de Märjelen, qui est le plus grand lac marginal du glacier d'Aletsch resta plein durant tout l'été.

On peut penser qu'il y eut de même des relations entre les conditions météorologiques et les nombreux éboulements de glace, observés au début de la période chaude sur des glaciers suspendus de haute altitude. Les deux accidents les plus graves se produisirent le dimanche 13 juin dans le val de Bagnes et à la Jungfrau, dans l'Oberland bernois. Un groupe de trois alpinistes fut enseveli à l'alpage de Stufenstein par l'avalanche bien connue de "Silberlaui" qui, périodiquement, tombe du Hochfirn (Jungfrau). Il fallut plusieurs jours de recherches pour retrouver tous les corps. Heureusement, l'éboulement du Valais n'entraîna pas de conséquences trop graves: une avalanche de glace, qui s'était détachée du glacier suspendu au flanc nord-est du Tournelon Blanc, vint recouvrir la route alpestre de Mauvoisin à Chanrion, coupant ainsi le retour à de nombreux automobilistes. Elle atteignit partiellement le lac de Mauvoisin, mais sans y provoquer une vague assez forte pour être remarquée au barrage. Des chutes de glace qui se produisirent vers la même date au Claridenstock furent sans conséquence. Une semaine plus tard, le 20 juin, au Lysskamm, 7 alpinistes furent entraînés par une avalanche de glace, et certains grièvement blessés.

Sur plusieurs glaciers les clichés aériens pris en automne ont décelé des glissements. Au glacier de Trift (Tälli), dans la vallée de Saas, ces glissements furent suivis de grosses chutes de glace. Sur le même glacier, on a constaté des éboulements pareils en 1959, 1966, 1969 et 1973.

2.2 ACTIVITE ET EVENEMENTS PARTICULIERS EN 1976/77

Après un hiver très riche en neige et un été froid et pauvre en insolation, un grand nombre de langues glaciaires étaient enneigées encore en automne 1977; sur les petits glaciers, situés à haute altitude et surtout dans la partie méridionale du pays, le manteau de neige s'étendait bien au-delà des fronts glaciaires en recouvrant en partie le terrain en aval, de sorte que la mensuration du front a été rendue difficile ou même impossible chez un bon nombre de glaciers. Ces conditions ont rendu encore plus malaisée que précédemment l'exploration aérienne; vers la fin de l'été seulement, il y eut en effet quelques journées assez claires pour la prise de vues aérophotographiques dans la région de la haute montagne. Malgré cela, le nombre de glaciers mesurés, visités ou photographiés n'a pas diminué, de sorte que pour la plupart des glaciers du réseau SHSN on a recueilli les données nécessaires à la connaissance de l'état actuel et des variations depuis la précédente campagne.

Les mensurations et les observations terrestres, faites en automne 1977, ont concerné 102 glaciers dont la moitié (51) ont été photographiés d'un avion; également 7 autres glaciers du réseau ont été photographiés à la verticale. Dans 75 cas, les mesures et reconnaissances terrestres sont dues aux services forestiers des cantons du Valais (24 glaciers), de Vaud (4), de Berne (10), d'Uri (9), d'Obwald(2), de Glaris (3), de Saint-Gall (2), des Grisons (15) et du Tessin (6); dans 14 cas elles sont dues à la Section d'hydrologie et glaciologie des VAW, dans 12 cas aux collaborateurs privés P.Mercier (4), J.-L.Blanc (3), H. et V.Boss (2), R.Zimmermann, E.Hodel et A.Godenzi (1 chacun); une mesure terrestre enfin a été exécutée par les Forces motrices de Mauvoisin. Les clichés aériens du L+T et de la V+D ont fourni, par restitution de plans photogrammétriques, des données quantitatives sur les variations de longueur de 5 glaciers, et, par comparaison visuelle avec les clichés des années précédentes, on en a obtenu des conclusions qualitatives sur la variation de 3 glaciers. Comme les années précédentes, une restitution à l'autographe a été réalisée pour les deux glaciers de l'Aar à la demande de la Société des forces motrices de l'Oberhasli par le bureau de mensurations A.Flotron, à Meiringen, pour le glacier de Giétro à la demande de la Société des forces motrices de Mauvoisin par le bureau de mensurations H.Leupin, à Berne, pour le glacier d'Allalin sur la demande des VAW et pour le glacier inférieur de Grindelwald sur la demande de la Commission des glaciers de la SHSN par l'Institut géodésique de l'EPFZ. Des 8 glaciers non observés, 3 ne sont pas visités régulièrement; pour les autres, les conditions défavorables de temps (3) ou la maladie de l'observateur (2) n'ont pas permis la visite. Les vols photogrammétriques sur 4 glaciers raides appartenant au réseau de la SHSN et sur 5 autres glaciers raides ont servi aux recherches spéciales du groupe pour les glaciers dangereux ou aux études de problèmes pratiques, faites aux VAW sur demande de tiers. La V+D n'a pas pu répéter le vol annuel sur 10 glaciers raides à cause de la maladie subite de l'opérateur. Les vols du Service topographique, destinés à la mise-à-jour de la carte nationale de la Suisse, ont assuré l'observation avant tout des Alpes tessinoises et de la partie méridionale des Alpes valaisannes, qui comprennent environ 600 unités, soit presque un tiers

des glaciers énumérés dans l'inventaire des glaciers suisses (v. tableau 5).

Le réseau d'observation de la SHSN s'est accru d'une unité et a atteint un nombre total de 117 glaciers. Le glacier d'Orny dans le val Ferret, autrefois régulièrement contrôlé (1880-1885, 1915-1936), figure à nouveau dans les tableaux 6 à 8; les observations actuelles se limitent provisoirement aux vues aériennes prises en 1971 et 1977.

A la fin de l'année 1977, M. M.Peter, inspecteur forestier à Brigue, a pris sa retraite. Nous lui devons notre reconnaissance pour ses fidèles mensurations, souvent assez difficiles, aux glaciers de Kaltwasser, Lang et Rossboden; nous avons d'ores et déjà signalé dans l'avant-dernier rapport la collaboration de son successeur officiel M. M.Borter. Comme nouveau collaborateur nous saluons également M. V.Bregy, le nouvel inspecteur du district forestier de Susten, succédant à M.Borter. M. Hans Meyer est décédé après une grave maladie, peu de temps après sa mise prématurée à la retraite; nous lui devons de nombreuses et excellentes prises de vues qu'il effectua en qualité d'opérateur de la V+D, parfois aussi, lors d'opérations spéciales, dans des conditions difficiles; les vues obliques du glacier de l'Aar inférieur et de celui de l'Eiger, qui figurent dans notre 95e rapport, témoignent de ses aptitudes particulières dans ce travail. La Commission des glaciers remercie tous les observateurs et institutions qui, d'une façon ou d'une autre, ont contribué à nos travaux.

Comme dans nos précédents rapports, nous donnons ci-après un aperçu de quelques projets de recherches.

Au cours de ces dernières années, l'étude de l'écoulement de l'eau de fusion dans et sous le glacier a pris plus d'importance; on s'intéresse particulièrement à la relation entre la pression de l'eau du système d'écoulement et le glissement du glacier sur son lit. Les rapports 94 et 96 contiennent les projets de recherches sur ce point concernant les glaciers d'Aletsch supérieur et du Gorner. Pendant l'année du rapport, on a entrepris des mesures à buts différents, mais toutes en relation avec ces problèmes, aux glaciers de l'Aar inférieur, de Breney et d'Aletsch.

La campagne, effectuée en mai à l'Aar inférieur par les VAW en collaboration avec l'Institut de Géophysique de l'EPFZ, devait surtout étudier le comportement du glacier au printemps, lors du début de la fonte. Il apparut qu'avec le premier apport sérieux des eaux de fonte, toute la langue glaciaire commençait à progresser rapidement; en même temps, la glace fut fracturée par de nombreuses crevasses atteignant même la surface de la couche de neige, épaisse de 2 à 4 mètres, tandis que des mares superficielles se vidaient par ces crevasses ou par de plus petites fentes. Simultanément, on observait une forte augmentation de l'activité sismique du glacier. De plus, des essais de coloration ont montré que, peu après le début de la fonte, près de l'axe médian de la langue, un ruisseau de fond de 5 kilomètres de longueur conduisait directement au portail. Le maximum de vitesse du printemps, qui est lié à un gonflement de la langue glaciaire de plusieurs décimètres, observé depuis quelques

années déjà et sur d'autres glaciers également, est dû vraisemblablement à des cavernes remplies d'eau, qui se forment au début de la fonte au niveau du lit rocheux et se vident ensuite. Des sondages effectués en juillet et en août au glacier de Breney, dans le val de Bagnes, ont montré la variation locale et momentanée de la pression de l'eau dans la nappe phréatique du glacier; ces variations diurnes se sont révélées concordantes dans les différents trous de sondage (16*-19*).

A la suite des recherches sur la nappe d'eau de l'Ewigschneefeld (Aletsch, voir page 56), terminées pendant l'année du rapport, les VAW, en collaboration avec l'Institut géographique de l'Université de Berne, ont entrepris des essais de coloration. 25 kg d'uranine, introduits le 18 août 1976 dans un trou de sondage situé au milieu de l'Ewigschneefeld, ont coloré trois semaines plus tard l'effluent du glacier d'Aletsch. Un deuxième essai avec 5 kg de sulforhodamine eut lieu le 15 septembre au-dessous de Concordiaplatz, où le colorant fut placé dans un ruisseau de surface, près de son entonnoir; il réapparut après 6 à 7 heures dans le torrent émissaire du glacier (20*).

Il est intéressant de mentionner dans le même ordre de faits que le lac du Gorner, contrairement aux autres années, s'est vidé deux fois, en juin et en septembre.

Le 14 juillet 1977, un gros éboulement de glace s'est produit sur le flanc nord-est du Weisshorn; en glissant sur le névé, la plus grande partie de la masse a traversé le grand creux à 3700 mètres et s'est arrêtée sur le replat à 3400 mètres, tandis qu'une petite partie est tombée sur la langue terminale.

16*-20*) Références des publications de ce chapitre, voir page 50.

Tabelle 5. Vermessungsflüge in den Jahren 1976 und 1977

Tableau 5. Vols photogrammétriques des années 1976 et 1977

Die nachstehend verzeichneten Flüge wurden von der Eidgenössischen Landestopographie (L+T) oder der Eidgenössischen Vermessungsdirektion (V+D) in Verbindung mit Beobachtungen der Gletscherkommission der SNG, Erhebungen der Arbeitsgruppe für gefährliche Gletscher oder im Zusammenhang mit besonderen Aufgaben der VAW ausgeführt (siehe Abb. 6 und 7).

Les vols mentionnés dans le tableau ont été effectués par le Service topographique fédéral (L+T) ou par la Direction des mensurations cadastrales (V+D) en rapport avec les observations de la Commission des glaciers, avec les relevés du groupe de travail pour l'étude des glaciers dangereux ou avec des projets de recherches scientifiques ou techniques des VAW (voir fig. 6 et 7).

Nr.	Gletscher	Aufnahmedatum		Luftbild	Fluglinie	Aufnahme	LK Blatt	Bemerkungen
No.	Glacier	Date du levé		Cliché	Ligne de vol	levé	CN Feuille	Remarques
1)	Name / Nom	1976	1977	Nrn./Nos.	Nr./No.		Nr./No.2)	
a)	Jährliche Aufnahmen für die Gletscherkommission - Levés annuels pour la Commission des glaciers.							
1	Rhone	6. 9.		2639-2644	GlK 1W	L+T	1230/1231	
		8. 9.		2975-2982	GlK 2W	L+T		
			5.9.	6889-6892	GlK 1W	L+T		
			5.9.	6879-6880	GlK 2W	L+T		
5	Grosser Aletsch	6. 9.		2655-2664	GlK 3	L+T	1269	3)
		6. 9.		2645-2654	GlK 4	L+T		
		8. 9.		3082-3096	GlK 1	L+T		
			15.9.	8699-8709	GlK 1	L+T		
			15.9.	8690-8698	GlK 3	L+T		3)
			15.9.	8669-8678	GlK 4	L+T		
10	Schwarzberg	10.10.		5923-5925	4	V+D	1329/1349	
			13.9.	4287-4293	3	V+D		
			13.9.	4282-4285	4	V+D		
48	Prapio	11.10.		6027-6034	2	V+D	1285	4)
55	Trift (Gadmen)	28. 8.		2326-2332	GlK 4W	L+T	1210	
			5.9.	6861-6868	GlK 4W	L+T		
57	Oberer Grindelwald	20. 8.		2312-2319	GlK 1W	L+T	1229	
			5.9.	6893-6901	GlK 2W	L+T		
58	Unterer Grindelwald	20. 8.		2320-2324	GlK 2W	L+T	1229	
			5.9.	6902-6908	GlK 1W	L+T		
61	Gamchi	8.10.		3372-3387	GlK10W	L+T	1248	5)
64	Blümlisalp		6.9.	7228-7234	GlK 9W	L+T		5)
104	Basodino	8.10.		2968-2974	GlK 1W	L+T	1271	6)
			7.9.	7547-7553	GlK 1W	L+T		6)

1) Ziffern 1 - 120: Nummer des Gletschers im Beobachtungsnetz der GK/SNG (siehe Tab. 8)
Chiffres 1 - 120: Numéro des glaciers du réseau d'observation de la CG/SHSN (v. tabl. 8)

2) Blattnummer der Landeskarte 1:25 000
Numéro des feuilles respectives de la carte nationale 1:25 000

3-35) Zusätzlich erfasste Gletscher siehe Seite 64
Pour les glaciers qui, en outre, sont représentés sur les clichés, voir page 64.

Tabelle 5 / Tableau 5. Fortsetzungen b und c / Continuations b et c

Nr. No.	Gletscher Glacier	Aufnahmedatum Date du levé		Luftbild Cliché	Fluglinie Ligne de vol	Aufnahme levé	LK Blatt CN Feuille	Bemerkungen Remarques
1)	Name/nom	1976	1977	Nrn./Nos.	Nr./No.		Nr./No.2)	
b)	Jährliche Aufnahmen für die Arbeitsgruppe für gefährliche Gletscher - Levés annuels pour le groupe de travail pour l'étude des glaciers dangereux.							
Mö	Mönch (Hängegletscher S-Flanke)	26. 8.		2334-2339	GlK 7W	L+T	1249	7)
			6.9.	7209-7212	GlK 7W	L+T		7)
Rb	Rotblatt		6.9.	7010-7017	23	L+T	1329	
Rt	Rottal		15.9.	8756-8763	24	L+T	1329	
Hm	Hohbalm	10.10.		5933-5938	5	V+D	1328	8)
		10.10.		5963-5968	6	V+D		8)
Tr	Trift (Fletschhorn)	10.10.		5969-5976	8	V+D	1309	9)
Bd	Bider	10.10.		5929-5931	4	V+D	1328	
107	Bis	15. 6.		2745-2749	1	V+D	1328	10)
		10.10.		5979-5985	1	V+D		10)
		10.10.		5947-5956	2	V+D		10)
			20.7.	2763-2765	1	V+D		10)
			20.7.	2760-2762	2	V+D		10)
Fi	Festi	10.10.		5957-5962	3	V+D	1328	11)
Hg	Hohberg							
Hf	Hochfirn (Jungfrau)	15. 6.		2750-2751	1	V+D	1249	
		15. 6.		2752-2753	2	V+D		
		15. 6.		2754-2755	3	V+D		
		26. 8.		2340-2344	GlK 6W	L+T		12)
			6.9.	7205-7208	GlK 6W	L+T		12)
Si	Sillern	8.10.		3353-3371	GlK 11W	L+T	1248/1268	13)
Ba	Balmhorn		6.9.	7235-7244	GlK 11W	L+T	1267	13)
Al	Altels						1267	
Ht	Hohlentrift	10.10.		5969-5976	8	V+D	1309	9)
c)	Jährliche Aufnahmen für die VAW - Levés annuels pour les VAW.							
11	Allalin	10.10.		5926-5928	1	V+D	1329	14)
		10.10.		5919-5922	2	V+D		14)
			13.9.	4294-4301	1	V+D		14)
			13.9.	4277-4280	2	V+D		14)
Gr	Gruben (Saas)	10.10.		5910-5917	3	V+D	1309	
TB	Tournelon Blanc	15. 6.		2739-2742	4	V+D	1346	15)
37	Giétro	15. 6.		2743-2744		V+D	1346	
		10.10.		5986-5994	2	V+D		16)
		10.10.		5995-6003	3	V+D		
			15.9.	4361-4368	2	V+D		16)
			15.9.	4369-4378	3	V+D		
			15.9.	4342-4345	5	V+D		16)
49	Pierredar	11.10.		6022-6026	1	V+D		4)
		11.10.		6010-6014	2	V+D		17)

Tabelle 5 / Tableau 5. Fortsetzung d / Continuation d

Nr. No. 1)	Gletscher Glacier Name/nom	Aufnahmedatum Date du levé 1976	1977	Luftbild Cliché Nrn./Nos.	Fluglinie Ligne de vol Nr./No.	Aufnahme levé	LK Blatt CN Feuille Nr./No.2)	Bemerkungen Remarques
d)	Aufnahmen in mehrjährigem Turnus für die Gletscherkommission - Levés à intervalles pluriannuels pour la Commission des glaciers.							
4	Fiescher		15.9.	8630-8647	GlK 8	L+T	1249/1269	
106	Mittelaletsch		15.9.	8648-8660	GlK 5	L+T	1249/1269	
6	Oberaletsch		15.9.	8661-8668	GlK 9	L+T	1269	
8	Tälliboden		15.9.	8714-8719	GlK 10	L+T	1349	
9	Ofental						1349	
13	Fee		14.9.	8331-8344	GlK 7	L+T	1328	
CG	Colle Gnifetti		6.9.	7061-7064	5	L+T	1348	
LK	Lyskamm							
14	Gorner		14.9.	8358-8377	GlK 9	L+T	1348	18)
15	Zermatt	26.8.		2363-2377	GlK 13	L+T	1347	19)
			14.9.	8431-8449	GlK 13	L+T		19)
Hw	Hohwäng	8.9.		3176-3184	GlK 11	L+T	1347	
			14.9.	8421-8429	GlK 12	L+T		
16	Findelen		14.9.	8345-8357	GlK 8	L+T	1348	
17	Ried	10.10.		5940-5946	31	V+D	1308/1328	
19	Turtmann		2.9.	6683-6690	GlK 2W	L+T	1307	20)
20	Brunegg						1308	
21	Bella Tola		15.9.	8710-8713	GlK 1W	L+T	1287	
22	Zinal	8.9.		3156-3175	GlK 11	L+T	1327	
			14.9.	8403-8420	GlK 12	L+T		
23	Moming		14.9.	8378-8391	GlK 11	L+T	1327	
24	Moiry	8.9.		3133-3155	GlK 10	L+T	1327	
			2.9.	6691-6712	GlK 10W	L+T		
25	Ferpècle	26.8.		2345-2362	GlK 9	L+T	1327/1347	21)
26	Mont Miné		2.9.	6713-6730	GlK 9W	L+T		21)
			14.9.	8450-8469	GlK 8	L+T		
27	Arolla (Bas)		14.9.	8499-8504	GlK 2	L+T	1347	22)
			15.9.	4408-4414	7	V+D		
			15.9.	4415-4422	8	V+D		
28	Tsidjiore Nouve		14.9.	8494-8498	GlK 2	L+T	1346	22)
			15.9.	4401-4407	6	V+D		
29	Cheillon		14.9.	8490-8493	GlK 2	L+T	1346	22)
			15.9.	4346-4348	5	V+D		
30	En Darrey		14.9.	8485-8489	GlK 2	L+T	1346	22)
31	Grand Désert		14.9.	8470-8484	GlK 1W	L+T	1326	23)
32	Mont Fort (Tortin)							
34	Otemma		14.9.	8535-8556	GlK 7	L+T	1346/1366	24)
			15.9.	4387-4394	1	V+D		24)
			15.9.	4344-4360	2			25)

Tabelle 5 / Tableau 5. Fortsetzung d / Continuation d

Nr. No. 1)	Gletscher Glacier Name/nom	Aufnahmedatum Date du levé 1976	1977	Luftbild Cliché Nrn./Nos.	Fluglinie Ligne de vol Nr./No.	Aufnahme levé	LK Blatt CN Feuille Nr./No.2)	Bemerkungen Remarques
35	Mont Durand		14.9.	8505-8515	GlK 6	L+T	1346/1366	
36	Breney		14.9.	8516-8534	GlK 6	L+T	1346	
			15.9.	4379-4386	3	V+D		
38	Corbassière		14.9.	8557-8577	GlK 3	L+T	1346	
39	Valsorey		14.9.	8581-8585	GlK 5	L+T	1366	26)
40	Tseudet		14.9.	8578-8580	GlK 5	L+T	1365/1366	26)
41	Boveyre		14.9.	8621-8627	GlK 4	L+T	1345/1346	
MD	Mont Dolent		14.9.	8601-8605	GlK 2W	L+T	1365	27)
An	Aneuve		14.9.	8597-8603	GlK 2W	L+T	1345	27)
42	Saleina		14.9.	8606-8612	GlK 1W	L+T	1345	28)
			14.9.	8589-8596	GlK 2W	L+T		27)
108	Orny		14.9.	8586-8588	GlK 2W	L+T	1345	27)
43	Trient		14.9.	8613-8620	GlK 1W	L+T	1345	28)
44	Paneyrosse	11.10.		6057-6061	1'	V+D	1285	
45	Grand Plan Névé	11.10.		6053-6056	1'	V+D	1305	
46	Martinets	11.10.		6035-6041	1	V+D	1305	
				6048-6052	1'	V+D		
60	Tschingel		5.9.	6917-6919	GlK 10W	L+T	1248	29)
109	Alpetli (Kanderfirn)		5.9.	6909-6916	GlK 10W	L+T	1248/1268	29)
77	Biferten		15.9.	8768-8771	GlK 3W	L+T	1193	30)
Cl	Clariden	15.6.		2759-2760		V+D		
78	Limmern		15.9.	8776-8782	GlK 4W	L+T	1193	
			15.9.	8788-8790	GlK 5	L+T		31)
114	Plattalva		15.9.	8783-8787	GlK 5	L+T	1193	31)
83	Punteglias		15.9.	8772-8775	GlK 3W	L+T	1193	30)
84	Lenta		12.9.	7971-7974	GlK 10W	L+T		32)
			12.9.	7966-7967	GlK 11W	L+T		33)
85	Paradies		12.9.	7977-7981	GlK 2	L+T		34)
			12.9.	7975-7976	GlK 10W	L+T		32)
87	Suretta		12.9.	8213-8219	GlK 1	L+T		35)
103	Bresciana		12.9.	7968-7970	GlK 11W	L+T		33)
119	Cavagnoli	6.9.		2634-2638	GlK 6W	L+T		

Tabelle 5 / Tableau 5. Schluss / Fin.

Zusätzlich erfasste Gletscher:

3) Mittelaletsch
4) Diablerets, Tschiffaz, Sex Rouge, Mauvais, Pierredar, Culan
5) Gspaltenhorn, Morgenhorn, Vorderer Blüemlisalp (Oberer Oeschinen), Oeschinen (Unter Oeschinen), Fründen, Doldenhorn
6) Antabbia
7) Eiger, Guggi
8) Fee, Fall
9) Hohkraut, Trift (Laggin), Bodmer, Zibelenfluh
10) Hohlicht, Schali
11) Kin, Dürren
12) Guggi, Kühlauenen, Giessen
13) Lötschberg, Faulen, Fründen, Doldenhorn, Schwarz
14) Hohlaub, Kessjen
15) Bocheresse
16) Luette
17) Diablerets, Mauvais, Culan
18) Grenz, Schwärze, Zwillings, Ober- und Unter Theodul, Furgg
19) Stockje, Tiefmatten, Schönbiel
20) Diablons
21) Manzettes
22) Arolla (Haut), Pièce, Luette, Pleureur, Liapey, La Salle
23) Mourti, Prafleuri, Petit Mont Fort, Mont Fort (Cleuson), Louettes Econdoi
24) Aouille, Epicoun, Crête Sèche, Fenêtre
25) Mont Collon, Blanchen, Aiguillette, Aouille, Epicoun, Crête Sèche
26) Sonadon
27) Treutse Bô, Darrey, Planereuses, Evole, Plines, Ravines Rousses
28) Darrey, Planereuses, Evole, Plines, Ravines Rousses, Grands, Petoudes
29) Wetterlücken, Breithorn, Sillern
30) Rötifirn, Frisal, Cavistrau
31) Selbsanft
32) Zapport, Grauhorn, Casletto
33) Grauhorn, Casletto
34) Zapport, Giumello, Stabi
35) Schwarzhorn, Suretta (Süd).

3. LAGEAENDERUNG DER GLETSCHERENDEN

3.1 JAHR 1975/76

Im Vorjahr war die Anzahl vorstossender Gletscher sprunghaft von 30 auf 56 angestiegen. Im Berichtsjahr ging sie ebenso sprunghaft von 56 auf 23 zurück. Diese Zahl nimmt sich im Rahmen der letzten 12 Jahre mit durchschnittlich 30 vorstossenden Zungen eher bescheiden aus. In der gleichen Zeitspanne machte der Anteil der vorstossenden gewöhnlich mehr als ein Viertel der beobachteten Zungen aus. Ausnahmen sind die Jahre 1965 und 1967 mit je 24%, 1971 mit 16% und das Berichtsjahr mit 22%.

Von den 56 Gletschern, die im Vorjahr vorgerückt sind, haben im Berichtsjahr 19 ihren Vorstoss fortgesetzt, 7 sind stehengeblieben, 28 zurückgeschmolzen und 2 nicht gemessen worden. Einen Vorstoss neu begonnen haben im Berichtsjahr 3 Gletscher, von denen im Vorjahr 2 (Paneyrosse, Glärnisch) noch zurückgingen, 1 stationär war (Grand Plan Névé). Der im Vorjahr nicht beobachtete Blümlisalp setzte 1976 seinen seit bald einem Jahrzehnt andauernden Vorstoss fort. Der Gletscher mit der grössten Längenzunahme (Roseg, 13.4 m) konnte nicht zu den vorstossenden gerechnet werden, weil nach Aussage des Beobachters ein durch die prekären Aufschlussverhältnisse am stark verschutteten Gletscherende bedingtes Zufallsergebnis vorliegt. Er wurde deshalb den stationären Zungen zugeordnet. Von diesen waren im Vorjahr ausser Roseg noch 2 weitere (Oberaar, Punteglias) im Rückzug.

Bei den in Tabelle 8 angegebenen Beträgen für die Längenänderung fallen auf der einen Seite die durchwegs bescheidenen Vorstossbeträge auf (kein Wert über 15 m, nur 4 Werte über 10 m Vorstoss), denen auf der anderen Seite beträchtliche bis sehr grosse Schwundbeträge zahlreich gegenüberstehen (46 Werte über 10 m, 8 Werte über 40 m Rückzug). Die grössten Rückzugsbeträge wurden am Paradies (371 m) und Suretta (128 m) gemessen. Sie sind beim Paradies durch die Auflösung einer vom Gletscher nicht mehr ernährten Zunge, beim Suretta durch das Abschmelzen der Firnanlagerungen aus den Vorjahren zu erklären. Die aus 91 Werten berechnete mittlere Längenänderung (-15.3 m) hat letztmals im ausgesprochenen Schwundjahr 1963/64 einen ähnlich grossen Wert (-14.4 m) erreicht.

3.2 JAHR 1976/77

Die Ergebnisse der Beobachtungen am Netz der GK/SNG sind in den Tabellen 6 bis 8 dargestellt. Tabellen 6 und 7 geben eine zusammenfassende Uebersicht über die Stichproben der beiden Berichtsjahre. In Tabelle 8 sind die Ergebnisse für die einzelnen, nach Flusseinzugsgebieten geordneten Gletscher zusammengestellt. Für 10 von den 109 im Herbst 1977 beobachteten Gletscherzungen ist nur die Richtung (bzw. das Vorzeichen), für 98 auch der Betrag der Längenänderung seit der letzten Messung ermittelt worden. Die angegebenen Werte beruhen in 94 Fällen auf Messungen am Objekt (89) oder luftphotogrammetrischen Aufnahmen (5), in den übrigen 14 Fällen auf Schätzungen im Gelände oder anhand von Luftbildern (je 3) und - bei 8 nicht ausgeaperten und somit sicher nicht verkürzten Zungen - auf Mutmassungen auf Grund des Verhaltens in der Vorperiode. Beim ebenfalls nicht ausgeaperten Cavagnoli, der erst ein einziges Mal gemessen worden ist, blieb ungewiss, ob er vorgestossen oder stillgestanden ist.

Im Berichtsjahr hat die von 23 auf 52 angestiegene Zahl der vorstossenden Gletscher den vor zwei Jahren beobachteten Höchstwert der letzten 50 Jahre nahezu wieder erreicht. In der bis 1890 zurückreichenden Beobachtungsreihe (Abbildung 8) weisen 5 weitere Jahre (1916, 1917, 1919, 1920 und 1926) eine grössere Anzahl oder einen höheren Stichprobenanteil vorstossender Zungen auf als das Berichtsjahr. Sie markieren die letzte, als Vorstoss der zwanziger Jahre bekannte Periode allgemeinen Gletscherwachstums.

Von den 52 Vorstossgletschern des Berichtsjahrs sind 18 bereits im Vorjahr vorgerückt, 17 haben ihren durch das Schwundjahr 1976 unterbrochenen Vorstoss fortgesetzt, und 16 haben nach mehrjährigem Schwund oder Stillstand vorzustossen begonnen. Auch der seit 1936 nicht mehr am Boden gemessene Ornygletscher ist seit 1971 deutlich vorgerückt. Trotz dem gletschergünstigen Klima des Berichtsjahres sind von den 23 Vorstossgletschern des Vorjahrs 5 wieder kürzer geworden. Ebenso haben 12 vor zwei Jahren noch vorstossende Zungen ihren Vorstoss nach dem letztjährigen Unterbruch nicht mehr fortgesetzt. Sie sind im Berichtsjahr je zur Hälfte stehengeblieben oder weiter zurückgegangen.

Infolge der durch die Kürze und Kühle des Sommers im Vergleich zu normalen Jahren erheblich verminderten Abschmelzung hat sich an manchen Gletscherenden ein echter Vorstoss ergeben, obwohl auch die von der VAW auf verschiedenen Gletschern gemessenen Fliessgeschwindigkeiten allgemein niedriger waren als in den Vorjahren. Dementsprechend ist das Ausmass der in erster Linie durch die Gletscherbewegung bewirkten echten Vorstösse durchwegs bescheiden bis mässig ausgefallen. Von den 44 echt vorstossenden Zungen sind 16 um weniger als 5 Meter, 18 um 5 bis 10 Meter und nur 6 um 10 bis 20 Meter in einem Jahr vorgerückt. Bei den restlichen 4 ist der Vorstossbetrag unbeziffert. Zu den 8 Gletschern, deren Zungen durch angelagerten Firn- und Lawinenschnee verlängert worden sind, gehören u.a. der Kaltwasser und der Suretta, die mit 62 bzw. 71 Metern den grössten Längenzuwachs aufweisen.

Die grössten Schwundbeträge sind am Lavaz (109 m in zwei Jahren), Tsanfleuron (48 m) und Paradies (43 m) gemessen worden. Sie dürften sich in erster Linie aus lokalen Zufälligkeiten ergeben haben (z.B. Rückbildung einer früher angelagerten Firnmasse, flach ausdünnender Eisrand in stark kupiertem Gelände, Auflösung einer ungenügend ernährten Gletscherzunge). Ebenfalls beträchtlich ist der Schwund bei 5 im Berichtsjahr um 20 bis 35 Meter verkürzten Talgletschern im Wallis.

Die aus 86 Werten berechnete, nur wenig von Null verschiedene mittlere Längenänderung stimmt - möglicherweise nur zufällig - gut überein mit dem knapp unter 50% liegenden Stichprobenanteil der vorstossenden Gletscher. Im Rahmen der beobachteten langfristigen Veränderungen der Gletscher in den Schweizer Alpen passen die beiden Zahlen durchaus zur gegenwärtigen Situation. Seit dem Jahre 1964, mit dem eine lange Schwundperiode zu Ende ging, hat sich bei einer wachsenden Zahl von Gletschern die Grösse den gletschergünstiger gewordenen klimatischen Bedingungen angepasst. Dementsprechend hat die Zahl der vorstossenden Gletscher sukzessive zugenommen. Wenn bei der Mehrzahl der Gletscher die Grösse den klimatischen Bedingungen entspricht, sollten etwa gleich viele Gletscher im Vorstoss sein wie im Rückzug. Der Mittelwert der Längenänderung aller Gletscher wird dann in der Nähe von Null liegen. Nach den Beobachtungen der letzten Jahre ist tatsächlich eine solche Entwicklung im Gang.

3. VARIATIONS DES FRONTS GLACIAIRES

3.1 VARIATIONS EN 1975/76

L'année précédente, le nombre des glaciers en crue avait augmenté d'un coup de 30 à 56. Pendant l'année du rapport, ce chiffre est retombé de 56 à 23, un nombre qui paraît plutôt modeste à côté des 30 glaciers en crue sur la moyenne des douze dernières années. Dans le même laps de temps, le nombre des glaciers habituellement en crue représentait plus d'un quart des langues observés. Les années 1965 et 1967 avec chacune 24%, 1971 avec 16%, et l'année du rapport avec 22% constituent des exceptions.

Des 56 glaciers qui étaient en crue au début de l'exercice, 19 l'étaient toujours à la fin, tandis que 7 sont restés stationnaires, 28 ont reculé et 2 n'ont pas été mesurés. 3 glaciers ont commencé une nouvelle crue pendant l'année du rapport, dont 2 (Paneyrosse, Glärnisch) avaient reculé et un (Grand Plan Névé) avait été stationnaire, l'année précédente. En 1976, le glacier de la Blümlisalp, non observé en 1975, a également continué sa crue, qu'il avait commencée vers 1968. La plus grande crue en longueur, observée au glacier de Roseg, fut de 13,4 mètres seulement. Néanmoins, ce glacier ne peut être compté au nombre des glaciers en crue car, selon l'observateur, on y a affaire à un résultat de hasard, dû aux conditions de mesures rendues précaires par les éboulis morainiques accumulés sur l'extrémité de la langue. Il faut donc le considérer comme stationnaire. Parmi ces glaciers, outre Roseg, 2 autres langues glaciaires (Oberaar, Punteglias) étaient en recul l'année passée.

En examinant les indications de variation de longueur, données au tableau 8, on remarquera, d'une part, que dans l'ensemble les crues sont modestes ou même très modestes (pas d'indication de plus de 15 m, seulement 4 crues de plus de 10 m), d'autre part, que les reculs sont souvent très grands ou même considérables (46 reculs de plus de 10 m, 8 reculs de plus de 40 m). Les plus grands reculs furent mesurés au glacier de Paradies (371 m) et de Suretta (128 m). Ils s'expliquent, pour le Paradies, par la dissolution d'une langue, qui n'était plus alimentée par le glacier; pour le Suretta, par la fonte des névés accumulés devant le glacier pendant les années précédentes. La variation de longueur moyenne, basée sur 91 valeurs, est de -15.3 mètres. Pour retrouver une valeur aussi négative, il faut remonter jusqu'en 1963/64 (-14.4 m), qui fut également une année de recul prononcé.

3.2 VARIATIONS EN 1976/77

Les résultats obtenus des observations du réseau de la SHSN figurent dans les tableaux 6 à 8; les tableaux 6 et 7 donnent le résumé des observations et des variations des deux années du rapport; le tableau 8 réunit les données des mêmes années en groupant les glaciers par bassins. Pour 10 des 109 glaciers contrôlés en automne 1977 on ne connaît que la direction (signe) de la variation; pour 98 autres, on en a déterminé les valeurs numériques également. Dans 94 cas, ces résultats reposent sur des mesures directes (89) ou sur des clichés photogrammétriques (5); pour le reste il s'agit d'estimations sur place (3) ou sur photos (3); pour 8 glaciers non dégagés de neige et certainement pas raccourcis, on a extrapolé sur la base du comportement du front pendant la période de mesures précédente. Dans le cas du Cavagnoli, encore enneigé et après une seule mesure préalable, on ne peut dire s'il a progressé ou non.

Pour l'année actuelle, en passant de 23 à 52, le nombre de glaciers en crue a presque atteint à nouveau le record de la période de 50 ans écoulée, observé il y a deux ans. Durant la période remontant à 1890 (figure 8), il y eu 5 autres années (1916, 1917, 1919, 1920 et 1926) qui ont présenté un plus grand nombre ou pourcentage de glaciers en crue que l'année écoulée; celles-ci ont marqué la dernière période de crue générale vers l'année 1920.

Parmi les 52 glaciers en crue, 18 étaient en crue l'année précédente déjà, 17 ont poursuivi leur croissance interrompue en 1976 et 16 ont recommencé à progresser après plusieurs années de décrue ou d'immobilité. Le glacier d'Orny, qui n'a plus été observé au sol depuis 1936, a nettement progressé depuis 1971. Malgré les conditions climatiques de l'année écoulée, favorables à la crue, 5 des 23 glaciers précédemment en crue se sont raccourcis. De même, 12 langues, encore en crue il y a deux ans, n'ont plus poursuivi leur avance depuis l'interruption de l'année dernière; elles ont, à parts égales, ou reculé ou bien sont restées stationnaires.

A la suite de la brièveté et de la fraîcheur de l'été, la fonte a été notablement plus faible que pendant les années normales; par conséquence, chez un bon nombre de langues glaciaires, on a pu constater une avance indiscutable, bien que les mesures de vitesse, exécutées par les VAW sur plusieurs glaciers, aient mis en évidence un ralentissement du mouvement glaciaire par rapport aux années précédentes; de ce fait, les avances, dues au glissement proprement dit de la glace, sont restées faibles ou modérées. Parmi les 44 crues que nous estimons réelles, 16 langues ont progressé de moins de 5 mètres, 18 de 5 à 10 mètres et 6 seulement de 10 à 20 mètres en une année; pour les 4 autres, l'avance n'a pas été déterminée en chiffres. Parmi les 8 glaciers allongés par accumulation de neige ou de coulées d'avalanches, il faut citer ceux de Kaltwasser et de Suretta, qui, avec respectivement 62 et 71 mètres, accusent l'allongement le plus grand.

Les reculs les plus importants ont été constatés aux glaciers de Lavaz (109 m en 2 ans), de Tsanfleuron (48 m) et de Paradies (43 m); ils doivent résulter avant tout de circonstances locales, telles que la réduction d'un névé ancien recouvrant le front glaciaire, la disparition d'une partie marginale amincie de la langue dans un site découpé ou la dissolution d'une langue terminale insuffisamment alimentée. Le recul de 5 glaciers de vallée en Valais, raccourcis de 20 à 35 mètres, est également important.

Calculé sur 86 glaciers, la variation moyenne de la longueur ne diffère que peu de zéro; ce chiffre correspond - peut-être plutôt par hasard - au fait que la part de glaciers en crue comprend à peu près la moitié des glaciers contrôlés. Ces deux valeurs caractérisent assez bien la situation actuelle. A partir de l'année 1964, qui marque la fin d'une longue période de décrue, on constate une augmentation du nombre de glaciers qui ont vu leurs dimensions s'accorder avec les conditions climatiques, devenues favorables à la crue. Dès que le régime sera adapté aux nouvelles conditions climatiques, un nombre égal de glaciers en crue et en décrue devrait se maintenir; la variation moyenne de longueur devrait alors s'approcher de zéro. Les observations de ces dernières années semblent bien confirmer la tendance vers un tel équilibre.

Tabelle 6. Lageänderung der Gletscherenden 1975/76

a) Zusammenfassung für das ganze schweizerische Beobachtungsnetz

Beobachtungsnetz	Anzahl Gletscher		116	
Nicht beobachtet	Anzahl Gletscher		11	1)
Beobachtet	Anzahl Gletscher		105	
Resultat unsicher	Anzahl Gletscher		2	2)
Richtung bekannt	Anzahl Gletscher	(Prozent)	103	(100.0)
im Vorstoss	Anzahl Gletscher	(Prozent)	23	3) (22.3)
stationär	Anzahl Gletscher	(Prozent)	10	4) (9.7)
im Rückzug	Anzahl Gletscher	(Prozent)	70	5) (68.0)
Mittlere Längenänderung	Meter pro Gletscher		-15.33	
	(Anzahl Gletscher)		(91)	6)

Bemerkungen: In den verschiedenen Klassen wurden folgende, durch ihre Nummer aus Tabelle 8 bezeichnete Gletscher eingereiht:

1) 9 23 56 76 82 95 98 102 103 110 115.

2) 101 119.

3) 13 25 27 28 39 41 42 43 44 45 53 59 60 64 67 68 69 70 71 79 80 99 100.

4) 37 38 50 57 83 92 96 107 109 117.

5) 1 2 3 4 5 6 7 8 10 11 12 14 15 16 17 18 19 20 21 22 24 26 29 30 31 32 33 34 35 36 40 46 47 48 49 51 52 54 55 58 61 62 63 65 66 72 73 74 75 77 78 81 84 85 86 87 88 89 90 91 93 94 97 104 105 106 111 114 118 120.

6) Für die Berechnung der mittleren Längenänderung wurden 12 Gletscher nicht berücksichtigt. Sie wurden aus folgenden Gründen ausgeschaltet:
- durch künstlichen See beeinflusst: 3 50 51
- Wert für 2 Jahre: 71
- Wert für 3 Jahre: 44 45
- Wert für 5 Jahre: 7
- zufälliger Wert: 92
- keine Zahlenangabe: 46 49 55 64.

b) Zusammenfassung für die Einzugsgebiete der Hauptflüsse

Einzugsgebiet 1)	Anzahl Gletscher					
	im Netz	nicht beobachtet	Resultat unsicher	Vorstoss	stationär	Rückzug
Rhone (II)	51	2	0	10	3	36
Aare (Ia)	19	2	0	4	3	10
Reuss (Ib)	11	1	0	5	0	5
Limmat (Ic)	6	0	0	2	0	4
Rhein (Bodensee; Id)	11	2	0	0	1	8
Inn (V)	7	2	0	0	2	3
Adda (IV)	4	1	1	2	0	0
Tessin (III)	7	1	1	0	1	4
Total	116	11	2	23	10	70

1) Die Bezeichnung der Einzugsgebiete mit römischen Zahlen stimmt mit Tabelle 8 und Abbildungen 6 und 7 überein.

Tableau 7. Variations de longueur des glaciers 1976/77

a) Récapitulation pour l'ensemble du réseau d'observation suisse

Réseau d'observation	Nombre de glaciers	117	
Non observé	Nombre de glaciers	8 1)	
Observé	Nombre de glaciers	109	
Incertain	Nombre de glaciers	1 2)	
En régime connu	Nombre (Pourcentage)	108	(100.0)
En crue	Nombre (Pourcentage)	52 3)	(48.1)
Stationnaire	Nombre (Pourcentage)	15 4)	(13.9)
En décrue	Nombre (Pourcentage)	41 5)	(38.0)
Variation moyenne de longueur	Mètres par glacier (Nombre de glaciers)	-0.41 (86) 6)	

Remarques: Les notes 1 à 6 se réfèrent aux glaciers qui, au tableau 8, ont le numéro suivant:

1) 46 49 56 92 93 101 110 115.
2) 119.
3) 1 2 7 10 11 13 20 23 25 26 27 28 37 39 41 42 43 47 48 50 53 54 57 59 60 62 63 64 66 67 68 70 74 75 77 80 81 85 87 89 91 96 97 99 100 104 107 108 109 117 118 120.
4) 6 8 9 12 24 30 38 72 73 78 98 103 105 111 114.
5) 3 4 5 14 15 16 17 18 19 21 22 29 31 32 33 34 35 36 40 44 45 51 52 55 58 61 65 69 71 76 79 82 83 84 86 88 90 94 95 102 106.
6) Pour le calcul de la variation moyenne de longueur, on n'a pas tenu compte des résultats de 22 glaciers. Ils ont été éliminés pour les raisons suivantes:
   - Contact avec un lac d'accumulation: 3.
   - Valeur pour 2 ans: 23 76 82 102.
   - Valeur pour 3 ans: 95.
   - Valeur pour 4 ans: 13.
   - Valeur pour 6 ans: 108.
   - Valeur approximative: 117 118 120.
   - Non chiffré: 2 8 9 12 55 64 98 103 104 107 114.

b) Récapitulation pour les bassins versants principaux de la Suisse

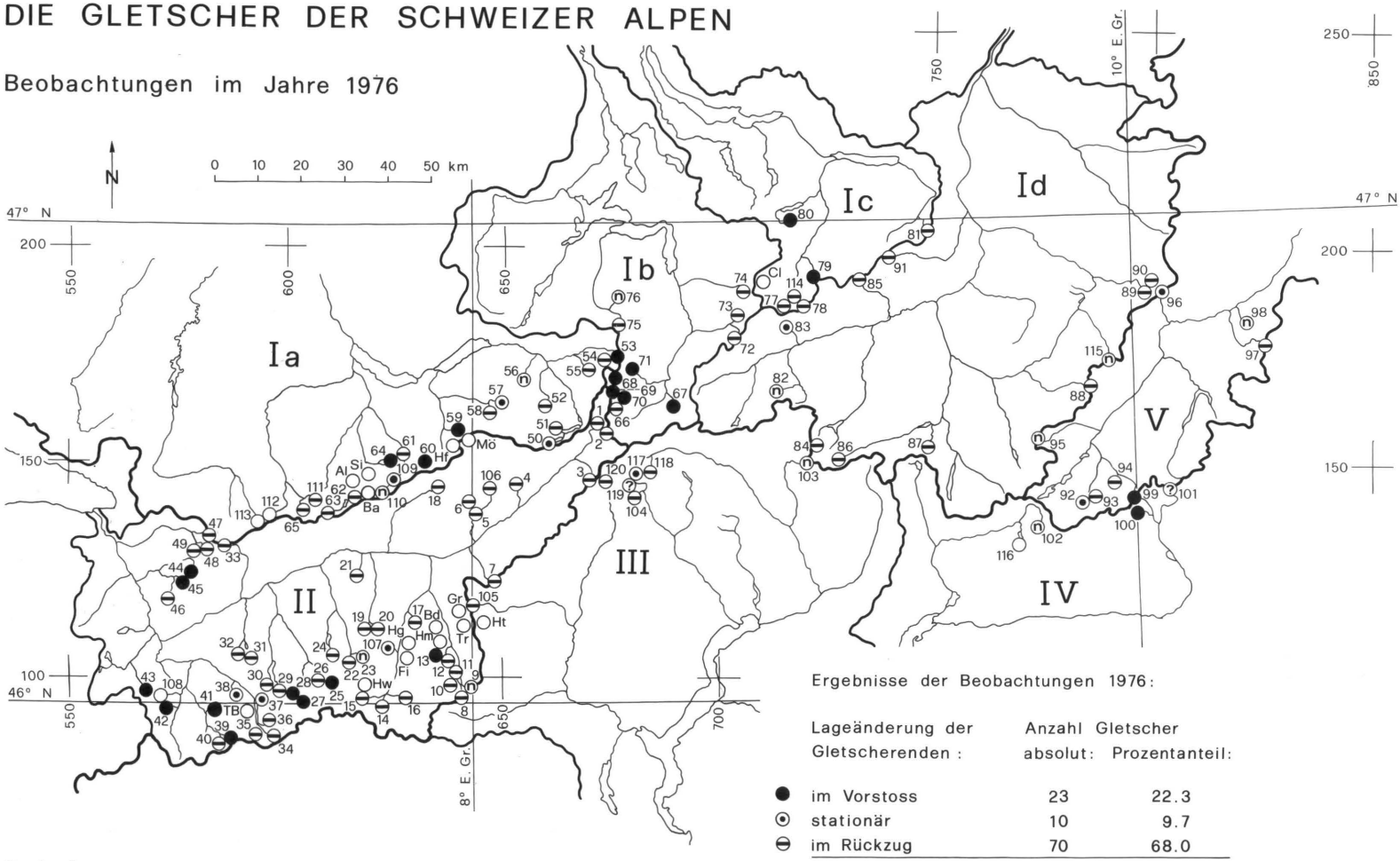
Bassin versant 1)	Nombre de glaciers					
	du réseau	non observés	résultat incertain	en crue	stationnaires	en décrue
Rhône (II)	52	2	0	21	7	22
Aar (Ia)	19	2	0	10	1	6
Reuss (Ib)	11	0	0	6	2	3
Limmat (Ic)	6	0	0	3	2	1
Rhin (Bodan; Id)	11	1	0	4	0	6
Inn (V)	7	2	0	2	1	2
Adda (IV)	4	1	0	2	0	1
Tessin (III)	7	0	1	4	2	0
Total	117	8	1	52	15	41

1) L'indication des bassins par chiffres romains correspond à celles du tableau 8 et des figures 6 et 7.

Abbildung 6 / Figure 6

DIE GLETSCHER DER SCHWEIZER ALPEN

Beobachtungen im Jahre 1976



○ Beobachtungsnetz:
Ziffern 1–120: Gletscher im Netz der Gletscherkommission (s. Tab. 6 und 8)
Buchstaben: andere Gletscher (s. Tab. 5)
Ziffern I–V: Einzugsgebiete (s. Tab. 8)

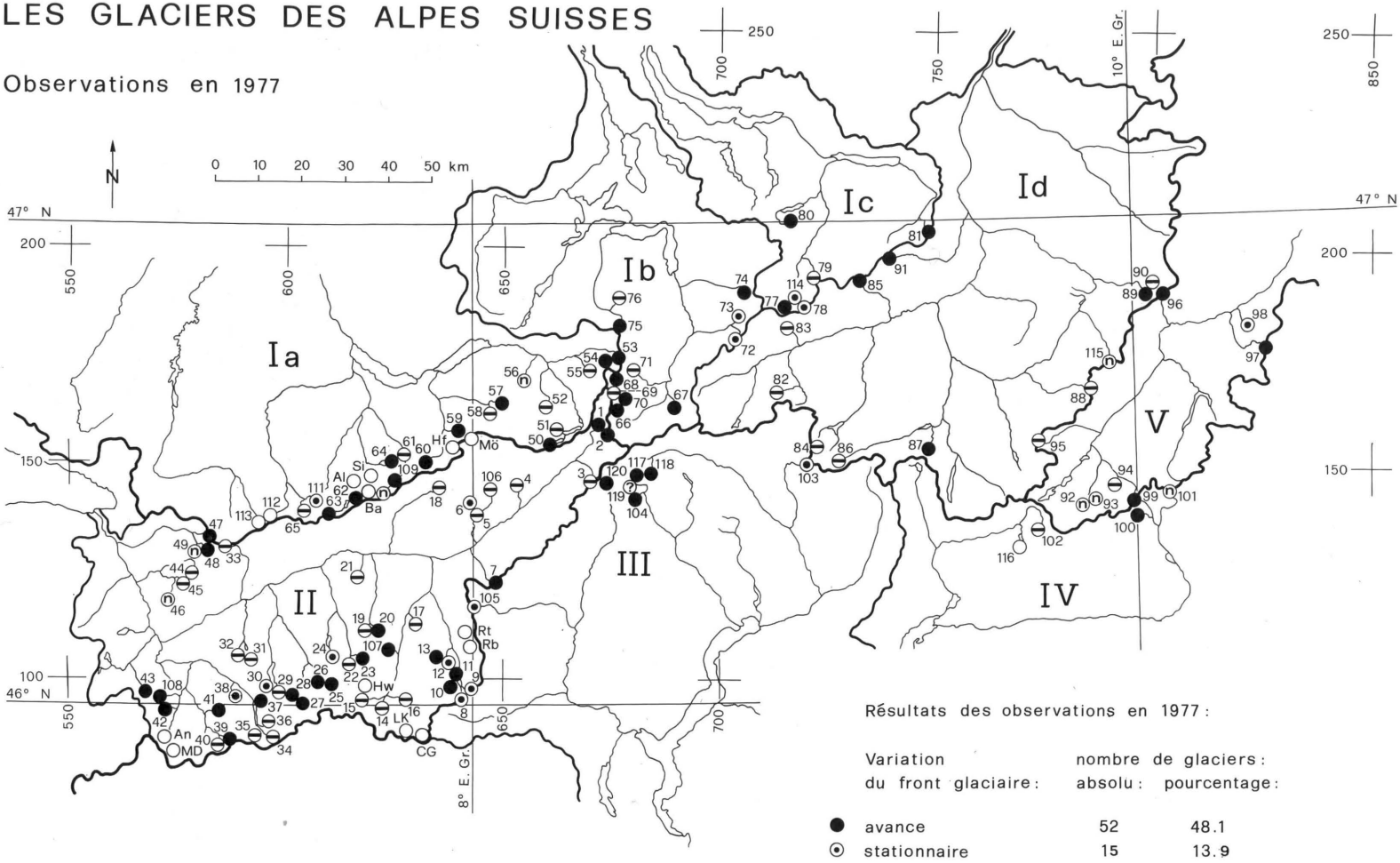
Ergebnisse der Beobachtungen 1976:

Lageänderung der Gletscherenden:	Anzahl Gletscher absolut:	Prozentanteil:
● im Vorstoss	23	22.3
⊙ stationär	10	9.7
⊖ im Rückzug	70	68.0
Stichprobe	103	100.0
ⓝ nicht beobachtet	11	
ⓡ Resultat unsicher	2	
Beobachtungsnetz	116	
○ Beobachtung sistiert	4	

Abbildung 7 / Figure 7

LES GLACIERS DES ALPES SUISSES

Observations en 1977



○ Réseau d'observations:
chiffres 1–120: glaciers du réseau de la Commission des glaciers (v. tabl. 7 et 8)
lettres: autres glaciers (v. tabl. 5)
chiffres I à V: bassins versants (v. tabl. 8)

Résultats des observations en 1977:

Variation du front glaciaire:	nombre de glaciers: absolu:	pourcentage:
● avance	52	48.1
⊙ stationnaire	15	13.9
⊖ retrait	41	38.0
échantillon	108	100.0
ⓝ non observés	8	
ⓘ résultat intertain	1	
réseau d'observations	117	
○ observation suspendue	3	

Abbildung 8 / Figure 8

Lageänderung der Gletscherenden in den Schweizer Alpen
Variations de la position des fronts glaciaires dans les Alpes Suisses
1890/91 - 1976/77

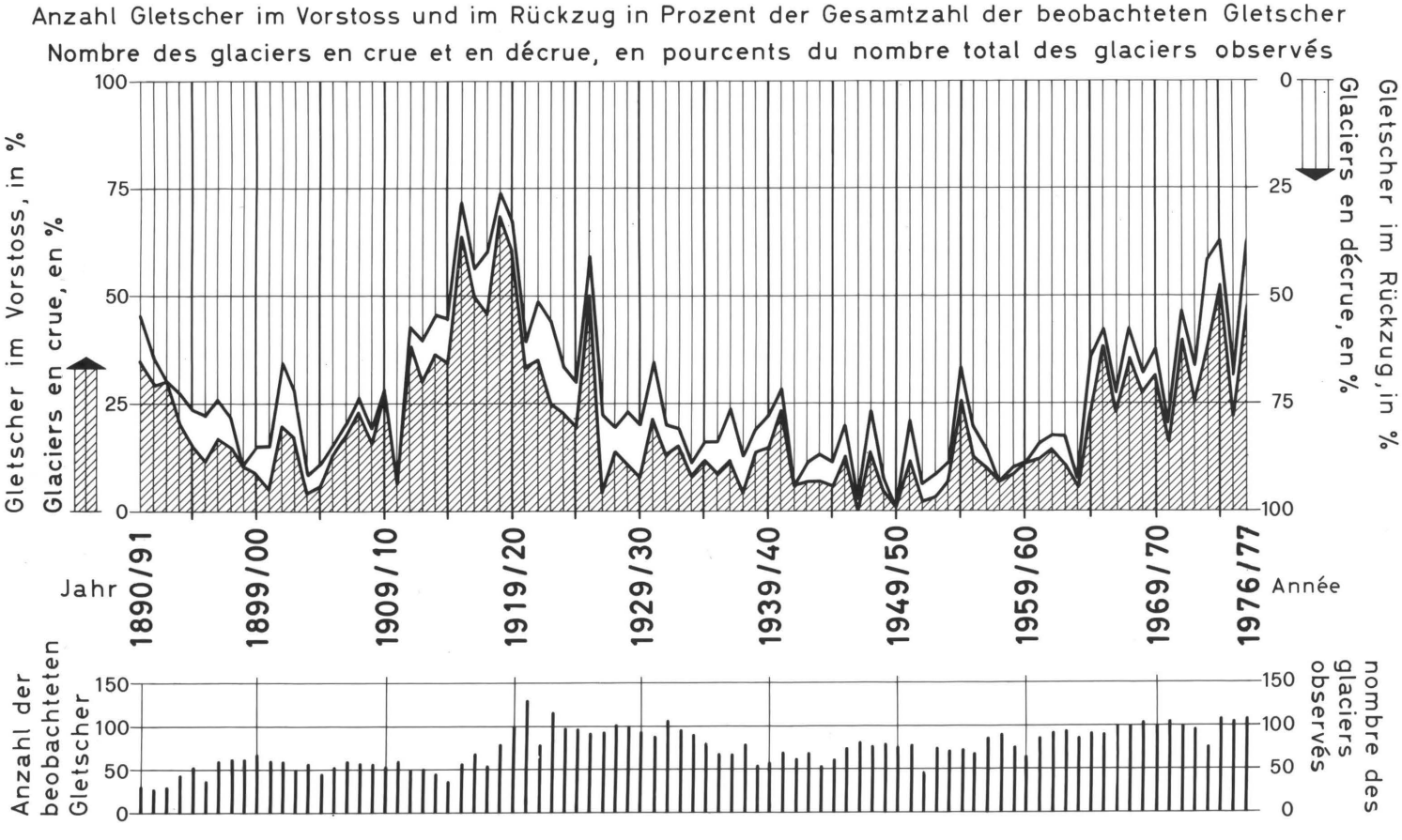


Tabelle 8. Lageänderung der Gletscherenden 1975/76 und 1976/77

Tableau 8. Variations des fronts glaciaires en 1975/76 et en 1976/77

Nr. No.	Gletscher Glacier	Kt. Ct.	Aenderung in Metern Variations en mètres		Höhe m ü.M. Mètres sur mer	Messdatum Jour et mois de l'observation		
			1975/76	1976/77	1977	1975	1976	1977
a		b	c	c	d			
	Einzugsgebiet der Rhone (II) / Bassin du Rhône (II)							
1e	Rhone	VS	- 18.3	+ 15.4	2125	21. 9.	25. 8.	18. 9.
2e	Mutt	VS	- 2.1	+ x(sn)	2626(76)	21. 9.	25. 8.	18. 9.
3e	Gries (Aegina)	VS	- 35.6	- 4.7	2374.3(76)	8.10.	6.10.	4.10.
4e	Fiescher	VS	- 20.6	- 12.8	1660.5	1.10.	8. 9.	7. 9.
5e	Grosser Aletsch	VS	- 9.8	- 27.1	1506.5	11. 9.	9. 9.	8. 9.
106e	Mittelaletsch	VS	- 67.6	- 10.2	2249(74)	11. 9.	6. 9.	5. 9.
6e	Oberaletsch	VS	- 7.2	st	2136.9	17. 9.	11. 9.	9. 9.
7e	Kaltwasser	VS	- 10.7(5a)	+ 62	1980	2.10.	2. 9.	29. 9.
8e	Tälliboden	VS	- 22.5	st (sn)	2628.8(76)	29. 9.	29. 9.	3.10.
9e	Ofental	VS	n	st (sn)	-	n	n	15. 9.
10e	Schwarzberg	VS	- 2.3	+ 13.1	2658.9	26. 9.	27. 9.	27. 9.
11e	Allalin	VS	- 17.1	+ 3.5	2316.4	22. 9.	10.10.	13. 9.
12e	Kessjen	VS	- 12.4	st (sn)	2851.2	23. 9.	21. 9.	26. 9.
13e	Fee (Nordzunge)	VS	+ 7 ca.	+ 46.6(4a)	2010	2.10.	10.10.	14. 9.
14e	Gorner	VS	- 47.8	- 3.0	2062	30.10.	6.10.	9. 9.
15e	Zmutt	VS	- 46	- 29.5	2247	19. 8.	24. 8.	11. 8.
16e	Findelen	VS	- 6.3	- 22.0	2482.2(61)	12. 9.	24. 9.	6.10.
107e	Bis	VS	st	+ x	-	2.10.	10.10.	20. 7.
17e	Ried	VS	- 4.3	- 4.7	2047.3	27. 9.	25. 9.	1.10.
18	Lang	VS	- 17	- 33	2010(76)	19.10.	24.10.	18. 9.
19e	Turtmann (West)	VS	- 3.8	- 3.1	2265	4.10.	25. 9.	27. 9.
20e	Brunegg(Turtmann-Ost)	VS	- 3.3	+ 5.2	2464	4.10.	25. 9.	27. 9.
21e	Bella Tola	VS	- 23.9	- 10.1	-	20. 9.	1.10.	20. 9.
22e	Zinal	VS	- 31.6	- 25.2	2020	1.10.	20.10.	15. 9.
23e	Moming	VS	n	+ 14(2a)	2315(68)	4.10.	n	15. 9.
24e	Moiry	VS	- 6.5	- 0.5	2438(67)	24.10.	1.10.	26. 9.
25e	Ferpècle	VS	+ 3.8	+ 5.2	2110ca.(76)	2.10.	28. 9.	1.10.
26e	Mont Miné	VS	- 6.2	+ 19	1960ca.(76)	2.10.	28. 9.	1.10.
27e	Bas d'Arolla	VS	+ 6	+ 8	2150	3.10.	2.10.	30. 9.
28e	Tsidjiore Nouve	VS	+ 10	+ 16	2262(64)	3.10.	2.10.	30. 9.
29e	Cheillon	VS	- 19.0	- 7.0	-	27. 9.	26. 9.	2.10.
30e	En Darrey	VS	- 36.5	- 0.7	2475(64)	26. 9.	25. 9.	1.10.
31e	Grand Désert	VS	- 4	- 13.0	2800(64)	8.10.	24. 9.	7.10.
32e	Mont Fort (Tortin)	VS	- 6	- 2.6	2740(67)	8.10.	4.10.	1.10.
33	Tsanfleuron	VS	- 15	- 48	2417(69)	27. 9.	9.10.	6.10.
34e	Otemma	VS	- 17.5	- 18	2420(72)	17. 9.	9.10.	1.10.
35e	Mont Durand	VS	- 9	- 5	2290(73)	18. 9.	9.10.	2.10.
36e	Breney	VS	- 30	- 5.5	2570(65)	17. 9.	10.10.	1.10.
37e	Giétro	VS	- 0.4	+ 6.4	2480ca.	6.10.	10.10.	15. 9.
38e	Corbassière	VS	0	0	2196	8. 9.	9. 9.	31. 8.

a-e) Bemerkungen zu den Fussnoten und Legende der in der Tabelle verwendeten Abkürzungen siehe Seite 80 / Remarques et légende des abbréviations utilisées dans le tableau voir page 80.

Tabelle 8 / Tableau 8. Fortsetzung / Continuation 1

Nr. No.	Gletscher Glacier	Kt. Ct.	Aenderung in Metern Variations en mètres		Höhe m ü.M. Mètres sur mer	Messdatum Jour et mois de l'observation		
			1975/76	1976/77	1977	1975	1976	1977
a		b	c	c	d			
39e	Valsorey	VS	+ 3.5	+ 1.2	2395	7.10.	11.10.	7.10.
40e	Tseudet	VS	- 9.0	- 4.0	2425	7.10.	11.10.	7.10.
41e	Boveyre	VS	+ 7.5	+ 2.6	2602	7.10.	11.10.	7.10.
42e	Saleina	VS	+ 8.5	+ 6.5	1710	8.10.	22.10.	7.10.
108e	Orny	VS		+ca.30(6a)	-	n	n	14. 9.
43e	Trient	VS	+ 2.8	+ 4.6	1764	22.10.	22.10.	27. 9.
44e	Paneyrosse	VD	+ 6.4(3a)	- 6.7	-	6.10.	9.10.	15.10.
45e	Grand Plan Névé	VD	+ 11.2(3a)	- 8.2	-	6.10.	9.10.	3.10.
46e	Martinets	VD	- x	n	-	6.10.	11.10.	n
47e	Sex Rouge	VD	- 7.2	+ 3.0	-	20. 8.	24. 8.	8.10.
48e	Prapio	VD	- 4ca.	+ 6.0	-	26.10.	17.10.	22.10.
49e	Pierredar	VD	- x	n	-	6.10.	11.10.	n
	Einzugsgebiet der Aare (Ia) / Bassin de l'Aar (Ia)							
50e	Oberaar	BE	0	+ 7.0	2299.9	22. 9.	10.10.	8. 9.
51e	Unteraar	BE	- 16.5	- 8.9	1907.3	22. 9.	10.10.	8. 9.
52	Gauli	BE	- 12.2	- 5	2220	2. 9.	25. 9.	27. 9.
53	Stein	BE	+ 6	+ 7	1935	11. 9.	20. 9.	20. 9.
54e	Steinlimmi	BE	- 17	+ 2	2092	11. 9.	20. 9.	20. 9.
55e	Trift	BE	- x	- x	-	23. 9.	25. 8.	5. 9.
56	Rosenlaui	BE	n	n	-	n	n	n
57e	Oberer Grindelwald	BE	0	+ 12	1230ca.	16.11.	1.10.	29. 9.
58e	Unterer Grindelwald	BE	- 8	- 4	1230(70)	23. 9.	20. 8.	12.10.
59e	Eiger	BE	+ 10.0	+ 8.4	2130	24. 9.	7. 9.	26. 9.
60e	Tschingel	BE	+ 2.4	+ 2.3	2270	25. 9.	8. 9.	27. 9.
61e	Gamchi	BE	- 2.8	- 2.7	1990	20. 9.	25. 9.	27. 9.
109e	Alpetli (Kanderfirn)	BE	0	+ 2.8	2240	11. 9.	16. 9.	20. 9.
110	Lötschen	BE	n	n	-	n	n	n
62e	Schwarz	VS	- 4.0	+ 2.5	2240	11. 9	10. 9.	8. 9.
63e	Lämmern	VS	- 16.0	+ 1.5	2504	16. 9.	9. 9.	9. 9.
64e	Blümlisalp	BE	+ x(2a)	+ x	-	n	8.10.	6. 9.
111e	Ammerten	BE	- 9.8	- 0.8	2345ca.	14. 9.	5. 9.	2.10.
65	Rätzli	BE	- 17.9	- 2	2336	3.10.	20.10.	28. 9.
	Einzugsgebiet der Reuss (Ib) / Bassin de la Reuss (Ib)							
66e	Tiefen	UR	- 7.3	+ 5	2492(71)	20. 9.	21. 9.	13. 9.
67e	St. Anna	UR	+ 4.5	+ 4	2592(67)	18. 9.	26. 9.	11. 9.
68e	Chelen	UR	+ 10.8	+ 5.4	2090	17. 9.	21. 9.	26. 9.
69e	Rotfirn (Nord)	UR	+ 3.8	- 6.0	2031	17. 9.	21. 9.	26. 9.
70e	Damma	UR	+ 8.7	+ 5.2	2044	17. 9.	21. 9.	26. 9.
71e	Wallenbur	UR	+ 3.5(2a)	- 7.2	2260	9. 9.	27. 9.	14.10.
72e	Brunni	UR	- 25.5	+ 0.5	2310	2.10.	10.10.	15. 9.
73e	Hüfi	UR	- 38	0	1640	3.10.	24. 9.	29. 9.
74e	Griess (Unterschächen)	UR	- 5.4	+ 1.0	2213	23. 9.	13. 9.	8. 9.
75e	Firnalpeli	OW	- 38.8	+ 22	-	14. 9.	26. 9.	11. 9.
76e	Griessen (Obwalden)	OW	n	- 1.8(2a)	-	28. 9.	n	6. 9.

Tabelle 8 / Tableau 8. Fortsetzung / Continuation 2

Nr. No.	Gletscher Glacier	Kt. Ct.	Aenderung in Metern Variations en mètres 1975/76	1976/77	Höhe m ü.M. Mètres sur mer 1977	Messdatum Jour et mois de l'observation 1975	1976	1977
a		b	c	c	d			
	Einzugsgebiet der Limmat (Ic) / Bassin de la Limmat (Ic)							
77e	Biferten	GL	- 4.6	+ 4.1	1920.9	18. 9.	28. 9.	27. 9.
78e	Limmern	GL	- 11.4	- 0.7	2243.4	1. 9.	30. 8.	31. 8.
114e	Plattalva	GL	- 7.6	st (sn)	2546.0(73)	7. 9.	5. 9.	6. 9.
79e	Sulz	GL	+ 4.4	- 2.0	1790	5. 9.	22. 9.	2.10.
80e	Glärnisch	GL	+ 4.4	+ 5.6	2295	17. 9.	25. 9.	7. 9.
81e	Pizol	SG	- 43.6	+ 9.0	2560	19. 9.	9. 9.	20. 9.
	Einzugsgebiet des Rheins (Id) / Bassin du Rhin (Id)							
82	Lavaz	GR	n	-108.7(2a)	2245	2.10.	n	16. 9.
83e	Punteglias	GR	- 1.0	- 3.5	2341	7.10.	11.10.	13.10.
84e	Lenta	GR	- 7.0	- 12.3	2280	19. 9.	11.10.	4.10.
85e	Vorab	GR	- 12.7	+ 11.3	-	2.10.	11.10.	5.10.
86e	Paradies	GR	-371	- 43	2391	23. 9.	21. 9.	29. 9.
87e	Suretta	GR	-128	+ 71	2175	18. 9.	20. 9.	13. 9.
88e	Porchabella	GR	- 20.0	- 8.5	2598	18. 9.	30. 9.	28. 9.
115	Scaletta	GR	n	n	-	n	n	n
89e	Verstankla	GR	- 6.5	+ 6.5	2395	3. 9.	27. 9.	6. 9.
90e	Silvretta	GR	- 1.8	- 10.2	2428.9	20. 9.	18. 9.	19. 9.
91e	Sardona	SG	- 9.6	+ 2.2	2500	22. 9.	30. 8.	16. 9.
	Einzugsgebiet des Inn (V) / Bassin de l'Inn (V)							
92e	Roseg	GR	+ 13.4	n	2170	3.11.	21.10.	n
93e	Tschierva	GR	- 34.5	n	2170	3.11.	21.10.	n
94e	Morteratsch	GR	- 26.8	- 5.2	2000	7.10.	19.10.	13.+25.10
95e	Calderas	GR	n	- 33.2(3a)	2700	n	n	6.11.
96e	Tiatscha	GR	0	+ 1.2	2555	3.10.	8. 9.	29. 9.
97e	Sesvenna	GR	- 2.5	+ 1.6	2745	7.10.	7.10.	20. 9.
98e	Lischana	GR	n	st (sn)	2810(75)	19. 9.	n	30. 9.
	Einzugsgebiet der Adda (IV) / Bassin de l'Adda (IV)							
99e	Cambrena	GR	+ 2.5	+ 8.5	2490ca.	28. 9.	12.10.	6.10.
100e	Palü	GR	+ 3.9	+ 8.3	2355	31.10.	22.10.	4.10.
101	Paradisino	GR	sn	n	-	n	27. 9.	n
102e	Forno	GR	n	- 27.0(2a)	2230	30.10.	n	5.11.
	Einzugsgebiet des Tessin (III) / Bassin du Tessin (III)							
120e	Corno	TI	- 12.8	+ca.40	2500	9. 9.	19. 8.	24. 8.
117e	Valleggia	TI	+ 0.1	+ca.40	2350	3. 9.	20. 8.	6. 9.
118e	Val Torta	TI	- 44.0	+ca.40	2490(76)	10. 9.	18. 8.	6. 9.
103e	Bresciana	TI	n	st (sn)	-	n	n	9. 9.
119e	Cavagnoli	TI	-	sn	2560ca.(76)		27. 8.	15. 9.
104e	Basodino	TI	- 3	+ x	2520ca.	10.10.	26. 8.	15. 9.
105	Rossboden	TI	- 2	- 0.7	1950	8.10.	18.10.	21. 9.

Tabelle 8 / Tableau 8. Fortsetzung / Continuation 3

Legende der Abkürzungen und Zeichen / Légende des abbréviations et signes:

n Nicht beobachtet / Non observé
sn Eingeschneit / Sous neige
+ Im Vorstoss / En crue
st Stationär / Stationnaire
- Im Rückzug / En décrue
x Betrag nicht beziffert / Valeur non chiffrée
? Resultat unsicher / Résultat incertain
ca. Ungefährer Wert / Valeur approximative

Bemerkungen, die für die ganze Tabelle oder wenigstens für mehrere Gletscher gültig sind:

Remarques valables pour tout le tableau ou au moins pour plusieurs glaciers:

a Die Nummern in dieser Tabelle stimmen mit denjenigen in den Abbildungen 6 und 7 dieses Berichts überein.

Les numéros 1 à 120 de ce tableau correspondent aux numéros des figures 6 et 7 de ce rapport.

b Falls ein Gletscher zugleich in verschiedenen Kantonen liegt, so ist derjenige Kanton eingetragen, auf dessen Gebiet sich das eingemessene Zungenende befindet.

Si un glacier s'étend sur le territoire de plusieurs cantons, nous mentionnons celui dans lequel se trouve la langue terminale mesurée.

c Wenn die Aenderung für eine Periode von mehreren Jahren gilt, ist die Anzahl der Jahre wie folgt angegeben:
Beispiel: - 13.6(3a) = Rückzug von 13.6 Metern in 3 Jahren.

Si la valeur de la variation est valable pour une période de plusieurs années, on a noté le nombre d'années comme il suit:
Exemple: - 13.6(3a) = recul de 13.6 mètres en 3 ans.

d Meereshöhe des Zungenendes in Metern über Meer. Wenn die Meereshöhe nicht am Ende des Berichtsjahres bestimmt worden ist, wird das Messjahr wie folgt angegeben:
Beispiel: 2220(67) = Meereshöhe von 2220 Metern, gemessen im Jahre 1967.

Altitude en mètres (au-dessus du niveau de la mer) de la langue terminale mesurée. Dans tous les cas où l'altitude n'a pas été déterminée dans l'année indiquée en tête de colonne, on a noté l'année des mensurations comme il suit:
Exemple: 2220(67) = altitude de 2220 mètres sur mer déterminée en 1967.

e Siehe Bemerkung mit der Nummer dieses Gletschers (Seiten 81 bis 98).

Confère note explicative avec le numéro de ce glacier (pages 81 à 98).

Tabelle 8 / Tableau 8. Bemerkungen / Notes explicatives

Bemerkungen, die nur für einen einzelnen Gletscher gelten. Die Fussnoten tragen die gleiche Nummer wie in der Tabelle der zugehörige Gletscher:

Remarques valables pour un seul glacier. Le numéro des notes explicatives correspond au numéro des glaciers respectifs du tableau:

1 Rhone

- 1976: Vermessungsflüge durch L+T am 6. und 8.9.76 (Verfasser).
- 1977: Du 12 août au 18 septembre 1977 le front a reculé en moyenne de 1.5 mètres (P.Mercier). - Vermessungsflug durch L+T am 5.9.77 (Verfasser)

2 Mutt

- 1977: Le glacier, visité le 12 août et le 18 septembre, est resté entièrement recouvert par la neige hivernale. Il faut supposer que son front a continué l'avance des années précédentes (P.Mercier)

3 Gries

- 1976: Die angegebene Höhenkote ist gemittelt aus den am Fuss der durchschnittlich 27.1 Meter hohen frontalen Eiswand trigonometrisch bestimmten Höhen. Im ungewöhnlich warmen und extrem trockenen Sommer 1976 sind ausser der mageren Winterschneedecke des Berichtsjahres die Firnrücklagen aus früheren Jahren aufgezehrt worden. Die starke Verkürzung der Zunge ist jedoch hauptsächlich durch den im Vergleich mit den Vorjahren sehr frühen und dementsprechend länger dauernden Einstau des Gletscherendes bewirkt worden (VAW - H.Siegenthaler).
- 1977: Die angegebene, im Vorjahr bestimmte mittlere Höhenkote des Fusses der durchschnittlich 27.6 Meter hohen Eisfront gilt auch für das Berichtsjahr. Der Rückzug ist vorwiegend auf Schmelzung durch Seewasser zurückzuführen. Im Gegensatz zum Vorjahr aperte der Gletscher nur wenig aus (VAW - H.Siegenthaler).

4 Fiescher

- 1976: Die Kote des Wasserspiegels im Gletschertor betrug am 8. September 1657.0 m ü.M. (VAW - H.Widmer).
- 1977: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf den Wasserspiegel im Gletschertor (VAW - H.Widmer).- Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

5 Grosser Aletsch

- 1976: Die Kote des Wasserspiegels im Gletschertor betrug am 9. September 1505.8 m ü.M. (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflüge durch L+T am 6. und 8.9.76 (Verfasser).
- 1977: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf den Scheitel des Gletschertors (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

6 Oberaletsch

- 1976: Die Kote des Wasserspiegels im Gletschertor betrug am 11. September 2134 m ü.M. (VAW - H.Widmer).
- 1977: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf den Wasserspiegel im Gletschertor (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

7 Kaltwasser

- 1976: Nach 5-jährigem Unterbruch konnte die Messung am Boden durch Revierförster O.Lauwiner und cand.phil.nat. H.N.Müller wiederholt werden. Bei der mittleren Messlinie ergab sich ein Vorstoss von 23 Metern, auf den beiden äusseren dagegen ein Rückzug von 18 bzw. 36 Metern (M.Peter).
- 1977: Der starke Vorstoss ist durch Anlagerung von Schnee und Firn vor allem in der Felsrinne vor Messlinie 1 zu erklären (O.Lauwiner/M.Peter).

8 Tälliboden

- 1976: Der Bach trat auf 2628.8 m ü.M. aus dem Gletscher. Der Vorjahreswert für die Längenänderung ist aufgrund einer Nachrechnung korrigiert worden von +8.6 auf +16.4 Meter (VAW - H.Widmer).
- 1977: Der Gletscher lag noch im Herbst bis weit über das Zungenende hinaus unter einer meterhohen Winterschneedecke (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

9 Ofental

- 1976: Das Gletscherende kann wegen der starken Schuttüberdeckung nicht mit Sicherheit festgelegt werden und wird deshalb vorläufig nicht mehr eingemessen (Verfasser).
- 1977: Das in den Vorjahren wegen der starken Schuttbedeckung nicht mehr eingemessene Zungenende lag noch im Herbst unter einer meterhohen Winterschneedecke (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser)

10 Schwarzberg

- 1976: Die Höhenkote im nördlichen Gletschertor betrug am 27. September 2660 m ü.M. Die dem Gletscher vorgelagerte Toteismasse ist in der Berichtsperiode um 13 Meter kürzer geworden (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflug durch V+D am 10.10.76 (Verfasser).
- 1977: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf das nördliche Gletschertor. Die Winterschneedecke reichte noch im Herbst bis ans Zungenende, das einen meterhohen Moränenwall vor sich herschiebt (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflug durch V+D am 13.9.77 (Verfasser).

11 Allalin

- 1976: Die Lage des Gletscherendes ist wie in den Vorjahren durch das geodätische Institut der ETHZ luftphotogrammetrisch bestimmt worden. Im ausplanimetrierten Gebietsstreifen in Gletschermitte wurde für den tiefsten Punkt der Zunge eine Kote von rund 2317 m ü.M. geschätzt (VAW - H.Widmer). Am 15.3.76 gegen halb acht Uhr morgens ist auf der linken Seite des Zungenendes ein Wasserausbruch erfolgt, der die nördliche Wasserfassung mit Gletschereis überführte. Es handelte sich dabei um die Entleerung einer intra- oder subglazialen Wassertasche. Dieser Vorgang dauerte etwa 5 Tage mit einem Durchfluss von 200 bis 300 Sekundenlitern (L.Wuilloud). - Vermessungsflug durch V+D am 10.10.76 (Verfasser).
- 1977: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf den tiefsten Punkt im planimetrisch ausgemessenen Gebietsstreifen in Gletschermitte. Dem Gletscher vorgelagerte Sturzkegel sind dabei und für die Bestimmung der mittleren Längenänderung nicht berücksichtigt worden (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflug durch V+D am 13.9.77, am Autographen ausgewertet durch das geodätische Institut der ETHZ (Verfasser).

12 Kessjen

- 1976: Der Bach trat auf 2851.2 m ü.M. aus dem Gletscher aus. Am Messdatum lag die Zunge unter einer 50 bis 70 Zentimeter mächtigen Neuschneedecke (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflug durch V+D am 10.10.76 (Verfasser).
- 1977: Der Gletscher lag noch im Herbst bis weit über das Zungenende hinaus unter einer durchschnittlich 2 Meter mächtigen Winterschneedecke (VAW - H. Widmer). - Vermessungsflug durch V+D am 13.9.77 (Verfasser).

13 Fee

- 1976: Vermessungsflug durch V+D am 10.10.76. Wie in den Vorjahren wurde die Messung am Boden durch ungünstige Schnee- und Wetterverhältnisse verhindert und musste erneut durch eine auf dem visuellen Vergleich der im Berichts- und im Vorjahr aufgenommenen Luftbilder beruhende Schätzung ersetzt werden. Die immer noch stark aufgewölbte Zunge ist im Berichtsjahr weiter vorgestossen, jedoch merklich weniger weit als in den Vorjahren. Dies dürfte, wie die vorgelagerte Wintermoräne anzeigt, nicht auf eine Verän-

derung der Bewegungsverhältnisse, sondern auf die überdurchschnittlich starke Abschmelzung zurückzuführen sein (Verfasser).

- 1977: Seit der letzten Messung ist der Gletscher im Durchschnitt jährlich um rund 12 Meter vorgerückt (A.Bodenmann). - Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

14 Gorner

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

15 Zmutt

- 1976: Cote du portail glaciaire: 2246 m s.m.; cote du point le plus bas du front: 2233 m s.m. (P.Mercier). - Vermessungsflug durch L+T am 26.8.76 (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

16 Findelen

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

17 Ried

- 1976: Der tiefste Punkt der Zunge liegt auf 2046.8 m ü.M. (VAW - H.Widmer). - Vermessungsflug durch V+D am 10.10.76 (Verfasser).
- 1977: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf den tiefsten Punkt der Zunge (VAW - H.Widmer).

19 Turtmann

- 1976: Dank günstigen Schnee- und Wetterverhältnissen konnte der Gletscherrand bei allen Messpunkten eindeutig festgelegt werden (A.Tscherrig).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 2.9.77 (Verfasser).

20 Brunegg

- 1976: Infolge des fortschreitenden Gletscherrückgangs muss die Messlinie um 15-20 Meter nach Osten verlegt werden, damit sie wiederum genau auf das Gletscherende ausgerichtet ist (A. Tscherrig).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 2.9.77 (Verfasser).

21 Bella Tola

- 1976: Nach dem warmen Sommer und Herbst war - im Gegensatz zum Vorjahr - die Schnee- und Firndecke so stark zurückgeschmolzen, dass der durchwegs vom Eis gebildete Gletscherrand genau festgelegt werden konnte (A.Tscherrig).
- 1977: Bei den Messlinien 1 und 2 war das Gletscherende noch von Winterschnee überdeckt (A.Tscherrig). - Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

22 Zinal

- 1976: Vermessungsflug durch L+T am 8.9.76 (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

23 Moming

- 1976: Wegen der durch die frühen Neuschneefälle bedingten Lawinengefahr konnte der Gletscher nicht besucht werden (M.Borter).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

24 Moiry

- 1976: Vermessungsflug durch L+T am 8.9.76 (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 2.9.77 (Verfasser).

25 Ferpècle

- 1976: Vermessungsflug durch L+T am 26.8.76 (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 2.9.77 (Verfasser).

26 Mont Miné

- 1976: Vermessungsflug durch L+T am 26.8.76 (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

27 Bas d'Arolla

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 und durch V+D am 15.9.77 (Verfasser).

28 Tsidjiore Nouve

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 und durch V+D am 15.9.77 (Verfasser).

29 Cheillon

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 und durch V+D am 15.9.77 (Verfasser).

30 En Darrey

- 1977: Devant les repères 2 et 3, le front du glacier était recouvert par le névé (T. Kuonen). - Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

31 Grand Désert

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

32 Mont Fort (Tortin)

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

34 Otemma

- 1976: Par rapport à 1975 le recul s'est atténué sur l'ensemble du front et en particulier sur la partie droite. Le lobe gauche, recouvert de pierraille, recule plus lentement. Après le fort recul depuis 1968 (moyenne: 51 m/an), le glacier semble avoir retrouvé un état de meilleur équilibre (J.-L.Blanc).
- 1977: Le 1er octobre, à sa sortie du glacier, la Dranse avait un débit si faible, qu'il a été possible - pour la première fois en 20 ans d'observation - de la traverser à gué. Les petits glaciers de la rive gauche du glacier d'Otemma sont en crue manifeste. L'Epicoun, en particulier, présente sur toute la largeur de son front une falaise verticale de glace qui se brise sur une barre rocheuse, en formant, au pied de celle-ci, un important talus de glace (J.-L.Blanc). - Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 und durch V+D am 15.9.77 (Verfasser).

35 Mont Durand

- 1976: Le front du glacier s'est peu modifié depuis 1975. A propos les variations anciennes de ce glacier traitées dans l'étude sur les glaciers bagnards de W.Schneebeli (v. revue "Die Alpen", 3e et 4e trimestre 1976), l'ancien gardien de la Cabane de Chanrion, M.Hubert Bruchez à Lourtier, m'a fait une remarque intéressante: étant alors petit berger à Chermontane, il se souvient qu'en 1899 le bétail a, pour la dernière fois, passé sur le glacier du Mont Durand pour monter à Chanrion. En 1900, la fonte du glacier a obligé de tailler un chemin sur la rive droite de la Dranse (J.-L.Blanc).
- 1977: La partie frontale de la langue est alimentée par les glaces affluentes du Col de Sonadon et du Glacier du Croissant. L'îlot rocheux apparu il y a quelques années au centre de la langue se prolonge maintenant jusqu'à la rive droite. De ce fait les glaces affluentes du secteur Col de By n'atteignent plus le front principal. D'importants résidus de neige hivernale pontaient le torrent émissaire (J.-L.Blanc). - Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

36 Breney

- 1976: Le front du glacier présente une topographie compliquée et pose des problèmes de mensuration. La partie centrale, dénudée, s'amincit de plus en plus et recule beaucoup plus rapidement que les parties latérales recouvertes de pierraille. Il a été nécessaire d'établir de nouveaux repères plus proches du glacier. L'absence de roche en place et le sol instable ont rendu assez difficile cette entreprise (J.-L.Blanc).
- 1977: Par suite d'une erreur de mensuration, commise en 1976, la valeur de 47 mètres indiquée pour le recul moyen en 1975/76 est fausse. En vérité, le recul n'a été que de 30 mètres (J.-L.Blanc). - Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 und durch V+D am 15.9.77 (Verfasser).

37 Giétro

- 1976: Vermessungsflüge durch V+D am 15.6. und 10.10.76, letzterer photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro Leupin in Bern. Der deutliche Rückgang nördlich der Schlucht ist ausgeglichen worden durch das Vorrücken der Gletscherzunge im südlichen, nunmehr bis zur grossen Felsterrasse herunterreichenden Teil und durch die Anlagerung der in die Schlucht abgestürzten Eismassen. Aus der Planimetrierung ohne Berücksichtigung der angelagerten Sturzkegel ergibt sich, dass die Abbruchfront um durchschnittlich 3.2 Meter zurückverlegt worden ist (VAW - M.Aellen).
- 1977: Vermessungsflug durch V+D am 15.9.77, photogrammetrisch ausgewertet durch das Vermessungsbüro Leupin in Bern. Der angegebene Wert für die Längenänderung bezieht sich auf die Gletscherzunge ohne angelagerte Sturzkegel. Diese haben sich im Berichtsjahr so stark zurückgebildet, daşs sich im 260 Meter breiten Messbereich für Zunge und Sturzkegel zusammen ein Rückzug von durchschnittlich 8.6 Metern ergibt (VAW - M.Aellen).

38 Corbassière

- 1976: Die Ergebnisse der von Geometer A.Mathier, Montana, für die Kraftwerke Mauvoisin durchgeführten Vermessung der beiden Querprofile werden in der nachstehenden Tabelle zusammen mit den Werten für 1976/77 den Vorjahreswerten und den Mittelwerten der Messperioden seit 1967 gegenübergestellt (VAW - M.Aellen).
- 1977: Depuis l'année passée le portail glaciaire est resté stationnaire. Cependant, cette extrémité s'est détachée du corps de la langue sur une longueur de 8 mètres (A.Mathier). - Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77. Den Luftbildern ist zu entnehmen, dass die abgetrennte Zungenspitze mittlerweile verschwunden ist. Die Ergebnisse der von Geometer A.Mathier für die Kraftwerke Mauvoisin ausgeführten Profilvermessung sind in der nachstehenen Tabelle angeführt (VAW - M.Aellen).

	Mittlere Dickenänderung Variation d'épaisseur		Mittlere Fliessgeschwindigkeit Vitesse moyenne du mouvement	
Profil:	Tsessette 2500 m ü.m.	Panossière 2660 m s.m.	Tsessette 2500 m ü.M.	Panossière 2660 m s.m.
1967/75	+ 0.3 m/Jahr	+ 0.4 m/an	36.1 m/Jahr	42.2 m/an
1974/75	+ 0.4 m	+ 0.5 m	34.8 m/Jahr	40.6 m/an
1975/76	- 1.9 m	- 1.0 m	33.5 m/Jahr	40.0 m/an
1976/77	+ 1.4 m	+ 1.1 m	33.1 m/Jahr	38.1 m/an
1967/77	+ 0.2 m/Jahr	+ 0.3 m/an	35.5 m/Jahr	41.6 m/an

39 Valsorey

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

40 Tseudet

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

41 Boveyre

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

42 Saleina

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

43 Trient

- 1976: Du 9 août au 22 octobre le front reculait d'un demi mètre (P.Mercier).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77 (Verfasser).

44 Paneyrosse

- 1976: Le front glaciaire, mesuré sous d'excellentes conditions de neige et du temps a regagné sa position de 1971 (J.P.Marlétaz). - Vermessungsflug durch V+D am 11.10.76 (Verfasser).

45 Grand Plan-Névé

- 1976: La situation du glacier, observé sous d'excellentes conditions de neige et de temps, est similaire à celle de 1971 (J.P.Marlétaz). - Vermessungsflug durch V+D am 11.10.76 (Verfasser).

46 Martinets

- 1976: Vermessungsflug durch V+D am 11.10.76. Der Gletscherrand ist nach wie vor wegen der starken Schuttüberdeckung nicht mit Sicherheit festzulegen. An den veränderten Schmelzrändern der mäanderförmigen Gletscherbäche jedoch ist ein deutlicher Schwund des Gletscherendes zu erkennen (Verfasser).

47 Sex Rouge

- 1976: Le glacier a, en général, visiblement diminué en extension et en épaisseur. Il se présentait assez crevassé et la glace affleurait partout, car presque tous les névés habituels du secteur avaient fondu. En-dessus des points 2 et 3, les éboulements provenant de l'Oldenhorn ont recouvert une partie exceptionnellement large du glacier. La mesure du repère 3, où la glace est enseveli sous une couche d'environ 50 centimètres de pierraille, n'est pas assurée (J.-P.Besançon). - Vermessungsflug durch V+D am 11.10.76 (Verfasser).
- 1977: Lors des mesures, exécutées par beau temps, il y avait 40 centimètres de neige fraîche et poudreuse. Sur le glacier toutes les crevasses étaient fermées et à côté, dans le secteur de la cabane des Diablerets, certains névés, qui en général disparaissent vers fin août, se sont maintenus tout l'été. Les mesures se sont faites sur la limite inférieure de la glace vive, car le front propre du glacier a été enseveli sous les restes de la couche de neige hivernale. Par conséquent, le chiffre donné pour l'avance moyenne est certainement trop faible (J.-P.Besançon).

48 Prapio

- 1976: La neige fraîche recouvrant le terrain au-dessus de la cote 1900 environ, rendait dangereux l'accès au point de mesure et nous empêchait de déterminer exactement l'extrémité inférieure du glacier (J.-P.Besançon). - Vermessungsflug durch V+D am 11.10.76 (Verfasser).
- 1977: L'accès au point de mesure depuis Pierredar a été délicat à cause du verglas. L'accès depuis le Sex Rouge a été dangereux à cause des crevasses peu ouvertes et recouvertes de ponts de neige instables. La tendance à la séparation des parties supérieure et inférieure de la langue ne s'est pas accentuée. Même si l'avance est restée faible, il apparait que le glacier a nettement augmenté en épaisseur, surtout dans les parties marginales (J.-P.Besançon).

49 Pierredar

- 1976: Vermessungsflug durch V+D am 11.10.76. Der Vergleich mit den Luftbildern der Vorjahre zeigt, dass der Saum des Sturzkegels im Berichtsjahr weiterhin zurückgeschmolzen ist auf einen noch geringeren Stand als im Schwundjahr 1973. Dabei bildeten sich an den Bachaustritten wesentlich grössere Gletschertore als bisher. In den vom Vermessungsbüro J.Vetterli, Genf, im Auftrag des Kantons Waadt photogrammetrisch aufgenommenen Längsprofilen lag die Gletscheroberfläche fast durchwegs erheblich tiefer als im Vorjahr. Ebenso ist bei den durch das Vermessungsbüro A.Chauvy, Aigle, periodisch nachgemessenen 4 Messpunkten auf dem Gletscher eine Abnahme der Eisdicke und der Fliessgeschwindigkeit zu verzeichnen (VAW - M.Aellen).

50 Oberaar

- 1976: Vermessungsflug durch V+D am 10.10.76 im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli. Auf der linken Seite ist das Gletscherende über eine Breite von etwa 110 Metern um durchschnittlich rund 16 Meter zurückgeschmolzen, auf der rechten Seite dagegen über eine Breite von etwa 200 Metern um rund 9 Meter vorgestossen. Fläche und Volumen der Zunge waren am Schluss der Berichtsperiode gleich gross wie am Anfang. Das Gletscherende war während 124 Tagen, nämlich vom 22.9.75 bis 24.1.76, im Mittel etwa 2 Meter hoch eingestaut (A.Flotron). - Die angegebene Höhenkote entspricht dem Seespiegel am Aufnahmedatum und nahezu auch dem tiefsten Punkt des Gletschers (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch V+D am 8.9.77 im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli. Während der Berichtsperiode reichte der Stausee nie bis zur Gletscherzunge, die in einer Mächtigkeit von durchschnittlich 16.1 Metern über eine Fläche von 2304 Quadratmetern vorgerückt ist (A.Flotron).

51 Unteraar

- 1976: Vermessungsflug durch V+D am 10.10.76 im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli. Das Gletscherende stand während 21 Tagen im Herbst 1975 (22.9. bis 13.10.75) und während 41 Tagen im Sommer 1976 (30.8. bis 20.10.76) über eine Strecke von 30 Metern einige Dezimeter tief im Wasser. Auf der linken Seite ist es wie im Vorjahr stationär geblieben, während sich der Schmelzkessel auf der rechten Seite nochmals ausgeweitet hat. Dabei ist der im letzten Bericht erwähnte obere Schmelztrichter angeschnitten worden, so dass sich stellenweise Rückzugsbeträge bis zu 60 Metern ergaben. Die Gletscherzunge hat einen Flächenverlust von 9900 Quadratmetern erlitten und ist dünner geworden. Dabei haben sich an den Höhenkurven unterhalb der Koordinatenlinie 663 km folgende, taleinwärts gerichtete mittlere Verschiebungsbeträge und Flächenverminderungen ergeben:

Höhenkurve	1910	1920	1930	1940	1950	1960	m ü.M.
Flächenverlust	2810	5380	5110	4160	3660	3710	m^2
Verschiebung	8.0	11.4	10.6	8.9	11.1	16.1	Meter

Dementsprechend hat sich das Volumen im vordersten Teil der Zunge um rund 235 000 Kubikmeter vermindert (A.Flotron). - Die angegebene Höhenkote entspricht dem Seespiegel am Aufnahmedatum. Der tiefste kotierte Punkt des Gletscherendes ist mit dem Wert 1906.9 Meter angeschrieben (Verfasser).

- 1977: Vermessungsflug durch V+D am 8.9.77 im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli. In der Berichtsperiode stand der Stausee nur während der 10 Tage vom 10. bis 20. Oktober 1976 über eine Strecke von 30 Metern einige Dezimeter hoch am Gletscher, dessen Fläche durch die Abschmelzung am Zungenende um 5320 Quadratmeter verkleinert worden ist. Auf der linken Seite ist der vorübergehend vorstossende, in den beiden letzten Jahren stationäre Gletscherrand um 2 bis 10 Meter zurückgeschmolzen. Andererseits ist er im Bereich des durch einstürzende Eismassen zur Hälfte wieder aufgefüllten Schmelztrichters auf der rechten Seite stellenweise bis zu 35 Metern vorgerückt. Der vordere Teil der Zunge ist weiterhin geschwunden, wobei sich die Höhenkurven um folgende Flächen und mittlere Strecken taleinwärts verschoben haben:

Höhenkurve	1910	1920	1930	1940	1950	1960	m ü.M.
Flächenverlust	3480	3980	4110	3300	3340	1760	m^2
Verschiebung	9.9	8.5	8.6	8.5	10.1	13.5	m

Demzufolge ergibt sich für den Bereich vom Gletscherende bis zur Koordinatenlinie 663 km eine Volumenverminderung um 203 000 Kubikmeter (A.Flotron).

54 Steinlimmi

- 1977: Die Zunge stösst nur auf der rechten, stärker beschatteten Seite leicht vor. Auf der linken (westlichen) Seite ist sie noch im Rückzug (H.Vogt/R.Straub).

55 Trift

- 1976: Vermessungsflug durch L+T am 25.8.76. Der Vergleich mit der Vorjahresaufnahme zeigt einen deutlichen Rückgang des Gletschers in der Schlucht und in den seitlichen Partien, die stellenweise von einem kleinen, vom Eis abgesetzten Moränenwall umsäumt sind, der vermutlich die Lage des Zungenendes im Frühjahr 1976 anzeigt (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 5.9.77. Der visuelle Vergleich mit den Luftbildern vom 25.8.76 lässt einen weiteren Rückzug des Gletscherendes erkennen (Verfasser).

57 Oberer Grindelwald

- 1976: Die tatzenförmige Gletscherzunge hat an ihrer Stirn einen Moränenwall aufgeworfen. In diesem westlich gelegenen Bereich sind keine Eisstürze mehr erfolgt. Dieser Umstand machte es möglich, wie in früheren Jahren das Gletscherende durch eine von Hand ausgehauene Grotte touristisch zu erschliessen. Infolge der starken Abschmelzung blieb das eigentliche Zungenende trotz dem an der ständigen Verschiebung des Grotteneinganges deutlich erkennbaren kräftigen Eisvorschub stationär. Dagegen lag der Saum des östlich angrenzenden Sturzkegels um 44 Meter weiter vorn als im Vorjahr (V.Boss). - Vermessungsflug durch L+T am 20.8.76. Nach den von H.Boss, Zweilütschinen, am 25.10.75 und 6.11.76 vom Restaurant Milchbach aus aufgenommenen Standardphotos ist die Zungenstirn um etliche Meter vorgerückt, möglicherweise zum guten Teil erst im Oktober, nach dem Messdatum (Verfasser).
- 1977: Die vorstossende Zungentatze scheint durch die Abschmelzung stärker angegriffen worden zu sein als in den Vorjahren. (Zum Beispiel ist neuerdings die Zungenwölbung infolge der Rückstrahlung aus dem Umgelände durch eine ausgeprägte Hohlkehle umrandet. - Verfasser). Beim Nachgraben findet man sowohl vorne beim Gletschertor als auch seitlich bei der Eisgrotte in 10-20 Metern Entfernung vom senkrechten Tatzenrand kompaktes Eis unter Moränenschutt. Die Sturzkegel im sogenannten Gletschersand haben sich stark zurückgebildet. Einzig in der Nähe des Gletschertors liegt ein grösserer Kegel abgestürzten Eises. Ueber den Felsnollen schiebt sich nur noch ein schmächtiger Eislappen vor (V.Boss). - Vermessungsflug durch L+T am 5.9.77 (Verfasser).

58 Unterer Grindelwald

- 1976: Vermessungsflug durch L+T am 20.8.76. Die Luftbilder und die von H.Boss, Zweilütschinen, am 12.10.76 aufgenommenen terrestrischen Standardphotos belegen den kräftigen Schwund dieses Gletschers im Berichtsjahr (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 5.9.77. Durch photogrammetrische Auswertung hat das Geodätische Institut der ETHZ für Zweijahresperioden von 1971 bis 1977 am oberen Rand der Gletscherschlucht folgende Rückzugsbeträge des Zungenendes bestimmt: 1971/73: 32 Meter, 1973/75: 33 Meter, 1975/77: 12 Meter. Aus dem Vergleich von Karte, Luftbildern und den von H.Boss aufgenommenen terrestrischen Standardphotos ergeben sich für die Periode 1964-1977 folgende Schätzwerte für die jährliche Längenänderung (in Metern):

1964/65	- 10	1968/69	- 5	1972/73	- 12
1965/66	- 15	1969/70	- 20	1973/75	- 33
1966/67	- 20	1970/71	- 30	1975/76	- 8
1967/68	- 10	1971/72	- 20	1976/77	- 4

Die Luftbilder zeigen ausserdem, dass die Zunge des oberen Eismeers in den letzten Jahren deutlich vorgestossen ist (Verfasser).

59 Eiger

- 1976: Bei Messpunkt B war viel mehr Neuschnee angelagert als im Vorjahr, so dass die Gletschergrenze an dieser Stelle nicht sicher zu bestimmen war. Der zum Teil kräftig ausgebildete Vorstosswall vom Frühjahr 1976 lag stellenweise bis zu 10 Metern vor dem Eis. In Anbetracht der stark angewachsenen Lawinenkegel sind die Messlinien B, D und E um 10 bzw. je 30 Meter verlängert worden (R.Zumstein). - Vermessungsflug durch L+T am 26.8.76 (Verfasser).
- 1977: Die Zunge ist in den Runsen stärker vorgestossen als auf den flachen Kuppen. Der vom Eis überfahrene Messpunkt C ist rekonstruiert und durch Messpunkt C' neu versichert worden. Der stark zerklüftete Eisrand war im Laufe des Sommers weniger weit - nirgends mehr als 4 Meter - vom Vorstosswall zurückgeschmolzen als im Vorjahr. Zudem war infolge der geringen Abschmelzung das Zungenende weniger stark von Gesteinsschutt überdeckt (R.Zumstein). - Vermessungsflug durch L+T am 6.9.77 (Verfasser).

60 Tschingel

- 1976: Mit einem Abstand von 2.5 bis 5 Metern war der im Winter aufgeschobene Vorstosswall bedeutend stärker vom Eis abgesetzt als im Vorjahr. Beim Gletschertor betrug die Rückschmelzung im Sommer 1976 sogar nahezu 20 Meter. Unter Berücksichtigung dieses Wertes ergäbe sich für die mittlere Längenänderung ein geringfügiger Rückzug von 1.9 Metern anstatt des ebenso bescheidenen Vorstosses von 2.4 Metern (R.Zumstein).
- 1977: Im Bereich des Gletschertors ist das Eis stärker vorgerückt als südlich davon, so dass der Zungenrand wieder ähnlich verläuft wie vor 2 Jahren. Im Vergleich zum Vorjahr war der Vorstosswall breiter und lag wesentlich näher am Eis. Die Eisdicke hat vor allem bei Messpunkt A zugenommen (R.Zumstein). - Vermessungsflug durch L+T am 5.9.77 (Verfasser).

61 Gamchi

- 1976: Vermessungsflug durch L+T am 8.10.76 (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 6.9.77 (Verfasser).

62 Schwarz

- 1976: Weil der Hilfspunkt d+20 verschüttet war, musste auf den ursprünglichen Basispunkt d zurückgemessen werden. Messlinie B wurde um 51 Meter verlängert, sämtliche Messpunkte wurden mit Farbe augefrischt (U.Vogt/J.Wenger). - Vermessungsflug durch L+T am 8.10.76 (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 6.9.77 (Verfasser).

63 Lämmern

- 1976: Der Gletscher, der seit 1967 nie mehr so stark verkürzt worden ist wie im Berichtsjahr, hat sich an den Fuss der markanten Steilstufe oberhalb 2500 m ü.M. zurückgezogen (U.Vogt/J.Wenger).
- 1977: Die stark zerklüftete Gletscherzunge hat sich vorgeschoben (U.Vogt/J.Wenger).

64 Blümlisalp

- 1976: Vermessungsflug durch L+T am 8.10.76. Der Vergleich mit den Luftaufnahmen vom 11.9.73 zeigt ein ziemlich gleichmässiges Vorrücken der ganzen Zungenfront um wenige Meter. Einzig der Sturzkegel zuhinterst im Tal ist stellenweise deutlich zurückgeschmolzen (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 6.9.77. Der visuelle Vergleich der Luftbilder mit denen des Vorjahres lässt das Anhalten des Vorstosses erkennen (Verfasser).

66 Tiefen

- 1976: Der Rückgang erfolgte auf der ganzen Breite. Am Ende des Moränenbandes vor der nördlichen Messlinie hat sich ein kleines Tor geöffnet. Ende September lag es trokken. Der Bach entspringt immer noch der nördlich neben dem Gletscher gelegenen Geröllhalde. Von den Driftblöcken hat der vorderste das Gletscherende erreicht und gab deshalb kein vergleichbares Resultat. Die beiden übrigen sind um je 5 Meter vorgerückt. In den letzten 20 Jahren ist der Tiefengletscher um insgesamt 209 Meter kürzer geworden. Bescheidene Vorstösse von 3 bis 3.7 Metern waren in 3 Jahren zu verzeichnen. In den übrigen 17 Jahren ging er um Beträge zwischen 2 und 19.5 Metern zurück (K.Oechslin).
- 1977: Die Zunge ist auf der ganzen Breite vorgestossen. Dabei hat sich das kleine Gletschertor auf der Nordseite wieder geschlossen. Der Bach entströmt dem Gletscher nicht an der Zungenstirn, sondern in der Mulde auf der Nordseite der Zunge. Die Driftblöcke haben sich um 1.4 und 3 Meter talwärts bewegt. Der im Vorjahr unmittelbar vor dem Gletscherrand gelegene Block 70 wurde vom Eis um 1 Meter verschoben (K.Oechslin).

67 St. Anna

- 1976: Der Vorstoss erfolgte auf der flachen Ostseite im Bereich der Skipiste. Die auf steilerem Grund gelegene Westseite ist etwas zurückgeschmolzen. Hier zeigen sich am durchwegs 0.5 bis 1.5 Meter mächtigen Eisrand flache Hohlräume zwischen Fels und Eis. Dem Ostrand der Zunge entfloss Ende September ein seichtes Rinnsal. Der Schwund der letzten 20 Jahre beläuft sich auf insgesamt 27.3 Meter. Häufiger Wechsel von Vorstössen (in 7 Jahren) und Rückzügen (in 11 Jahren) ergab ein Hin- und Herpendeln des Gletscherendes in jährlichen Verschiebungsbeträgen von 0 bis 20 Metern (K.Oechslin).
- 1977: Nur auf der mittleren Messlinie war der Gletscherrand eindeutig erkennbar. Auf den beiden anderen war er unter der über das Eis hinausgreifenden Winterschneedecke verborgen (K.Oechslin).

68 Chelen

- 1976: Der Gletscher ist auf der ganzen Breite seiner Front vorgerückt. Dabei ist der Messpunkt GL 73 unter dem Eis verschwunden, der Block 1969 teilweise mit Geröll überschüttet und aufgestellt worden, so dass die Messmarke nicht mehr sichtbar ist. Seit 1968 ist der Gletscher regelmässig um insgesamt 97.4 Meter vorgerückt. Trotzdem liegt er wegen des starken Schwundes in den vorangehenden Jahren immer noch 213 Meter hinter dem Stand im Jahre 1956 (J.Aschwanden/K.Oechslin).
- 1977: Die Zunge stösst auf der Ostseite kräftig vor, ihre Front wird immer steiler. Demzufolge ist auf der im Vorjahr noch völlig verschutteten Westseite stellenweise die Eisoberfläche schuttfrei geworden. Der westliche Zungenrand ist wegen der Schutt- und Schneeüberdeckung nicht sichtbar. Auch der Messpunkt GL 72 ist von Lawinenschnee überdeckt. Der Gletscherbach führt nur wenig Wasser (J.Aschwanden/K.Oechslin).

69 Rotfirn

- 1976: Die unter der Gletscherstirn durchfliessende Chelenreuss führte am Messdatum ausserordentlich wenig Wasser. Das im Vorjahr neu gebildete Gletschertor hat sich wieder vollständig geschlossen. Am nordwestlichen Zungenrand hat die Eisdicke zugenommen. Von den letzten 20 Jahren brachten 13 einen Vorstoss, 6 einen Rückzug. Dementsprechend ist der Gletscher seit 1956 um insgesamt 35.2 Meter vorgestossen (J.Aschwanden/K.Oechslin).
- 1977: Die Zunge ist auf beiden Seiten zurückgegangen und auch der zwischen den beiden Messlinien gelegene, den Chelenalpbach überbrückende Zungenlappen ist kleiner geworden. Die Visurlinie von Messpunkt GL 70 auf die höchste Kuppe der Zungenwölbung hat mit 50% eine um 4% geringere Neigung als im Vorjahr: die Eisdicke hat abgenommen. Nach wie vor ist die Schichtstruktur des Eises am Zungenende deutlich erkennbar (J. Aschwanden/K.Oechslin)

70 Damma

- 1976: Der Gletscher ist auf beiden Messlinien gleichmässig vorgestossen. Der Hilfspunkt G 74, ein tischgrosser Felsblock in Gletschernähe, war nicht mehr aufzufinden. An dieser Stelle waren deutliche Spuren einer vom Gletscher abgefahrenen Steinlawine sichtbar, durch die einzelne Blöcke bis zum 108 Meter weiter vorn liegenden Messpunkt GL 74 verfrachtet wurden. Die von diesem Punkt aus aufgenommenen Photos zeigen, dass das Gletscherende höher aufgewölbt ist als im Vorjahr. An der ostseitig vorgelagerten Eiszunge, deren Rand stationär blieb, lag mehr blaues Eis frei als 1975. Seit 1956 ist der Gletscher um insgesamt 172.7 Meter kürzer geworden. In 4 Jahren ergaben sich Vorstösse, in 15 Jahren Rückzüge. Der seit 1972 andauernde Vorstoss beläuft sich auf rund 30 Meter (J.Aschwanden/K.Oechslin).
- Seit 1956 zeigte der Gletscher auf den beiden parallel zu seiner Längsachse angelegten Messlinien B und C wiederholt ein anderes Verhalten als auf den Linien A und C, die rechtwicklig zu B und C auf den seitlich vorspringenden, in zunehmendem Masse inaktiv gewordenen Zungenlappen ausgerichtet sind. Zieht man nur die im aktiven Zungenbereich gewonnenen Resultate der Messlinien B und C in Betracht, verändert sich die Zahl der Vorstossjahre seit 1956 auf 6, die der Rückzugsjahre auf 11. Für die einzelnen Jahre ergeben sich folgende, von den in Klammern gesetzten publizierten Werten z.T. abweichende Zahlen (in Metern):

1965/66:	+ 5	(- 0.5)	1970/71:	- 5	(- 13.2)
1966/67:	- 14	(- 22)	1971/72:	- 0.5	(- 0.2)
1967/68:	0	(- 1.7)	1972/73:	+ 6	(0)
1968/69:	+ 0.5	(0)	1973/74:	+ 2.2	(+ 2.2)
1969/70:	- 19.5	(- 10.2)	1974/75:	+ 13.8	(+ 13.8)

Das Beispiel zeigt einmal mehr, dass die am einzelnen Gletscher für einzelne Jahre bestimmten Zahlenwerte in hohem Masse durch Zufälligkeiten beeinflusst werden, die vom Klima völlig oder zumindest weitgehend unabhängig sind (Verfasser).

- 1977: Die Hauptfront der Zunge ist weiter vorgerückt. Dagegen ist der östlich vorspringende schuttbedeckte Seitenlappen schmaler geworden. Eine furchenförmige Rinne grenzt ihn gegen die Hauptzunge vermutlich nur an der Oberfläche ab. Unter der Schuttdecke stehen die beiden Gletscherteile wohl noch in Verbindung. Der Gletscherbach, der am Messtag nur wenig Wasser führte, entströmt dem Seitenlappen (J.Aschwanden/K.Oechslin).

71 Wallenbur

- 1976: Die Westseite des Gletscherendes lag am selben Ort wie 1974, nur die Ostseite ist vorgerückt. Seit 1956 hat sich aus 3 Vorstoss- und 13 Rückzugsperioden eine Verkürzung des Gletschers um 123.8 Meter ergeben. In 4 Jahren war eine Zungenmessung nicht möglich (E.Gamma/K.Oechslin).
- 1977: Die stark verschuttete Gletscherzunge hat sich auf der ganzen Breite zurückgezogen. Bei Messpunkt B 61 kann der unter Schutt und Lawinenschnee verborgene Gletscherrand nicht eingemessen werden (J.Aschwanden/K.Oechslin).

72 Brunni

- 1976: Die angegebene Längenänderung ist an der durch Eisstürze ernährten, vom Gletscher durch eine Felsstufe abgetrennten Zunge bestimmt worden. Diese war im Sommer völlig aper und ist dementsprechend schmaler geworden. Sie erstreckt sich jedoch immer noch über den 1972 gesetzten Lochbolzen GL 155 hinaus. Aus den 14 seit 1956 vorgenommenen Zungenmessungen ergibt sich ein Rückzug von insgesamt 125.5 Metern. Durch einen Gletschersturz ist 1973 die Zunge abgetrennt und vergrössert worden (M.Gisler/K.Oechslin).
- 1977: Die Messung bezieht sich auf die dem Gletscher vorgelagerte, durch Eisstürze ernährte regenerierte Zunge (K.Oechslin).

73 Hüfi

- 1976: Die Eisfront ist im Sommer 1976 in der Mitte stark zurückgeschmolzen, nachdem der Felsblock mit Hilfspunkt GL 164 auf dem Schwemmkegel vor dem Gletschertor um weitere 8 Meter vorgeschoben worden war. Der 1972 gesetzte Bolzen GL 163 lag immer noch

unter schuttbedecktem Schnee (Lawinenkegel). Der durch den Einfluss eines natürlichen Sees verstärkte Rückzug des Gletschers seit 1956 beträgt 420.7 Meter. Vorstösse brachten die Jahre 1967 und 1972 bis 1975, obwohl das Gletscherende in 1640 m ü.M. sehr tief liegt (W.Tresch/K.Oechslin). - Im Anschluss an unsere vorangehende Bemerkung zum Dammagletscher und mit Bezug auf den im 93./94. Bericht zum Hüfigletscher gegebenen Kommentar dürfen auch 1966 und 1971 als Vorstossjahre betrachtet werden (Verfasser).

- 1977: Die weniger stark als im Vorjahr zerspaltene Zungenfront ist in der Mitte, beim Gletschertor, um bloss 3 Meter zurückgeschmolzen. Auf der Südseite, bei dem im Vorjahr durch ein Farbkreuz an der Felswand ersetzten, immer noch durch Schutt verdeckten Messpunkt GL 163, ist das Eis um etwa denselben Betrag vorgerückt. Der schuttüberdeckte Gletscherrand war hier allerdings nicht so gut sichtbar wie beim Gletschertor (W.Tresch/K.Oechslin).

74 Griess

- 1976: Das von Moränenschutt völlig überdeckte Gletscherende war im Gegensatz zum Vorjahr aper. Die Längenänderung wurde am knapp 20 Zentimeter hohen, fast schuhtief Wasser führenden Bachaustritt gemessen. Seit 1956 ist der Gletscher in 3 Jahren vorgerückt, in den übrigen Jahren zurückgegangen. Insgesamt ergab sich eine Verkürzung um 60.8 Meter (K.Oechslin). - Der angegebene Wert für die Längenänderung ist für die Zweijahresperiode 1974/76 bestimmt worden, darf aber aufgrund des letztjährigen Befundes ganz dem Berichtsjahr zugeschrieben werden (Verfasser).
- 1977: Der Eisrand ist beim Bachaustritt und westlich davon um 1 Meter vorgerückt. Auf der verschutteten Ostseite konnte die Gletschergrenze nicht ausgemacht werden. Die Schuttdecke auf dem Gletscher ist an verschiedenen Stellen durch grosse Schmelztrichter durchlöchert, die uns im Vorjahr nicht auffielen (K.Oechslin).

75 Firnalpeli

- 1976: Weil der im August und September gefallene Neuschnee nur noch auf der linken Seite, bei den Messpunkten 1 bis 4, in geringer Mächtigkeit vorhanden war, konnte die Gletschergrenze durchwegs recht genau bestimmt werden. Sie liegt durchschnittlich immer noch rund 10 Meter vor ihrem Stand im Herbst 1972. Besonders aufgefallen ist uns ein hoher, stark mit Gesteinsschutt vermischter Firneishaufen zwischen den Messpunkten 5 und 8, der vermutlich aus Eisstürzen entstanden ist. Zudem schien uns das Gletscherende in diesem Bereich in den untersten 200 Metern viel stärker zerklüftet zu sein als in anderen Jahren (W.Rohrer).
- 1977: Die Verlängerung der Zunge erfolgte vor allem bei den Messlinien 1 bis 5 durch Anlagerung von Firn und Schnee. Bei den östlicher gelegenen Messlinien 7 und 8, wo das Gletschereis freilag, ergab sich ein Rückzug von wenigen Metern (W.Rohrer).

76 Griessen

- 1977: Im Durchschnitt der beiden letzten Jahre ist das Zungenende fast stationär geblieben. Bei den Messpunkten 1 und 2 ergaben geringfügige Dickenänderungen der auf Felsuntergrund ausflachenden dünnen Firnzunge erhebliche Verlagerungen des Gletscherrandes, die sich gegenseitig weitgehend aufheben. Bei Messlinie 3, die einen vorspringenden Zungenlappen schneidet, wurde wie 1975 auf den vordersten Firnrand gemessen (W.Rohrer).

77 Biferten

- 1977: Von der Zungenfront erfolgen weiterhin Eisstürze in Richtung der Wasserfassungen 1 und 2 der Limmernkraftwerke (W.Wild). - Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

78 Limmern

- 1976: Der tiefste Punkt des tachymetrisch vermessenen Zungenrandes liegt auf 2242.7 m ü.M. Die mittlere Höhe der Messstrecke beträgt 2254.7 m ü.M. (Vorjahr 2252.5 m). Der im Vorjahr am Zungenrande angelagerte Firn ist vollständig abgeschmolzen (VAW - H. Siegenthaler).

- 1977: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf den tiefsten Punkt der tachymetrisch vermessenen Strecke. Deren mittlere Höhe beträgt 2256.9 m ü.M. (Vorjahr 2254.7 m). Das Zungenende war am Messtag mit Ausnahme der mittleren, von Altschnee überdeckten Partie aper (VAW - H.Siegenthaler). - Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

79 Sulz

- 1976: Wegen der starken Schuttüberdeckung des Gletscherrandes war eine zuverlässige Messung nur noch am Gletschertor möglich. Weil Messpunkt A möglicherweise vom Gletscher demnächst überfahren wird, ist er durch zwei neue, vom Gletscher weiter entfernte Punkte versichert worden (E.Blumer).
- 1977: Die angegebene Längenänderung ist beim Gletschertor bestimmt worden. Auf beiden Seiten des ausserordentlich grossen Tores ist das Eis unter der mächtigen Schuttdecke ganz wenig vorgerückt (E.Blumer).

80 Glärnisch

- 1977: Bei 2 Messlinien lagen am Messtag noch Reste der Winterschneedecke (W.Wild).

81 Pizol

- 1976: Der Neuschnee behinderte die bei föhnigem Wetter und wie in den Vorjahren von Basislinie B aus vorgenommene Messung nicht. Bei den beiden Basislinien A und B wurden die Farbmarken erneuert. Der Gletscherrand ist in den der Sonne weniger ausgesetzten Partien bei den Messlinien 1 bis 3 zwischen 18.1 und 22.9 Meter, im stärker besonnten Bereich der Linien 4 bis 6 dagegen um 34.2 bis 63.2 Meter zurückgeschmolzen. Im Durchschnitt ist der Zuwachs der vorangehenden 2 Jahre zu gut zwei Dritteln wieder aufgebraucht worden, so dass sogar von der Basislinie C eine Messmarke zum Vorschein kam (W.Suter).
- 1977: Der Vorstoss ist auf Anlagerung von Firneis zurückzuführen. Dies trifft vor allem für das stärker beschattete Gebiet bei den Messpunkten 1B bis 3B, aber auch bei 6B zu, während bei den Punkten 4B und 5B ein leichter Rückzug erfolgte. Der Toteisrest und der Firnfleck unterhalb der Punkte 4B und 6B sind zusammengewachsen. Bei weiterem Zuwachs wird bald einmal der Zusammenschluss mit dem Gletscher erfolgen. Der Toteisrest unterhalb der Punkte 1B und 2B hat sich kaum verändert. Im östlichen Teil des Gletschers sind grössere Firnfelder als früher festgestellt worden (W.Suter).

83 Punteglias

- 1976: Die angegebene Höhenkote gilt für das mittlere, nur noch wenig Wasser führende Gletschertor an der Spitze des keilförmigen Einschnitts in der Zungenmitte. Beträchtlicher war der Abfluss aus den im selben Einschnitt in 2341 und 2334 m ü.M. gelegenen Toren. Wegen der starken Schuttüberdeckung konnte die Lage des Gletscherrandes nicht überall genau bestimmt werden. Die geringe mittlere Längenänderung ergibt sich aus einer unbedeutenden generellen Zunahme im westlichen und einer ebenso bescheidenen Abnahme im östlichen Teil. Zudem verleiht die ungleichmässige Verteilung der Messlinien der Westseite etwas mehr Gewicht als der Ostseite (A.Bürki/H.Klöti).
- 1977: Die Abschmelzung war im zentralen, einspringenden Teil des Zungenendes wiederum stärker als an den Rändern, so dass die Zunge immer ausgeprägter in zwei Lappen aufgespalten wird. Einsenkungen in der schuttbedeckten Gletscheroberfläche lassen ein Andauern dieser Entwicklung erwarten. Im Gegensatz zu früher entwässerte sich die Zunge im wesentlichen durch ein einziges Tor. Die übrigen Tore führen nur unbedeutende, der Oberflächenschmelzung am Gletscherende entsprechende Wassermengen (H.Klöti). - Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

84 Lenta

- 1976: Im Gegensatz zu den letzten Jahren war bei der östlichen Messlinie der Gletscherrand wieder erkennbar und konnte eingemessen werden. In der seit einigen Jahren fortschreitenden Einfurchung am rechten Zungenrand ist das Eis bis auf den Grund weggeschmolzen. Der Gletscher ist auch daneben merklich dünner geworden (B.Parolini).

- 1977: Beim Vergleich der vor- und der diesjährigen Standardphotos fällt der Dickenschwund vor allem im mittleren Teil der Gletscherzunge mehr auf als die Längenabnahme. In der in die Zunge eingeschnittenen Längsfurche sind grössere Toteisschollen entstanden (B.Parolini). - Vermessungsflug durch L+T am 12.9.77 (Verfasser).

85 Vorab

- 1976: Ein eigentliches Gletschertor ist nicht vorhanden. Die rund 1 km breite Gletscherfront wird durch zahlreiche Bachaustritte entwässert (R.Danuser).
- 1977: Die Messung konnte erst im dritten Anlauf durchgeführt werden, weil zunächst drei beim Bau der Vorabbahn zerstörte und 4 noch durch Winterschnee bedeckte Basispunkte rekonstruiert werden mussten. Bei diesem Anlass wurde eine neue Messbasis eingerichtet und vermessen (R.Danuser).

86 Paradies

- 1976: Die Auflösung der Gletscherzunge in einzelne Toteislappen ist in vollem Gange: bei Messpunkt GL 152, wo der Gletscherrand im Berichtsjahr um 21 Meter zurückgeschmolzen und um 3.4 Meter abgesunken ist, hat sich die Durchtrennung bereits ereignet. Bei Kote 2600 m ü.M. steht sie demnächst bevor (O.Hugentobler).
- 1977: Die mittlere Längenänderung des Gletscherendes ist wie üblich durch einen Polygonzug erfasst und auf 21 äquidistanten Messlinien graphisch bestimmt worden. Auf der diagonal dazu vom Basispunkt GL 152 gegen die Gemskanzel verlaufenden Messlinie beträgt der Rückzug 62 Meter (O.Hugentobler). - Vermessungsflug durch L+T am 12.9.77 (Verfasser).

87 Suretta

- 1976: Die im April 1975 dem Zungenende auf- und angelagerten Lawinenkegel sind vollständig abgeschmolzen (O.Hugentobler).
- 1977: Das eingemessene Zungenende bestand aus Lawinenschnee. Der Messpunkt Y, ein Felsblock von etwa 8 Kubikmetern Rauminhalt, wurde - vermutlich durch die Lawinen - um rund 200 Meter taleinwärts gewuchtet (O.Hugentobler). - Vermessungsflug durch L+T am 12.9.77 (Verfasser).

88 Porchabella

- 1976: Der Rückgang ist über die ganze Gletscherbreite ziemlich gleichmässig erfolgt. Die in der Mitte vorspringende, 60 Meter breite und 80 Meter lange Eiszunge ist nur wenig mächtig und stellenweise stark unterhöhlt (F.Juvalta).
- 1977: Wie im Vorjahr erfolgte der Abbau des Gletscherendes über die ganze Breite ziemlich gleichmässig. Beim tiefsten Punkt der Zunge betrug der Rückgang 5 Meter. Die verschiedenen wenig ausgeprägten Tore führten alle etwa gleichviel Wasser (F.Juvalta).

89 Verstankla

- 1976: Trotz Neuschnee, der in der am Messtag herrschenden Föhnwärme stark zusammengeschmolzen war, konnte das Gletscherende eindeutig festgelegt und eingemessen werden. Einzig beim Messpunkt P 2 war der Eisrand durch abgerutschtes Moränenmaterial verdeckt. Bei Messpunkt P 3, wo eine Längsspalte ausstrich, wurde auf die Verbindungslinie zwischen den beiden Spalträndern gemessen. Ausgeschmolzene Längsfurchen und stark abgerundete Spaltenränder erweckten den dem Messresultat entsprechenden Eindruck eines schwindenden Gletschers. Durch den Schwund, der im übrigen den letztjährigen Vorstoss nicht ganz ausgleicht, ist auch das unscheinbare Gletschertor höhergelegt worden (J.Stahel).
- 1977: Der Vorstoss ergab sich vor allem bei Messpunkt P 2, wo eine durch Felssturz entstandene Obermoräne das Gletscherende erreicht hat und dieses gegen die Abschmelzung weitgehend abschirmt. Beim Gletschertor und bei den übrigen Messpunkten blieb der Zungenrand durchschnittlich stationär (J.Stahel).

90 Silvretta

- 1976: Das 20 bis 30 Zentimeter hoch von Neuschnee überdeckte Gletscherende wurde in 6 Punkten trigonometrisch vermessen. Der tiefste eingemessene Punkt lag auf 2432.5 m ü.M. Der gesamte, in den Vorjahren am Zungenende und in der Umgebung des Gletschers abgelagerte Firn und Schnee ist weggeschmolzen. Bei den untersten Messstellen auf dem Gletscher wurden Nettoablationsbeträge zwischen 5 und 6 Metern Eis, bei der obersten Messstelle, in rund 3000 m ü.M., ein Zuwachs von 1.5 Metern Firn gemessen (VAW - H. Siegenthaler).

- 1977: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf den tiefsten Punkt des tachymetrisch vermessenen Zungenendes. Die mittlere Höhe der eingemessenen Strecke beträgt 2460.5 m ü.M. Am Zungenende lagen nur noch wenige Altschneereste auf der rechten Seite, wo sich eine Firnzunge dem Gletscherrand entlang bis gegen 2500 m ü.M. herunter erstreckte. Sonst war die Zunge bis gegen 2650 m ü.M. aper und auch im Firngebiet trat an einigen exponierten Stellen aperes Eis zutage. Die grössten an den Pegeln bestimmten Ablationsbeträge lagen etwas über 3 Metern Eis. Demgegenüber betrug der Firnzuwachs beim obersten Pegel, in etwa 3000 m ü.M., rund 3 Meter (Vorjahr 1.5 m), die Neuschneeschicht von 15 Zentimetern Dicke nicht mitgerechnet (VAW - H.Siegenthaler).

91 Sardona

- 1976: Unter Mitwirkung des früheren Beobachters U.Eugster ist die vom Gletscher teilweise überfahrene Basislinie durch die neu angelegten und mit Messingbolzen versicherten Punkte 1 (Bolzen GL 166) und 3 (GL 167) wieder ergänzt worden. Abgerutschte Eisschollen bei Messpunkt 1, der bescheidene Vorstoss bei Punkt 2 und die dahinterliegende Absenkung der Gletscheroberfläche weisen darauf hin, dass das besondere Bewegungsverhalten im vordersten Zungenbereich immer noch andauert. Im Bereich der Bergsturzmasse bei den Punkten 3 und 4 war die Messung wegen der Schuttüberdeckung des Eises erschwert und wegen absturzreifer grosser Felsblöcke auf steiler Eisunterlage recht gefährlich. Bei den Messpunkten 5 und 6, wo der Eisrand stets viel dünner war als bei den übrigen Punkten, wirkte sich die Abschmelzung stärker aus. Auch die umliegenden Firnflecken sind bis auf einen kleinen Rest zwischen Punkt 5 und 6 weggeschmolzen (W.Suter).

- 1977: Die seitwärts abrutschende Eisscholle bei Messpunkt 1 ist im Berichtsjahr weitergeglitten und löst sich allmählich vom Gletscher ab. Der Eisrand ist hier infolge der Gletscherbewegung etwas vorgerückt, bei Messpunkt 2, wo er unter dem vielen Geschiebe kaum noch sichtbar ist, stationär geblieben. Die Vorstossmoräne hat den im Vorjahr durch einen Hilfspunkt versicherten Messpunkt zugedeckt. Auch bei Messpunkt 4 blieb der Gletscherrand stationär. Bei Messpunkt 5 ist er deutlich zurückgeschmolzen, bei den übrigen Punkten (3 und 6) dagegen durch Firnanlagerung ebenso deutlich vorgerückt. Zwischen den Punkten 5 und 6, sowie nördlich von 6 sind wieder grössere Schneefelder vorhanden als im Vorjahr (W.Suter).

92 Roseg

- 1976: Das Ergebnis der von der Basis 1945 aus durchgeführten Messung darf nicht als echter Vorstoss interpretiert werden, weil es auf zufälligen Veränderungen in der Schuttüberdeckung des Eises zwischen den Punkten 10 W und 130 E beruht. Zwischen den Punkten 130 E und 230 E hat sich an senkrechter Abbruchwand gegen den See eine Toteismasse abgelöst. Vom etwa 15 Meter breiten und 6 Meter hohen Gletschertor führt eine natürliche Eisgrotte rund 50 Meter tief unter den Gletscher hinein, wo sie sich in 2 Röhren aufteilt (O.Bisaz). - Unter Berücksichtigung der vom Beobachter gemachten Vorbehalte und in Anbetracht des Umstandes, dass der für das Berichtsjahr berechnete mittlere Vorstoss den Rückzug des Vorjahres nahezu ausgleicht, ist der Gletscher nicht den vorstossenden, sondern den stationären Zungen zugezählt worden (Verfasser).

93 Tschierva

- 1976: Die Messung wurde wie im Vorjahr ab Basis 1957 und bei 5 bis 10 Zentimetern Neuschnee vorgenommen (O.Bisaz).

94 Morteratsch

- 1976: Messung von der Basis 1954 aus. Ein grosses, etwa 20 auf 10 Meter messendes Gletschertor hat sich am Fuss der rechten Seitenmoräne auf der Höhe des Zungenendes geöffnet (O.Bisaz).
- 1977: Eisabbrüche an der im flachen Talboden gelegenen Zungenfront täuschen lokales Vorstossen des Gletschers vor allem auf seiner westlichen Seite vor (O.Bisaz).

95 Calderas

- 1977: Am Messdatum war das Gletscherende schneefrei, aber von Moränenschutt stark überdeckt (H.Gschwend/O.Bisaz).

96 Tiatscha

- 1976: Der Gletscherrand ist durchwegs stationär geblieben. Eine auf der linken Zungenseite oberhalb der Abbruchfront erkennbare Senkung der Gletscheroberfläche zeigt möglicherweise eine allgemeine Abnahme des Gletschers an (J.Könz). - Auf den dem Messprotokoll beigelegten Photos fällt im Vergleich mit den Vorjahresaufnahmen die grössere, über die ganze Zungenbreite verteilte Masse frisch abgestürzten Eises und die stärkere Zerklüftung des vordersten, über die steile Felsstufe zu den Sturzkegeln herabreichenden Zungenlappens besonders auf. Anscheinend fand 1976 eine Zungenrutschung statt. Nach den früheren Aufnahmen scheint dies auch der Fall gewesen zu sein in den Jahren 1968 (mit Hinweis auf eine Senkung an derselben Stelle wie 1976), 1971 und 1974 (mit grabenförmiger Senke oberhalb der Rutschungsmasse). Zungenrutschungen mit 2- bis 3-jähriger Periodizität sind in den letzten 10 Jahren auch an anderen Gletschern beobachtet worden. Diesbezügliche Hinweise sind in den vorangehenden Gletscherberichten (insbesondere im 93. und im 94.)zu finden (Verfasser).
- 1977: Die von der Zungenfront herabhängende Eistatze hat sich um 6 Meter weiter über die angelagerten Sturzkegel vorgeschoben. Diese sind leicht zurückgegangen und von Gesteinsschutt überdeckt. Offensichtlich sind seit geraumer Zeit keine grösseren Eisabbrüche aus den stationär gebliebenen seitlichen Partien der Zungenfront erfolgt (J.Könz).

97 Sesvenna

- 1976: Der geringfügige Rückzug erfolgte über die ganze Breite des Gletschers ziemlich gleichmässig (L.Rauch).
- 1977: Der Gletscherrand ist vor allem links und in der Mitte vorgerückt. In Anbetracht der geringen Eisdicke darf der gemessene Vorstoss jedoch nicht überbewertet werden (L.Rauch).

98 Lischana

- 1977: Das Gletscherende lag Ende September noch unter der Winterschneedecke und konnte deshalb nicht eingemessen werden (L.Rauch).

99 Cambrena

- 1977: Die Gletscherzunge ist über die etwa 20 Meter hohe Felsstufe ins Tälchen nördlich der Messbasis vorgestossen. Dabei sind die radial angeordneten Randspalten verschwunden. Das neue Kluft- und Spaltensystem verläuft parallel zur Felswand quer über die Zunge. Die Messung war durch den überall noch vorhandenen Winterschnee erschwert. Nur die beiden äussersten Punkte der Messbasis lagen frei (A.Godenzi).

100 Palü

- 1976: Der Gletscher hat im Berichtsjahr vor allem auf der rechten Seite, wo er jetzt stellenweise um mehr als 50 Meter über die 1971 angelegte Basislinie hinausgefahren ist, stark gestossen. In diesem und im mittleren Teil der Zunge konnte der unter einem hoch aufgeschütteten Moränenwall begrabene Eisrand nicht überall genau festgelegt werden. An der Abbruchfront ereigneten sich am Messdatum wie in den Vorjahren kleinere Eisstürze (A.Colombo).

- 1977: Die 1971 angelegte Messbasis ist um 74.5 Meter zurückverlegt worden, so dass sie wieder über ihre ganze Länge (97.5 m) ausserhalb des Gletschers verläuft. Die Ortung des Gletscherrandes war nur auf der Nordnordwestflanke durch den aufgeschobenen Moränenwall und Altschneereste etwas erschwert. Im Bereich des im letzten Bericht erwähnten hoch aufgeschütteten Stirnwalls konnte das Eis unter einer relativ dünnen Schuttschicht freigelegt werden. Gletschertor und -bach waren noch völlig zugedeckt mit Altschnee. Während der Messungen ereigneten sich 3 Eisabbrüche (A.Colombo).

102 Forno

- 1977: Die angegebene Höhenkote bezieht sich auf das westliche, 20 Meter tiefer als das östliche gelegene Gletschertor. Das Zungenende war aper, konnte aber wegen starker Schuttüberdeckung nicht überall eindeutig festgelegt werden. Der angegebene Wert für die Längenänderung bezieht sich auf dieselbe Messstrecke wie für die Vorperiode (1973/75: Messpunkte E60-E140). Ueber die ganze Breite gemessen (Messpunkte E 140 - W 60), hat sich das Gletscherende seit 1973 jährlich um durchschnittlich 12.8 Meter zurückgezogen (O.Bisaz).

103 Bresciana

- 1977: Esistono due fronti, uno inferiore (a), rilevato fine al 1971, ed uno superiore (b), sopra un banco di roccia che, affiorando, aveva diviso trasversalmente in due parti la lingua di ghiaccio. Con una poligonale abbiamo fissato sulla roccia 3 nuovi punti (P12-P14), dai quali sarà possibile eseguire il rilievo del fronte superiore. Qui non sipuò ovviamente parlare di ritiro o avanzamento perchè si è rilevata una situazione nuova. Malgrade la presenza di neve crediamo di aver individuato il vecchio limite (a), limitamente ad un solo punto; se si tratta effettivamente del limite citato, si può dire che esso è rimasto stazionario dal 1971 (F.Viviani). - Vermessungsflug durch L+T am 12.9.77 (Verfasser).

104 Basodino

- 1976: Essendo 4 punti su 5 ormai ricoperti dal ghiaccio abbiamo stabilito una nuova linea con 4 nuovi punti 40 metri più a valle della precedente (G.Ciseri). - Vermessungsflug durch L+T am 8.10.76 (Verfasser).
- 1977: La neve caduta abbondamente durante l'inverno ricopre per lunghissima tratta il fronte del ghiacciaio di modo che nessun punto di riferimento risulta scoperto (G.Ciseri). - Vermessungsflug durch L+T am 7.9.77. Die Signaltafeln, welche im Sommer 1968 als Passpunkte für die luftphotogrammetrischen Aufnahmen auf markanten Felsbuckeln ausgelegt worden sind, waren dank ihrer exponierten Lage ausgeapert und konnten im August 1977 durch terrestrische Vermessung von H.Widmer (VAW) an das Landeskoordinatennetz angeschlossen werden (Verfasser).

106 Mittelaletsch

- 1976: Die angegebene Längenänderung bezieht sich auf das oberste Gletschertor, das rund 50 Meter hinter einer vom Bach durchflossenen, die Messlinie überschneidenden, etwa 5 Meter breiten Eislamelle liegt (VAW - U.Spring/H.Widmer).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

107 Bis

- 1976: Vermessungsflüge durch V+D am 15.6. und 10.10.76. Der Vergleich der Herbstaufnahme mit den Luftbildern des Vorjahres lässt ein leichtes Vorrücken der Zungenmitte, stationäres Verhalten auf der rechten (südlichen) Seite und einen geringfügigen Rückzug auf der linken Seite erkennen. Gesamthaft hat sich das fast durchwegs als Abbruchfront ausgebildete Zungenende naturgemäss kaum verlagert (Verfasser).
- 1977: Teile eines im Juli aus der Nordostwand des Weisshorns in das obere Firnbecken des Bisgletschers erfolgten Gletschersturzes glitten über die grosse Firnterrasse hinaus bis ins Zungengebiet ab. Das Zungenende ist weiter vorgerückt (mündl. Mitteilung A.Bezinge). - Vermessungsflug durch V+D am 20.7.77 (Verfasser).

108 Orny

- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 14.9.77. Aus dem Vergleich mit den Luftbildern vom 13.8.71 und topographischen Karten ergibt sich der für die Längenänderung angegebene Schätzwert (Verfasser).

109 Alpetli

- 1976: Vermessungsflug durch L+T am 8.10.76 (Verfasser).
- 1977: Vermessungsflug durch L+T am 5.9.77 (Verfasser).

111 Ammerten

- 1976: Trotz dem frühen Messdatum war an diesem Gletscher die Schmelzperiode bereits nahezu beendet. Auf den Messlinien war der in den Vorjahren angelagerte Firn vollständig weggeschmolzen. Solcher war - soweit sich das beim vorhandenen Neuschnee feststellen liess - nur noch an der rechten Zungenflanke erhalten (E.Hodel).
- 1977: Bei Messpunkt 1, wo sich etwas Firnschnee angelagert hat, ist das Gletscherende als stationär betrachtet worden. Bei Messpunkt 2 ist der Eisrand nur wenig zurückgeschmolzen (E.Hodel).

114 Plattalva

- 1976: Der in den Vorjahren am Gletscherende angelagerte Firn ist gänzlich weggeschmolzen. Am Messdatum lag der Neuschnee bereits 30 Zentimeter hoch (VAW - H.Siegenthaler).
- 1977: Das Zungenende war am Messdatum noch fast ganz von Winterschnee überdeckt und auch der Gletscher selber wies nur im vordersten Zungenbereich einige Stellen mit aperem Eis auf (VAW - H.Siegenthaler). - Vermessungsflug durch L+T am 15.9.77 (Verfasser).

117 Valleggia

- 1977: La possibilità di ricognizione aerea - gentilmente fornita dalla Cp GF 18 - a permesso la constatazione del innevamente eccezionale: tutti punti di controllo erano sepolti sotto diversi metri di neve e quindi irreperibili (G.Viglezio).

118 Val Torta

- 1976: L'estate eccezionalmente calda a provocato il sciolimento completo del nevaio. Il ghiacciaio era scoperto con crepacci e molti sassi sparsi un pò ovunque (G.Viglezio).
- 1977: Siehe 117 Valleggia (Verfasser).

119 Cavagnoli

- 1976: La misurazione si presenta un pò problematica per che il ghiacciaio è praticamente costituito da due entità quasi completamente separate e distinte. La prima (a sud) immerge il suo fronte nel lago artificiale et quindi non è misurabile; la seconda invece ha un fronte alquanto complicato e quindi mal definibile. Il fronte principale infatti per la maggior parte si immerge in un laghetto e il resto poggia su un contrafforte roccioso. Sul lato sud il ghiacciaio invece termina dando luogo a un fiumiciattolo. E qui che abbiamo individuato la nostra linea di misurazione A-D (G.Ciseri).
- 1977: La neve caduta abbondamente durante l'inverno ricopre per lunghissima tratte il fronte del ghiacciaio di modo che nessun punto di riferimento risulta scoperto (G.Ciseri).

120 Corno

- 1977: Innevamente eccezionale: tutti punti di controllo sepolti sotto diversi metri di neve e quindi irreperibili. Era possibile solo di rilevare un schizzo di confronto con la situazione del 9.9.75 (G.Viglezio).

4. BILDTEIL

4.1 BILDFOLGE DES 97. BERICHTS - LEGENDEN DER BILDTAFELN I BIS IV

Tafel I

1 bis 3 Kernbohrungen im Firn auf dem Colle Gnifetti (Monte Rosa). Aufnahmen W.Haeberli, VAW, August 1977.

Im Rahmen eines vom Physikalischen Institut der Universität Bern und der Abteilung für Hydrologie und Glaziologie der VAW/ETHZ durchgeführten wissenschaftlichen Forschungsprojekts sind in den Sommern 1976 und 1977 auf dem 4450 m hoch gelegenen Firnsattel des Colle Gnifetti, im obersten Teil des Grenzgletschers, Eisproben ausgebohrt worden (siehe Tätigkeitsbericht Seite 48).

1 Im Hintergrund rechts die Signalkuppe (4556 m ü.M.) mit Capanna Margherita, im Vordergrund der Colle Gnifetti mit der durch Schneemauern vor dem Wind geschützten Bohrstelle.

2 Vorn der Bohrmeister mit dem Steuergerät und der mittels Elektromotor angetriebenen Bohrwinde, dahinter der auf Kugelgelenk gelagerte, mit Drahtseilen abgespannte einmastige Bohrturm. An diesem hängt der elektrisch angetriebene mechanische Bohrer, von welchem der Bohrgehilfe das Mantelrohr mit dem daraus herausragenden Bohrrohr hält. Im Hintergrund liegt ein weiteres Bohrrohr. Nicht abgebildet ist die Spitze des Bohrturms mit Umlenkrolle und darüber geführtem Spezialkabel, das gleichzeitig als Windenseil und als Stromzufuhr der Bohrsonde dient. Ebenfalls nicht sichtbar ist der an das Mantelrohr anschliessende hintere Teil der Bohrsonde mit dem elektrischen Antriebsmotor und einer besonderen Spannvorrichtung, die dem Antriebsteil der Sonde den zum Bohren erforderlichen festen Halt im Bohrloch verschafft. Die für den Betrieb des Bohrgeräts notwendige elektrische Energie wird durch ein ausserhalb der Ringmauer aufgestelltes Aggregat mit Zweitakt-Benzinmotor und 2-kV-Wechselstromgenerator erzeugt. Unter günstigen Bedingungen wird ein Bohrfortschritt von 10 Metern pro Stunde erreicht.

3 Besonders langer Bohrkern von etwa 1,5 Metern Länge. In der Regel werden nur halb so lange Kerne gezogen. Oft zerfallen sie entsprechend der quer durchbohrten Schichtung in noch kürzere Stücke. Die Kerne werden gleich nach der Entnahme etikettiert, photographiert, in Plastikhüllen abgepackt und in einer Tiefkühltruhe konserviert. Die Analyse der in den Kernen enthaltenen meist gas- oder staubförmigen Einschlüsse wird in spezialisierten Laboratorien verschiedener in- und ausländischer Universitäten vorgenommen.

Tafeln II und III

4 bis 6 Tschingelgletscher im Berner Oberland

4(a+b) Gletscherende am 27. September 1977. Panoramaaufnahme von R.Zumstein, Isenfluh.

5 + 6 Gletscherende am 25. September 1975. Aufnahmen M.Aellen, VAW.

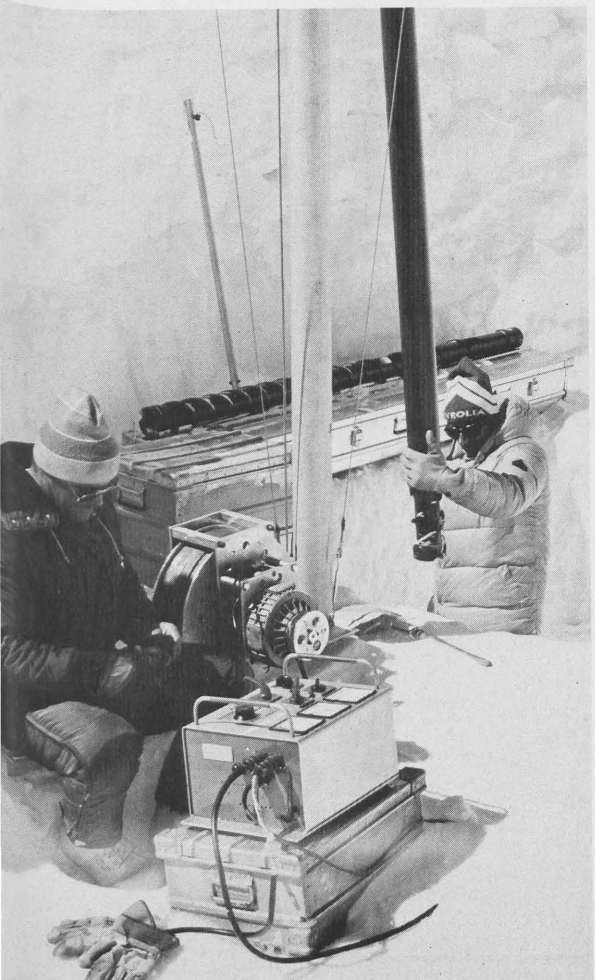
Im Panorama von Bild 4 sind am unteren Rand durch die Buchstaben A bis E die im Bild durch Jalons und einen Eispickel markierten Messlinien angeschrieben. Der auf dem Eis nicht abgeschmolzene Neuschnee und die in den letzten Jahren aufgeschobene Stirnmoräne heben den Rand der verschütteten Zunge klar hervor. Dieser Stand von 1977 ist auf Bild 5 zwischen zwei markanten Blöcken gestrichelt eingezeichnet. Die 1977 weitgehend verschütteten Blöcke sind auf dem Panorama nicht eindeutig zu erkennen. Auf Bild 5 sind zwischen der gestrichelten Linie und den ungefähr auf der Messbasis stehenden Personen die etwas verwaschenen Wintermoränen der Jahre 1966 bis 1970 sichtbar, die H.Rutishauser beschrieben hat. Bild 6 zeigt Einzelheiten vom Beginn des Vorstosses im Jahre 1975. Der Gletscher fliesst im Bild von rechts nach links. Das auf dem Eisrand von der Bildmitte nach vorn fliessende Bächlein wird talseits durch den frisch aufgeschobenen Moränenwall abgedämmt. Dieser stösst im Vordergrund an die im Winter 1973/74 gebildete Moräne, im Hintergrund hat er sie bereits überfahren.

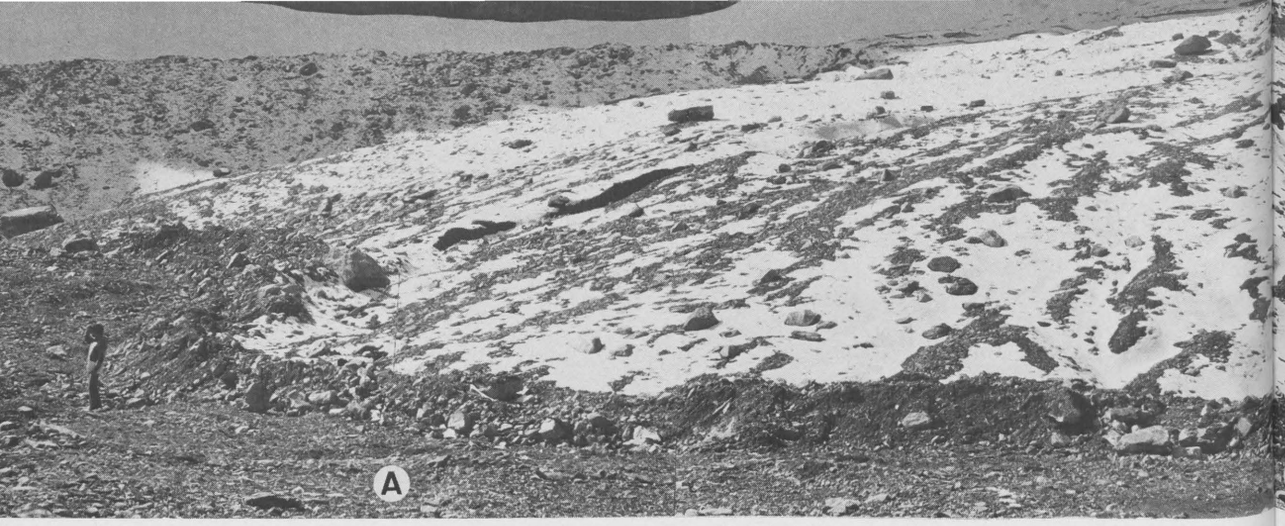
Tafel IV

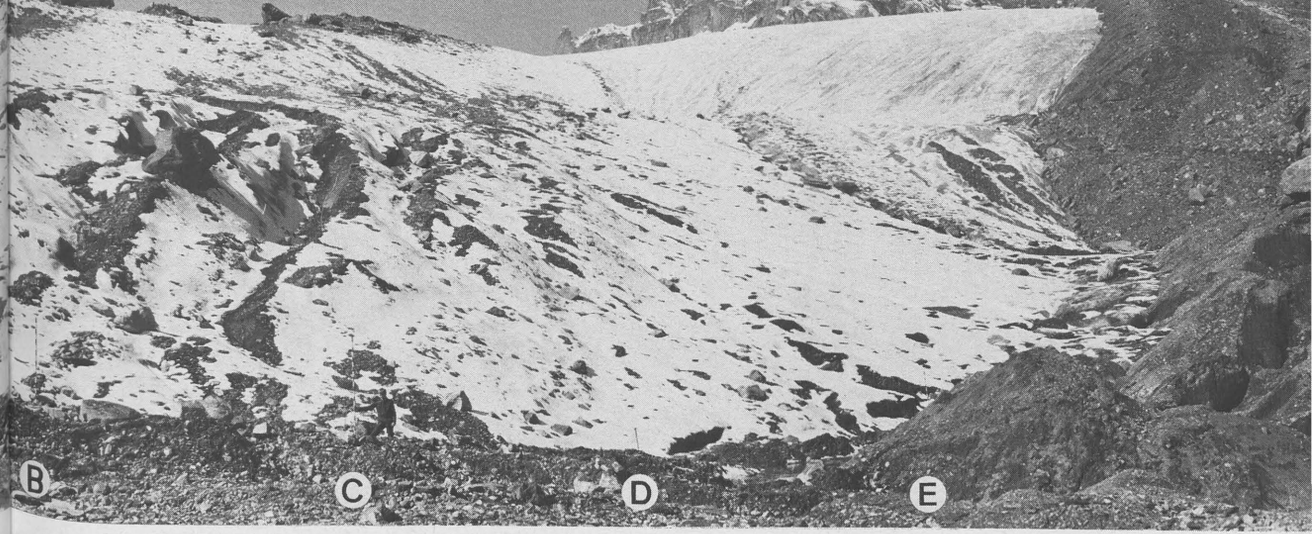
7 und 8 Eigergletscher am 24. September 1975. Aufnahmen M.Aellen, VAW.

Dem dunklen schuttbedeckten Gletscherende angelagert ist eine kleine Zunge aus Lawinenschnee und Eissturzmaterial. Dieses stammt vom orographisch linken, durch eine Abbruchfront begrenzten Teil des Zungenendes. Infolge der bei vorstossenden Gletschern verstärkten Bewegung hat sich das Eis stellenweise über die Kanten der Felsbänder und -terrassen hinausgeschoben, wobei gletschertorähnliche subglaziale Höhlen entstanden sind, die im Gegensatz zum Gletschertor in der Regel kein Wasser führen und deren Gewölbefläche nicht facettiert, sondern parallel zur Bewegungsrichtung des Eises gerillt ist. Bild 7 zeigt unten das Gletschertor, dem der Trümmelbach entspringt, oben rechts eine grosse, durch den vorkragenden Gletscherrand gebildete "trockene" Höhle. Bei den auf den Terrassenflächen aufliegenden Eislappen wird die Bewegung durch die aufgeschobenen, oft bogenförmigen Schuttwälle angezeigt. Ein solcher ist auf Bild 8 dargestellt. Er hat einen Messpunkt verschüttet, den Forstingenieur Zumstein und Gemeindeförster Wyss freizulegen bemüht sind.

1 ▲ 2 3







4a ▲ 5 ▼ 6 ▼ 4b ▲

7

8

4. ILLUSTRATIONS PHOTOGRAPHIQUES

4.1 ILLUSTRATIONS DU 97e RAPPORT - LEGENDES DES PLANCHES I A IV

Planche I

1 à 3 Prélèvements par carottage dans le névé du col Gnifetti (Mont Rose). Clichés W.Haeberli, VAW, août 1977.
Dans le cadre d'un projet d'études scientifiques, les laboratoires de physique de l'Université de Berne et la section d'hydrologie et de glaciologie des VAW/EPFZ ont entrepris, pendant les étés 1976 et 1977, des forages à 4450 mètres d'altitude, au col Gnifetti, pour extraire des échantillons de névé et de glace de la partie sommitale du glacier de Grenz (cf. texte de ce rapport, page 56).

1 Au fond à droite, sommet de la Signalkuppe (4556 m s.m.) avec le refuge Margherita; au premier plan, col Gnifetti avec lieu de forage, encerclé par un paravent de neige.

2 A gauche, le chef d'équipage, assis derrière l'appareil de commande et devant le treuil actionné par un moteur électrique; au centre, la tour de forage à un mât, reposant sur un joint à rotule et ancrée par des haubans métalliques. Le trépan mécanique, actionné électriquement, y est suspendu. L'assistant tient à la main le tube extérieur qui contient la sonde de forage. Au fond, un autre tube de prélèvement. On ne voit pas la poulie de guidage au sommet de la tour, où passe le câble spécial qui porte la corde de treuil et le câble d'amenée de courant. On ne voit pas non plus la partie arrière de la sonde, où se trouvent le moteur d'entraînement et le dispositif de serrage qui permet au moteur de s'appuyer solidement contre les parois du puits et de propulser le tube de prélèvement. L'énergie électrique est produite par un agrégat composé d'un moteur à essence à deux temps et d'un alternateur de 2 kV, placé à l'extérieur de l'enclos. Dans des conditions favorables, le forage peut avancer de 10 mètres à l'heure.

3 Carotte particulièrement longue (1,5 m). En général, les carottes sont extraites à la moitié de cette longueur. Mais souvent elles se cassent en tronçons plus petits, qui reflètent la stratification du névé, dans sa coupe verticale. Les carottes, étiquetées, photographiées et emballées dans des sacs en plastique immédiatement après leur extraction, sont conservées dans un congélateur. L'analyse des corps étrangers, contenus dans les carottes généralement sous forme de gaz ou de poussière, est confiée à des laboratoires spécialisés de différentes universités suisses ou étrangères.

Planches II et III

4 à 6 Glacier de Tschingel dans l'Oberland bernois.

4 (a+b) Extrémité du glacier le 27 septembre 1977. Photo panoramique par R.Zumstein, Isenfluh.

5 + 6 Extrémité du glacier le 25 septembre 1975. Clichés M.Aellen, VAW.
Dans le panorama de la figure 4 (au bas de l'image), on a désigné par les lettres A à E les lignes de mesure, marquées sur le terrain par des jalons et un piolet. La neige fraîche, qui a subsisté sur la glace, ainsi que la moraine frontale, accumulée pendant les dernières années, désignent nettement le bord de la langue glaciaire, recouverte de débris morainiques rocheux. La situation de 1977 est indiquée en pointillé, entre deux blocs erratiques bien visibles, dans la figure 5. Ces blocs, en grande partie recouverts par la moraine frontale en 1977, ne sont presque plus reconnaissables sur le panorama. Dans la figure 5, entre la ligne pointillé et les personnes qui se trouvent à peu près sur les points repères des lignes de mesure, on aperçoit les moraines, un peu délavées, des années 1966 à 1970, décrites par H.Rutishauser . La figure 6 montre des détails du début de la crue en 1975. Sur le cliché, le glacier descend de droite à gauche. Le ruisseau s'écoulant du milieu de la photo vers le spectateur, suit le bord extrême de la glace. Il est endigué à l'aval par la moraine fraîchement accumulée en 1975. A l'avant-plan, celle-ci rejoint la moraine formée pendant l'hiver 1973/74, tandis que, dans le fond, elle l'a déjà chevauchée.

Planche IV

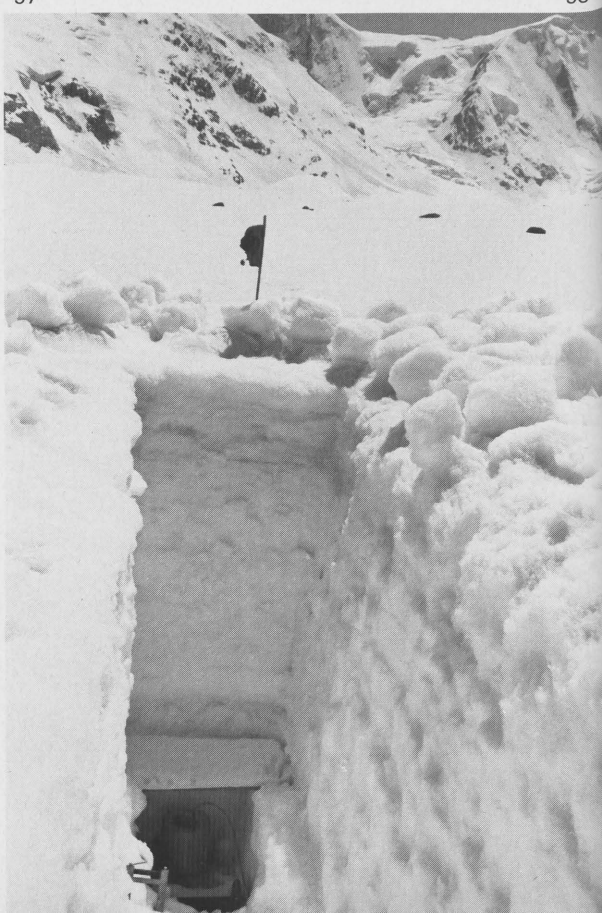
7 et 8 Glacier de l'Eiger, le 24 septembre 1975. Clichés M.Aellen, VAW.

A l'extrémité du glacier, foncée par la couverture de débris morainiques rocheux, s'ajoute une petite langue composée de dépôts d'avalanches de neige et de chutes de glace. Cette glace provient de l'extrémité gauche (orographiquement) de la langue qui se termine partiellement en falaise. A la suite du mouvement accéléré du glacier en crue, la glace s'est avancée par endroits par-dessus les bords des vires et des replats rocheux. Il en résulte des cavernes sous-glaciaires en forme de portails obliques. Généralement, elles diffèrent des vrais portails glaciaires par l'absence d'un torrent émissaire et par une voûte, qui, au lieu d'être creusée en facettes, porte des stries parallèles au mouvement de la glace. Au bas de la figure 7, on voit le vrai portail, dont s'échappe le Trümmelbach; en haut, à droite, une grande caverne presque sèche, formée par le bord en porte à faux du glacier. Sur les replats, le mouvement glaciaire est reconnaissable aux remparts de débris morainiques, accumulés souvent en forme de guirlandes devant le front glaciaire, comme on le voit à la figure 8. Un point de mesure a été enseveli par une telle moraine. L'ingénieur forestier Zumstein et le forestier communal Wyss s'efforcent de l'en dégager.

95 △

96

97



98 ▷

99 △ 100 ▽ 101

4.2 BILDFOLGE DES 98. BERICHTS - LEGENDEN DER BILDTAFELN V BIS VIII

Tafel V

94 Saharastaub auf dem Breneygletscher, Aufnahme H.Röthlisberger, VAW, am 24. Juli 1977.

Durch Sandstürme in der Sahara aufgewirbelter Wüstenstaub wird durch starke Höhenwinde bis nach Mittel- und Nordeuropa geweht. Ein Saharastaubfall von seltener Stärke hat am 19. Mai 1977 den Alpen "gelben Schnee" beschert. Aus dem Vergleich mit dem sauberen Neuschnee im Vordergrund lässt sich ermessen, wie stark das Rückstrahlungsvermögen (Albedo) der durch den Saharastaub verschmutzten Schneeoberfläche in der Bildmitte vermindert worden ist. Im Nährgebiet der Gletscher gibt die in den Firn eingeschichtete Staublage eine vorzügliche Zeitmarke ab für spätere Datierungen.

Tafel VI

95 bis 97 Untersuchungen des Schmelzwasserabflusses und der Gletscherbewegung am Unteraargletscher (siehe Text, Seiten 52 und 53).

95 Tiefbohrung zur Messung des Wasserdruckes an der Gletschersohle in 335 Metern Tiefe. Im Hintergrund das Studerhorn. Aufnahme H.Röthlisberger, VAW, am 25. Mai 1977.

96 und 97: Registrierung der natürlichen Gletscherbeben. Aufnahmen N.Deichmann, ETHZ, Mai 1977.

96: Registrierapparatur. Die an verschiedenen Messstellen erfassten Erschütterungen des Gletschers werden gleichzeitig auf Registrierstreifen (Seismogrammen) oder Magnetband aufgezeichnet. Im Hintergrund die Lauteraarhörner.

97: Im Schneeschacht auf die Eisoberfläche abgestelltes Geophon ("Bodenmikrophon") erfasst die Häufigkeit und Stärke der Gletscherbeben an einer bestimmten Messstelle. Während des Geschwindigkeitsmaximums der Gletscherbewegung im Frühjahr schwillt die Bebentätigkeit im Gletscher stark an. Im Hintergrund Altmann und Studerhorn.

Tafel VII

98 Regen- und Schmelzwasserrillen im Firn auf dem Breneygletscher. Aufnahme H.Röthlisberger, VAW, am 23. Juli 1977.

Tafel VIII

99 Oberes Eismeer am 8. Oktober 1976. Aufnahme M.Aellen, VAW.

Am Zäsenberg treffen sich das Obere Eismeer (links im Bild) und der Grindelwaldner Fiescherglетscher (rechts unten). Bis um die Mitte dieses Jahrhunderts bildeten sie gemeinsam die Zunge des Unteren Grindelwaldgletschers, das sogenannte Untere Eismeer. Infolge des Gletscherschwunds ist das Obere Eismeer ein selbständiger Gletscher geworden, dessen Zunge im Herbst 1966 nur noch knapp bis zum Zusammenfluss reichte. Unsere Aufnahme vom Herbst 1976 zeigt das Obere Eismeer im Vorstoss und erneuten Zusammenschluss mit der Hauptzunge.

100 Zungentatze des Oberen Grindelwaldgletschers am 11. August 1977. Aufnahme M.Aellen, VAW.

Der seit 1959 vorstossende Gletscher hat im Frühjahr 1976 den kahlen Moränenwall an den mit Büschen bestandenen Talhang geschüttet. Im darauffolgenden heissen Sommer ist die aufgewölbte (konvexe) Zungenfront durch Rückstrahlung am Talhang hohlkehlenförmig (konkav) angeschmolzen worden. Die Personen auf dem Moränenwall kommen vom Besuch der Eisgrotte bei der Fahne.

4.2 ILLUSTRATIONS DU 98e RAPPORT - LEGENDES DES PLANCHES V A VIII

Planche V

94 Poussière saharienne sur le glacier de Breney. Cliché H.Röthlisberger, VAW, le 24 juillet 1977.

Des poussières soulevées par des tornades du Sahara sont transportées par de forts courants d'altitude jusqu'en Europe centrale et septentrionale. Un cas de rare intensité, du 19 mai 1977, a gratifié les Alpes d'une "neige jaune" caractéristique. La comparaison de la neige fraîche du premier plan avec la surface souillée de poussière du centre de la figure montre à quel point cet apport solide diminue l'albédo de la neige. Dans la zone d'accumulation du glacier, la couche polluée, ensevelie sous des couches de névé plus récentes, donnera un horizon-repère idéal pour la datation des séries stratigraphiques du névé.

Planche VI

95 à 97 Recherches sur l'écoulement de l'eau de fusion et le mouvement de la glace au glacier de l'Aar inférieur (voir texte, pages 59 et 60).

95 Puits de sondage pour mesurer la pression de l'eau à 335 mètres de profondeur. A l'arrière-plan le Studerhorn. Cliché H.Röthlisberger, VAW, le 25 mai 1977.

96 et 97: Enregistrement de l'activité sismique naturelle du glacier. Clichés N.Deichmann, EPFZ, mai 1977.

96: Dispositif d'enregistrement. Les ébranlements du glacier mesurés en différents endroits sont enregistrés simultanément sur bandes graphiques (sismogrammes) ou sur bandes magnétiques. Au fond les Lauteraarhörner.

97: Le géophone ("microphone du sol"), installé au fond du puits à la surface de la glace, enregistre la fréquence et l'intensité des secousses qui ébranlent le glacier en ce point. Au printemps, lors du maximum de vitesse du mouvement glaciaire, l'activité sismique du glacier augmente fortement. A l'arrière-plan l'Altmann et le Studerhorn.

Planche VII

98 Rigoles d'eau de pluie et de fonte sur le glacier de Breney. Cliché H.Röthlisberger, VAW, le 23 juillet 1977.

Planche VIII

99 Eismeer supérieur le 8 octobre 1976. Cliché M.Aellen, VAW.

Au Zäsenberg l'Eismeer supérieur (à gauche) rejoint le Fiescherglетscher de Grindelwald (à droite en bas). Jusqu'au milieu du siècle environ, ces deux langues réunies formaient celle du glacier de Grindelwald inférieur, connue sous le nom de l'Eismeer inférieur. A la suite de la décrue, l'Eismeer supérieur est devenu indépendant; en automne 1966, son extrémité atteignait tout juste l'endroit de confluence. Notre cliché de l'automne 1976 montre ce glacier en crue, rejoignant à nouveau la langue principale.

100 Langue terminale du glacier de Grindelwald supérieur le 11 août 1977. Cliché M.Aellen, VAW.

Au printemps 1976, le glacier, en crue depuis 1959, a rejeté une moraine récente contre le versant garni de buissons. Au cours de l'été chaud qui a suivi, le front convexe du glacier, exposé au rayonnement direct et encore au rayonnement reflété du versant, est devenu concave. Les personnes sur la moraine récente reviennent de la grotte bleue, creusée dans la glace à l'endroit signalé par le drapeau.

5. MASSENHAUSHALT

5.1 EINLEITUNG

In Tabelle 9 sind die von der VAW an den Gletschern von 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 verschieden grossen und in unterschiedlichem Ausmass vergletscherten Einzugsgebieten für die letzten drei Jahre dargestellt als Teilgrössen des natürlichen Wasserhaushalts in den betreffenden Abflussbekken. Dabei werden die beiden Hauptkomponenten Niederschlag und Abfluss (bei Gries: Reservenänderung und Abfluss) anhand von Messungen geschätzt, um daraus unter Annahme eines invarianten Verdunstungsbetrags als weitere Hauptkomponente die Reservenänderung (bei Gries den Niederschlag) zu ermitteln. Andere Komponenten werden in dieser vereinfachten Haushaltsrechnung nicht in Betracht gezogen.

Tabelle 11, illustriert durch die Abbildung 9, gibt einen Einblick in den zeitlichen Verlauf des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet der Massa während der Haushaltsjahre 1975/76 und 1976/77. 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 Jahr bestimmt worden. Ausgehend von den täglich gemessenen Niederschlags- und Abflussmengen sind für die Jahre 1973/74 bis 1976/77 auch Tagesbilanzen aufgestellt worden. Dabei ist die invariant angenommene jährliche Verdunstungsrate (210 kg/m^2) gleichmässig auf die Monate verteilt und innerhalb der Monate in gleichgrossen Tagesraten (1 kg/m^2) den niederschlagsärmsten Tagen zugewiesen worden. Aus den Extremwerten, welche die fortlaufende Summe der täglichen Reservenänderung 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 die vier Jahreszyklen von 1973/74 bis 1976/77 und ihre beiden Phasen: die Aufbau- oder Zuwachsperiode vom Herbstminimum zum Frühjahrsmaximum und die Abbau- oder Schwundperiode vom Frühjahrsmaximum zum Herbstminimum.

Angaben über den Jahresgang der Aenderung 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 werden in Kapitel 6.2 mit entsprechenden Angaben für die Jahre 1955/56 bis 1979/80 erläutert.

In den Tabellen 14 bis 16 und in den Abbildungen 11 bis 16 ist die räumliche Verteilung der Massenänderung am Schluss der beiden Haushaltsperioden 1975/76 und 1976/77 dargestellt für die Gletscher Gries, Limmern, Plattalva und Silvretta. Ergänzend dazu gibt Kapitel 6.3 eine zusammenfassende Uebersicht über die Haushaltsmessungen und deren Ergebnisse an den Gletschern Limmern und Plattalva.

Die luftphotogrammetrisch bestimmten jährlichen Veränderungen der Aaregletscher vom Herbst 1975 bis zum Spätsommer 1977 sind in den Tabellen 17 und 18 des Kapitels 5.4 zusammengefasst.

5.2 ERGEBNISSE DES HAUSHALTSJAHRES 1975/76

Der Schneemangel im Winter, das frühzeitige Ausapern der Gletscher und die ungewöhnliche Wärmeperiode im Frühsommer liessen eine aussergewöhnlich starke Verminderung der Gletschermasse erwarten. Ein Massenverlust im befürchteten Ausmass traf jedoch nur für die Alpensüdseite zu, wo erst der Herbst die in den übrigen Gebieten bereits im Hochsommer wirksame Abschwächung der Schmelzung brachte. Dementsprechend ist beim Griesgletscher der Massenverlust deutlich grösser ausgefallen als bei Aletsch, Limmern und Silvretta. In der 15-jährigen Beobachtungsperiode seit 1962 haben beim Gries nur die 3 Jahre 1973 (-1116 mm), 1971 (-1069) und 1962 (-1068) ein noch etwas grösseres Defizit gebracht. Im Durchschnitt hat die jährliche Massenbilanz dieses Gletschers mit einem Verlust von 1.7 Millionen Kubikmetern Eisvolumen bzw. 239 Millimetern Wasserhöhe abgeschlossen. Die entsprechenden Mittelwerte betragen für Aletsch -24 mm Wasserhöhe (-3.4 Mio. m^3 Eisvolumen), Limmern/Plattalva -285 mm (-1.0 Mio. m^3), und Silvretta -61 mm (-0.2 Mio. m^3). Das Berichtsjahr brachte also auch diesen Gletschern einen erheblich grösseren Verlust als ein durchschnittliches Jahr. Gemessen an den grössten Verlusten der Vergleichsperiode, die bei allen 3 Gletschern dem Jahre 1963/64 zuzuschreiben sind und für Aletsch 1269 mm, für Limmern/Plattalva 1404 mm und für Silvretta 1409 mm Wasserhöhe betragen, erscheinen sie jedoch nicht aussergewöhnlich gross. In Abbildung 9b kommen der Schneemangel des Winters, die überaus starke Abschmelzung im Frühsommer und das vorzeitige Ende der Schmelzperiode durch den Vergleich mit den eingezeichneten langjährigen Monatsmitteln deutlich zum Vorschein.

Die von A.Flotron für den Talbereich der Aaregletscher aufgestellte Volumenbilanz der Messperiode vom 22. September 1975 bis 10. Oktober 1976 ergibt einen Verlust von 27 Millionen Kubikmetern. Dieser Wert ist um rund 30%, also ebenfalls deutlich, aber nicht übermässig viel, grösser als ein durchschnittlicher Jahresverlust. Entsprechend hat sich die Gletscheroberfläche in allen vermessenen Querprofilen um mittlere Beträge von 0.8 bis 3.9 Metern, im Gesamtdurchschnitt um rund 2 Meter abgesenkt.

5.3 ERGEBNISSE DES HAUSHALTSJAHRES 1976/77

Für den Abbau der enorm mächtigen Winterschneedecke - manche Orte erhielten etwa doppelt soviel Schnee wie in gewöhnlichen Jahren - stand beträchtlich weniger Strahlungs- und Wärmeenergie zur Verfügung als im Durchschnitt der Referenzperiode 1931-1960. Sie dürfte jedoch infolge des durch die Saharastaubfälle vor allem in Höhenlagen unter 3000-3300 m erheblich verminderten Rückstrahlungsvermögens der Schneeoberfläche eine verhältnismässig hohe Schmelzwirkung erreicht haben. Trotzdem blieben in stark vergletscherten Einzugsgebieten die Sommerabflüsse unter dem Normalwert. Bei stark überdurchschnittlichem Zuwachs im Winter und unterdurchschnittlichem Abtrag im Sommer ergab die Jahresbilanz allenthalben einen beträchtlichen Massengewinn (siehe Abbildungen 9b und 10). Bei Gries und Aletsch fiel dieser Gewinn höher aus als je zuvor. Die Werte des Berichtsjahrs liegen beim Gries 37%, beim Aletsch 25% über den bisherigen, im Haushaltsjahr 1964/65 bestimmten Höchstwerten von 924 bzw. 1178 Millimetern. Damit hat Gries erstmals seit Beginn der Messungen im Jahre 1961, Aletsch zum zweitenmal in der bis 1922 zurückreichenden Beobachtungsreihe einen mittleren Zuwachs von mehr als einem Meter erhalten. Ebenfalls bedeutend, aber weniger spektakulär als im Süden, war der Massenzuwachs auf der Alpennordseite und im Osten des Landes. Dem Limmerngletscher, wo seit 1947 gemessen wird, brachte das aktuelle Haushaltsjahr das vierthöchste Ergebnis aller Jahresbilanzen. In der seit 1959 gemessenen Haushaltsreihe des Silvretta steht das Berichtsjahr erst an 6. Stelle. Bei diesen beiden Gletschern liegen die aktuellen Werte deutlich (33 bzw. 54%) unter den im Haushaltsjahr 1964/65 beobachteten Höchstwerten von 1076 bzw. 1338 Millimetern.

Die von A.Flotron auf Grund von photogrammetrischen Vermessungen für die Aaregletscher aufgestellte Volumenbilanz bezieht sich jeweils nur auf den unteren Teil der Gletscher. Seit Beginn der Messungen im Jahre 1928 hat das Eisvolumen in diesem Messbereich ständig abgenommen, abgesehen vom Jahre 1974/75, in dem sich ein bescheidener Zuwachs von 1.5 Millionen Kubikmetern ergab. In der Messperiode vom 10. Oktober 1976 bis zum 8. September 1977 sind Volumenverminderungen am Unteraar von nur 1 Million, am Oberaar von 1.3 Millionen Kubikmetern bestimmt worden. Beim Oberaar enthält diese Zahl zum Teil auch die Verluste aus dem Vorjahr, weil im Herbst 1976 nicht alle Profile vermessen worden sind. Deshalb darf im Berichtsjahr im Messbereich der beiden Gletscher insgesamt mit einer nahezu ausgeglichenen Bilanz gerechnet werden.

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 1975/76 et 1976/77. 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 ont permis d'établir aussi des bilans quotidiens, résumés dans le tableau 11b pour les années 1973/74 à 1976/77 et représentés dans la figure 9 pour les années du présent rapport. Dans ces bilans, l'évaporation est supposée être invariable de l'ordre de 210 kg/m^2 par an, soit de 17 ou 18 kg/m^2 par mois. Ces mensualités ont été réparties en quote-parts égales de 1 kg/m^2 sur les jours sans précipitations ou de pluviosité faible. En cumulant les variations journalières des réserves en eau, on obtient les valeurs extrêmes maximale (au printemps) et minimale (en automne), qui marquent le début ou la fin de périodes de bilan, qui sont définies suivant le cycle annuel des conditions climatiques et qui sont indépendantes des dates fixes du calendrier. Les bilans présentés dans le tableau 11b résument les bilans quotidiens des 4 cycles annuels de 1973/74 à 1976/77 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.

Le modèle similaire, appliqué au bassin versant du Rhône en amont du Lac Léman et représenté dans les tableaux 12 et 13 ainsi que dans la figure 10, reflète les fluctuations mensuelles des réserves en eau de ce bassin durant les années 1975/76 et 1976/77. Portant sur les années 1955/56 à 1979/80, ce modèle est analysé et discuté dans le chapitre 6.2.

Les tableaux 14 à 16 et les figures 11 à 16 suggèrent la répartition spatiale des gains et des pertes de masse selon les observations, faites à la fin des années de bilan 1975/76 et 1976/77, sur les glaciers de Gries, de Limmern/Plattalva et de Silvretta. Les résultats des bilans de masse établis de 1947/48 à 1976/77 pour les glaciers de Limmern et de Plattalva sont résumés dans le chapitre 6.3.

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 l'automne 1975 jusqu'à la fin de l'été 1977.

5.2 ANNEE DE BILAN 1975/76

Le déficit de neige en hiver, le déneigement précoce des glaciers et la période de chaleur inhabituelle au début de l'été laissaient prévoir une diminution extrêmement forte de la masse des glaciers. Cependant les pertes de substance n'ont atteint la mesure redoutée que sur le versant sud des Alpes, où la fonte commença à diminuer en automne seulement, alors que, dans les autres régions, elle était réduite déjà au fort de l'été. Par conséquent, la perte de masse a été nettement plus grande pour le glacier de Gries que pour les glaciers d'Aletsch, de Limmern et de Silvretta. Au Gries, pendant les 15 années de la période d'observation depuis 1962, seules les trois années 1973 (-1116 mm), 1971 (-1069) et 1962 (-1068) ont présenté des déficits légèrement plus grands. En moyenne, le bilan annuel de masse de ce glacier se chiffre par une perte de volume de 1.7 millions de mètres cubes de glace, qui équivalent à une couche d'eau de 239 millimètres de hauteur. Pour la même période, les valeurs moyennes s'élèvent pour Aletsch à -24 millimètres en hauteur d'eau (-3.4 millions m^3 en volume de glace), pour Limmern/Plattalva à -285 millimètres (-1.0 million de m^3) et pour Silvretta à -61 millimètres (-0.2 millions de m^3). Dans l'année du rapport, ces glaciers subirent donc également des pertes beaucoup plus importantes que la moyenne des quinze années précédentes. Comparées aux pertes maximales de la période de référence, elles paraissent plutôt modérées. Les déficits extrêmes, observés en 1963/64, se montent à 1269 millimètres en hauteur d'eau pour le glacier d'Aletsch, à 1404 millimètres pour Limmern/Plattalva et à 1409 millimètres pour Silvretta. D'ailleurs, les moyennes pluriannuelles indiquées dans la figure 9b mettent en évidence le manque de neige à la fin de l'hiver, la fonte précoce en juin et la fin prématurée de la période d'ablation.

Le bilan de volume établi par A.Flotron pour les langues des glaciers de l'Aar indique, pour la période du 22 Septembre 1975 au 10 octobre 1976, une perte de 27 millions de mètres cubes de glace. Cette valeur dépasse de 30%, donc nettement aussi, mais pas démesurément, la moyenne pluriannuelle. Proportionnellement la surface du glacier s'est abaissée dans tous les profils transversaux, de 0.8 à 3.9 mètres en moyenne, soit de 2 mètres en moyenne globale.

5.3 ANNEE DE BILAN 1976/77

Pour faire fondre l'épaisse couche de neige hivernale - en certains endroits, la quantité de neige a été deux fois plus forte que dans les années ordinaires - la quantité d'énergie reçue, nettement inférieure à la moyenne de la période 1931/60, a été bien trop faible; toutefois, entre 3000 et 3300 mètres surtout, les poussières sahariennes déposées en mars et en mai ont accru sensiblement le pouvoir absorbant de la neige et favorisé la fusion. Malgré cela, dans les bassins versants à régime typiquement glaciaire, l'écoulement estival est resté inférieur à la normale. L'accroissement hivernal extraordinairement fort et l'ablation relativement faible de l'été ont eu pour conséquence un gain important de masse sur l'année, ce qui est d'ailleurs mis en évidence par les figures 9b et 10. Pour les glaciers de Gries et d'Aletsch, ce gain s'est révélé plus élevé qu'auparavant; l'excédent par rapport aux valeurs maximales préalables, c'est-à-dire celles du bilan 1964/65 (resp. 924 et 1178 mm), a atteint 37% pour le premier et 25% pour le second. De la sorte on constate un accroissement moyen de masse de plus d'un mètre pour la première fois depuis le début des mesures (en 1961) au glacier de Gries, pour la seconde fois dans la période remontant à 1922 au glacier d'Aletsch. Au nord des Alpes et dans l'est du pays, l'augmentation de masse est notable, mais moins spectaculaire qu'au sud. Au glacier de Limmern, où les mesures se font depuis 1947, l'accroissement se signale par le quatrième maximum de la série; à celui de la Silvretta, contrôlé depuis 1959, l'accroissement actuel n'est qu'au 6e rang; pour ces deux glaciers les valeurs actuelles restent nettement au-dessous (resp. 33 et 54%) des valeurs maximales, observées en 1964/65 (resp. 1076 et 1338 mm).

Les mensurations photogrammétriques effectuées par A.Flotron aux glaciers de l'Aar ne se rapportent qu'à la partie inférieure de ceux-ci. Depuis le début des observations en 1928, le volume a constamment diminué dans la zone observée, excepté en 1974/75, où est apparu un modeste accroissement de 1.5 millions de mètres cubes. Dans l'intervalle du 10 octobre 1976 au 8 septembre 1977, on a constaté à l'Unteraar une perte de volume d'un million de mètres cubes seulement et de 1.3 millions de mètres cubes à l'Oberaar; pour ce dernier, les pertes de l'année précédente sont inclues dans les secteurs non mensurés en 1976. En définitive, les deux glaciers présentent un bilan à peu près équilibré pour l'année du rapport.

Tabelle 9. Massenänderung einiger Gletscher in den Jahren 1974/75 bis 1976/77

Tableau 9. Bilans annuels de masse de quelques glaciers, de 1974/75 à 1976/77

Gletscher Glacier	Haushaltsjahr Année de bilan vom/du	bis/au	Gletscherflächen Surfaces glaciaires km^2	Massenänderung gesamt Bilans de masse totaux B_a* 1) 10^6 m^3	spezifisch spécifiques b_a 2) kg/m^2	Gleichgewichtslinie Ligne d'équilibre m ü.M. m s.m.
Gries	18.10.74	6.10.75	6.28 3)	+ 1.954	+ 280	2720
	6.10.75	30.9.76	6.27 4)	- 7.356	- 1 056	3090
	30.9.76	29.9.77	6.27 5)	+ 8.796	+ 1 263	2510
Aletsch	1.10.74	30.9.75	128.45 6)	+ 79.839	+ 559	2828 7)
	1.10.75	30.9.76	128.42 8)	- 98.230	- 688	2940 7)
	1.10.76	30.9.77	128.36 9)	+210.740	+ 1 478	2768 7)
Limmern	3.9.74	9.9.75	2.55 10)	+ 1.530	+ 540 11)	2455 11)
	9.9.75	8.9.76	2.55 10)	- 2.828	- 998	2980
	8.9.76	8.9.77	2.52 12)	+ 2.206	+ 788	2555
Plattalva	3.9.74	9.9.75	0.74 10)	+ 0.542	+ 659 11)	13)
	9.9.75	8.9.76	0.74 10)	- 0.790	- 961	2875
	8.9.76	8.9.77	0.86 12)	+ 0.520	+ 544	2620
Silvretta	17.9.74	16.9.75	3.15 14)	+ 2.769	+ 791	2580
	16.9.75	16.9.76	3.15 14)	- 1.787	- 510	2860
	16.9.76	15.9.77	3.15 14)	+ 2.171	+ 620	2665

1) Gesamter Zuwachs oder Abtrag an Eisvolumen, berechnet für Aletsch aus der hydrologischen Bilanz des Einzugsgebietes Massa/Blatten bei Naters, für die übrigen Gletscher nach Zonen gleicher spezifischer Massenänderung mit einer angenommenen Dichte des Eises von 0.9 g/cm^3.

Valeurs absolues des gains ou pertes en volume de glace, déterminées à partir du bilan hydrologique du bassin versant de la Massa/Blatten bei Naters pour les glaciers d'Aletsch, par intégration des zones à bilan spécifique égal pour les autres glaciers, en admettant une densité de la glace de 0.9 g/cm^3.

2) Gleichmässig über den Gletscher verteilter Zuwachs oder Abtrag. Der Eismenge 1 kg/m^2 entspricht eine Wassersäule von 1 Millimeter Höhe.

Valeurs obtenues par la répartition des gains ou pertes de glace sur la surface du glacier. Une masse de 1 kg/m^2 équivaut à 1 millimètre en hauteur d'eau.

3) Geschätzte Fläche für den 6.10.1975 / Surface estimée pour le 6.10.1975.

4) Geschätzte Fläche für den 6.10.1976 / Surface estimée pour le 6.10.1976.

5) Geschätzte Fläche für den 4.10.1977 / Surface estimée pour le 4.10.1977.

6) Geschätzte Fläche für den 11.9.1975 / Surface estimée pour le 11.9.1975.

7) Aus den Pegelmessungen auf dem Jungfraufirn interpolierte Werte / Valeurs obtenues par interpolation des données collectées au Jungfraufirn.

8) Geschätzte Fläche für den 9.9.1976 / Surface estimée pour le 9.9.1976.

9) Geschätzte Fläche für den 8.9.1977 / Surface estimée pour le 8.9.1977.

10) Flächen vom 11.9.1959, überarbeitete Werte / Surfaces du 11.9.1959, valeurs révisées.

11) Ueberarbeitete, von den früher publizierten abweichende Werte / Valeurs révisées, qui s'écartent des valeurs publiées précédemment.

12) Flächen vom 15.9.1977 / Surfaces du 15.9.1977.

13) Lage unterhalb des Gletscherendes / Située à l'aval du glacier.

14) Fläche vom 12.9.1973 / Surface du 12.9.1973.

Tabelle 10. Hydrologische Bilanzen einiger vergletscherter Einzugsgebiete in den Jahren 1974/75 bis 1976/77

Tableau 10. Bilans hydrologiques de quelques bassins versants englacés, de 1974/75 à 1976/77

Einzugsgebiet/Abflussmessstation	Fläche (km^2) gesamt	Fläche (km^2) vergletschert	Meereshöhe (m) Höchster Punkt	Meereshöhe (m) Gebietsmittel	Meereshöhe (m) Abflussmessstation
Bassin versant/Station limnigraphique	Surface totale (km^2)	Surface englacée (km^2)	Altitude (m) Point culminant	Altitude (m) Moyenne du bassin	Altitude (m) Station limnigraphique
a) AEGINA/Staumauer Gries - Barrage de Gries	10.18	6.3	3373.8	2820	2337
b) MASSA/Blatten bei Naters	194.7	128.6	4195	2950	1446
c) RHONE/Porte du Scex	5220	746.6	4634.0	2130	374

a) Einzugsgebiet der Aegina (Griesgletscher) / Bassin de l'Aegina (Glacier de Gries) 1)

Bilanzperiode	Abfluss	Verdunstung	Reservenänderung	Niederschlag Gebietsmittel	Niederschlag Totalisator
Période de bilan	Ecoulement 2)	Evaporation 3)	Variation de la réserve 4)	Précipitations Moyenne 5)	Précipitations Totalisateur 6)
18.10.74 - 6.10.75	1708	200	+ 173	2081	2147
6.10.75 - 30. 9.76	1837	200	- 650	1387	1183
30. 9.76 - 29. 9.77	1911	200	+ 778	2889	2449

1) Ergänzt Tabelle 10a des 95./96. Gletscherberichts. Alle Bilanzgrössen sind in kg/m^2 angegeben und beziehen sich auf die Gesamtfläche von 10.18 km^2.

Complète le tableau 10a du rapport précédent (No. 95/96). Les données du bilan, exprimées en kg/m^2, se rapportent à la surface totale de 10.18 km^2.

2) Vom Kraftwerk für das Jahr vom 1. Oktober bis 30. September bestimmte Werte (siehe Bemerkungen zu Tabelle 16 des 93./94. Gletscherberichts).

Valeurs déterminées par les forces motrices pour l'année du 1er Octobre au 30 septembre (voir remarques du tableau 16 des rapports nos. 93/94).

3) Invarianter Schätzwert / Valeur estimée (invariable).

4) Von der Massenänderung des Gletschers abgeleitete Werte (siehe Tabellen 9 und 14).

Valeurs dérivées du bilan de masse du glacier (voir tableaux 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 de la réserve.

6) Standort des Totalisators: Koordinaten km 672.34/145.80, Höhe 2510 m ü.M.

Coordonnées du totalisateur: 672.34/145.80 km, altitude 2510 m s.m.

Tabelle 10 / Tableau 10. Fortsetzung 1 / Continuation 1.

b) Einzugsgebiet der Massa (Aletschgletscher) / Bassin de la Massa (Glaciers d'Aletsch) 1)

Bilanzjahr Année de bilan 1.10. - 30.9.	Niederschlag Précipitations N 2) kg/m^2	Verdunstung Evaporation V 2) kg/m^2	Abfluss Ecoulement A 2) kg/m^2	Reservenänderung Variation des réserves R 2) kg/m^2	Gletscherfläche Surface glaciaire G 3) km^2	Spezifische Massenänderung Bilan de masse B 4) kg/m^2
1974/75	2363	210	1784	+ 369	128.45	+ 559
1975/76	1656	210	1900	- 454	128.42	- 688
1976/77	2929	210	1745	+ 974	128.36	+ 1478

1) Zusammenfassung von Tabelle 11a, Seite 117. Ergänzt Tabellen 10b und 21 der Publikation: Kasser,P., Aellen,M., und Siegenthaler,H. (1982), Die Gletscher der Schweizer Alpen 1973/74 und 1974/75, 95. und 96. Bericht. Glaziologisches Jahrbuch der Gletscherkommission der SNG, Hrsg. VAW/ETH Zürich.

Récapitulation du tableau 11a, page 117. Complète les tableaux 10b et 21 de la publication: Kasser,P., Aellen,M. et Siegenthaler,H. (1982), Les variations des glaciers suisses 1973/74 et 1974/75, 95e et 96e rapports. Annuaire glaciologique de la Commission des glaciers de la SHSN, édité par les VAW/EPF Zurich.

2) Erläuterungen siehe Tabelle 11a, Fussnoten 3 bis 6. / Explications voir tableau 11a, remarques 3 à 6.

3) Schätzwerte, berechnet durch Extrapolation aus der jährlich gemessenen Längenänderung des Grossen Aletschgletschers in der Annahme, diese sei ein Proportionalitätsmass für die Aenderung der Gletscherfläche im Einzugsgebiet der Massa. Weitere Erklärungen sind in den hievor (siehe Fussnote 1) und bei Tabelle 11 erwähnten Publikationen enthalten.

Valeurs estimées à partir des variations annuelles mesurées du front du Grand glacier d'Aletsch, en admettant un rapport linéaire des variations de la surface englacée du bassin de la Massa et celles de la longueur du Grand glacier d'Aletsch. Des explications plus détaillées sont données dans les publications citées ci-devant (voir note 1) et dans le tableau 11.

4) Schätzwerte, berechnet nach der Formel $B = R \cdot F/G$.

Valeurs estimées selon la formule $B = R \cdot F/G$.

Tabelle 10 / Tableau 10. Fortsetzung 2 / Continuation 2

c) Einzugsgebiet der Rhone (oberhalb des Genfersees) / Bassin du Rhône (en amont du Léman) 1)

Bilanzjahr Année de bilan	Niederschlag Précipitations	Verdunstung Evaporation	Seerückhalt Rétention dans lacs	Abfluss - Ecoulement				Reservenänderung Variation des réserves
				gemessen mésuré	Ableitung Dérivation	Zuleitung Adduction	reduziert réduit	
10 - 9	N 2)	V 2)	S 2)	A_g 2)	A_A 2)	A_E 2)	A 2)	R 2)
1972/73	1 254	300	33	987	6		1 026	- 72
1973/74	1 171	300	15	882	6	4	899	- 28
1974/75	1 471	300	16	1 102	7	10	1 115	+ 56
1975/76	887	300	- 38	793	6	4	757	- 170
1976/77	1 731	300	33	1 124	7	4	1 160	+ 271

1) Ersetzt die im 95./96. Bericht publizierten Werte der Vorstudie. Vergleiche Tabellen 12 und 13, Abbildung 10 und Kapitel 6.2 des vorliegenden Berichts. Alle Grössen sind in kg/m^2 angegeben.

Remplace les résultats de l'étude préliminaire, publiés dans les 95e et 96e rapports. Confère les tableaux 12 et 13, la figure 10 et le chapitre 6.2 du présent rapport. Les données sont exprimées en kg/m^2.

2) Erläuterungen siehe Tabelle 12, Seite 122 / Explications voir tableau 13, page 123.

Tabelle 11. Einzugsgebiet Massa/Blatten bei Naters (Aletschgletscher) - Hydrologische Bilanzen 1975/76 und 1976/77 1)

Tableau 11. Bassin versant de la Massa/Blatten bei Naters (glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques 1975/76 et 1976/77 1)

a) Kalendermässig festgelegte Haushaltsperioden: Monate, Winter (Oktober - April), Sommer (Mai - September) und hydrologisches Jahr (1.Oktober - 30.September)

Périodes fixes du calendrier: mois, hiver (octobre - avril), été (mai - septembre) et année hydrologique (1er octobre - 30 septembre)

Jahr Année	Bilanzgrösse 2) Composante du bilan	Monate - Mois												Winter Hiver	Sommer Eté	Jahr Année
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 - 4	5 - 9	10 - 9
1975/76	N Niederschlag 3)	128	327	14	114	72	43	205	95	129	245	145	141	901	755	1 656
	A Abfluss 4)	106	17	8	5	4	5	18	101	427	659	415	134	163	1 737	1 900
	V Verdunstung 5)	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	122	88	210
	R Reservenänderung 6)	5	291	-11	91	51	19	170	-24	-316	-432	-287	-11	616	-1 070	-454
	U Massenumsatz 7)	250	362	38	137	92	66	240	214	573	922	578	294	1 185	2 581	3 766
1976/77	N Précipitations 3)	342	172	275	158	290	194	464	272	180	265	268	49	1 896	1 033	2 929
	A Ecoulement 4)	98	17	8	5	3	8	16	84	327	532	404	242	155	1 590	1 745
	V Evaporation 5)	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	122	88	210
	R Variation des réserves 6)	227	137	250	136	270	168	431	170	-164	-286	-154	-211	1 619	-645	974
	U Echange de masse 7)	456	207	300	181	311	220	497	373	525	815	689	310	2 172	2 712	4 884

1) Ergänzt Tabelle 11 des 95./96. Berichts (Zitat siehe Tabelle 10b) / Complète le tableau 11 des 95e et 96e rapports (cités au tableau 10b).

2) Die Bilanzgrössen sind in kg/m^2 angegeben und beziehen sich auf die Fläche des Einzugsgebietes (194.7 km^2) / Les données du bilan, exprimées en kg/m^2, se rapportent à la surface totale du bassin versant (194.7 km^2).

3) Schätzwerte, berechnet aus den Niederschlagsmessungen der SMA an den drei Stationen Grindelwald (1040 m ü.M.), Fiesch (1060 m ü.M.) und Kippel (1376 m ü.M.). Die Station Kippel, auf den 1.10.1974 aufgehoben, ist durch jene von Ried/ Lötschental (1480 m ü.M.), in Betrieb seit 1.1.1974, ersetzt worden. Die beiden, während bloss 9 Monaten parallel geführten Messreihen sind über die langjährige Reihe von Leukerbad (1385 m ü.M.) provisorisch korreliert worden. Bei der Berechnung des Gebietsniederschlags für 1974/75 sind die Messwerte von Leukerbad mit dem Gewicht 0.896 stellvertretend für jene von Kippel eingesetzt worden. Für die folgenden Jahre sind die Messwerte von Ried mit dem Gewicht 1.037 verwendet worden.

Valeurs estimées, déterminées à partir des précipitations mesurées par l'ISM aux trois stations Grindelwald (1040 m s.m.), Fiesch (1060 m s.m.) et Kippel (1376 m s.m.). La station de Kippel, abandonnée le 1.10.1974, a été remplacée par celle de Ried/Lötschental (1480 m s.m.) mise en service le 1.1.1974. Les observations aux deux stations n'étant parallèles que pendant 9 mois, la corrélation des résultats a été faite au provisoire, à l'aide de la longue série de Loèche-les-Bains (1385 m s.m.). En calculant les précipitations sur le bassin, on s'est servi, en 1974/75, des valeurs mesurées à Loèche-les-Bains, pondérées par un facteur de 0.896, des valeurs mesurées à Ried, pondérées par un facteur de 1.037, dans les années suivantes.

Tabelle 11 / Tableau 11. Fortsetzung 1 / Continuation 1

4) Ergebnisse der Abflussregistrierung an der Limnigraphenstation Blatten bei Naters der Landeshydrologie / Les débits sont enrégistrés à la station limnigraphique Blatten bei Naters par le Service hydrologique fédéral.

5) Invarianter Schätzwert / Valeur estimée (invariable).

6) Schätzwerte, berechnet nach der Formel R = N - A - V. Weitere Erklärungen findet man in der Publikation: Kasser,P. und Aellen,M. (1976), Die Gletscher der Schweizer Alpen 1971/72 und 1972/73, 93. und 94. Bericht der GK/SNG (Tabelle 17, Seiten 82/83).

   Valeurs estimées selon la formule R = N - A - V. Des explications plus détaillées sont données dans la publication: Kasser,P. et Aellen,M. (1980), Les variations des glaciers suisses 1971/72 et 1972/73, 93e et 94e rapports de la CG/SHSN (Tableau 17, pages 82/83).

7) Schätzwerte, berechnet nach der Formel U = N + A + V / Valeurs estimées selon la formule U = N + A + V.

Tabelle 11 / Tableau 11. Fortsetzung 2 / Continuation 2

b) Klimabedingt veränderliche Haushaltsperioden: Zuwachsperiode, Schwundperiode und Jahreszyklus 1)

Périodes variables en fonction des conditions climatiques: périodes d'accumulation, d'ablation et du cycle annuel 1)

Haushaltsperioden - Périodes de bilan				Komponenten - Composantes		Bilanz - Bilan	
	Beginn Début	Ende Fin	Dauer Durée Tage/Jours	Vermehrung Augmentation 2)	Verminderung Diminution 3)	Reservenänderung Variation des réserves 4)	Massenumsatz Echange de masse 5)
Zuwachsperiode	21. 9.73	29. 6.74	282	1 488	628	+ 860	2 116
Période d'accumulation	24. 9.74	1. 6.75	251	1 726	309	+ 1 417	2 035
	10.10.75	1. 6.76	236	1 064	324	+ 740	1 389
	9. 9.76	26. 5.77	260	2 271	437	+ 1 835	2 708
Schwundperiode	30. 6.74	23. 9.74	86	445	1 341	- 896	1 786
Période d'ablation	2. 6.75	9.10.75	130	773	1 793	- 1 020	2 566
	2. 6.76	8. 9.76	99	477	1 601	- 1 124	2 077
	27. 5.77	5.10.77	132	777	1 639	- 862	2 417
Jahreszyklus	21. 9.73	23. 9.74	368	1 933	1 969	- 36	3 902
Cycle annuel	24. 9.74	9.10.75	381	2 499	2 102	+ 397	4 601
	10.10.75	8. 9.76	335	1 541	1 925	- 384	3 466
	9. 9.76	5.10.77	392	3 049	2 076	+ 972	5 125

1) Mit Ergänzungen für 1973/74 und 1974/75. Die Bemerkungen zu den Fussnoten der Tabelle lla dieses Berichts gelten sinngemäss auch für diese Tabelle.

Avec données complémentaires pour 1973/74 et 1974/75. Voir aussi les remarques indiquées sous les notes du tableau lla.

2) Summe der täglichen Niederschlagsmengen / Somme des précipitations journalières.

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

4) Summe der täglichen Reservenänderungen / Somme des variations journalières des réserves.

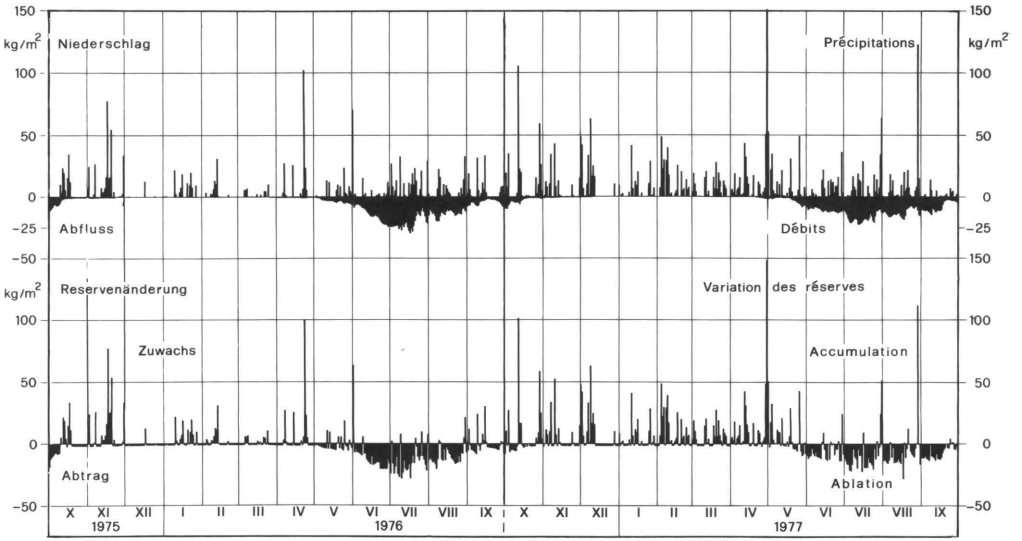
5) Summe der täglichen Massenumsätze / Somme des échanges journaliers de masse.

Abbildung 9. Einzugsgebiet Massa/Blatten bei Naters (Aletschgletscher) - Hydrologische Bilanzen 1975/76 und 1976/77

Figure 9. Bassin versant de la Massa/Blatten bei Naters (Glaciers d'Aletsch) - Bilans hydrologiques en 1975/76 et 1976/77

a) Tageswerte von Niederschlag, Abfluss und Reservenänderung

Valeurs journalières des précipitations, des débits et de la variation des réserves



b) Tageswerte der Reservenänderung, kumuliert vom 1.10.1975 bis 30.9.1976 und vom 1.10.1976 bis 30.9.1977

Valeurs journalières de la variation des réserves, cumulées du 1.10.1975 au 30.9.1976 et du 1.10.1976 au 30.9.1977

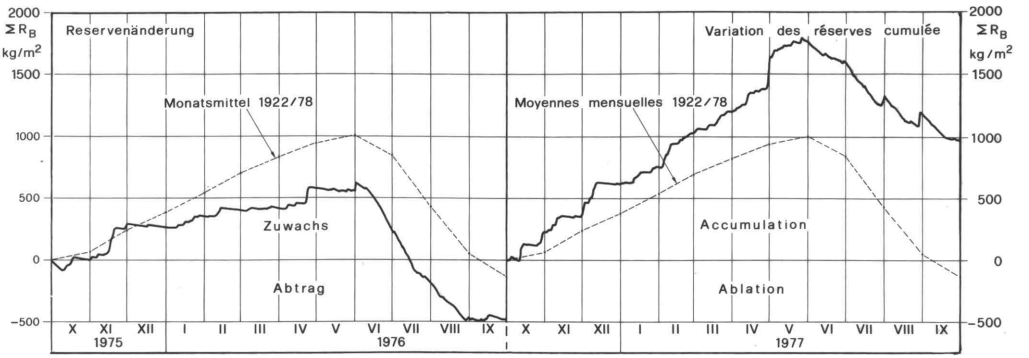
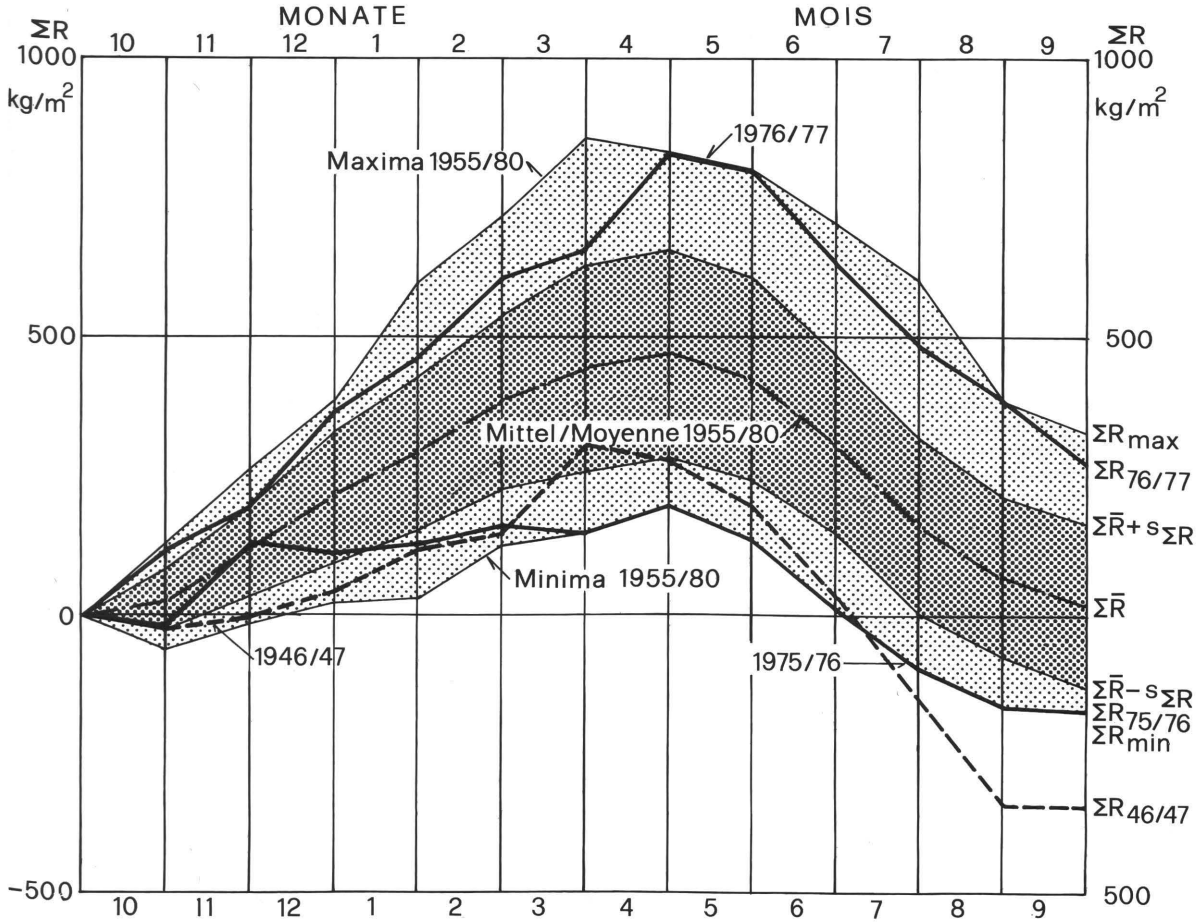


Abbildung 10. Einzugsgebiet Rhone/Porte du Scex - Jahresgang der Reservenänderung 1975/76 und 1976/77, verglichen mit Mittelwerten, Standardabweichungen und Extremwerten der Periode 1955/56 - 1979/80

Figure 10. Bassin versant du Rhône/Porte du Scex - Evolution des réserves en eau au cours des années 1975/76 et 1976/77, comparée aux valeurs moyennes, déviations standard et valeurs extrêmes de la période 1955/56 - 1979/80



Statistische Angaben zu den Summenwerten der Abbildung 10 / Paramètres statistiques des valeurs cumulées de la figure 10:

Parameter / Paramètre	10	10/11	10/12	10/1	10/2	10/3	10/4	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9
Anfangs-/Schlussmonat der Periode - Premier/dernier mois de la période												
Stichprobe 1955/56 - 1979/80 - Echantillon 1955/56 - 1979/80:												
$\Sigma\bar{R}$ kg/m²	27.4	116.3	213.1	291.0	381.5	441.9	469.8	425.3	309.2	161.1	69.0	20.1
$s_{\Sigma\bar{R}}$ kg/m²	54.4	81.3	116.9	138.0	155.5	185.3	187.4	183.2	160.2	156.7	143.9	147.9
Stichproben der Berichtsjahre - Echantillons respectifs des années du rapport:												
$\tilde{R}/\omega_R$ 1975/76	-1.3	0.2	-1.3	-1.8	-2.1	-2.4	-2.2	-2.4	-2.8	-2.4	-2.4	-1.9
$\tilde{R}/\omega_R$ 1976/77	2.4	1.4	1.9	1.8	2.1	1.7	2.8	3.0	3.0	3.0	3.3	2.5

Tabelle 12. Einzugsgebiet Rhone/Porte du Scex - Hydrologische Bilanzen 1975/76 für Monate, Winter (Oktober - April), Sommer (Mai - September) und hydrologisches Jahr (Oktober - September) 1)

Bilanzgrösse 2)	Monate												Winter	Sommer	hydrologisches Jahr
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 - 4	5 - 9	10 - 9
Gebietsniederschlag N 3)	58	185	9	37	53	22	107	53	69	119	89	86	471	416	887
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)	71	53	51	50	48	57	52	64	100	117	77	53	382	411	793
- Ueberleitungen (A_A-A_E) 6)	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-2	-1	0	6	-4	2
- Rückhalt in Stauseen S 7)	-10	-24	-27	-33	-35	-36	-21	4	42	59	36	7	-186	148	-38
- rekonstruiert für P.d.Scex A 8)	62	30	25	18	14	22	31	68	141	174	112	60	202	555	757
Reservenänderung R 9)	-19	149	-19	16	33	-15	52	-63	-123	-106	-68	-7	197	-367	-170
Normierte Abweichung $(R-\overline{R})/\omega_R$ 10)	-1.3	1.4	-1.9	-1.4	-1.0	-1.8	0.7	-0.7	-0.2	1.1	0.7	1.1	-2.2	0.8	-1.9
Massenumsatz U 11)	135	221	37	58	73	59	162	169	261	344	246	179	745	1199	1944

1) Vergleiche Tabelle 10c, Seite 116, Abbildung 10, Seite 121, und Kapitel 6.2, Seiten 148 bis 183

2) Alle Bilanzgrössen sind in kg/m^2 angegeben und beziehen sich auf die Gesamtfläche des Einzugsgebietes (5220 km^2).

3) Nähere Angaben siehe Kapitel 6.22.

4) Invarianter Schätzwert (vergleiche Kapitel 6.23 und 6.25).

5) Ergebnisse der Abflussmessungen in Porte du Scex (vergleiche Kapitel 6.22).

6) Ueberleitung von Wasser über die Grenzen des Einzugsgebietes:
- Ableitung A_A vom Aeginental nach Alpe Cruino ins Einzugsgebiet des Tessin,
- Zuleitung A_E nach Emosson durch den "collecteur sud" aus dem Einzugsgebiet der Arve.

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 Gebiet: $R = N - A - V$.

10) Normierte Abweichung der Reservenänderung vom Mittelwert der Periode 1955/56 bis 1979/80: $(R-\overline{R})/\omega_R$, wobei

$\widetilde{R} = R - \overline{R}$ = Abweichung vom Mittelwert 1955/80

$\omega_R = 0.6745 \cdot s_R$ = wahrscheinliche Abweichung, mit

$s_R = \sqrt{\Sigma(R - \overline{R})^2 / (n - 1)}$ = mittlere quadratische Abweichung oder Standardabweichung, und

$n = 25$ = Umfang der Stichproben (Haushaltsjahre 1955/56 bis 1979/80).

11) Massenumsatz $U = N + A + V$.

Tableau 13. Bassin du Rhône/Porte du Scex - Bilans hydrologiques 1976/77 pour mois, hiver (octobre - avril), été (mai - septembre) et année hydrologique (octobre - septembre) 1)

Composante du bilan 2)	Mois												Hiver	Eté	Année hydrologique
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 - 4	5 - 9	10 - 9
Précipitations N 3)	189	114	205	120	178	103	247	159	116	157	121	22	1156	575	1731
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)	53	47	52	49	54	70	69	134	182	182	134	98	394	730	1124
- Dérivations A_A - Adductions A_E 6)	0	0	1	1	1	1	0	0	1	-1	0	-1	4	-1	3
- Retenue dans lacs artificiels S 7)	5	-16	-24	-29	-25	-33	-21	7	48	75	40	6	-143	176	33
- restitué à Porte du Scex A 8)	58	31	29	21	30	38	48	141	231	256	174	103	255	905	1160
Variation des réserves en eau R 9)	116	77	173	96	142	50	175	-30	-166	-150	-98	-114	829	-558	271
Déviation standardisée $(R-\overline{R})/\omega_R$ 10)	2.4	-0.3	1.3	0.4	0.9	-0.3	4.2	0.6	-1.2	-0.1	-0.2	-1.7	2.8	-1.0	2.5
Echange de masse U 11)	262	151	237	144	214	156	319	348	398	464	340	158	1483	1708	3191

1) Confère tableau 10c, page 117, figure 10, page 121, et chapitre 6.2, pages 148 à 183

2) Les composantes du bilan, exprimées en kg/m^2, se rapportent à la surface totale du bassin (5220 km^2).

3) Informations détaillées voir chapitre 6.22.

4) Valeur estimée, invariable (confère chapitres 6.23 et 6.25).

5) Débits mesurés à Porte du Scex (confère chapitre 6.22).

6) Eaux dérivées du (ou amenées au) bassin versant:
- Dérivation d'eau A_A du Val d'Aegina à l'Alpe Cruino dans le bassin du Tessin,
- Adduction d'eau A_E du bassin de l'Arve à Emosson, par le "collecteur sud".

7) Augmentation (ou diminution) des volumes d'eau retenus dans les lacs artificiels.

8) Débits "naturels" restitués à Porte du Scex: $A = A_g + (A_A - A_E) + S$.

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

10) Déviation standardisée de R par rapport à la moyenne de la période 1955/56 à 1979/80: $(R - \overline{R})/\omega_R$, avec

$\widetilde{R} = R - \overline{R}$ = déviation par rapport à la moyenne 1955/80

$\omega_R = 0.6745 \cdot s_R$ = déviation probable, où

$s_R = \sqrt{\Sigma (R - \overline{R})^2/(n - 1)}$ = écart-type ou déviation standard, et

$n = 25$ = nombre d'années de bilan (période 1955/56 à 1979/80).

11) Echange de masse: $U = N + A + V$.

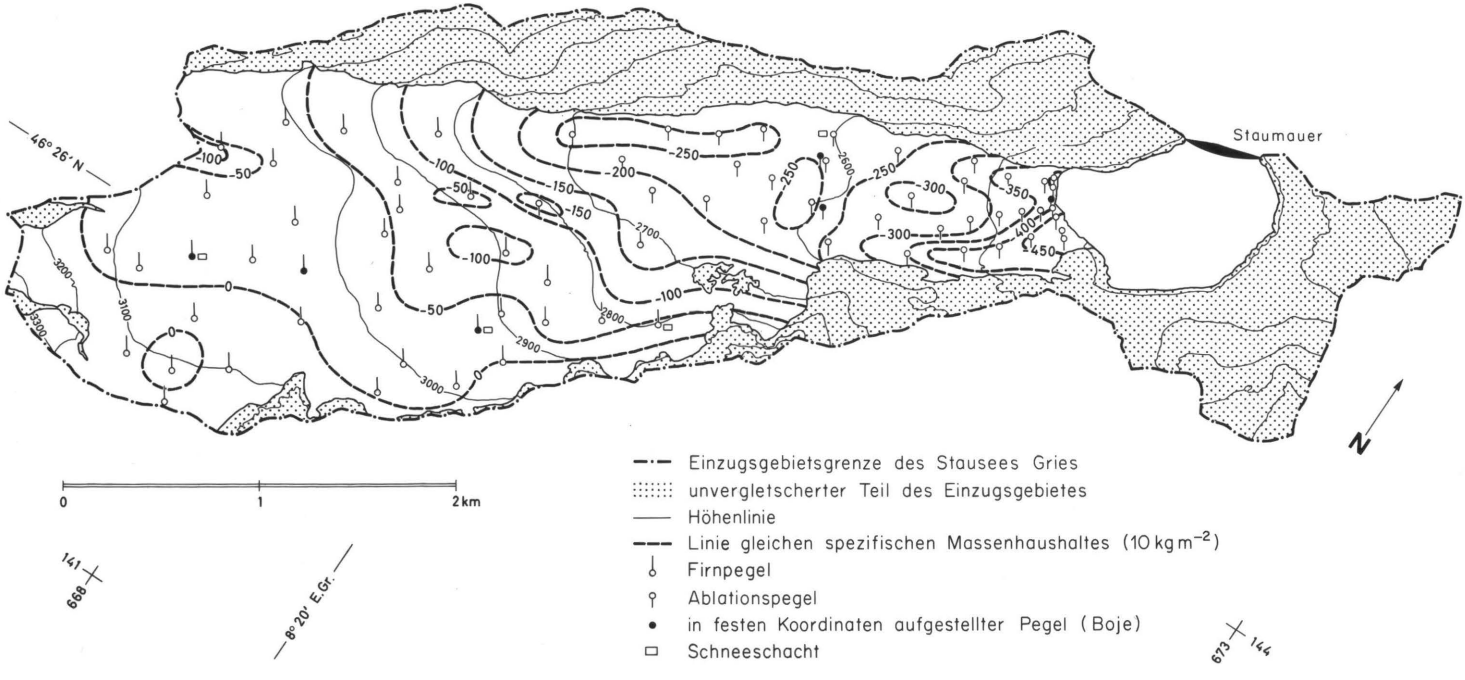
Abbildung 11 / Figure 11

GRIESGLETSCHER

Massenbilanz 1975/76

144 / 666

Einzugsgebiet des Stausees Gries F = 10,18 km²
Vergletschertes Gebiet G = 6,27 km² (Stand 6.10.76) $\frac{G}{F}$ = 61,6 %
Mittlere spezifische Massenbilanz 6.10.1975 – 30.9.1976 = –1056 kg m⁻²
Lage der Gleichgewichtslinie 30.9.1976 = 3090 m.ü.Meer
Zungenänderung 8.10.1975 – 6.10.1976 = –35,6 m



Einzugsgebietsgrenze des Stausees Gries
unvergletscherter Teil des Einzugsgebietes
Höhenlinie
Linie gleichen spezifischen Massenhaushaltes (10 kg m⁻²)
Firnpegel
Ablationspegel
in festen Koordinaten aufgestellter Pegel (Boje)
Schneeschacht

Abbildung 12 / Figure 12

GLACIER DE GRIES

Bilan de masse en 1976/77

Bassin versant du lac S = 10,18 km²
Partie englacée du bassin G = 6,27 km² (le 6.10.76) $\frac{G}{S}$ = 61,6 %
Valeur moyenne spécifique du bilan de masse,
du 30.9.1976 au 29.9.1977 = +1263 kg m⁻²
Altitude de la ligne d'équilibre, le 29.9.1977 = 2510 m s.m.
Variation du front du 6.10.1976 au 4.10.1977 = −4,7 m

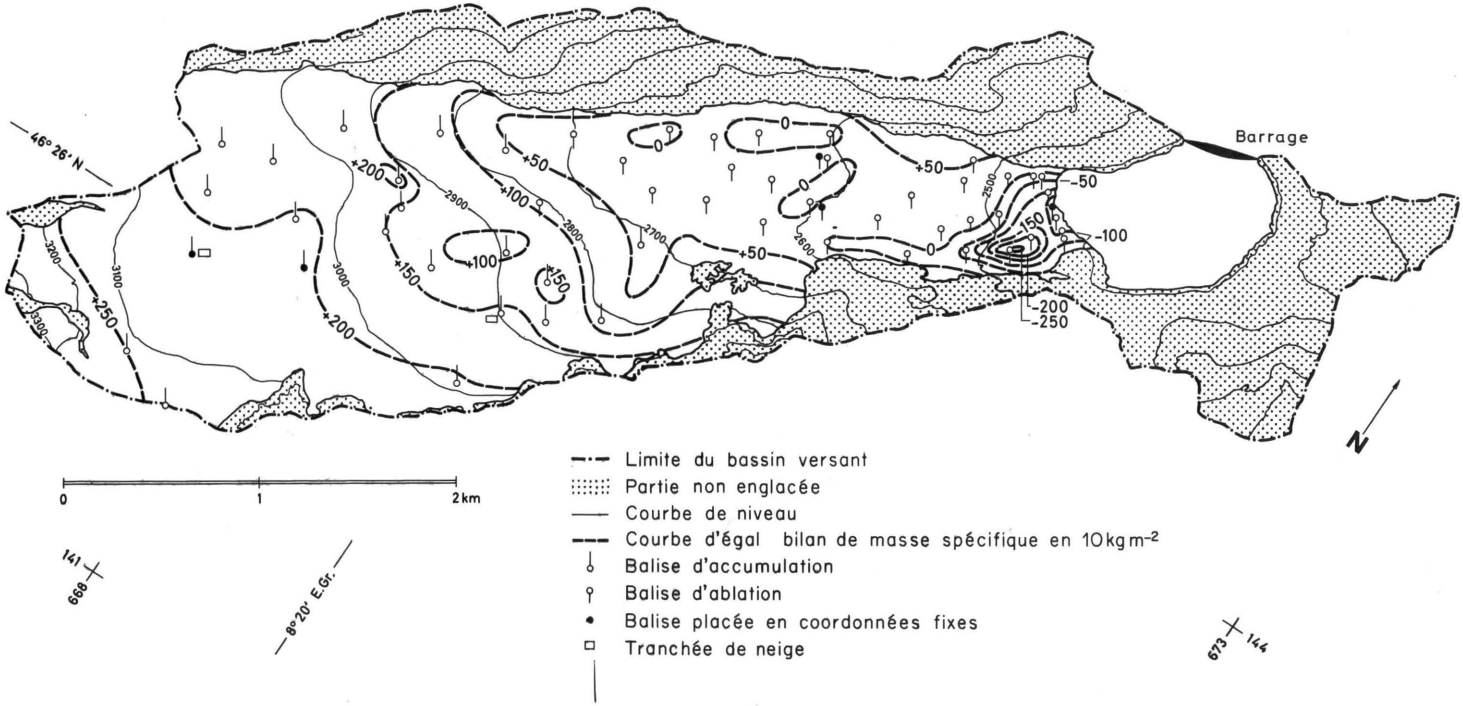
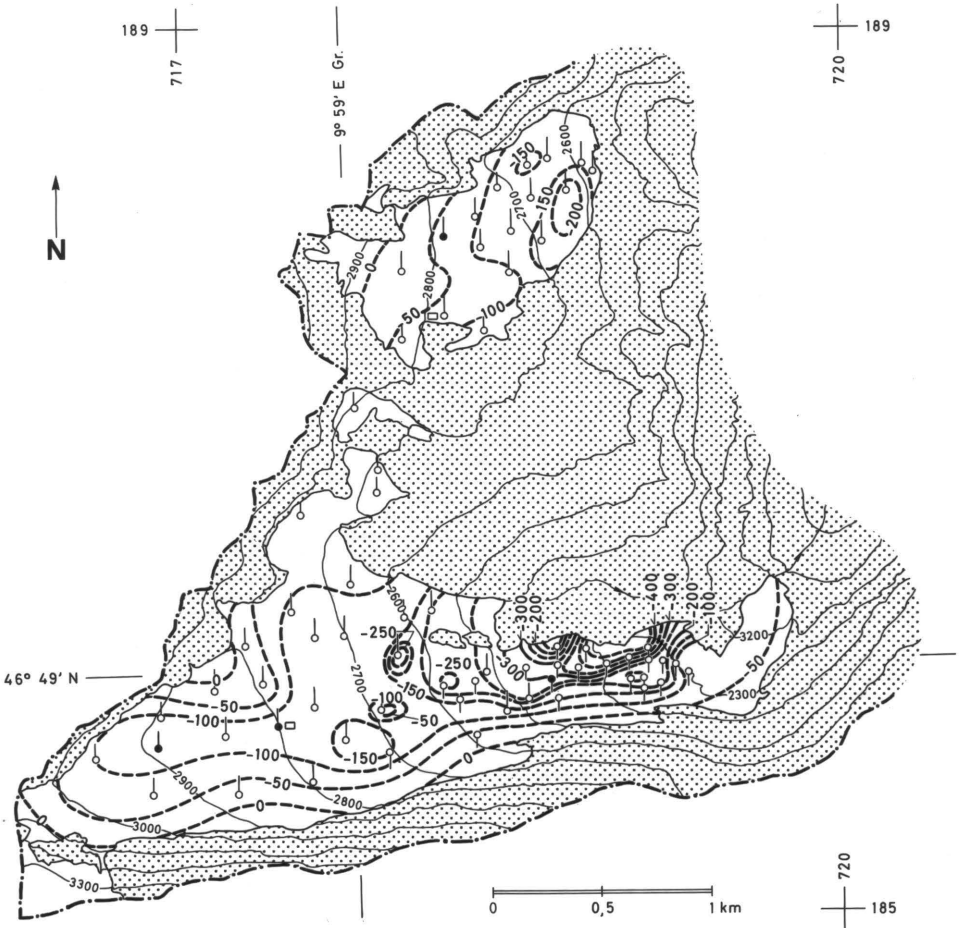


Abbildung 13 / Figure 13

LIMMERN-und PLATTALVAGLETSCHER

Massenbilanz 1975/76

Gletscherfläche (beide Gletscher) F = 3,29 km² (Stand 11.9.1959)
Mittlere spezifische Massenbilanz 9.9.1975 – 8.9.1976 = –990 kg m⁻²
Lage der Gleichgewichtslinie 8.9.1976 = 2945 m ü.M.
Zungenänderung: Limmerngletscher 1.9.1975 – 30.8.1976 = –11,4 m
Plattalvagletscher 7.9.1975 – 5.9.1976 = –7,6 m



Einzugsgebietsgrenze
unvergletscherter Teil des Einzugsgebietes
Höhenlinie
Linie gleichen spezifischen Massenhaushaltes (10 kg m⁻²)
Firnpegel
Ablationspegel
in festen Koordinaten aufgestellter Pegel (Boje)
Schneeschacht

Abbildung 14 / Figure 14

GLACIER DE LIMMERN ET DE PLATTALVA

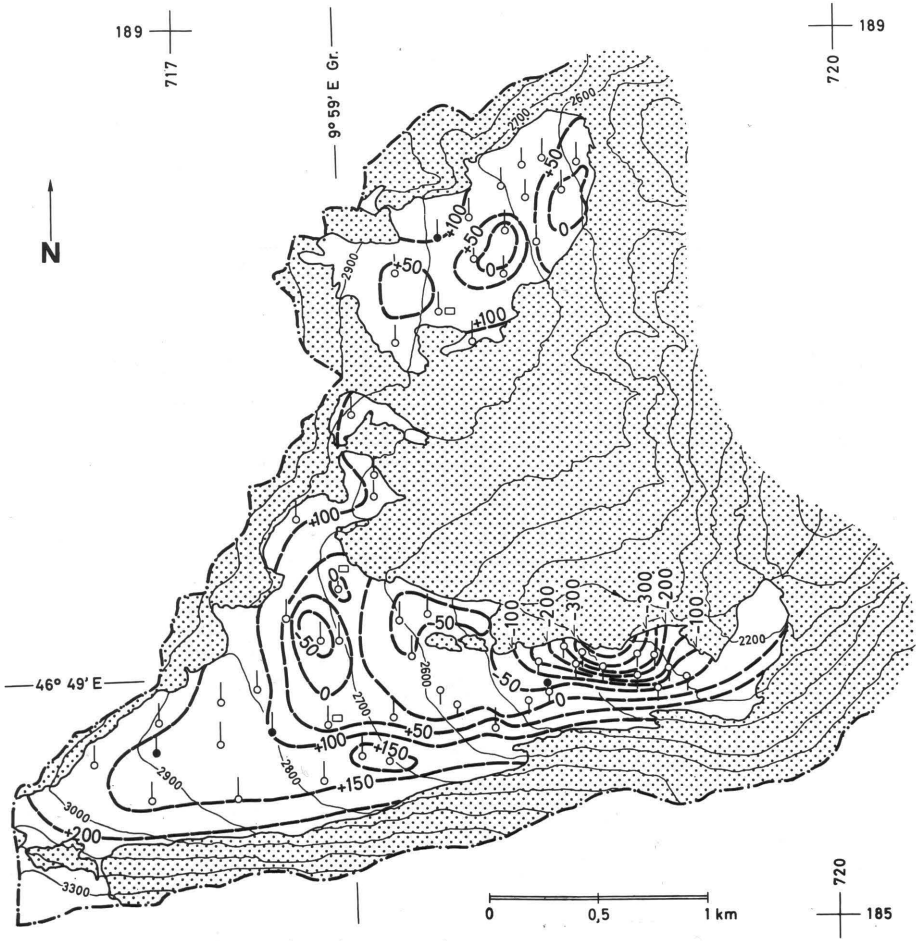
Bilan de masse en 1976/77

Surface des deux glaciers G = 3,38 km^2 (le 15.9.77)

Valeur moyenne spécifique du bilan de masse,
du 8.9.1976 – 8.9.1977 = +726 kg m^{-2}

Altitude de la ligne d'équilibre, le 8.9.1977 = 2565 m s.m.

Variation du front: Glacier de Limmern 30.8.1976 – 31.8.1977 = –0,7 m
Glacier de Plattalva 5.9.1976 – 6.9.1977 = 0,0 m



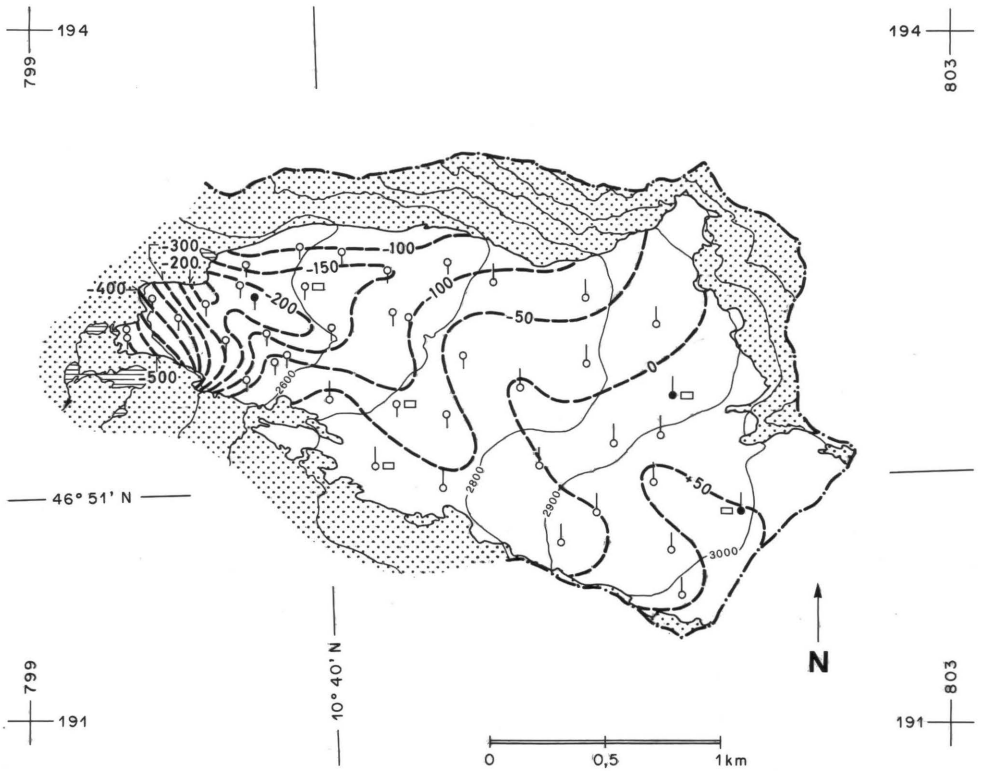
—·— Limite du bassin versant
⋮⋮⋮ Partie non englacée
—— Courbe de niveau
– – – Courbe d'égal bilan de masse spécifique en 10 kgm^{-2}
Balise d'accumulation
Balise d'ablation
• Balise placée en coordonnées fixes
□ Tranchée de neige

Abbildung 15 / Figure 15

SILVRETTAGLETSCHER

Massenbilanz 1975/76

Gletscherfläche $F = 3{,}15\ km^2$ (Stand 12.9.73)
Mittlere spezifische Massenbilanz 16.9.75 – 16.9.76 = $-510\ kg\ m^{-2}$
Lage der Gleichgewichtslinie 16.9.76 = 2860 m ü.M.
Zungenänderung 20.9.75 – 18.9.76 = –1,8 m



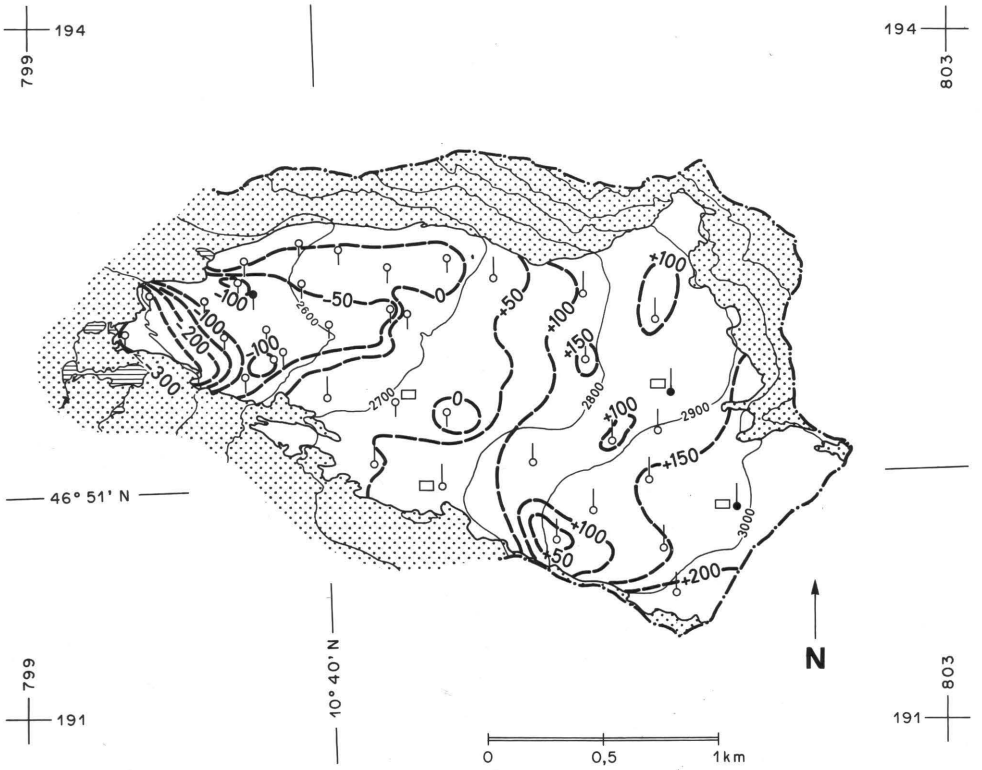
Einzugsgebietsgrenze
unvergletscherter Teil des Einzugsgebietes
See
Höhenlinie
Linie gleichen spezifischen Massenhaushaltes in $10\ kg\ m^{-2}$ (= cm Wasser)
Firnpegel
Ablationspegel
in festen Koordinaten aufgestellter Pegel (Boje)
Schneeschacht

Abbildung 16 / Figure 16

GLACIER DE SILVRETTA

Bilan de masse en 1976/77

Surface du glacier G = 3,15 km^2 (le 12.9.73)
Valeur moyenne spécifique du bilan de masse,
du 16.9.1976 – 15.9.1977 = +620 kg m^{-2}
Altitude de la ligne d'équilibre, le 15.9.1977 = 2665 m s.m.
Variation du front du 18.9.1976 – 19.9.1977 = –10,2 m



— · — Limite du bassin versant
⋮⋮⋮ Partie non englacée
Lac
—— Courbe de niveau
– – – Courbe d'égal bilan de masse spécifique en 10 kg m^{-2}
Balise d'accumulation
Balise d'ablation
• Balise placée en coordonnées fixes
□ Tranchée de neige

Tabelle 14. Griesgletscher - Massenänderungen 1975/76 und 1976/77, für Höhenstufen von 100 Metern.

Tableau 14. Glacier de Gries - Bilans de masse 1975/76 et 1976/77, par échelons de 100 mètres d'altitude.

Messperioden: 6.10.1975 - 30.9.1976
Périodes de bilan: 30.9.1976 - 29.9.1977

Höhenstufen Echelons d'altitude	Flächen Surfaces 1)	Massenänderungen - Bilans de masse			
		1975/76		1976/77	
		gesamt	spezifisch	totaux	spécifiques
m ü.M./m s.m.	km^2	10^9 kg	kg/m^2	10^9 kg	kg/m^2
2400 - 2500	0.217	- 1.125 2)	- 5 184 2)	- 0.210 2)	- 977 2)
2500 - 2600	0.575	- 1.652	- 2 873	+ 0.126	+ 219
2600 - 2700	0.978	- 1.947	- 1 991	+ 0.243	+ 248
2700 - 2800	0.570	- 0.788	- 1 382	+ 0.401	+ 704
2800 - 2900	0.715	- 0.529	- 740	+ 0.896	+ 1 253
2900 - 3000	0.995	- 0.458	- 460	+ 1.613	+ 1 621
3000 - 3100	1.574	- 0.223	- 142	+ 3.241	+ 2 059
3100 - 3200	0.502	+ 0.066	+ 131	+ 1.211	+ 2 412
3200 - 3300	0.134	+ 0.034	+ 254	+ 0.368	+ 2 746
3300 - 3400	0.009	+ 0.002	+ 222	+ 0.025	+ 2 778
2400 - 3400	6.269	- 6.620	- 1 056	+ 7.914	+ 1 263

1) Flächen vom 1.9.67, mit Berücksichtigung der Verluste am Zungenende bis 30.9.76. Fläche am 29.9.77 = 6.267 km^2.

Surfaces du 1.9.67, en tenant compte des pertes de surface survenues à la partie terminale de la langue jusqu'au 30.9.76. Surface du 29.9.77 = 6.267 km^2.

2) Einschliesslich der durch die Einwirkung des Stausees abgebauten Eismassen.

Y compris les masses de glace fondues en contact avec le lac artificiel.

Tabelle 15. Limmern- und Plattalvagletscher - Massenänderungen 1975/76 und 1976/77, für Höhenstufen von 100 Metern.

Tableau 15. Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilans de masse 1975/76 et 1976/77, par échelons de 100 mètres d'altitude.

Messperioden: 9.9.1975 - 8.9.1976
Périodes de bilan: 8.9.1976 - 8.9.1977

a) Limmern

Höhenstufen Echelons d'altitude	Flächen Surfaces		Massenänderungen - Bilans de masse 1975/76		1976/77	
	1975/76	1976/77	gesamt	spezifisch	totaux	spécifiques
m ü.M./m s.m.	km^2 1)	km^2 2)	10^9 kg	kg/m^2	10^9 kg	kg/m^2
2100 - 2200	0.024	0.032	- 0.015	- 625	- 0.008	- 250
2200 - 2300	0.103	0.085	- 0.099	- 961	- 0.039	- 459
2300 - 2400	0.116	0.101	- 0.220	- 1 897	- 0.082	- 812
2400 - 2500	0.222	0.177	- 0.486	- 2 189	- 0.096	- 542
2500 - 2600	0.218	0.211	- 0.360	- 1 651	- 0.003	- 14
2600 - 2700	0.381	0.380	- 0.265	- 696	+ 0.155	+ 408
2700 - 2800	0.648	0.623	- 0.599	- 924	+ 0.502	+ 806
2800 - 2900	0.406	0.427	- 0.301	- 741	+ 0.613	+ 1 436
2900 - 3000	0.240	0.277	- 0.205	- 854	+ 0.492	+ 1 776
3000 - 3100	0.086	0.100	- 0.017	- 198	+ 0.206	+ 2 060
3100 - 3200	0.016	0.017	+ 0.004	+ 250	+ 0.038	+ 2 235
3200 - 3300	0.035	0.034	+ 0.008	+ 229	+ 0.076	+ 2 235
3300 - 3400	0.051	0.060	+ 0.013	+ 255	+ 0.135	+ 2 250
2100 - 3400	2.546	2.524	- 2.542	- 998	+ 1.989	+ 788

1) Ueberarbeitete Werte der Flächen vom 11.9.1959. / Surfaces du 11.9.1959, valeurs révisées.

2) Flächen vom 15.9.1977. / Surfaces du 15.9.1977.

b) Plattalva

Höhenstufen Echelons d'altitude	Flächen Surfaces		Massenänderungen - Bilans de masse 1975/76		1976/77	
	1975/76	1976/77	gesamt	spezifisch	totaux	spécifiques
m ü.M./m s.m.	km^2 1)	km^2 2)	10^9 kg	kg/m^2	10^9 kg	kg/m^2
2500 - 2600	0.043	0.048	- 0.055	- 1 279	+ 0.011	+ 229
2600 - 2700	0.180	0.168	- 0.312	- 1 733	+ 0.067	+ 399
2700 - 2800	0.306	0.348	- 0.311	- 1 016	+ 0.206	+ 592
2800 - 2900	0.178	0.202	- 0.043	- 241	+ 0.124	+ 614
2900 - 3000	0.034	0.090	+ 0.009	+ 265	+ 0.057	+ 633
3000 - 3100		0.004			+ 0.003	+ 750
2500 - 3100	0.741	0.860	- 0.712	- 916	+ 0.468	+ 544

1) Flächen vom 11.9.1959, überarbeitete Werte. / Surfaces du 11.9.1959, valeurs révisées.

2) Flächen vom 15.9.1977. / Surfaces du 15.9.1977.

Tabelle 16. Silvrettagletscher - Massenänderungen 1975/76 und 1976/77 für Höhenstufen von 100 Metern.

Tableau 16. Glacier de Silvretta - Bilans de masse 1975/76 et 1976/77, par échelons de 100 mètres d'altitude.

Messperioden: 16.9.1975 - 16.9.1976
Périodes de bilan: 16.9.1976 - 15.9.1977

Höhenstufen Echelons d'altitude	Flächen Surfaces 1)	Massenänderungen - Bilans de masse			
		1975/76		1976/77	
		gesamt	spezifisch	totaux	spécifiques
m ü.M./m s.m.	km^2	10^9 kg	kg/m^2	10^9 kg	kg/m^2
2400 - 2500	0.031	- 0.157	- 5 065	- 0.087	- 2 806
2500 - 2600	0.385	- 0.779	- 2 023	- 0.380	- 987
2600 - 2700	0.498	- 0.542	- 1 088	- 0.049	- 98
2700 - 2800	0.789	- 0.327	- 414	+ 0.481	+ 610
2800 - 2900	0.628	- 0.038	- 61	+ 0.719	+ 1 145
2900 - 3000	0.577	+ 0.143	+ 248	+ 0.815	+ 1 412
3000 - 3100 3100 - 3200	0.242	+ 0.092	+ 380	+ 0.454	+ 1 876
2400 - 3200	3.150	- 1.608	- 510	+ 1.953	+ 620

1) Flächen vom 12.9.1973. / Surfaces du 12.9.1973.

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

Einleitung

An den Aaregletschern haben die Kraftwerke Oberhasli durch das Vermessungsbüro A.Flotron in Meiringen das langjährige Messprogramm im bisherigen Umfang weiterführen lassen. Die Hauptergebnisse der beiden Berichtsjahre sind in den Tabellen 17 und 18 zusammengefasst. In der nachstehenden Lageskizze (Abbildung 17) 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. Bericht enthalten.

Introduction

Aux glaciers supérieur et inférieur de l'Aar le programme de mensurations s'est poursuivi, comme d'habitude, 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 deux années du rapport sont résumés dans les tableaux 17 et 18. La situation des profils transversaux, mensurés par photogrammétrie aérienne, et des repères respectifs est représentée par le croquis de la figure 17. Le programme de mensurations a été défini dans notre 90e rapport, qui contient une liste complète des coordonnées des points fixes avec des indications sur la durée des observations aux divers sites.

Abbildung 17. Aaregletscher - Lage der Querprofile
Figure 17. Glaciers de l'Aar - Situation des profils transversaux

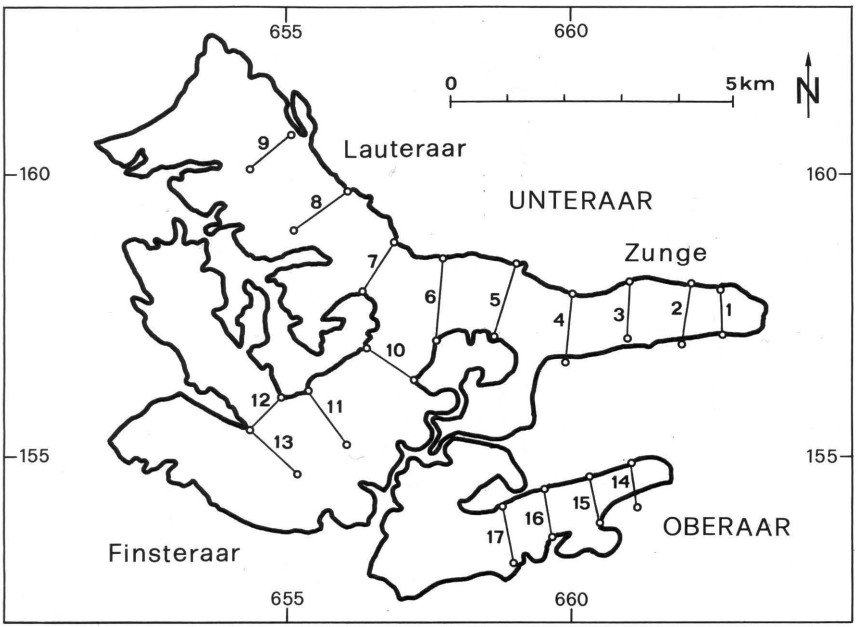


Tabelle 17. Die Aaregletscher im Jahre 1975/76 - Hauptergebnisse

Messperiode vom 22.9.1975 bis 10.10.1976
Messungen im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli (KWO), ausgeführt durch das Vermessungsbüro A.Flotron, Meiringen

Gletscher	Profil 1)	Gletscheroberfläche			Gletscherbewegung				Abschnitte zwischen den Profilen		
		Mittlere Höhe		Höhen-	Verschiebung		Geschwindigkeit		Begrenzungs-	Flächen-	Volumen-
		1975	1976	änderung	Mittel	Maximum	Mittel	Aenderung	profile	änderung	änderung
		m ü.M.	m ü.M.	m	m	m	m/Jahr	m/Jahr		m^2	10^3 m^3
Unteraar:	Z1 Zungenende 1975								Z1 und K 2)	- 9900	- 235
Zunge	1	1982.7	1980.6	- 2.1	2.92	5.0	2.78	+ 0.85	K und 1		- 738
	2 Obere Brandlamm	2046.5	2044.3	- 2.2	4.45	7.5	4.23	+ 0.07	1 und 2		- 948
	3	2137.0	2135.7	- 1.3	17.14	22.5	16.29	+ 1.17	2 und 3		- 1 655
	4 Pavillon Dollfuss	2221.4	2219.7	- 1.7	21.14	28.6	20.09	- 0.32	3 und 4		- 1 389
	5	2292.5	2290.2	- 2.3	26.75	36.7	25.43	+ 1.35	4 und 5		- 2 709
	6 Mieselenegg	2364.4	2362.7	- 1.7	31.40	44.2	29.85	- 1.97	5 und 6		- 2 764
Lauteraar	7	2431.7	2429.9	- 1.8	28.37	42.7	26.97	- 1.12	6 und 7		- 1 665
	8 Wildläger	2515.6	2513.0	- 2.6	3)				7 und 8		- 3 178
	9	2643.4	2641.0	- 2.4	3)				8 und 9		- 3 096
Finsteraar	10	2451.8	2451.0	- 0.8	33.36	42.6	31.71	- 0.04	6 und 10		- 1 460
	11 Grunerhorn	2562.4	2560.0	- 2.4	3)				10 und 11		- 2 319
	12 Strahlegg	2628.6	2627.8	- 0.8	3)				11 und 12/13		- 3 190
	13 Finsteraar	2654.3	2650.4	- 3.9	3)						
									Z1 und 9/12/13		-25 346
Oberaar	Z1 Zungenende 1975										
	Z2 Zungenende 1976								Z1 und Z2	0	0
	14 Mittleres Profil	2368.0	2365.5	- 2.5	3)				Z2 und 14		- 312
	15 Oberes Profil	2487.0	2485.2	- 1.8	3)				14 und 15		- 935
	16 Oberstes Profil	2565.8	3)		3)						
	17	2675.6	3)								
									Z1 und 15		- 1 247

1) Die Lage der Profile ist in der Planskizze auf Seite 133 dieses Berichts angegeben. Die Koordinaten der zugehörigen Kontrollpunkte für die luftphotogrammetrische Auswertung sind im Verzeichnis auf Seite 27 des 90. Berichts zusammengestellt.
2) K = Koordinatenlinie 663 km des offiziellen Netzes. Z1, Z2 = Zungenende zu Beginn, bzw. am Schluss der Messperiode.
3) Nicht messbar wegen Neuschneedecke 1976 / Non mesurable à cause des conditions d'enneigement en 1976.

Tableau 18. Les Glaciers de l'Aar en 1976/77 - Résultats principaux

Période d'observation du 10.10.1976 au 8.9.1977
Mensurations effectuées à la demande des Forces motrices de l'Oberhasli (KWO) par le bureau A.Flotron, Meiringen

Glacier	Profil 1)	Niveau de la surface			Mouvement du glacier				Sections limitées par les profils		
		Altitude moyenne		Variation	Déplacement		Vitesse		Profils limitants	Variation de la surface	Variation du volume
		1976	1977		moyen	maximal	moyenne	Variation			
		m ü.M.	m ü.M.	m	m	m	m/an	m/an		m^2	10^3 m^3
Unteraar:	Fl Front en 1976								Fl et K 2)	- 5 320	- 203
Langue	1	1980.6	1979.4	- 1.2	1.84	3.2	2.02	- 0.76	K et 1		- 378
	2 Obere Brandlamm	2044.3	2042.5	- 1.8	3.04	5.2	3.33	- 0.90	1 et 2		- 658
	3	2135.7	2134.4	- 1.3	13.26	18.7	14.54	- 1.75	2 et 3		- 1 461
	4 Pavillon Dollfuss	2219.7	2219.3	- 0.4	16.48	22.4	18.07	- 2.02	3 et 4		- 786
	5	2290.2	2289.3	- 0.9	21.45	28.8	23.51	- 1.92	4 et 5		- 879
	6 Mieselenegg	2362.7	2363.0	+ 0.3	24.03	35.0	26.34	- 3.51	5 et 6		- 414
Lauteraar	7	2429.9	2429.9	0.0	49.77 3)	68.9 3)	25.30 3)	- 1.67 3)	6 et 7		+ 143
	8 Wildläger	2513.0	2513.6	+ 0.6	4)				7 et 8		+ 434
	9	2641.0	2642.5	+ 1.5	4)				8 et 9		+ 1 303
Finsteraar	10	2451.0	2449.9	- 1.1	28.19	35.9	30.90	- 0.81	6 et 10		- 467
	11 Grunerhorn	2560.0	2560.8	+ 0.8	4)				10 et 11		- 217
	12 Strahlegg	2627.8	2629.6	+ 1.8	4)				11 et 12/13		+ 2 560
	13 Finsteraar	2650.4	2654.6	+ 4.2	4)						
									Fl et 9/12/13		- 1 023
Oberaar	Fl Front en 1976										
	F2 Front en 1977								Fl et F2 2)	+ 2 304	+ 37
	14 Profil médian	2365.5	2365.2	- 0.3	19.55 3)	32.7 3)	9.94 3)	-0.50 3)	Fl et 14		+ 47
	15 Profil supérieur	2485.2	2485.6	+ 0.4	21.32 3)	31.5 3)	10.84 3)	-0.94 3)	14 et 15		+ 22
	16 Profil suprême	2565.6	2563.5	- 2.3	35.21 3)	49.4 3)	17.90 3)	-0.45 3)	15 et 16		- 563
	17	2675.6	2675.1	- 0.5	4)				16 et 17		- 820
									F2 et 17		- 1 277

1) La situation des profils est indiquée par le croquis présenté à la page 133 de ce rapport. Les coordonnées des points repères pour les relevés aérophotogrammétriques sont reportées à la page 27 du 90e rapport.
2) K = ligne 663 km du réseau officiel des coordonnées suisses.
Z1, Z2 = fronts glaciaires respectifs au début et à la fin de la période d'observation.
3) Valeur valable pour 2 ans / Wert für 2 Jahre.
4) Non mesurable / Nicht messbar.

6. ANHANG

LANGJAEHRIGE BEOBACHTUNGSREIHEN (MIT LITERATURHINWEISEN)

6.1. DIE LUFTTEMPERATUREN AUF DEM SAENTIS

Max Schüepp

Die Messungen auf dem Säntis (2500 m ü.M.), der sich durch seine freie, vorgeschobene Lage für den Betrieb einer meteorologischen Gipfelstation bestens eignet, begannen im September 1882. Anfangs wurden sie im Gasthaus unterhalb des Gipfelfelsens in 2465 Metern Meereshöhe vorgenommen. Diese erste Messstelle auf einer Verflachung des gegen Osten abfallenden Grates lag bei den vorherrschenden Westwinden im Windschatten. Um diesem Nachteil abzuhelfen, wurde im Sommer 1883 ein Windmesshäuschen mit einem Anemographen auf dem Gipfel aufgestellt. Doch zeigte sich bald, dass unter den oft sehr schwierigen Wetterbedingungen ein lückenloser Betrieb häufig nicht gewährleistet werden konnte. Auch bei den Messungen der anderen Wetterelemente traten Schwierigkeiten auf. Ueberhaupt stellte die Kombination von Gasthausbetrieb und meteorologischem Observatorium auf die Dauer keine glückliche Lösung dar.

Für die Meteorologie wurde daher 1887 im Gipfelfelsen ein eigenes Gebäude mit unterirdischem Zugang zum Windmesserturm errichtet. Das Flachdach dieses Gebäudes kam ungefähr auf Gipfelhöhe zu liegen und beeinträchtigte die Aussicht nicht wesentlich. Hingegen war es schwierig, einen geeigneten Platz für eine "strahlungsfreie" Temperaturmessung zu finden. Auf der vor direkter Sonnenstrahlung geschützten Nordwestwand des Gebäudes störten Rückstrahlungseinflüsse vom Gipfelfelsen und ausserdem Heizungserwärmungen vom Korridor her. Von 1890 an wurde an zwei Thermometern abgelesen, an je einem vor der Nordost- und vor der Nordwestwand des Hauses. In der Folge ist als massgebende Temperatur jeweils der tiefere der beiden Messwerte benutzt worden. Das Nordwest-Thermometer erhielt erst 1893/94 seinen definitiven Platz. In den sieben Dezennien von 1890 bis 1960 kann die Reihe der Temperaturwerte des Säntis als homogen betrachtet werden. Sie weist allerdings etwas zu hohe Morgentemperaturen auf; weil sich das Observatorium auf der Nordostseite des Gipfels befindet, liegt es bei schönem Wetter am Vormittag in praller Sonne an erhitzten Felsen.

Der Bau der Säntisbahn in den Jahren 1934 und 1935 hatte keinen wesentlichen Einfluss auf die meteorologischen Messungen, da die Gipfelstation der Bahn etwas abseits auf dem Westgrat und tiefer als das Meteorologiegebäude errichtet wurde. Dagegen bewirkte ein kleiner Anbau beim Eingang des Observatoriums, dass sich ab 1959 die Mittagstemperaturen um etwa 0.5 Grad Celsius erhöhten. Um diese neuen Strahlungsfehler zu beheben, wurde 1961 die Temperaturmessung in eine freistehende Holzhütte (Stevenson screen) neben dem Gebäude auf dem nördlichen Gipfelvorsprung verlegt. Dies war noch nicht der letzte Wechsel des Standorts. Im Zusammenhang mit der Errichtung der grossen PTT-Station in der Nähe des Gipfels setzte eine rege Bautätigkeit ein. Anstelle des früheren ständigen Säntiswetterwartes betreut das PTT-Personal seit 1970 die meteorologischen Messungen und Beobachtungen. Mit Hilfe der PTT konnte im Laufe der 1970er Jahre die Station als Pionier-Höhenstation*) in das automatische Messnetz (ANETZ) der SMA eingegliedert werden.

Der Standort der Wetterhütte wechselte für die Zeit vom Juni 1974 bis September 1975 auf das Dach eines Motorenhäuschens auf der Südwestseite des Gipfels, bevor die Temperaturmessung von Hand im Zuge der Automatisierung ganz aufgegeben wurde. An die Stelle des Quecksilberthermometers trat der ventilierte Thermistor (Halbleiter), welcher seinen Standort im November 1975 und Juni 1976 wechselte und seither auf der Terrasse des PTT-Neubaus frei aufgestellt ist. Seit 1978 werden in den Publikationen für die Säntisreihe nur noch die ANETZ-Werte verwendet.

Es überrascht nicht, dass die verschiedenen Messorte jeweils andersartige Ergebnisse lieferten. Die Unterschiede innerhalb der zwei Jahrzehnte seit 1961 sind jedoch nicht von Bedeutung. Obschon die beiden Jahre 1975 und 1976 gegenüber dem Mittel der Aufstellungen in der Zeitspanne 1961 bis 1980 im Sommer etwas erhöhte Temperaturen aufweisen, darf man näherungsweise eine einheitliche Reduktion verwenden, um die alte Reihe von 1890 bis 1960 an die neue Reihe der Periode von 1961 bis 1980 anzuschliessen. Der neue Standort weist etwas tiefere Sommertemperaturen und leicht erhöhte Winterwerte auf. Das Jahresmittel verändert sich nur geringfügig, um 1/10 Grad Celsius, nach unten. Die Werte der Reihe vor 1961 sind durch folgende Korrekturen an den abgelesenen Werten an die neue Reihe angeschlossen worden:

Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
+0.2	+0.1	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	0.0	+0.1	+0.2	+0.2

Wenn die Messungen der ANETZ-Station seit 1978 auch in die Berechnungen einbezogen werden, ergeben sich nach provisorischen Vergleichen eher noch höhere Reduktionsbeträge im Winter (etwa 0.3 bis 0.4 statt 0.2 Grad).

Wir hoffen, dass in den 1980er Jahren wieder eine ruhigere Messperiode ohne Stationsverlegung eintreten wird, empfehlen aber den Benutzern der Tabellen, sich bei der Verwendung kommender Werte nach den Homogenitätsverhältnissen zu erkundigen. In der vorliegenden Arbeit sind die Werte der Säntisreihe auf die Aufstellungen nach 1961 reduziert worden. Dies ermöglicht den direkten Vergleich der Temperaturtagesmittel in Tabelle 19 und der künftigen Messwerte, sofern keine weiteren Veränderungen der Messanlage auftreten.

Wer Einzelheiten über die meteorologischen Messungen auf dem Säntis erfahren möchte, findet sie im bebilderten Heft "100 Jahre Wetterwarte Säntis" (1), worin auch die einzelnen Betreuer der Station vorgestellt sind.

Wir kehren zurück zum Beginn der Messreihe im Jahr 1882. Die Stationsgeschichte jener Gründerzeit ist im Werk "Klima der Schweiz" (2) auf den Seiten 8 und 9 eingehend beschrieben.

---

*) Wenn ein Instrument unter Säntis-Wetterbedingungen gut funktioniert, ist man so gut wie sicher, dass es an anderen Stationen auch zufriedenstellend meldet. Dieser Stand ist zur Zeit allerdings noch nicht bei allen Elementen erreicht. Temperatur-, Niederschlags- und Feuchtigkeitsmessung bieten noch manche Knacknuss.

Weil die Versuchsaufstellungen der 1880er Jahre zum Teil unsichere Ergebnisse lieferten, sind die Werte der Periode 1882 bis 1893 anhand der Beobachtungen der Station Rigi-Kulm (1787 m ü.M.) auf die Messreihe 1894 bis 1960 reduziert und in der neuen Klimatologie der Schweiz (3) veröffentlicht worden. Da die Station Rigi-Kulm bereits seit 1864 im Betrieb war, sind ausserdem für die Periode 1864 bis 1887 die Rigi-Werte auf den Säntis reduziert worden. Entsprechend der durchschnittlich in den einzelnen Monaten auftretenden Temperaturdifferenz zwischen den beiden Stationen betrug die Reduktion im Mittel des Jahres -4.6, im Winter -4.3, im Sommer -4.9 Grad Celsius. Da der Höhenunterschied zwischen Rigi und Säntis rund 700 Meter beträgt, sind die bis Juli 1887 durch Reduktion erhaltenen Werte der Tabelle 19a naturgemäss besonders im Winter nicht so sicher wie die späteren, gemessenen Werte der Tabelle 19b. Die Streuung der Einzelmonats-Differenzen beträgt im Winter ± 0.5, im Jahresmittel ± 0.15 Grad.

In Tabelle 20 ist für die Monate, Sommer und Jahre der Periode 1901 bis 1977 die Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur angegeben, welche für die Ablation bedeutsam ist. Diese von A.Lemans zusammengestellten Summen sind wie die Mittelwerte der Tabelle 19 aufgrund der homogenisierten Reihe berechnet worden. Dabei sind Summen von weniger als 0.5 Grad durch die Zahl Null angezeigt, solche von mindestens 0.5 Grad auf ganze Gradzahlen gerundet worden. Ein Strich anstelle der Zahl zeigt an, dass im betreffenden Monat keine Tagesmittel über Null Grad aufgetreten sind.

Unser Abriss der Stationsgeschichte zeigt nur andeutungsweise die grossen Schwierigkeiten, welche bei den Temperaturmessungen auf exponierten Bergstationen auftreten. Auf dem Säntis ist dennoch eine brauchbare homogenisierte Reihe erarbeitet worden, welche im nordostschweizerischen Raum für das Niveau der Gletscherzungen repräsentativ ist. Wesentlich schwieriger ist diese Homogenität auch bei anderen Wetterelementen zu erreichen, z.B. bei der Feuchtigkeit, beim Wind und besonders beim Niederschlag. Zudem fehlen bisher systematische Verdunstungsmessungen. So bleiben trotz der aufopfernden Tätigkeit vieler Mitarbeiter auf unseren Berg-Wetterstationen noch manche Wünsche offen und manche Fragen ungeklärt. Die erwähnte Schrift "100 Jahre Wetterwarte Säntis" gibt Einblick in die Probleme, die sich hinter den nüchternen Zahlen der Tabellen 19 und 20 verbergen. Sie weist auch hin auf zahlreiche Fehlerquellen, welche sowohl im technischen als auch im menschlichen Bereich auftreten können.

Literaturangaben zum vorliegenden Kapitel

1) Hundert Jahre Wetterwarte Säntis. (1982), 44 S. - Herausgegeben von der Schweiz. Meteorolog. Anstalt, der Kreistelephondirektion St. Gallen und der Säntis-Schwebebahn.

2) Maurer,J., Billwiller,R. und Hess,C.: Das Klima der Schweiz. Bd. 1 (1909), 302 S., Bd. 2 (1910), 217 S. - Kommissionsverlag Huber & Co., Frauenfeld.

3) Schüepp,M.: Klimatologie der Schweiz. 1. Bd., Abt. C: Lufttemperatur, Heft 2 (1961), 48 S. - Beiheft zu den Annalen der MZA, Jg. 1960, Zürich.

4) Die Säntis-Reihe der Lufttemperatur und der anderen meteorologischen Elemente dieser Station sind durch die Schweizerische Meteorologische Anstalt in Zürich (SMA, früher MZA) auf einer meteorologischen Datenbank am ETH-Computer aufgenommen und stehen dort auf Anfrage für wissenschaftliche Bearbeitungen zur Verfügung. Die Anfragen sind an die SMA, Abt. Forschung, Krähbühlstrasse 58, CH-8044 Zürich, zu richten.

Les mesures au Saentis (2500 m s.m.) commencèrent début septembre 1882. Par sa situation avancée et libre, ce sommet se prête particulièrement bien à l'exploitation d'une station météorologique. Le restaurant (2465 m) sous le rocher sommital abrita la première station. Celle-ci, placée sur un replat de l'arête est, se trouvait à l'abri des vents d'ouest. Pour parer à ce défaut, un anémographe fut installé sur le sommet, en été 1883. Mais il apparut rapidement que sous les conditions météorologiques difficiles, l'exploitation de la station ne pouvait pas être assurée de manière continue, ni pour les mesures de la température, ni pour l'observation des autres éléments météorologiques. Enfin, il s'avéra que la combinaison restaurant-observatoire météorologique n'était pas une solution heureuse et durable.

Aussi, en 1887, la station météorologique fut installée dans son propre bâtiment dans le rocher sommital avec un accès souterrain à la tour de mensuration éolienne. Le toit plat de cette construction ne dépassait pas la hauteur du sommet et ainsi ne gênait pas la vue. Mais il fut difficile de trouver un emplacement approprié, où la mesure de la température pouvait se faire à l'abri du rayonnement directe. La paroi nord-ouest du bâtiment, protégée du rayonnement solaire directe, était atteinte par des réflexions provenant du rocher et par le chauffage du corridor. Dès 1890, on releva deux thermomètres situés respectivement sur les murs nord-est et nord-ouest du bâtiment. La plus basse des deux valeurs observées fut alors admise déterminante. Le thermomètre nord-ouest ne fut définitivement installé qu'en 1893/94. Sur les sept décennies, de 1890 à 1960, on peut considérer la série des mesures de températures faites au Saentis comme homogène. Les températures du matin sont sans doute légèrement trop hautes, car l'observatoire se trouve sur le côté nord-est du sommet et subit l'influence des rochers chauffés par le soleil matinal.

La construction du téléphérique, dans les années 1934 et 1935, n'influença aucunement les mesures météorologiques, car la gare amont fut construite en contrebas de la station sur l'arête ouest. Par contre, un petit agrandissement, en 1959, à l'entrée de l'observatoire, éleva la température de midi d'environ 0.5 degrés Celsius. Pour écarter cette nouvelle erreur due au rayonnement, les thermomètres furent déplacés, en 1961, dans un abri autonome en bois (Stevenson screen) à côté du bâtiment, sur l'avant-sommet nord.

Ce n'était pas leur dernier déplacement; l'installation d'une importante station PTT amena un grand nombre de constructions nouvelles autour du sommet. En outre, depuis 1970, ce n'est plus un gardien de la station météorologique, qui relève les mesures, mais le personnel des PTT. Avec l'aide des PTT, la station du Saentis put être intégrée dans le réseau automatique (ANETZ) de l'ISM comme station pilote d'altitude*).

*) Si un instrument fonctionne correctement dans les conditions météorologiques du Saentis, il est très probable qu'il le fasse aussi ailleurs. Ce n'est pas encore le cas pour tous les éléments. Les mesures de températures, des précipitations et de l'humidité posent encore quelques problèmes.

L'emplacement de la hutte météo se trouva de juin 1974 à septembre 1975 sur le toit d'un refuge abritant des moteurs, au sud-ouest du sommet, jusqu'à ce que le relevé manuel de la température fut abandonné au profit de l'automatisation. Un thermistor (semi-conducteur) ventilé remplaça alors le thermomètre à mercure. Il fut définitivement installé, après deux déplacements, en novembre 1975 et juin 1976, sur la terrasse bien aérée du bâtiment des PTT. Depuis 1978, la série des valeurs publiées pour le Saentis se fonde sur les enrégistrements de la station ANETZ.

Il n'est pas surprenant que les différents emplacements modifient les mesures. Toutefois, les différences pour les deux dernières décennies, depuis 1961, ne sont pas significatives. Malgré que les années 1975 et 1976 donnent des températures estivales légèrement plus hautes que la moyenne sur la période 1961/80, on peut adapter les valeurs de 1890 à 1960 à celles de 1961/80 en appliquant une réduction uniforme. Le nouvel emplacement donne des températures estivales légèrement plus basses et des températures hivernales plus élevées. La moyenne annuelle n'a subi qu'une modification minime, c'est-à-dire une diminution de 0.1 degrés Celsius. Les corrections suivantes ont été apportées aux valeurs observées d'avant 1961 pour les adapter à la nouvelle série:

Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
+0.2	+0.1	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	0.0	+0.1	+0.2	+0.2

Si les mesures de la station ANETZ faites depuis 1978 sont aussi prises dans le calcul, il semble qu'il faut faire des corrections plus grandes en hiver (0.3 à 0.4 à la place de 0.2 degrés).
Nous espérons que dans la période à venir la station ne sera plus déplacée; néanmoins nous conseillons aux utilisateurs des tableaux de se renseigner sur l'homogénéité des nouvelles valeurs avant de les employer. Dans le présent travail, les valeurs de la série du Saentis ont été adaptées à la série d'après 1961. Cela permet une comparaison directe des mesures à venir avec les moyennes journalières du tableau 19, tant qu'aucun nouveau déplacement intervienne.

Pour en savoir plus sur les mesures météorologiques au Saentis, on peut se référer à la publication "100 Jahre Wetterwarte Säntis" (1).

Nous revenons au début des mesures, en 1882. L'histoire de la station à l'époque de sa fondation est relatée de manière complète dans l'ouvrage "Klima der Schweiz" (2), aux pages 8 et 9. Les installations provisoires des premières années ayant donné des résultats assez incertains, les valeurs des années 1882 à 1893 avaient été adaptées, d'après les observations de la station Rigi-Kulm (1787 m), à la série de 1894 à 1960 et publiées dans "Klimatologie der Schweiz" (3). Les observations à Rigi-Kulm, menées depuis 1864, ont permis d'extrapoler également les valeurs de 1864 à 1887 pour le Saentis. En fonction des différences de température des deux stations, les corrections furent de -4.6 degrés sur la moyenne annuelle,

-4.3 degrés en hiver et -4.9 degrés en été. La différence d'altitude entre Rigi-Kulm et le Saentis étant de 700 m, les valeurs extrapolées, données au tableau 19a, ne sont pas aussi sûres que celles mesurées plus tard, données au tableau 19b. L'écart-type des différences sur les mois particuliers est de ± 0.5 degrés en hiver et de ± 0.15 degrés sur l'année.

A.Lemans (ISM) a révisé les valeurs du tableau 20, qui donne, pour les mois et les années de la période 1901 à 1977, les sommes des températures moyennes positives, significatives pour l'ablation. Ces sommes ont, comme les moyennes du tableau 19, été calculées d'après la série homogénéisée. Dans le tableau, on a remplacé les valeurs plus petites que 0.5 degrés par zéro et arrondi les autres valeurs du degré. Un trait signifie qu'aucune température moyenne positive n'a été observée pendant le mois respectif.

Notre résumé de l'histoire de la station ne révèle que par allusion les difficultés rencontrées pour la mesure de la température dans une station d'altitude exposée. Néanmoins, une série homogène et utilisable a pu être élaborée au Saentis. Cette série devrait être représentative pour le niveau des langues glaciaires dans toute la région du nord-est de la Suisse. Il est bien plus difficile d'atteindre la même homogénéité pour les autres éléments climatiques tels que l'humidité, le vent et particulièrement les précipitations. En outre, nous manquons toujours des mesures systématiques de l'évaporation. Ainsi, malgré le travail dévoué des collaborateurs de nos stations météorologiques de montagne, beaucoup de désirs et de questions restent ouvertes. La publication mentionnée ("100 Jahre Wetterwarte Säntis") donne un aperçu des problèmes cachés derrière les chiffres nus des tableaux 19 et 20. Elle fait allusion aussi aux nombreuses sources d'erreur qui peuvent apparaître, soit sur le plan technique, soit sur le plan humain.

Tabelle 19. Lufttemperatur Säntis (2500 m ü.M.) - Mittelwerte der Monate, Sommer (Mai-September), Kalenderjahre und hydrologischen Jahre (Oktober-September) 1864 bis 1980.

Tableau 19. Température de l'air au Saentis (2500 m s.m.) - Moyennes des mois, étés (mai-septembre), années civiles et années hydrologiques (octobre-septembre) de 1864 à 1980.

a) Jahre 1864 bis 1887 / Années 1864 à 1887

Werte von Januar 1864 bis Juli 1887, reduziert auf Stationsverhältnisse des Säntis von 1961 bis 1978 aufgrund der Messungen von Rigi-Kulm (siehe Text, Seite 138).

Valeurs de janvier 1864 à juillet 1887, réduites aux conditions de la station du Saentis de 1961 à 1978 d'après les mesures effectuées à Rigi-Kulm (voir texte, page 140).

Jahr	Monate												Kal. Jahr	hydr. Jahr	Sommer
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-12	10-9	5-9
1864	-9.2	-9.8	-6.7	-6.2	-1.1	1.1	4.2	3.5	2.3	-2.1	-6.3	-6.8	-3.1	-	2.0
1865	-9.0	-12.5	-13.7	0.3	3.1	2.0	6.3	4.0	6.7	-0.9	-3.8	-5.1	-1.9	-2.3	4.4
1866	-5.9	-7.1	-8.2	-3.1	-3.6	4.0	4.2	2.3	3.6	0.3	-6.7	-4.5	-2.1	-2.0	2.1
1867	-9.1	-5.8	-6.9	-4.8	-0.1	2.3	3.3	6.2	4.2	-2.8	-6.7	-11.5	-2.6	-1.8	3.2
1868	-9.7	-7.0	-9.9	-5.4	5.0	3.8	5.4	5.4	4.9	-1.8	-6.6	-4.0	-1.7	-2.4	4.9
1869	-8.7	-4.1	-12.0	-3.3	0.6	-0.2	7.0	3.3	4.7	-4.4	-6.2	-9.2	-2.7	-2.1	3.1
1870	-10.6	-8.5	-10.7	-5.4	0.4	1.9	6.0	2.0	2.0	-2.2	-5.1	-11.8	-3.5	-3.6	2.5
1871	-12.1	-6.7	-6.3	-4.9	-1.8	-1.2	5.4	5.4	5.3	-2.1	-7.8	-10.9	-3.1	-3.0	2.6
1872	-7.5	-6.2	-6.2	-3.7	-2.1	1.6	6.0	3.5	3.5	-1.0	-4.4	-5.6	-1.8	-2.7	2.5
1873	-6.1	-9.9	-5.0	-6.4	-3.6	1.9	6.8	6.1	2.0	-0.8	-3.9	-5.2	-2.0	-2.1	2.6
1874	-7.4	-9.5	-8.8	-3.4	-4.2	3.1	7.4	3.4	4.9	0.7	-6.2	-12.9	-2.7	-2.0	2.9
1875	-6.3	-11.9	-9.2	-4.8	1.4	3.4	4.0	6.5	4.5	-2.5	-8.2	-10.5	-2.8	-2.6	4.0
1876	-7.6	-8.9	-8.9	-5.7	-4.2	2.6	5.5	5.9	0.7	1.2	-6.9	-5.0	-2.6	-3.5	2.1
1877	-7.0	-9.3	-10.0	-5.5	-3.1	5.1	3.6	5.8	0.3	-3.3	-3.4	-9.1	-3.0	-2.6	2.3
1878	-10.6	-6.0	-9.9	-4.4	0.4	1.8	3.6	4.4	2.7	-0.5	-7.7	-11.6	-3.2	-2.8	2.6
1879	-8.6	-9.0	-6.7	-7.0	-5.1	2.3	1.5	6.6	2.8	-1.5	-8.8	-10.3	-3.6	-3.6	1.6
1880	-8.9	-7.0	-4.4	-4.2	-2.3	0.3	5.5	3.3	2.6	-0.5	-4.1	-5.7	-2.1	-3.0	1.9
1881	-11.6	-7.5	-5.5	-4.6	-1.8	1.4	7.4	4.9	0.7	-5.9	-1.3	-7.2	-2.6	-2.2	2.5
1882	-4.1	-6.7	-5.1	-4.9	-0.3	1.3	3.0	2.1	0.5	1.3	-6.8	-7.5	-2.3	-2.4	1.3
1883	-8.8	-7.0	-11.6	-6.1	-0.6	2.1	2.5	3.9	1.0	-1.4	-5.6	-8.7	-3.4	-3.1	1.8
1884	-7.2	-6.7	-6.2	-5.5	0.3	-1.4	4.8	5.0	3.3	-3.8	-7.1	-7.4	-2.7	-2.4	2.4
1885	-9.0	-5.5	-7.0	-3.8	-3.1	4.2	5.7	4.1	2.3	-4.0	-3.1	-7.5	-2.2	-2.5	2.6
1886	-10.1	-9.7	-8.4	-3.0	-0.4	0.1	4.9	4.9	5.0	0.8	-4.8	-10.1	-2.6	-2.6	2.9
1887	-7.8	-9.2	-7.5	-4.8	-3.4	2.9	6.8								

Tabelle 19 / Tableau 19. Fortsetzung 1 / Continuation 1

b) Jahre 1887 bis 1980 / Années 1887 à 1980

Nach Juli 1887 auf dem Säntis gemessene Werte, reduziert auf die Stationsverhältnisse von 1961 bis 1978 (siehe Text, Seite 137).

Valeurs mesurées au Saentis après juillet 1887, réduites aux conditions de la station de 1961 à 1978 (voir texte, page 140).

Année	Mois												Année civ.	Année hydr.	Eté
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-12	10-9	5-9
1887								4.6	1.9	-5.5	-6.0	-11.0	-3.2	-2.6	2.6
1888	-9.7	-11.4	-9.3	-5.7	0.2	3.3	1.9	4.0	3.4	-3.2	-3.8	-4.6	-2.9	-3.8	2.6
1889	-8.8	-13.5	-10.5	-6.4	1.9	4.6	3.6	3.4	0.0	-2.5	-3.7	-8.7	-3.4	-3.1	2.7
1890	-5.9	-8.9	-6.8	-4.0	0.2	0.7	2.8	4.4	1.5	-2.7	-6.9	-9.1	-2.9	-2.6	1.9
1891	-12.4	-7.2	-8.7	-7.5	-0.6	2.3	2.9	2.8	4.0	0.7	-5.2	-6.4	-2.9	-3.6	2.3
1892	-9.4	-8.5	-9.6	-3.7	-1.3	2.3	4.1	6.5	3.1	-2.3	-2.8	-8.8	-2.5	-2.3	2.9
1893	-12.3	-8.3	-6.0	-1.3	-1.8	2.1	4.3	5.6	2.1	0.2	-5.8	-7.2	-2.4	-2.5	3.2
1894	-8.6	-8.3	-6.8	-2.1	-1.1	1.2	5.0	4.1	1.0	-2.5	-2.4	-8.5	-2.4	-2.4	2.0
1895	-14.1	-13.7	-8.6	-3.5	-1.3	2.4	5.3	4.3	6.7	-2.4	-1.1	-8.2	-2.8	-3.0	3.5
1896	-7.5	-5.4	-6.3	-7.9	-2.7	2.5	4.8	1.6	1.2	-2.0	-5.8	-7.2	-2.9	-2.6	1.5
1897	-9.3	-5.8	-6.7	-4.9	-3.0	4.4	5.1	5.0	1.5	-1.0	-1.8	-5.6	-1.8	-2.4	2.6
1898	-3.1	-10.5	-7.5	-4.0	-1.6	1.4	2.6	6.5	5.5	0.9	-2.1	-6.2	-1.5	-1.6	2.9
1899	-7.1	-5.3	-7.1	-5.5	-2.3	2.2	4.5	6.0	1.0	1.7	-1.8	-9.2	-1.9	-1.8	2.3
1900	-8.9	-7.0	-11.3	-6.1	-1.6	3.1	6.3	3.8	5.3	-0.7	-4.5	-4.5	-2.2	-2.1	3.4
1901	-8.8	-15.2	-10.1	-3.9	-0.7	3.2	4.7	4.5	3.3	-0.7	-5.6	-7.7	-3.1	-2.7	3.0
1902	-7.1	-7.7	-7.3	-2.1	-5.4	1.2	4.8	4.0	3.0	-1.9	-3.2	-7.7	-2.4	-2.5	1.5
1903	-7.3	-5.7	-6.7	-8.8	-1.0	1.7	3.2	4.6	3.1	-0.6	-5.5	-7.3	-2.5	-2.5	2.3
1904	-7.6	-10.0	-6.9	-3.0	0.4	3.8	7.0	5.3	0.4	-0.9	-6.2	-5.6	-1.9	-2.0	3.4
1905	-11.0	-10.1	-7.0	-5.3	-1.7	3.2	7.1	4.9	3.3	-7.8	-7.0	-5.3	-3.1	-2.4	3.4
1906	-8.8	-11.2	-8.7	-5.6	-0.4	1.5	5.1	5.4	1.3	1.9	-2.9	-12.1	-2.9	-3.5	2.6
1907	-9.7	-11.1	-9.5	-6.8	0.0	2.3	2.2	5.3	4.6	1.0	-3.1	-6.7	-2.6	-3.0	2.9
1908	-6.5	-10.2	-10.0	-7.4	1.4	4.5	4.3	3.1	1.8	2.4	-4.4	-7.4	-2.4	-2.3	3.0
1909	-8.8	-12.9	-10.0	-3.3	-1.2	0.7	2.0	4.4	1.4	0.2	-7.1	-7.1	-3.5	-3.1	1.5
1910	-8.9	-8.9	-7.6	-5.6	-2.3	2.7	2.3	3.7	0.4	0.6	-8.1	-6.2	-3.2	-3.2	1.4
1911	-7.9	-9.2	-7.7	-5.9	-0.7	2.1	7.4	7.3	4.6	-0.1	-3.5	-6.0	-1.6	-2.0	4.1
1912	-7.2	-5.7	-6.2	-6.5	-0.4	2.5	4.6	1.2	-3.3	-2.0	-8.5	-4.8	-3.0	-2.6	0.9
1913	-7.1	-8.4	-4.9	-5.1	-1.1	1.8	0.9	3.4	2.2	1.9	-3.2	-8.5	-2.3	-2.8	1.4
1914	-9.3	-4.4	-7.6	-2.2	-2.0	0.8	2.8	5.5	1.4	-1.8	-5.8	-6.4	-2.4	-2.1	1.7
1915	-11.5	-9.9	-8.6	-5.7	2.1	4.4	3.6	2.7	1.4	-3.7	-7.4	-5.0	-3.1	-3.0	2.8
1916	-6.5	-9.3	-6.8	-4.3	0.2	-0.1	3.5	3.9	0.5	-1.5	-4.5	-7.2	-2.7	-2.9	1.6
1917	-11.6	-9.2	-9.9	-8.9	2.8	5.2	4.7	4.1	5.3	-4.0	-5.3	-10.2	-3.1	-2.6	4.4
1918	-6.5	-7.2	-7.1	-3.4	0.7	-0.3	4.4	4.0	3.6	-2.1	-4.6	-5.6	-2.0	-2.6	2.5
1919	-9.3	-9.3	-8.1	-7.4	-1.9	2.5	1.3	5.7	5.1	-5.0	-8.0	-7.7	-3.5	-2.8	2.6
1920	-6.4	-5.0	-4.1	-3.6	3.0	2.1	5.1	2.9	2.8	2.0	-1.7	-6.2	-0.7	-2.0	3.2
1921	-6.3	-8.0	-5.2	-5.8	1.6	2.4	7.0	5.5	5.3	3.3	-5.6	-6.8	-1.1	-0.8	4.4
1922	-10.4	-8.1	-5.5	-6.3	1.5	3.0	3.5	5.4	-0.3	-2.2	-7.3	-8.0	-2.9	-2.2	2.6
1923	-10.1	-7.8	-6.5	-4.4	-0.2	-1.4	7.0	6.1	2.1	0.6	-5.8	-10.1	-2.5	-2.7	2.7
1924	-8.7	-11.1	-6.7	-4.6	1.0	2.7	4.8	1.6	3.1	0.1	-2.2	-4.3	-2.0	-2.8	2.6
1925	-5.2	-8.8	-10.6	-4.6	0.2	2.9	4.2	4.5	-0.8	0.5	-5.5	-9.0	-2.7	-2.0	2.2

Tabelle 19 / Tableau 19. Fortsetzung 2 / Continuation 2

Jahr	Monate												Kal. Jahr	hydr. Jahr	Sommer
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-12	10-9	5-9
1926	-9.2	-4.6	-6.6	-2.6	-2.1	-0.2	3.9	5.4	5.0	-0.2	-2.2	-8.4	-1.8	-2.1	2.4
1927	-9.0	-7.9	-6.6	-4.9	0.5	2.8	5.1	4.6	2.5	0.9	-3.1	-6.7	-1.8	-2.0	3.1
1928	-8.0	-7.4	-5.9	-4.0	-2.9	2.8	8.1	6.7	3.2	-1.3	-4.9	-9.5	-1.9	-1.4	3.6
1929	-11.7	-12.3	-5.3	-6.9	0.2	3.5	6.1	6.1	6.2	-0.7	-5.0	-7.4	-2.3	-2.5	4.4
1930	-4.8	-8.9	-5.8	-4.1	-1.9	6.2	3.4	5.0	2.9	-0.8	-4.0	-6.6	-1.6	-1.8	3.1
1931	-10.2	-11.7	-7.7	-6.0	1.9	5.5	4.1	3.4	-2.3	-0.8	-2.0	-7.7	-2.8	-2.9	2.5
1932	-4.4	-11.2	-8.4	-6.6	-0.9	1.8	4.8	8.3	6.2	-2.3	-3.2	-4.3	-1.7	-1.7	4.0
1933	-10.2	-10.3	-5.7	-4.6	-2.3	0.0	5.8	6.3	3.6	-0.7	-6.8	-8.8	-2.8	-2.3	2.7
1934	-8.0	-6.7	-6.8	-1.5	1.9	2.7	6.2	4.0	4.7	-0.8	-3.8	-4.6	-1.1	-1.7	3.9
1935	-11.6	-9.5	-8.3	-5.9	-2.0	5.3	5.6	4.5	3.7	-1.3	-4.2	-9.0	-2.7	-2.3	3.4
1936	-6.4	-9.0	-5.3	-4.8	0.3	2.5	4.2	5.2	2.6	-5.3	-4.4	-5.9	-2.2	-2.1	3.0
1937	-6.2	-8.2	-8.7	-5.8	1.2	4.0	5.1	4.7	2.0	0.5	-5.6	-10.4	-2.3	-2.3	3.4
1938	-9.4	-8.1	-4.1	-8.6	-1.7	4.7	4.5	4.9	3.6	0.2	-1.3	-8.3	-2.0	-2.5	3.2
1939	-7.4	-5.8	-11.3	-2.6	-2.9	3.7	4.3	5.6	2.3	-3.1	-3.0	-8.8	-2.4	-2.0	2.6
1940	-10.0	-8.3	-7.7	-4.5	-1.1	2.0	3.3	3.4	2.5	-0.2	-5.2	-11.1	-3.1	-2.9	2.0
1941	-9.3	-9.4	-6.7	-5.9	-3.7	3.4	5.8	3.4	2.9	-3.3	-4.9	-8.7	-3.0	-3.0	2.4
1942	-13.7	-11.4	-3.8	-4.3	-0.3	3.6	4.5	5.9	5.3	2.1	-5.8	-5.5	-1.9	-2.6	3.8
1943	-7.6	-6.9	-4.3	-3.4	1.3	1.5	5.3	6.8	4.6	2.9	-6.9	-6.3	-1.1	-1.0	3.9
1944	-6.4	-12.0	-11.7	-2.9	-0.3	1.3	4.6	9.1	2.3	-2.5	-6.6	-9.0	-2.8	-2.2	3.4
1945	-13.6	-5.6	-5.8	-2.9	2.2	5.0	6.8	4.7	3.4	-0.8	-4.9	-8.0	-1.6	-2.0	4.4
1946	-8.2	-8.8	-5.1	-0.5	1.7	2.1	6.4	4.8	4.8	-1.1	-4.6	-9.6	-1.5	-1.4	4.0
1947	-11.2	-9.5	-5.5	-1.6	3.0	5.2	7.4	7.2	5.7	1.9	-4.4	-9.8	-1.0	-1.2	5.7
1948	-6.9	-9.4	-3.0	-3.2	1.7	1.8	2.8	5.2	4.2	1.4	-1.4	-4.5	-0.9	-1.6	3.1
1949	-6.5	-6.8	-9.2	-0.5	-0.3	2.5	6.0	5.7	6.5	2.2	-6.4	-6.0	-1.1	-0.6	4.1
1950	-7.7	-6.6	-5.1	-6.1	1.9	6.0	7.8	6.5	2.1	0.1	-5.5	-9.8	-1.4	-0.9	4.9
1951	-7.5	-9.3	-8.4	-4.6	-0.3	2.9	5.9	6.0	5.0	0.8	-3.7	-4.6	-1.5	-2.1	3.9
1952	-10.5	-10.9	-6.0	-1.7	-0.2	4.1	8.4	6.6	-0.8	-2.6	-7.8	-8.5	-2.5	-1.6	3.6
1953	-10.0	-9.4	-5.6	-3.0	0.6	2.2	5.9	5.6	4.5	2.1	-0.5	-4.3	-1.0	-2.3	3.8
1954	-11.8	-8.9	-5.9	-5.6	-1.3	3.4	1.8	3.8	3.1	-0.1	-3.9	-6.0	-2.6	-2.0	2.1
1955	-5.7	-10.7	-8.2	-5.5	-1.9	2.7	5.0	4.2	2.3	-1.7	-4.3	-5.5	-2.4	-2.3	2.5
1956	-7.4	-17.1	-8.1	-6.4	-0.1	0.3	4.9	3.7	5.2	-2.0	-6.1	-7.5	-3.4	-3.0	2.8
1957	-8.1	-6.8	-2.8	-4.3	-2.7	4.4	5.0	3.8	1.5	1.8	-2.1	-7.1	-1.4	-2.1	2.4
1958	-8.3	-6.9	-10.6	-7.2	2.9	2.3	5.9	6.5	5.4	-0.3	-2.6	-6.5	-1.6	-1.5	4.6
1959	-9.5	-4.4	-3.8	-3.2	0.6	3.2	6.9	5.1	5.6	0.0	-4.0	-6.5	-0.8	-0.7	4.3
1960	-9.4	-7.4	-5.8	-4.8	0.8	4.4	2.8	4.4	1.7	-2.1	-4.6	-7.4	-2.3	-2.0	2.8
1961	-7.7	-5.4	-5.2	-1.4	-1.9	4.3	3.6	5.2	7.5	1.1	-4.0	-6.5	-0.9	-1.3	3.8
1962	-7.8	-10.0	-10.8	-5.2	-2.8	1.6	4.5	6.9	3.1	1.8	-6.6	-9.1	-2.9	-2.5	2.7
1963	-13.5	-11.6	-7.0	-3.2	-0.6	3.5	6.7	4.2	3.7	1.1	-3.1	-6.7	-2.2	-2.6	3.4
1964	-5.4	-7.2	-6.9	-2.9	1.2	4.9	6.5	4.7	4.2	-3.0	-3.0	-7.2	-1.2	-0.8	4.3
1965	-9.0	-13.7	-7.0	-6.0	-1.6	3.7	3.4	3.9	1.5	3.1	-6.5	-7.9	-3.0	-3.2	2.2
1966	-10.3	-4.7	-9.2	-2.7	0.1	3.8	3.1	4.0	5.2	1.6	-7.8	-9.3	-2.2	-1.8	3.2
1967	-9.3	-7.6	-6.8	-5.8	-0.3	1.9	7.3	5.5	2.8	2.6	-2.1	-9.6	-1.8	-2.3	3.4
1968	-10.6	-8.0	-6.8	-2.5	-0.9	2.9	4.5	3.4	1.7	2.5	-2.2	-8.2	-2.0	-2.1	2.3
1969	-7.1	-12.7	-6.8	-4.8	1.4	1.1	6.4	3.8	5.0	3.5	-5.7	-10.9	-2.2	-1.8	3.5
1970	-7.0	-11.5	-10.7	-7.4	-2.4	4.2	4.5	5.4	4.9	-0.2	-3.3	-8.3	-2.6	-2.8	3.3

Tabelle 19 / Tableau 19. Fortsetzung 3 / Continuation 3

Année	Mois												Année civ.	Année hydr.	Eté
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-12	10-9	5-9
1971	-7.8	-9.6	-11.3	-2.0	1.9	1.0	6.8	7.0	2.1	2.3	-5.7	-3.7	-1.6	-2.0	3.8
1972	-8.0	-6.0	-4.9	-5.6	-1.7	2.0	4.7	4.5	-0.6	-0.1	-4.4	-4.0	-2.0	-1.9	1.8
1973	-6.5	-10.9	-8.3	-8.5	0.9	4.2	3.8	7.3	4.1	-1.0	-5.4	-8.3	-2.4	-1.9	4.1
1974	-5.4	-7.8	-5.4	-5.0	-1.7	0.7	3.3	6.7	2.3	-7.9	-5.7	-6.5	-2.7	-2.3	2.2
1975	-5.4	-6.4	-8.1	-5.3	0.3	1.5	5.4	6.0	5.4	-0.2	-4.7	-4.1	-1.3	-2.2	3.7
1976	-9.1	-4.9	-7.7	-4.0	0.5	4.8	5.9	3.0	1.2	1.5	-5.4	-8.8	-1.9	-1.6	3.1
1977	-8.1	-7.1	-3.6	-5.6	-0.3	2.7	4.7	3.2	1.5	2.7	-6.1	-4.2	-1.7	-2.1	2.4
1978	-8.3	-8.7	-6.6	-5.8	-2.4	1.5	3.5	3.5	1.5	1.1	-2.1	-5.3	-2.3	-2.4	1.5
1979	-11.3	-7.9	-7.2	-7.0	-1.0	3.4	3.6	3.7	4.2	2.2	-4.7	-5.6	-2.3	-2.2	2.8
1980	-8.7	-5.9	-6.7	-7.4	-1.8	0.7	2.8	6.1	4.6	-1.3	-4.6	-8.8	-2.6	-2.0	2.5

c) Dezenniumsmittel 1871/80 bis 1971/80

Moyennes décennales 1871/80 à 1971/80

Dezennium Décennie	Monate												Kal. Jahr	hydr. Jahr	Sommer
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-12	10-9	5-9
1871/80	-8.2	-8.4	-7.5	-5.0	-2.5	2.1	4.9	5.1	2.9	-1.0	-6.1	-8.7	-2.7	-2.8	2.5
1881/90	-8.3	-8.6	-7.8	-4.9	-0.7	1.9	4.3	4.1	2.0	-2.7	-4.9	-8.2	-2.8	-2.7	2.3
1891/1900	-9.3	-8.0	-7.9	-4.6	-1.7	2.4	4.5	4.6	3.1	-0.7	-3.3	-7.2	-2.3	-2.4	2.6
1901/10	-8.4	-10.3	-8.4	-5.2	-1.1	2.5	4.3	4.5	2.3	-0.6	-5.3	-7.3	-2.8	-2.7	2.5
1911/20	-8.3	-7.8	-7.1	-5.3	0.3	2.1	3.8	4.1	2.4	-1.6	-5.2	-6.8	-2.5	-2.5	2.5
1921/30	-8.3	-8.5	-6.5	-4.8	-0.2	2.5	5.3	5.1	2.9	0.0	-4.6	-7.7	-2.1	-2.0	3.1
1931/40	-8.4	-8.9	-7.4	-5.1	-0.6	3.2	4.8	5.0	2.9	-1.4	-3.9	-7.9	-2.3	-2.3	3.1
1941/50	-9.1	-8.6	-6.0	-3.1	0.7	3.2	5.7	5.9	4.2	0.3	-5.1	-7.7	-1.6	-1.6	4.0
1951/60	-8.8	-9.2	-6.5	-4.6	-0.2	3.0	5.3	5.0	3.4	-0.4	-4.0	-6.4	-2.0	-2.0	3.3
1961/70	-8.8	-9.2	-7.7	-4.2	-0.8	3.2	5.0	4.7	3.9	1.4	-4.4	-8.4	-2.1	-2.1	3.2
1971/80	-7.9	-7.5	-7.0	-5.6	-0.5	2.2	4.5	5.1	2.6	-0.1	-4.9	-5.9	-2.1	-2.1	2.8

Tabelle 20. Summe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur auf dem Säntis für Monate, Sommer (Mai-September), Kalenderjahre und hydrologische Jahre (Oktober-September) 1901 bis 1977. 1)

Tableau 20. Sommes des moyennes journalières positives de la température de l'air au Saentis pour mois, étés (mai-septembre), années civiles et années hydrologiques (octobre-septembre) de 1901 à 1977. 1)

Jahr	Monate												Kal. Jahr	hydr. Jahr	Sommer
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-12	10-9	5-9
1901	0	-	-	2	37	118	146	146	107	30	2	-	588	610	554
1902	-	-	-	7	13	73	155	135	104	16	8	-	511	519	480
1903	0	1	1	-	33	61	112	147	123	39	5	-	522	502	476
1904	-	-	-	14	69	117	218	175	39	39	7	2	680	676	618
1905	-	-	-	-	15	99	221	158	102	-	1	-	596	643	595
1906	-	-	-	-	35	78	165	175	93	74	20	-	640	547	546
1907	-	-	-	-	57	86	88	171	141	48	15	-	606	637	543
1908	1	-	-	-	76	149	136	100	79	85	6	2	634	604	540
1909	-	-	-	10	42	48	86	143	58	35	1	-	423	480	377
1910	-	-	-	-	26	86	90	120	48	51	-	-	421	406	370
1911	1	-	-	3	31	78	229	227	158	52	1	3	783	778	723
1912	-	1	1	-	42	82	147	59	2	16	-	-	350	390	332
1913	-	-	1	10	40	78	49	115	79	70	4	-	446	388	361
1914	-	1	-	12	18	54	102	170	88	6	4	2	457	519	432
1915	-	-	-	-	68	135	116	96	64	4	1	1	485	491	479
1916	-	-	2	4	40	41	111	128	49	38	10	-	423	381	369
1917	-	-	-	-	89	157	150	132	163	20	1	-	712	739	691
1918	2	-	-	1	52	26	142	130	115	18	14	3	503	489	465
1919	-	-	-	-	12	105	61	184	172	23	0	-	557	569	534
1920	-	1	22	11	113	81	164	107	90	79	12	6	686	612	555
1921	0	-	2	4	85	103	218	175	159	136	-	-	882	843	740
1922	-	-	6	6	88	102	123	168	42	8	3	-	546	671	523
1923	-	-	-	2	52	26	217	192	82	69	7	-	647	582	569
1924	-	-	-	6	81	91	153	72	102	29	27	9	570	581	499
1925	-	-	-	2	50	103	131	141	45	64	18	0	554	537	471
1926	0	-	-	24	12	27	131	170	163	57	23	-	607	609	503
1927	0	-	-	1	60	103	158	154	93	58	31	1	659	649	568
1928	-	-	-	12	28	105	251	209	119	28	2	-	754	814	712
1929	-	-	0	1	56	114	197	191	191	53	4	0	807	780	749
1930	-	-	-	7	21	185	119	167	103	53	0	3	658	659	595
1931	-	-	0	0	91	169	137	115	20	42	6	-	580	588	532
1932	1	-	-	0	45	81	151	256	186	20	2	10	752	768	719
1933	-	-	-	1	16	31	182	197	114	75	4	-	620	573	540
1934	-	-	-	29	70	90	192	128	147	43	10	0	709	735	627
1935	-	-	-	1	25	163	174	146	121	34	1	-	665	683	629
1936	-	-	-	1	38	111	136	161	116	2	1	4	570	598	562
1937	4	-	-	-	67	134	160	148	88	54	2	-	657	608	597
1938	-	-	0	0	16	147	147	159	115	47	31	-	662	640	584
1939	-	3	-	14	0	129	142	174	83	28	21	-	594	623	528
1940	-	7	2	7	20	74	107	122	103	40	5	-	487	491	426

1) Durch A.Lemans (SMA) überarbeitete Werte / Valeurs révisées par A.Lemans (ISM).

Tabelle 20 / Tableau 20. Fortsetzung / Continuation

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Année civ. 1-12	Année hydr. 10-9	Eté 5-9
1941	-	-	-	-	0	115	183	117	108	42	5	-	570	568	523
1942	-	-	-	1	46	127	146	184	162	86	0	8	760	713	665
1943	1	2	-	13	68	70	168	210	152	99	8	-	791	778	668
1944	1	0	0	8	50	60	144	282	97	11	-	-	653	749	633
1945	-	-	-	14	122	152	217	147	128	30	3	-	813	791	766
1946	-	-	1	13	69	82	200	154	148	38	1	-	706	700	653
1947	0	-	2	31	108	163	230	224	174	77	4	-	1013	971	899
1948	-	-	5	11	70	92	113	168	133	61	13	12	678	673	576
1949	3	0	-	56	40	84	187	186	194	99	-	-	849	836	691
1950	-	3	5	-	75	180	242	203	86	70	5	-	869	893	786
1951	1	-	-	3	38	95	182	187	154	47	7	7	721	735	656
1952	-	-	-	24	35	123	259	204	35	12	0	-	692	741	656
1953	-	3	1	5	87	89	185	175	144	90	23	14	816	701	680
1954	-	-	-	0	34	111	77	124	120	45	7	-	518	593	466
1955	-	-	8	11	21	98	161	137	95	28	23	0	582	583	512
1956	-	-	-	-	57	45	153	120	158	45	1	-	579	584	533
1957	-	3	7	3	11	139	161	125	73	85	4	-	611	568	509
1958	-	1	-	-	104	84	185	203	168	52	11	-	808	834	744
1959	1	4	0	18	64	113	216	159	168	47	14	-	804	806	720
1960	-	7	-	2	61	142	95	139	70	29	3	0	548	577	507
1961	1	1	3	11	15	135	117	166	226	86	1	2	764	707	659
1962	-	-	-	17	16	96	152	214	118	85	4	1	703	702	596
1963	-	-	0	1	39	111	209	141	121	52	9	6	689	712	621
1964	0	0	-	7	62	149	206	148	140	30	7	1	750	779	705
1965	-	-	0	-	18	126	115	128	66	98	12	1	564	491	453
1966	3	-	-	6	58	120	97	133	159	96	12	-	684	687	567
1967	1	-	0	2	47	93	227	173	97	117	31	4	792	748	637
1968	-	-	13	39	35	101	147	110	66	82	19	-	612	663	459
1969	0	-	-	14	78	68	208	135	150	127	7	-	787	754	639
1970	-	-	-	3	4	132	156	170	150	65	14	3	697	749	612
1971	-	-	-	12	78	59	214	219	90	87	7	17	783	754	660
1972	-	1	1	-	13	79	155	151	43	48	24	2	517	554	441
1973	-	-	-	-	59	129	125	228	143	43	7	-	734	758	684
1974	2	-	5	-	18	54	109	212	108	-	-	2	510	558	501
1975	3	-	1	11	47	86	171	188	164	60	3	5	739	673	656
1976	0	10	1	6	52	158	186	95	66	81	2	-	657	642	557
1977	-	-	13	4	44	88	148	102	84	106	17	11	617	566	466

Dezenniumsmittel / Moyennes décennales:

1901/10	0.1	0.1	0.1	3.3	40.3	91.5	141.7	147.0	89.4	41.7	6.5	0.4	562.1	562.4	509.9
1911/20	0.3	0.3	2.6	4.1	50.5	83.7	127.1	134.8	98.0	32.6	4.7	1.5	540.2	535.6	494.1
1921/30	0.0	-	0.8	6.5	53.3	95.9	169.8	163.9	109.9	55.5	11.5	1.3	668.4	672.5	592.9
1931/40	0.5	1.0	0.2	5.3	38.8	112.9	152.8	160.6	109.3	38.5	8.3	1.4	629.6	630.7	574.4
1941/50	0.5	0.5	1.3	14.7	64.8	112.5	183.0	187.5	138.2	61.3	3.9	2.0	770.2	767.2	686.0
1951/60	0.2	1.8	1.6	6.6	51.2	103.9	167.4	157.3	118.5	48.0	9.3	2.1	667.9	672.2	598.3
1961/70	0.5	0.1	1.6	10.0	37.2	113.1	163.4	151.8	129.3	83.8	11.6	1.8	704.2	699.2	594.8

6.2 DIE VARIATION DER WASSERVORRAETE IM EINZUGSGEBIET DER RHONE VON PORTE DU SCEX

Peter Kasser

6.21 EINFUEHRUNG

(Aperçu en français voir page 180)

In alpinen Gebieten variiert der Wassergehalt im Boden in der Regel sehr viel weniger als die Wasservorräte, die als Schnee und Eis gespeichert und wieder geschmolzen werden. Die Bildung der Schneereserven während des Winters ist ein Mass für die Ernährung der Gletscher, der Schmelzwasserabfluss im Sommer ein Mass für den Abbau. Die Abbildung 19 zeigt, dass die Vorräte im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex im Verlauf eines Jahres in weiten Grenzen schwanken. Dies gilt auch für verschiedene Jahre, wenn die Vorratsänderungen eines bestimmten Monats oder beispielsweise die vom 1. Oktober an bis zu einem festen Datum kumulierten Vorratsänderungen miteinander verglichen werden. Ziel dieser Untersuchung ist, die Summenlinien der monatlichen Vorratsänderungen über das Jahr im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Gletscher als anschauliche hydroklimatische Grössen für den Witterungscharakter darzustellen.

Auch für die Sommerabflussmengen sind die Summenlinien der Vorratsänderungen über das Jahr wichtig, indem die im Winter gespeicherten Schneevorräte zu Vorhersagen für den Sommerabfluss dienen können (Lit. 9). In (Lit. 9 und 10) wird über diesbezügliche Erfahrungen im vergletscherten Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex seit 1955 berichtet.

Durch den Ausbau der Wasserkräfte sind mit den Jahren in vielen Einzugsgebieten die Abflussmengen und damit die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluss durch das Speicherregime in den Stauseen und durch Wasserüberleitungen in zunehmendem Masse verändert worden. Diese Einflüsse müssen ausgeschaltet werden, damit die errechneten Vorratsänderungen für die verschiedenen Jahre vergleichbar sind und zwar sowohl für Jahreswerte als auch für die Verteilung über die Monate des Jahres.

Sind N der Gebietsniederschlag, V die Gebietsverdunstung, A_g der gemessene Abfluss, A_A die Ableitung aus dem Einzugsgebiet und A_E die Zuleitungen, sowie S der Rückhalt in den Stauseen, so ist die Aenderung R der Wasserreserven im Einzugsgebiet bestimmt durch die Bilanzgleichung

$$R = (N - V) - (A_g + A_A - A_E + S)$$

Der Wert $A = A_g + A_A - A_E + S$ wird als "natürlicher" Abfluss bezeichnet. Der Gebietsniederschlag N wird in Kapitel 6.23 aus den Niederschlagsmessungen in den z Messstationen bestimmt. Der in einer einzelnen Station gemessene Niederschlag wird mit N_g bezeichnet. Indices bezeichnen die Zeitschritte. So ist R_7 die Vorratsänderung im Monat Juli, R_{10-4} die Aenderung vom 1. Oktober bis zum 30. April. Auch in den Tabellenköpfen sind die Monate durch Ziffern bezeichnet. $\overline{R}$ ist ein Mittelwert, $\tilde{R} = R - \overline{R}$ die Abweichung vom Mittelwert, s_R die mittlere quadratische Abweichung. Im Falle einer Normalverteilung liegen 50 Prozent der Werte innerhalb der wahrscheinlichen Abweichung von $\pm\omega_R = \pm\ 0.6745 \cdot s_R$.

Die Bilanzgrössen werden durchwegs in kgm^{-2}, d.h. in mm Wasser verteilt über das Einzugsgebiet ("Wasserwert"), Mittelwerte pro Jahr in $kgm^{-2} \cdot a^{-1}$ angegeben.

Die Bezugsperiode für die Berechnungen sollte einerseits aus statistischen Gründen möglichst lang, andererseits für regionale Vergleiche auch für andere Gebiete ausserhalb des Rhonegebietes in den Schweizer Alpen anwendbar sein. Aufgrund der andernorts zur Verfügung stehenden Abflussmessungen stark vergletscherter Einzugsgebiete wurden die 25 Jahre von 1955/56 bis 1979/80 (1. Oktober 1955 bis 30. September 1980) gewählt. Die Bezugsperiode sollte auch deshalb nicht allzu weit zurückreichen, weil sich im Laufe der Jahre die Bedingungen für die Verdunstung u.a. infolge von Ueberbauungen und der Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzung und Bewässerungstechnik geändert haben.

Nachstehend wird vorerst das Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex mit den verwendeten Mess-Stationen vorgestellt (Kapitel 6.22). Dann folgen die Abschätzung der Vorratsänderungen für die 25-jährige Bezugsperiode (Kapitel 6.23), die Aufteilung auf die einzelnen Jahre (Kapitel 6.24) und auf die Monate ausgewählter Jahre (Kapitel 6.25). In Kapitel 6.26 werden normierte Abweichungen der Reservenänderungen von den Mittelwerten eingeführt. Kapitel 6.27 enthält die Diskussion über einige Fehlerquellen und die Genauigkeit der Berechnungen, Kapitel 6.28 die Literaturhinweise.

6.22 DAS EINZUGSGEBIET UND DIE VERWENDETEN MESS-STATIONEN

(Aperçu en français voir page 180)

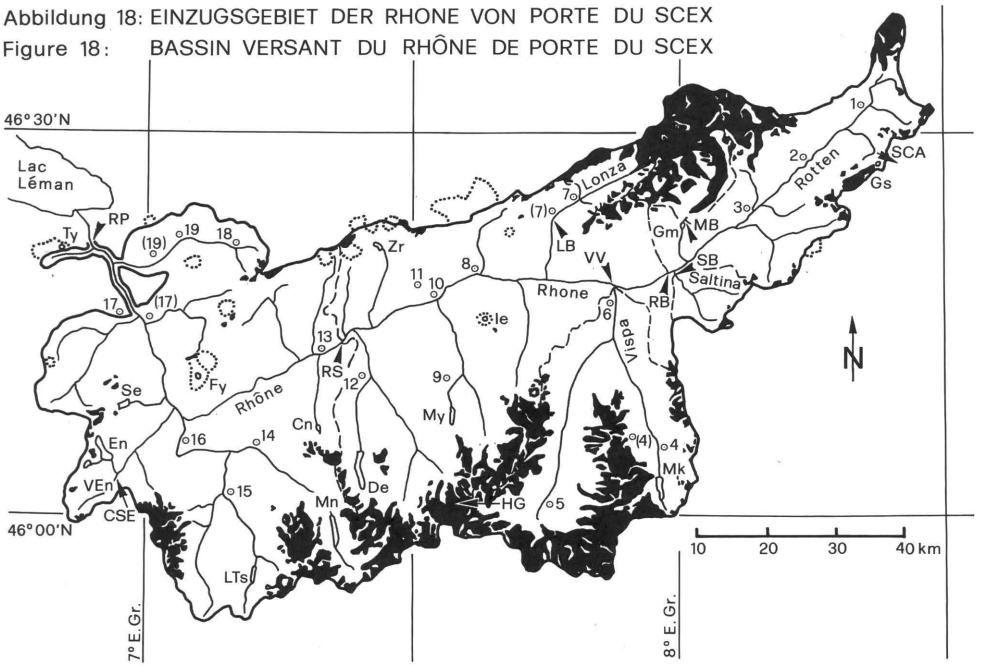
Die Abbildung 18 zeigt das Einzugsgebiet mit den in der Legende namentlich aufgeführten Messstellen.

- Die Monatssummen der Niederschläge sind den Publikationen der SMA entnommen (Lit. 5). Einige unvollständige Reihen sind mit umgerechneten Werten von Nachbarstationen ergänzt, wie zum Beispiel Nr. 7 Ried mit Nr. (7) Kippel (vergleiche Legende zu Abbildung 18).
- Die Monatsmittel der in Porte du Scex und in den Vergleichsstationen gemessenen Abflussmengen A_g stammen aus den hydrographischen (Lit. 6) und hydrologischen Jahrbüchern (Lit. 7). Die Landeshydrologie in Bern hat die Daten zur Berechnung des Speichervolumen S in den Stauseen und die Werte für die Wasserüberleitung A_A vom Aeginental nach Alpe Cruina zur Verfügung gestellt. Die im "Collecteur Sud" aus dem Gebiet der Arve zugeleiteten Wassermengen A_E sind durch die Forces Motrices d'Emosson S.A. mitgeteilt worden.

Das Gesamtgebiet von Porte du Scex besteht in Bezug auf Niederschlag, Abfluss und Vergletscherungsgrad aus sehr unterschiedlichen Teilen. So liefern die niederschlagsarmen Gebiete der Saltina von Brig und der Vispa von Visp pro Flächeneinheit nur halb so viel Abfluss wie die Massa in Blatten bei Naters oder die Lonza in Blatten (Tabelle 21). Dagegen ist für die Verteilung der Jahresabflussmenge auf die einzelnen Monate in erster Linie die Vergletscherung massgebend (Tabelle 22). Diese Verhältnisse wurden bei der Wahl der Niederschlagsmessstationen berücksichtigt, indem neben einer ausgewogenen regionalen Verteilung auf ein möglichst gleiches Verhältnis der in den Teilgebieten gemessenen Niederschlagssummen zu den Gebietsabflüssen geachtet wurde (Tabelle 23). Damit durfte auf eine unterschiedliche Gewichtung der Niederschläge verzichtet werden. Zudem hat die relativ grosse Anzahl von 19 Messstellen den Vorteil, dass sich Interpolationsfehler bei Messlücken oder aussergewöhnliche Ereignisse in einzelnen Stationen sowie Unsicherheiten in den Grundlagen nicht allzu stark auf das Gesamtresultat auswirken können. In Tabelle 22 zeigen die 25-jährigen Mittelwerte von 6 ausgewählten Stationen erhebliche Unterschiede in der prozentualen Verteilung der Jahresniederschläge auf die einzelnen Monate. Auch deshalb ist eine grosse Anzahl von Messstellen zur Bildung des Gebietsniederschlages erwünscht.

Die stark unterschiedlichen Eigenschaften der Teileinzugsgebiete zeigen sich neben den Tabellen 21 und 22 auch in Tabelle 24 mit den Flächeninhalten nach Höhenstufen und nach der Beschaffenheit der Oberflächen. Diese Werte sind auszugsweise und zusammenfassend einer Publikation aus dem Jahre 1898 (Lit. 24) entnommen. Diese bemerkenswerte Arbeit ist von der hydrometrischen Abteilung des Oberbauinspektorates im Rahmen einer "Untersuchung der Wasserverhältnisse der Schweiz als Grundlage zur Feststellung der noch nutzbar zu machenden Wasserkräfte" gemäss Bundesbeschluss vom 4. April 1895 ausgeführt worden (Lit. 23). Diese alte Publikationsreihe enthält auch sehr detaillierte und vollständige Angaben über die vergletscherten Flächen im 19. Jahrhundert, mit Angabe der Aufnahmejahre der benützten Kartenblätter.

Abbildung 18: EINZUGSGEBIET DER RHONE VON PORTE DU SCEX
Figure 18: BASSIN VERSANT DU RHÔNE DE PORTE DU SCEX



Legende

Grenze des Haupteinzugsgebietes (Lit.4)
Grenzen von Teileinzugsgebieten (Auswahl)
Becken ohne oberflächlichen Abfluss (Lit.4)
Vergletschertes Gebiet um 1950-1960 (Lit.4)
Stauseen mit Nutzvolumen ≧ 2 • 10^6 m^3

Gs	Gries	My	Moiry	Mn	Mauvoisin
Gm	Gebidem	Zr	Zeuzier	LTs	Les Toules
Mk	Mattmark	De	Dixence	Fy	Fully
Ie	Illsee	Cn	Cleuson	VEn	Vieux Emosson

En	Emosson
Se	Salanfe
Ty	Tanay

Ueberleitungen quer zur Hauptwasserscheide

SCA Altstafel - Alpe Cruina (KW Aegina AG)

CSE Collecteur sud (FM Emosson SA)

Abflussmessstationen (Auswahl)

RP	Rhône / Porte du Scex	HG	Ueberleitungsstollen Hohwäng
MB	Massa / Blatten bei Naters	VV	Vispa / Visp
SB	Saltina / Brig	LB	Lonza / Blatten im Lötschental
RB	Rhone / Brig	RS	Rhône / Sion

Niederschlagsmessstationen (Auswahl)

1	Oberwald	6	Visp	11	Montana
2	Reckingen	7	Ried	12	Hérémence
3	Fiesch	(7)	Kippel	13	Sion-Aérodrome
4	Saas Almagell	8	Varen	14	Montagnier
(4)	Saas Fee	9	Grimentz	15	Orsières
5	Zermatt	10	Sierre	16	Martigny-Ville

17	Monthey	
(17)	Bex	
18	Les Diablerets	
19	Le Sépey	
(19)	Leysin	

Légende

Limite du bassin versant principal (Lit.4)
Limites de bassins versants partiels (choix)
Cuvettes sans écoulement superficiel (Lit.4)
Aires glaciaires, vers 1950-1960 (Lit.4)
Lacs artificiels à volume utile ≧ 2 • 10^6 m^3

Conduites à travers du partage principal des eaux

Stations limnimétriques (choix)

Stations pluviométriques (choix)

Tabelle 21. Das Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex und einige seiner Teileinzugsgebiete - Flächen, Vergletscherung, Meereshöhen und mittlere Jahresabflussmengen

Tableau 21. Le bassin versant du Rhône de Porte du Scex et un choix de ses bassins versants partiels - Surfaces, glaciation, altitudes et écoulements moyens annuels

Einzugsgebiet	Flächen - Surfaces			Höhen - Altitudes			Abfluss - Ecoulement		
							1955/80		1965/80
Bassin versant	F	G	G/F	H min	$\overline{H}$	H max	Q 1)	A 1)	A 2)
	km^2	km^2	%	m ü.M.	m s.m.	m ü.M.	m^3/sec	kgm^{-2}	kgm^{-2}
1 Rhône/Porte du Scex	5220	746.6	14.30	377	2130	4634	172.2	1041	1054
2 Massa/Blatten b.Naters	194.7	128.6	66.05	1448	2950	4195	11.8	1920	1852
3 Saltina/Brig	77.7	3.9	5.02	677	2050	3553	-	-	955
4 Rhone/Brig	913	220.6	24.16	677	2370	4275	40.3	1393	1404
5 Vispa/Visp	778	229.5	29.50	659	2660	4634	23.8	966	948
6 Lonza/Blatten	77.8	27.6	35.48	1520	2630	3895	4.5	1812	1816
7 Rhône/Sion 3)	3349	614.1	18.34	484	2310	4634	114.8	1082	1096
8 = 4+5+6 Oberwallis	1769	477.7	27.00	-	2509	4634	68.6	1223	1222
9 = 7-8 Valais central	1580	136.4	8.63	-	2088	4505	46.3	924	956
10 = 1-7 Bas-Valais	1871	132.5	7.08	-	1808	4314	57.3	967	980

Legende / Légende

F Gesamtfläche / Surface totale
G Gletscherfläche im Jahre 1973 / Aires englacées en 1973 (Lit.16)
G/F Vergletscherter Gebietsanteil / Part englacée du bassin

H min Meereshöhe der Abflussmessstation / Altitude de la station hydrométrique
$\overline{H}$ Mittlere Meereshöhe des Einzugsgebiets / Altitude moyenne du bassin versant
H max Höchster Punkt des Einzugsgebiets / Point culminant du bassin versant

Q Mittlere Jahresabflussmenge (siehe Bemerkungen) / Débits moyens annuels (voir remarques)
A Mittlere Jahresabflusshöhe (siehe Bemerkungen) / Indices d'écoulement annuels (voir remarques)

Bemerkungen / Remarques

1),2) In den Abflusswerten Q und A sind die Einflüsse der Speicherung in den Stauseen und der Wasserüberleitungen rechnerisch ausgeschaltet.

L'influence des retenues dans les lacs artificiels et des dérivations d'eau sur les débits est éliminée dans les valeurs de Q et A.

1) Bezugsperiode 1955/56 - 1979/80 / Période de référence 1955/56 - 1979/80.

2) Bezugsperiode 1965/66 - 1979/80 / Période de référence 1965/66 - 1979/80.

3) Der Abfluss der Rhone von Sion ist seit dem Jahre 1936 zunehmend durch Stauseen und Wasserüberleitungen gestört. Deshalb wurden Q und A bestimmt nach der Formel $Q_S = Q_P \cdot Q_{S1}/Q_{P1}$, worin Q_{S1}/Q_{P1} das Verhältnis der Abflussmengen Q_S der Rhone von Sion und Q_P von Porte du Scex in der Periode 1917/18 - 1934/35 bedeutet.

Depuis l'année 1936 l'écoulement du Rhône à Sion a été perturbé progressivement par la rétention d'eau dans les lacs artificiels et par des dérivations d'eau. Pour cette raison on a calculé Q et A selon la formule $Q_S = Q_P \cdot Q_{S1}/Q_{P1}$, où Q_{S1}/Q_{P1} signifie le quotient des débits moyens Q_S du Rhône de Sion à ceux de Q_P du Rhône de Porte du Scex dans la période de 1917/18 à 1934/35.

Tabelle 22. Verteilung von Abfluss A sowie der Niederschläge N und N_g über das Jahr. Mittelwerte in der Bezugsperiode 1955/56 - 1979/80 1)

Tableau 22. Répartition de l'écoulement A ainsi que des précipitations N et N_g sur les mois de l'année, valeurs moyennes de la période de référence de 1955/56 - 1979/80 1)

a) "Natürlicher" Abfluss A - Ecoulement "naturel" A

Einzugsgebiet	F	G/F 2)	A_{10-9}	A in ‰ von A_{10-9} in den Monaten - A en ‰ de A_{10-9} dans les mois de														
Bassin versant	km^2	‰	$kgm^{-2}a^{-1}$	10-9	10-4	5-9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Massa/Blatten b.Naters	194.7	661	1852	1000	78	922	54	11	5	3	2	3	8	41	160	282	283	148
Lonza/Blatten	77.8	355	1812	1000	151	849	56	26	15	11	9	11	23	85	179	239	221	125
Vispa/Visp	778	295	966	1000	153	847	50	24	17	15	12	14	21	64	169	253	238	123
Rhone/Brig	913	242	1404	1000	192	808	62	30	21	17	15	18	29	84	178	233	204	109
Rhône/Sion 3)	3349	183	1150	1000	199	801	56	33	24	21	16	20	29	84	179	224	195	119
Rhône/Porte du Scex	5220	143	1041	1000	237	763	54	36	28	24	24	29	42	99	182	206	176	100
Saltina/Brig	77.7	50	955	1000	297	703	75	51	38	32	29	32	40	103	198	189	136	77

b) Gebietsniederschlag N - Précipitations N sur le bassin versant

Einzugsgebiet	N_{10-9}	N in ‰ von N_{10-9} in den Monaten - N en ‰ de N_{10-9} dans les mois de															
Bassin versant	$kgm^{-2}a^{-1}$	10-9	10-4	5-9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rhône/Porte du Scex, F = 5220 km^2	1361	1000	579	421	72	97	95	78	90	77	70	79	91	86	100	65

Tabelle 22 / Tableau 22. Fortsetzung / Continuation

c) Niederschläge N_g einiger Stationen - Précipitations N_g de quelques stations

Station	m ü.M.	N_{10-9}	N in ‰ von N_{10-9} in den Monaten - N en ‰ de N_{10-9} dans les mois de														
	m s.m.	$mm.a^{-1}$	10-9	10-4	5-9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Reckingen	1325	1108	1000	603	397	90	108	92	72	84	81	76	83	88	65	96	65
Zermatt	1638	738	1000	552	448	82	106	79	60	77	75	73	95	99	80	107	67
Sierre	565	641	1000	608	392	60	102	112	92	109	75	58	65	82	87	99	59
Grimentz	1565	782	1000	538	462	67	84	86	69	89	73	70	82	101	97	116	66
Orsières	915	784	1000	567	433	69	94	94	82	87	72	69	79	89	94	105	66
Les Diablerets	1162	1596	1000	557	443	61	84	95	79	89	74	75	79	93	100	105	66

1) Ausnahmen - Exceptions: 1965/66 - 1979/80 Abfluss - Ecoulement Massa/Blatten bei Naters, Rhone/Brig, Saltina/Brig.
1917/18 - 1934/35 Abfluss - Ecoulement Rhône/Sion

2) Im Jahre 1973 - En 1973 (Lit. 16)

3) G/F 1934 ungefähr - environ 206‰.

Tabelle 23. Regionale Verteilung der Niederschlagsmessstationen - Verhältnis der Niederschlagssummen zum Abfluss und Flächenanteil pro Station (Bezugsperiode: 1955/56 - 1979/80).

Tableau 23. Répartition régionale des stations pluviométriques - Rapport des précipitations aux débits et surface en km^2 par station (Période de référence: 1955/56 - 1979/80).

Teileinzugsgebiet Bassin versant partiell	F 1) km^2	z 2)	A 3) kgm^{-2}	$\frac{1}{z}\Sigma N_g$ 4) mm	$\frac{\frac{1}{z}\Sigma N_g}{A}$	$\frac{F}{z}$
Rhone/Brig	913	3	34 822	29 361	0.84	304
Visp/Visp	778	3	24 141	18 020	0.75	259
Oberwallis 5) Haut-Valais	1769	7	30 582	23 964	0.78	253
Mittelwallis 5) Valais central	1580	6	23 105	18 175	0.79	263
Unterwallis 5) Bas-Valais	1871	6	24 177	26 379	1.09	312
Rhône/Porte du Scex	5220	19	26 023	22 898	0.88	275

Bemerkungen zu Tabelle 23 - Remarques au tableau 23:

1) F: Fläche des Teileinzugsgebietes - Surface du bassin versant partiel

2) z: Anzahl Niederschlagsmessstationen - Nombre de stations pluviométriques

3) A: Abfluss nach Elimination der Einflüsse der Speicherung in Stauseen und der Wasserüberleitungen (vergleiche Seite 148).
- Ecoulement résultant de l'élimination de l'influence des retenues dans les lacs artificiels et des dérivations d'eau (confère page 148).

4) ΣN_g: Summe der in den z Stationen gemessenen Niederschläge
- Le total des précipitations mesurées aux z stations pluviométriques

5) Vergleiche Tabelle 21 - Voir tableau 21

Tabelle 24. Flächeninhalte der Höhenstufen, der Felsen und Schutthalden, der Wälder, der Gletscher und der Seen in ausgewählten Teileinzugsgebieten der Rhone von Porte du Scex. 1)

Tableau 24. Surfaces des zones d'altitude, des rochers et des éboulis, des forêts, des glaciers et des lacs de quelques bassins versant partiel du Rhône de Porte du Scex. 1)

Einzugsgebiet Bassin versant	Fläche Surface		Flächenanteile in Promillen Parts respectives, exprimées en millièmes								
			Höhenstufen Zones d'altitude m ü.M. / m s.m.				Felsen und Schutthalden Rochers et éboulis	Wälder Forêts	Firn und Gletscher Névés et glaciers	Seen / Lacs	Uebrige Gebiete Autres territoires
			300 — 1200	1200 — 2100	2100 — 3000	> 3000					
	km^2	°/oo	°/oo	°/oo	°/oo	°/oo					
a Massa bis Rhone	205	1000	5	71	445	479	193	18	712	2	75
b Rhone bis Saltina	833	1000	44	281	485	190	243	102	311	2	342
c Saltina bis Rhone	78	1000	92	402	474	32	232	239	108	0	421
d Rhone bis inkl.Saltina	911	1000	49	291	483	177	242	114	294	1	349
e Vispa bis Rhone	787	1000	32	192	442	334	277	95	359	0	269
f Lonza bis Rhone	162	1000	21	298	530	151	354	97	235	0	314
g=d+e+f	1860	1000	39	250	470	241	267	104	316	1	312
h Rhône jusqu'à la Sionne	3340	1000	97	270	452	181	263	133	229	1	374
i=h minus g	1480	1000	170	294	430	106	259	168	120	1	452
k Rhône/Porte du Scex	5220	1000	142	320	400	138	257	159	179	1	404
l=k minus h	1880	1000	222	409	307	62	247	206	89	1	457
m Drance jusqu'au Rhône	678	1000	91	309	445	155	284	154	188	1	373

1) Auszug aus - Extrait de (Lit. 24)

6.23 DIE 25-JAEHRIGE BEZUGSPERIODE VON 1955/56 BIS 1979/80

(Aperçu en français voir page 181)

Die 25-jährige Bezugsperiode dient zur "Eichung" des Gebietsniederschlags N. Nach der Bilanzgleichung von Seite 148 ist

$$N = A + (R + V), \text{ worin}$$

$$A = A_g + A_A - A_E + S$$

Gemessen sind die Grössen, welche den "natürlichen" Abfluss A bestimmen, geschätzt werden die gesamte Reservenänderung R und die Gebietsverdunstung V. Der Gebietsniederschlag N ergibt sich aus den in den einzelnen Stationen gemessenen Niederschlägen N_g mit der Beziehung

$$N = k \cdot \frac{1}{z} \sum_{1}^{z} N_g$$

z ist die Anzahl der Stationen. Der Proportionalitätsfaktor k wird weiter unten besprochen und in Tabelle 25 berechnet.

Für die Reservenänderungen R wird angenommen, dass für die Summe über 25 Jahre alle anderen Reservenänderungen gegenüber den Massenänderungen der Gletscher vernachlässigbar klein seien und sich die Gesamtheit der Gletscher im Einzugsgebiet spezifisch, d.h. auf die Flächeneinheit der Gletscher bezogen, gleich verhalte wie das Teilgebiet der Massa von Blatten bei Naters mit den Aletschgletschern. Für dieses Einzugsgebiet von 194.7 km^2 Fläche nahm die Masse der Gletscher von 1955/56 bis 1979/80 um $R_M = + 2341\ kgm^{-2}$ zu. Im Gebiet der Massa von Blatten sind 2/3 der Fläche vergletschert, in demjenigen der Rhone von Porte du Scex 1/7. Ist R* der von der Massa auf die Rhone umgerechnete Wert der Reservenänderung, so ist

$$R^* = R_M \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{7} = + 2342 \cdot \frac{3}{14} = + 502\ kgm^{-2},$$

pro Jahr also $$\overline{R^*} = \frac{502}{25} = 20.1\ kgm^{-2} \cdot a^{-1}$$

Der Kommissionsbericht der "Studiengruppe Verdunstung" (Lit. 3) zeigt, dass die Kenntnisse über die Gebietsverdunstung alpiner Gebiete noch sehr mangelhaft sind. Für mehrjährige Messperioden hat Lütschg (Lit. 13, 14) für die Differenz von Niederschlag minus Abfluss aus Regressionen auf die mittlere Höhe hm der Einzugsgebiete für hm = 2310 Meter über Meer Werte von 270 bis 281 $kgm^{-2}a^{-1}$ gefunden, Binggeli (Lit. 2) einen Wert von 308 $kgm^{-2}a^{-1}$. Für die Saaser Visp von Zermeiggern mit hm = 2850 Metern über Meer ergab sich für eine 14-jährige Periode unter Berücksichtigung der Massenänderungen der Gletscher eine Gebietsverdunstung von 344 $kgm^{-2}a^{-1}$ (Lit. 8). In Anbetracht der grossen Unsicherheiten wurde die Gebietsverdunstung V in der vorliegenden Studie invariant mit dem runden Wert von 300 $kgm^{-2}a^{-1}$ in Rechnung gestellt.

Die Bestimmung des Proportionalitätsfaktors k und des Gebietsniederschlages N ist in Tabelle 25 durchgeführt. In den folgenden Kapiteln wird vorausgesetzt, dass der Faktor k auch für die Einzeljahre und für deren Monate gültig sei. Der Gebietsniederschlag N ist mit den zusätzlichen Fehlern behaftet, die in Tabelle 25 von A, R und V auf ihn übertragen worden sind. Ein beträchtlicher Teil dieser Fehler fällt bei der Berechnung der Reservenänderungen R für die einzelnen Jahre in Kapitel 6.24 und für die Monate in Kapitel 6.25 wieder heraus (vergleiche auch Kapitel 6.27).

Tabelle 25. Bestimmung des Gebietsniederschlags N für das Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex in der Bezugsperiode 1955/56 - 1979/80

Tableau 25. Détermination des précipitations N sur le bassin versant du Rhône de Porte du Scex dans la période de référence de 1955/56 - 1979/80

Bilanzgrössen für das Einzugsgebiet von 5220 km^2 Grandeurs du bilan hydrologique du bassin versant de 5220 km^2		kgm^{-2}	$kgm^{-2}\ a^{-1}$
A_g	In Porte du Scex gemessener Abfluss Ecoulement mesuré à Porte du Scex	25 805	1032.2
A_A	Ableitung nach Alpe Cruina (Kraftwerke Aegina AG) Dérivation à l'Alpe Cruina (Forces Motrices Aegina SA)	88	3.5
A_E	Zufluss durch den "Collecteur Sud" (Kraftwerke Emosson AG) Apport par le "Collecteur Sud" (Forces Motrices d'Emosson SA)	46	1.8
S	Speicherung in den Stauseen Quantités d'eau retenues dans les lacs artificiels	176	7.0
A	"Natürlicher Abfluss" - "Ecoulement naturel" $A = A_g + A_A - A_E + S$	26 023	1040.9
R*	Massenänderung der Gletscher (vergleiche Seite 157) Bilan de masse des glaciers (confère page 157)	+502	+20.1
V	Gebietsverdunstung - Evapotranspiration	7 500	300.0
N	Gebietsniederschlag Précipitations sur le bassin versant $N = A + R^* + V$	34 025	1361.0
z	Anzahl Niederschlagsmessstationen z = 19 Nombre de Stations pluviométriques z = 19		
ΣN_g	Summe der in z Stationen gemessenen Niederschläge Somme des précipitations mesurées dans z stations	435 070	
$\frac{1}{z}\Sigma N_g$	Mittlerer pro Station gemessener Niederschlag Valeur moyenne par station des précipitations mesurées	22 898	915.9
k	$\underline{k} = \frac{z \cdot N}{\Sigma N_g} = \frac{34\ 025}{22\ 898} = \underline{1.4859}$		

6.24 DIE VORRATSAENDERUNGEN IN DEN EINZELNEN JAHREN DER BEZUGSPERIODE

(Aperçu en français voir page 181)

Mit Hilfe des in Tabelle 25 bestimmten Faktors k sind die Gebietsniederschläge N_{10-9} für die einzelnen Jahre der Bezugsperiode ermittelt worden. Tabelle 26 zeigt die Berechnung der Reservenänderungen R_{10-9} aus den Grössen der hydrologischen Bilanz. Die grösste positive Reservenänderung R_{10-9} trat 1964/65 mit +330 kgm^{-2} auf, die grösste negative mit -173 kgm^{-2} im Jahre 1958/59. Ausserhalb der Bezugsperiode wurde für das bekannte Schwundjahr 1946/47 ein Wert von R_{10-9} = -344 kgm^{-2} gefunden.

In der 25-jährigen Bezugsperiode war vorausgesetzt worden, dass die spezifischen Massenänderungen sämtlicher Gletscher im Einzugsgebiet von Porte du Scex gleich gross seien wie im Einzugsgebiet der Massa. Diese Annahme ist für Einzeljahre nicht mehr zulässig. Immerhin zeigen in Tabelle 26 die von der Massa auf die Rhone von Porte du Scex umgerechneten Reservenänderungen R^*_{10-9} in 22 Fällen das gleiche Vorzeichen wie die aus Niederschlag, Verdunstung und Abfluss des Einzugsgebietes von Porte du Scex gerechneten Reservenänderungen R_{10-9}. Nur in drei Fällen, bei relativ kleinen Werten, ist das Vorzeichen von R und R* verschieden (Jahre 1962/63, 1973/74 und 1978/79). In der 25-jährigen Bezugsperiode beträgt für R_{10-9} die mittlere quadratische Abweichung s_R = 148 $kgm^{-2}a^{-1}$, für die Differenzen $(R-R^*)_{10-9}$ noch $s_{(R-R^*)}$ = 63 $kgm^{-2}a^{-1}$.

Wenn als grobe Näherung vorausgesetzt wird, dass die jährlichen Reservenänderungen der Gebiete von Massa und Rhone allein den Massenänderungen der Gletscher zuzuschreiben und pro Flächeneinheit der Gletscher in beiden Einzugsgebieten gleich gross sind, so ist die Reststreuung von 63 $kgm^{-2}a^{-1}$ nur noch durch die Fehler von R und R* bedingt. Sind ρ und ρ^* die wahren Werte von R, beziehungsweise R*,und ε, beziehungsweise δ,ihre Fehler, so gilt:

$$R = \rho + \varepsilon \qquad \text{und} \qquad R^* = \rho^* + \delta$$

Für die Varianzen und Kovarianzen der beteiligten Zufallsgrössen ist

$$\text{Var}\ (R-R^*) = \text{Var}\ (R) + \text{Var}\ (R^*) - 2\ \text{Cov}\ (RR^*)$$

Unter der Annahme, dass die Fehler ε und δ voneinander und von den Grössen ρ und ρ^* unabhängig sind, lässt sich zeigen, dass grössenordnungsmässig gilt:

$$\text{Var}\ (\varepsilon) + \text{Var}\ (\delta) \leq \text{Var}\ (R-R^*) \approx (63)^2$$

Daraus folgt mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass der mittlere Fehler m_R von R_{10-9} kleiner als 63 kgm^{-2} ist. Mit der Annahme, dass die mittleren Fehler m_R von R_{10-9} und m_{R^*} von R^*_{10-9} gleich gross sind, wird

$$m_R = m_{R^*} = 63/\sqrt{2} \quad = 44.5\ kgm^{-2}$$

Weil die mittlere quadratische Abweichung s_{R-R^*} = 63 kgm^{-2} nicht nur durch die Fehler von R und R* bedingt ist, sondern zusätzlich auch noch durch die oben getroffene und für Einzeljahre nicht zulässige Annahme gleicher spezifischer Massenänderungen der Gletscher in beiden Einzugsgebieten, dürfte der mittlere Fehler m_R von R_{10-9} sogar kleiner als 44.5 kgm^{-2} sein.

Tabelle 26. Die Grössen der hydrologischen Bilanz für das Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex in den einzelnen Jahren der Bezugsperiode 1955/56 - 1979/80

Tableau 26. Les valeurs annuelles du bilan hydrologique du bassin versant du Rhône de Porte du Scex dans la période de référence de 1955/56 à 1979/80

Jahr	Bilanzgrössen / Composantes du bilan 1)									
	N 2)	V 2)	A_g 2)	A_A 2)	A_E 2)	S 2)	A 2)	R 3)	R* 4)	R-R*
1955/56	1296	300	964			5	969	+ 27	+ 60	- 33
56/57	1180	300	916			21	937	- 57	- 1	- 56
57/58	1371	300	1126			33	1159	- 88	- 93	+ 5
58/59	1137	300	1005			5	1010	- 173	- 153	- 20
59/60	1540	300	1019			9	1028	+ 212	+ 59	+ 153
1960/61	1313	300	1110			7	1117	- 104	- 25	- 79
61/62	1300	300	1079			10	1089	- 89	- 58	- 31
62/63	1370	300	1055			11	1066	+ 4	- 17	+ 21
63/64	1068	300	869			4	873	- 105	- 181	+ 76
64/65	1589	300	949			10	959	+ 330	+ 168	+ 162
1965/66	1538	300	1170			21	1191	+ 47	+ 88	- 41
66/67	1461	300	1114	6		3	1123	+ 38	+ 42	- 4
67/68	1412	300	1008	6		-17	997	+ 115	+ 95	+ 20
68/69	1385	300	1025	6		9	1040	+ 45	+ 44	+ 1
69/70	1468	300	1230	6		16	1252	- 84	- 18	- 66
1970/71	1141	300	949	6		- 4	951	- 110	- 100	- 10
71/72	1021	300	807	6		-24	789	- 68	- 31	- 37
72/73	1254	300	987	6		33	1026	- 72	- 75	+ 3
73/74	1171	300	882	6	4	15	899	- 28	+ 10	- 38
74/75	1471	300	1102	7	10	16	1115	+ 56	+ 81	- 25
1975/76	887	300	793	6	4	-38	757	- 170	- 97	- 73
76/77	1731	300	1124	7	4	33	1160	+ 271	+ 210	+ 61
77/78	1770	300	1184	7	7	2	1186	+ 284	+ 255	+ 29
78/79	1323	300	1077	6	6	- 5	1072	- 49	+ 23	- 72
79/80	1828	300	1261	7	11	1	1258	+ 270	+ 216	+ 54
Mittel	1361.0	300	1032.2	3.5	1.8	7.0	1040.9	20.1	20.1	0

1) In kgm^{-2}, bezogen auf das Gebiet von 5220 km^2/ En kgm^{-2}, rapportées au bassin de 5220 km^2.

2) Legende siehe Tabelle 25 / Légende voir tableau 25.

3) R = N - V - A = Aenderung der Wasservorräte / Variation des réserves en eau.

4) $R^* = \frac{3}{14} R_M$ mit/avec $R_M = R_{Massa/Blatten\ bei\ Naters}$ (Siehe Kapitel 6.23 / Voir chapitre 6.23)

6.25 DIE MONATSWERTE DER BILANZGROESSEN UND DEREN SUMMIERUNG UEBER AUSGEWAEHLTE JAHRE

(Aperçu en français voir page 181)

Für die Bestimmung der monatlichen Reservenänderungen ist ausser dem für die Schätzung des Gebietsniederschlags notwendigen Faktor k noch eine Annahme für die Verteilung der jährlichen Gebietsverdunstung auf die Monate zu treffen. Verwendet werden die "Hundertsätze der Landesverdunstung" nach Friedrich (Lit. 25), die in die Tabelle 27 übernommen worden sind. Die Werte stützen sich auf Lysimetermessungen in Eberswalde. Péguy hat nach Thornthwaite für Lyon (Lit. 17) nur wenig davon abweichende Relativwerte gerechnet.

Die Bilanzgrössen der Jahre 1973/74 und 1974/75 sind in den Tabellen 28 und 29 als Nachtrag zum 95. und 96. Gletscherbericht ausführlich dargestellt. Die entsprechenden Tabellen für die Jahre 1975/76 und 1976/77 sind in Kapitel 5 auf den Seiten 122 und 123 zu finden (Tabellen 12 und 13). Als extremes Schwundjahr ist das Jahr 1946/47 in Tabelle 30 aufgenommen. Mit Ausnahme des März sind die Reservenänderungen aller Monate dieses Jahres kleiner als im Durchschnitt der Bezugsperiode von 1955/56 bis 1979/80. Die Werte für R_{10-7}, R_{10-8} und R_{10-9} liegen sogar wesentlich tiefer als deren Minima.

Für die Bezugsperiode 1955/56 bis 1979/80 sind in den Tabellen 31 und 32 die Mittelwerte, Extremwerte und Streuungen der wichtigsten Bilanzgrössen Niederschlag, Abfluss und Reservenänderung zusammengestellt, ferner die auf die Mittelwerte bezogenen relativen Streuungen $s_N/\overline{N}$ und $s_A/\overline{A}$ für Niederschlag und Abfluss sowie die Variationsbreite $R_{max}-R_{min}$ für die Reservenänderungen, die in Tabelle 32 Werte bis 714 kgm^{-2} erreicht.

Die Summenlinien der monatlichen Reservenänderungen sind für die Jahre 1973/74, 1974/75 und 1946/47 in Abbildung 19 zusammen mit den Extrem- und Mittelwerten der Bezugsperiode aufgetragen. Diese Abbildung zeigt anschaulich, dass sich die Summenlinie der monatlichen Reservenänderungen als hydroklimatische Charakteristik zum Vergleich verschiedener Jahre eignet.

Tabelle 27. Verteilung der Gebietsverdunstung des Jahres auf die Monate
Tableau 27. Répartition de l'évapotranspiration annuelle sur les mois

	Monate Mois												Winter Hiver	Sommer Eté	Jahr Année
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 - 4	5 - 9	10 - 9
Prozentanteile Pourcentages	5	2	1	1	2	5	8	16	17	17	15	11	24	76	100
Monatsraten Mensualités kgm^{-2}	15	6	3	3	6	15	24	48	51	51	45	33	72	228	300

Tabelle 28. Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. Hydrologische Bilanz 1973/74.
Tableau 28. Bassin versant du Rhône à Porte du Scex. Bilan hydrologique en 1973/74.

a) Monatswerte in kg/m^2 - Valeurs mensuelles en kg/m^2

Jahr - année 1973/74	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	105	83	105	42	134	76	26	112	171	60	99	158
V	15	6	3	3	6	15	24	48	51	51	45	33
A_g	59	54	48	51	46	60	58	67	120	128	115	76
A_A-A_E	0	1	1	1	1	1	0	0	-1	0	-1	-1
S	-9	-21	-24	-27	-26	-31	-19	-2	35	59	61	19
A	50	34	25	25	21	30	39	65	154	187	175	94
R	40	43	77	14	107	31	-37	-1	-34	-178	-121	31
$\tilde{R}/\omega_R$	0.34	-1.06	-0.33	-1.46	0.28	-0.71	-1.85	1.71	2.00	-0.80	-0.84	2.14
U	170	123	133	70	161	121	89	225	376	298	319	285

Legende siehe Tabellen 12, 25 und 26 / Légende voir tableaux 13, 25 et 26.

b) Summenwerte in kg/m^2 - Valeurs mensuelles cumulées en kg/m^2

Jahr - année 1973/74	10	10-11	10-12	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6	10-7	10-8	10-9	5-9
N	105	188	293	335	469	545	571	683	854	914	1013	1171	600
V	15	21	24	27	33	48	72	120	171	222	267	300	228
A_g	59	113	161	212	258	318	376	443	563	691	806	882	506
A_A-A_E	0	1	2	3	4	5	5	5	4	4	3	2	-3
S	-9	-30	-54	-81	-107	-138	-157	-159	-124	-65	-4	15	172
A	50	84	109	134	155	185	224	289	443	630	805	899	675
R	40	83	160	174	281	312	275	274	240	62	-59	-28	-303
$\tilde{R}/\omega_R$	0.34	-0.61	-0.67	-1.26	-0.96	-1.04	-1.54	-1.22	-0.64	-0.94	-1.32	-0.48	1.34
U	170	293	426	496	657	778	867	1092	1468	1766	2085	2370	1503

Legende siehe Tabellen 12, 25 und 26 / Légende voir tableaux 13, 25 et 26.

$A = A_g + A_A - A_E + S$ $\quad R = N - A - V$ $\quad U = N + A + V$ $\quad \tilde{R} = R - \bar{R}$ $\quad \omega_R = 0.6745 \cdot s_R$

Tabelle 29. Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. Hydrologische Bilanz 1974/75
Tableau 29. Bassin versant du Rhône à Porte du Scex. Bilan hydrologique en 1974/75

a) Monatswerte in kg/m^2 - Valeurs mensuelles en kg/m^2

Jahr - année 1974/75	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	180	182	122	153	13	140	97	123	111	100	127	123
V	15	6	3	3	6	15	24	48	51	51	45	33
A_g	50	49	50	57	50	55	77	113	146	193	149	113
A_A-A_E	1	1	0	1	1	1	0	-1	-1	-1	-3	-2
S	-7	-16	-18	-22	-27	-35	-23	5	30	71	51	7
A	44	34	32	36	24	21	54	117	175	263	197	118
R	121	142	87	114	-17	104	19	-42	-115	-214	-115	-28
$\tilde{R}/\omega_R$	2.55	1.22	-0.16	0.83	-1.84	1.06	-0.25	0.10	0.03	-1.77	-0.67	0.56
U	239	222	157	192	43	176	175	288	337	416	369	274

Legende siehe Tabellen 12, 25 und 26 / Légende voir tableaux 13, 25 et 26.

b) Summenwerte in kg/m^2 - Valeurs mensuelles cumulées en kg/m^2

Jahr - année 1974/75	10	10-11	10-12	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6	10-7	10-8	10-9	5-9
N	180	362	484	637	650	790	887	1010	1121	1221	1348	1471	584
V	15	21	24	27	33	48	72	120	171	222	267	300	228
A_g	50	99	149	206	256	311	388	501	647	840	989	1102	714
A_A-A_E	1	2	2	3	4	5	5	4	3	2	-1	-3	-8
S	-7	-23	-41	-63	-90	-125	-148	-143	-113	-42	9	16	164
A	44	78	110	146	170	191	245	362	537	800	997	1115	870
R	121	263	350	464	447	551	570	528	413	199	84	56	-514
$\tilde{R}/\omega_R$	2.55	2.68	1.74	1.86	0.62	0.87	0.79	0.83	0.96	0.36	0.15	0.36	-0.59
U	239	461	618	810	853	1029	1204	1492	1729	2243	2612	2886	1682

Legende siehe Tabellen 12, 25 und 26 / Légende voir tableaux 13, 25 et 26.

Tabelle 30. Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. Hydrologische Bilanz im Jahre 1946/47.
Tableau 30. Bassin versant du Rhône à Porte du Scex. Bilan hydrologique en 1946/47.

a) Monatswerte in kg/m^2 - Valeurs mensuelles en kg/m^2

Jahr - année 1946/47	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	39	53	71	99	50	204	46	102	79	95	64	146
V	15	6	3	3	6	15	24	48	51	51	45	33
A_g	53	29	25	23	19	32	54	131	185	222	205	116
A_A-A_E												
S	-3	-4	-4	-3	-2	-1	0	3	4	5	3	0
A	50	25	21	20	17	31	54	134	189	227	208	116
R	-26	22	47	76	27	158	-32	-80	-161	-183	-189	-3
$\tilde{R}/\omega_R$	-1.46	-1.54	-0.82	-0.04	-1.09	2.36	-1.71	-1.39	-1.09	-0.94	-2.83	1.23
U	104	84	95	122	73	250	124	284	319	373	317	295

Legende siehe Tabellen 12, 25 und 26 / Légende voir tableaux 13, 25 et 26.

b) Summenwerte in kg/m^2 - Valeurs mensuelles cumulées en kg/m^2

Jahr - année 1946/47	10	10-11	10-12	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6	10-7	10-8	10-9	5-9
N	39	92	163	262	312	516	562	664	743	838	902	1048	486
V	15	21	24	27	33	48	72	120	171	222	267	300	228
A_g	53	82	107	130	149	181	235	366	551	773	978	1094	859
A_A-A_E													
S	-3	-7	-11	-14	-16	-17	-17	-14	-10	-5	-2	-2	15
A	50	75	96	116	133	164	218	352	541	768	976	1092	874
R	-26	-4	43	119	146	304	272	192	31	-152	-341	-344	-616
$\tilde{R}/\omega_R$	-1.46	-2.19	-2.16	-1.85	-2.25	-1.10	-1.56	-1.89	-2.57	-2.96	-4.22	-3.65	-1.52
U	104	188	283	405	478	728	892	1136	1455	1828	2145	2440	1588

Legende siehe Tabellen 12, 25 und 26 / Légende voir tableaux 13, 25 et 26.

Tabelle 31. Gebietsniederschlag N, Abfluss A und Aenderung R der Wasserreserven im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. Mittelwerte, Extremwerte und Standardabweichung s für die Monate der Bezugsperiode 1955/56 - 1979/80 in kgm^{-2}

Tableau 31. Précipitations N, écoulement A et variation R des reserves en eau dans le bassin versant du Rhône de Porte du Scex. Valeurs moyennes et extrêmes ainsi que l'écart-type s pour les mois de la période de référence de 1955/56 à 1979/80 en kgm^{-2}

Monate - mois	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N max	189	289	336	312	359	230	247	169	199	253	223	216
Jahre - ans	76,79	72	65	68	70	79	77	65	57	65	56	60
$\overline{N}$	98.6	132.1	129.0	105.8	121.8	105.0	95.8	106.9	124.4	117.2	136.5	87.9
N min	8	10	7	11	6	16	26	49	58	52	54	22
Jahre - ans	69	78	63	64	59	73	74	59	66	79	62	77
s_N	59.1	69.9	92.6	67.7	92.3	62.9	51.8	32.1	41.7	50.1	43.2	52.0
$s_N/\overline{N}$	0.60	0.53	0.72	0.64	0.76	0.60	0.54	0.30	0.34	0.43	0.32	0.59
A max	78	58	47	38	46	44	70	169	298	272	272	141
Jahre - ans	60	60	61	62	66	78	68	58	70	67	80	58
$\overline{A}$	56.2	37.2	29.2	24.9	25.3	29.6	43.9	103.4	189.6	214.3	183.5	103.8
A min	36	26	22	18	14	19	24	56	120	170	112	59
Jahre - ans	72	55	62	65,76,79	63,76	64,73	73	72	71	64	76	72
s_A	11.1	9.9	6.1	5.4	8.6	7.6	11.3	27.4	43.3	30.1	32.0	20.2
$s_A/\overline{A}$	0.20	0.27	0.21	0.22	0.34	0.26	0.26	0.27	0.23	0.14	0.17	0.20
R max	121	228	295	280	322	179	175	28	0	-14	8	75
Jahre - ans	74	72	65	68	70	79	77	65	71	65	68	60
$\overline{R}$	27.4	88.9	96.8	77.9	90.5	60.4	27.9	-44.5	-116.1	-148.1	-92.1	-48.9
R min	-61	-25	-23	-13	-23	-18	-37	-126	-246	-230	-226	-119
Jahre - ans	65,69	78	63	64	59	61,73	74	66	66	67	80	61
s_R	54.4	64.5	89.8	64.7	86.7	61.3	51.8	37.8	60.8	55.2	50.8	55.2
R max - R min	182	253	318	293	345	197	212	154	246	216	234	194

Legende siehe Tabellen 12, 25 und 26 / Légende voir tableaux 13, 25 et 26.

Tabelle 32. Gebietsniederschlag N, Abfluss A und Aenderung R der Wasserreserven im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. Mittelwerte, Extremwerte und Standardabweichung s für die Summe der Monate von Oktober bis September in der Bezugsperiode 1955/56 - 1979/80 in kgm^{-2}

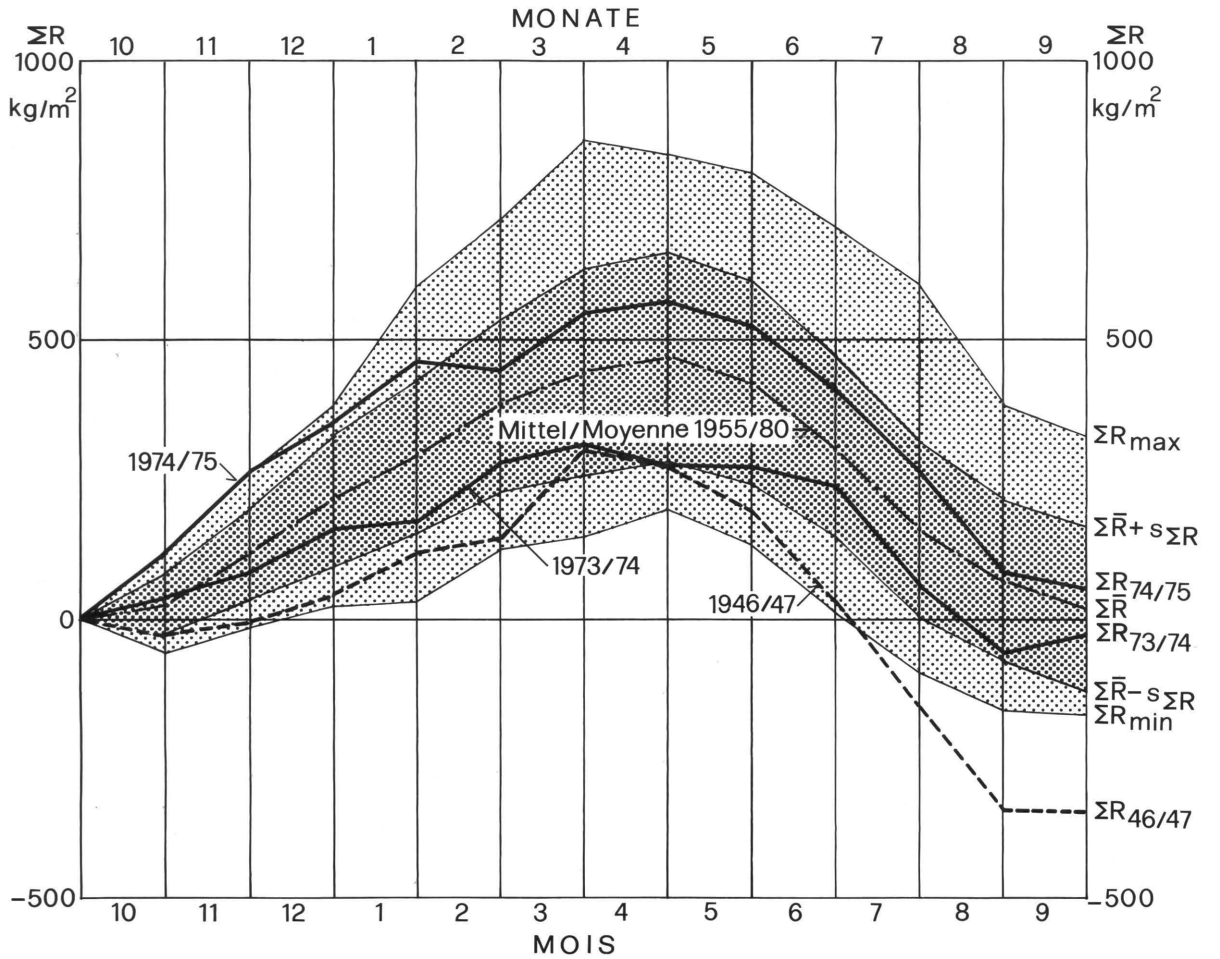
Tableau 32. Précipitations N, écoulement A et variation R des reserves en eau dans le bassin versant du Rhône de Porte du Scex. Moyennes et extrêmes des valeurs cumulées ainsi que les écart-types s pour les mois d'octobre à septembre de la période de référence de 1955/56 à 1979/80 en kgm^{-2}

Monate - mois	10	10-11	10-12	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6	10-7	10-8	10-9	5-9
N max	189	374	674	825	985	1177	1219	1328	1488	1674	1765	1828	909
Jahre-ans	76,79	79	79	79/80	79/80	79/80	79/80	79/80	79/80	79/80	79/80	79/80	65
$\overline{N}$	98.6	230.7	359.7	465.5	587.3	692.3	788.1	895.0	1019.4	1136.6	1273.1	1361.0	572.9
N min	8	80	152	186	323	364	471	524	593	712	801	887	333
Jahre-ans	69	78	56	56/57	63/64	75/76	75/76	75/76	75/76	75/76	75/76	75/76	62
s_N	59.1	90.2	126.8	152.6	176.0	208.4	214.9	221.7	220.1	230.0	234.7	232.0	128.8
$s_N/\overline{N}$	0.60	0.39	0.35	0.33	0.30	0.30	0.27	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.22
A max	78	136	170	199	238	270	326	463	716	920	1126	1258	999
Jahre-ans	60	60	60	79/80	79/80	79/80	60/61	65/66	65/66	69/70	69/70	79/80	70
$\overline{A}$	56.2	93.4	122.6	147.5	172.8	202.4	246.3	349.7	539.3	753.6	937.1	1040.9	794.6
A min	36	68	93	117	134	158	191	249	384	578	697	757	555
Jahre-ans	72	55	55	71/72	62/63	71/72	55/56	71/72	71/72	71/72	75/76	75/76	76
s_A	11.1	17.2	21.6	24.8	28.8	33.0	39.8	53.0	82.4	100.2	118.0	131.0	108.2
$s_A/\overline{A}$	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.13	0.13	0.13	0.14
R max	121	263	485	599	714	859	833	802	705	602	385	330	-80
Jahre-ans	74	74	79	79/80	79/80	79/80	79/80	79/80	79/80	79/80	76/77	64/65	65
$\overline{R}$	27.4	116.3	213.1	291.0	381.5	441.9	469.8	425.3	309.2	161.1	69.0	20.1	-449.7
R min	-61	-19	20	30	126	145	197	134	11	-95	-163	-173	-739
Jahre-ans	65,69	78	56	56/57	63/64	75/76	75/76	75/76	75/76	75/76	75/76	58/59	70
s_R	54.4	81.3	116.9	138.0	155.5	185.3	187.4	183.2	160.2	156.7	143.9	147.9	162.2
Rmax - Rmin	182	282	465	569	588	714	636	668	694	697	548	503	659

Legende siehe Tabellen 12, 25 und 26 / Légende voir tableaux 13, 25 et 26.

Abbildung 19. Summenlinien der monatlichen Aenderungen der Wasservorräte im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex für die Jahre 1973/74, 1974/75 und 1946/47, im Vergleich zu den Extremwerten und Mittelwerten der Bezugsperiode 1955/56 bis 1979/80

Figure 19. Variations mensuelles cumulées des réserves en eau dans le bassin versant du Rhône de Porte du Scex, en 1973/74, 1974/75 et 1946/47, comparées avec les valeurs extrêmes et moyennes de la période de référence de 1955/56 à 1979/80



6.26 DIE NORMIERTEN ABWEICHUNGEN DER VORRATSAENDERUNGEN VON DEN MITTELWERTEN DER BEZUGSPERIODE 1955/56 BIS 1979/80

(Aperçu en français voir page 182)

In den Tabellen 33 und 34 sind die Monatswerte der Reservenänderungen R und deren Summen über das Jahr als Vielfache $(R - \bar{R})/\omega_R$ der wahrscheinlichen Abweichungen ω_R von den Mittelwerten eingetragen. Es ist

$$\omega_R = 0.6745 \cdot s_R = 0.6745 \cdot \sqrt{\Sigma(R - \bar{R})^2/(n - 1)},$$

worin s_R die mittlere quadratische Abweichung und n = 25 den Umfang der Stichproben von je 25 Jahren (1955/56 bis 1979/80) bedeuten. In einer Normalverteilung liegen 50% der Werte innerhalb von $-\omega_R$ und $+\omega_R$, die Abweichungen $-\omega_R$ und $+\omega_R$ entsprechen genau dem 1. und 3. Quartil. Näherungsweise liegen das 1. und 11. Duodezil bei $-2\omega_R$ und $+2\omega_R$ (Lit. 21). Im Gegensatz zum Niederschlag und zum Abfluss sind die Reservenänderungen R für Monatswerte ungefähr normal verteilt. Die Verteilungen sind nahezu symmetrisch und beidseits des Mittelwertes gibt es keine definierte Grenze. Werden die 12 Stichproben der 12 Monate von je 25 Jahren zusammengezählt, stehen 144 positiven Abweichungen 156 negative gegenüber, wobei die Anzahl der positiven in einzelnen Monaten leicht überwiegt. Zwischen dem 1. und 3. Quartil liegen 146, ausserhalb davon 154 Werte. Die statistischen Verteilungen der Reservenänderungen R wurden mit dem Chi-Quadrat-Test überprüft. Wird bei einer statistischen Sicherheit ≥ 0.90 auf eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung geschlossen, so dürfen sämtliche Monatswerte R_{10}.....R_9 sowie die kumulierten Werte R_{10-11} bis R_{10-5} als normal verteilt angenommen werden. Signifikante Abweichungen ergaben sich für R_{10-6} (statistische Sicherheit 0.910), R_{10-7} (0.956), R_{10-8} (0.998), R_{10-9} (0.966) und R_{5-9} (0.926). Durch die Transformation $R \rightarrow \ln(R + a)$ gehen auch R_{10-6}, R_{10-7} und R_{10-9} mit Werten von a = 220, 270 und 200 mit guter Annäherung in eine Normalverteilung über. Zum Teil dürfte die Abweichung von der Normalverteilung bei diesen voneinander abhängigen kumulierten Werten eine zufällige Eigenschaft der benützten Stichprobe von nur 25 Jahren sein, die mehrere positive Abweichungen enthält, die nur einmal in etwa 50 Jahren auftreten sollten. Die Werte von +330 kgm^{-2} im Jahre 1964/65 und, ausserhalb der Stichprobe, von -344 kgm^{-2} im Jahre 1946/47 dürften sogar säkulare Ereignisse sein. Die Verteilung von R_5, R_{10-4}, R_{10-9} und $\ln(R_{10-9} + 200)$ sind als Beispiele in den Abbildungen 20a bis 20d aufgezeichnet.

Für die vergleichende Beurteilung der Reservenänderungen käme auch die Darstellung mit Quantilen in Frage. Bei Stichproben von nur 25 Jahren ist die Anpassung von Normalverteilungen mittels Mittelwert und Streuung vorzuziehen, wenn diese Anpassung, wie für die Reservenänderungen oben gezeigt, in der Regel befriedigend ist. Die Vielfachen der wahrscheinlichen Abweichung ω_R von den Mittelwerten sind normierte lineare Massstäbe und erlauben näherungsweise Aussagen über die Wahrscheinlichkeit des Auftretens. Bei einer Normalverteilung tritt eine positive und eine negative Abweichung von 1ω im Durchschnitt einmal in 4.0 Jahren auf, eine Abweichung von 2ω einmal in 11.2 Jahren, von 3ω in 45.4 und 4ω in 250 Jahren. Auf Grund der Wahrscheinlichkeit des Auftretens können die Abweichungen von den Mittelwerten wie folgt klassiert werden:

	$\frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$<$	-3	extrem grosser Abbau
-3	$\leqq \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$<$	-2	sehr grosser Abbau
-2	$\leqq \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$<$	-1	grosser Abbau
-1	$\leqq \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$\leqq$	1	normale Aenderung
1	$< \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$\leqq$	2	grosser Zuwachs
2	$< \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$\leqq$	3	sehr grosser Zuwachs
3	$< \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$			extrem grosser Zuwachs

Die normierten Abweichungen $\frac{R-\overline{R}}{\omega_R}$ eignen sich sowohl für Vergleiche innerhalb einer Zeitreihe als auch für den regionalen Vergleich von verschiedenen Einzugsgebieten in einem bestimmten Beobachtungsjahr. Die räumliche Verteilung der normierten Abweichungen von den Mittelwerten kann durch eine Isolinienkarte mit $\frac{R-\overline{R}}{\omega_R}$ als Parameter dargestellt werden, wenn für den betrachteten Zeitabschnitt die Werte einer genügend grossen Anzahl von Einzugsgebieten bekannt sind.

Tabelle 33. Die Aenderungen der Wasserreserven im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. Standardisierte Abweichungen $\tilde{R}/\omega_R$ von den Mittelwerten $\bar{R}$ für die Monate Oktober bis September. Bezugsperiode 1955/56 - 1979/80

Tableau 33. Les variations des réserves en eau dans le bassin versant du Rhône de Porte du Scex. Déviations standardisées $\tilde{R}/\omega_R$ des valeurs mensuelles d'octobre à septembre par rapport aux valeurs moyennes $\bar{R}$. Période de référence 1955/56 - 1979/80

	Jahr - année	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{R}$	1955/56-79/80	27.40	88.92	96.80	77.92	90.52	60.40	27.84	-44.48	-116.16	-148.12	-92.08	-48.88
ω_R	1955/56-79/80	36.67	43.48	60.60	43.65	58.47	41.32	34.96	25.49	41.01	37.26	34.25	37.27
$\frac{\tilde{R}}{\omega_R}$	1955/56	-0.7	-2.3	0.6	0.7	-1.8	-0.5	0.8	1.0	0.4	1.9	1.6	-0.4
	56/57	-0.1	-1.8	-1.8	-1.6	2.7	-1.9	-1.8	2.1	1.5	0.6	0.4	0.5
	57/58	-1.7	-1.4	-0.2	0.9	2.2	-0.5	-0.5	-2.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6
	58/59	0.8	-0.9	0.1	1.4	-1.9	-1.3	1.2	-2.0	0.0	-0.1	-0.3	-1.6
	59/60	0.7	-1.0	1.8	-0.7	0.0	-0.8	-1.8	-1.1	-0.2	2.5	1.4	3.3
	1960/61	1.8	0.0	-1.2	-0.1	0.9	-1.9	0.5	-0.4	-0.4	0.5	-0.9	-1.9
	61/62	0.8	-1.1	0.9	1.7	0.0	0.6	0.1	-0.3	-1.7	-0.9	-3.1	-0.9
	62/63	-1.7	0.2	2.0	-1.0	-0.8	2.2	-0.9	-1.3	0.1	-1.6	1.3	-0.3
	63/64	-0.1	1.3	-2.0	-2.1	-1.7	0.1	1.6	0.5	0.4	-0.2	0.7	0.6
	64/65	0.9	-0.2	-1.0	-0.1	-1.4	1.3	0.3	2.8	-0.3	3.6	1.6	3.2
	1965/66	-2.4	1.9	3.3	0.3	1.0	-0.1	0.2	-3.2	-3.2	0.1	0.7	-1.6
	66/67	1.0	0.0	1.1	-0.8	0.4	1.2	-1.2	1.7	-1.2	-2.2	-0.5	0.8
	67/68	-1.1	-1.5	-0.8	4.6	-0.9	-1.2	-1.5	0.3	-0.4	0.7	2.9	2.1
	68/69	-1.5	1.7	0.7	-1.2	-0.7	-1.5	1.1	-0.3	2.0	-0.1	0.6	-0.3
	69/70	-2.4	0.2	-0.6	-0.9	4.0	0.5	2.4	-0.9	-2.8	-2.1	-0.4	-1.6
	1970/71	0.1	-0.8	-1.4	-0.7	-1.3	1.3	-1.3	1.2	2.8	-0.8	0.4	-1.0
	71/72	-1.6	2.2	-1.7	-1.4	-0.4	-1.3	0.9	1.3	2.0	-0.6	-0.3	0.1
	72/73	0.0	3.2	-1.8	-1.1	-0.6	-1.9	0.7	-1.7	1.4	2.0	-1.9	-0.3
	73/74	0.3	-1.1	-0.3	-1.5	0.3	-0.7	-1.9	1.7	2.0	-0.8	-0.8	2.1
	74/75	2.6	1.2	-0.2	0.8	-1.8	1.1	-0.3	0.1	0.0	-1.8	-0.7	0.6
	1975/76	-1.3	1.4	-1.9	-1.4	-1.0	-1.8	0.7	-0.7	-0.2	1.1	0.7	1.1
	76/77	2.4	-0.3	1.3	0.4	0.9	-0.3	4.2	0.6	-1.2	-0.1	-0.2	-1.7
	77/78	1.7	0.7	-0.3	1.9	1.4	2.5	-1.3	1.4	0.4	-1.4	0.0	-0.8
	78/79	-0.6	-2.6	1.0	0.8	-0.0	2.9	-0.7	-1.4	-1.8	-1.6	1.4	-0.0
	79/80	2.1	0.9	2.6	0.8	0.4	2.0	-1.5	0.5	0.5	1.2	3.9	-1.5

Tabelle 34. Die Aenderungen der Wasserreserven im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex. Standardisierte Abweichungen $\tilde{R}/\omega_R$ von den Mittelwerten $\bar{R}$ für die Summenlinien der Monate Oktober bis September. Bezugsperiode: 1955/56 - 1979/80

Tableau 34. Les variations des réserves en eau dans le bassin versant du Rhône de Porte du Scex. Déviations standardisées $\tilde{R}/\omega_R$ des valeurs mensuelles cumulées d'octobre à septembre par rapport aux valeurs moyennes $\bar{R}$. Période de référence: 1955/56 - 1979/80

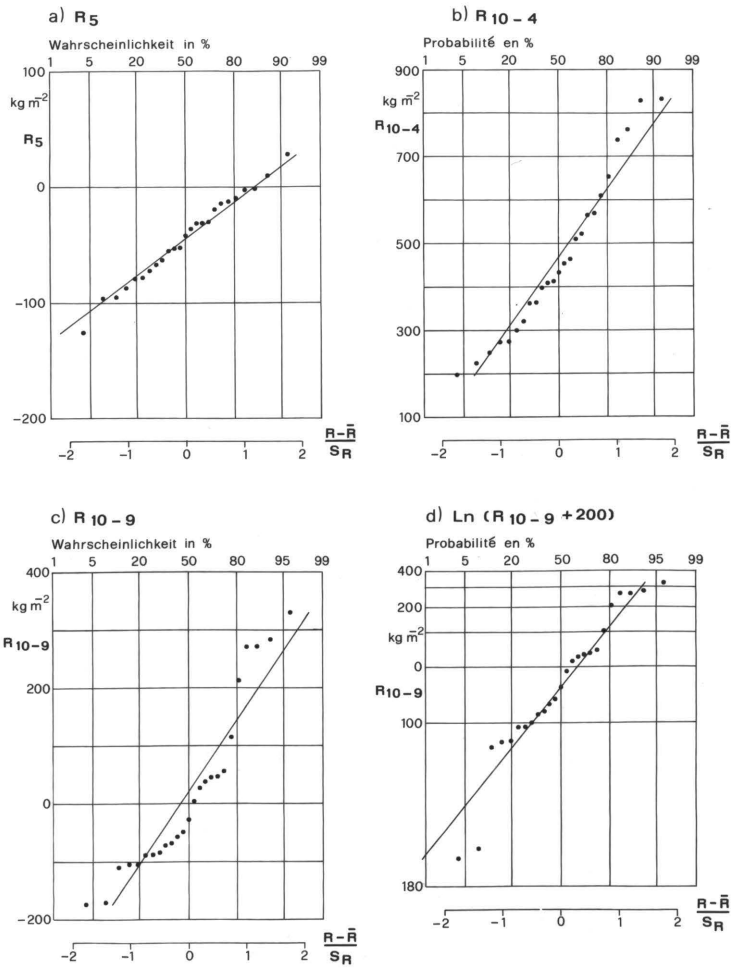
	Jahr - année	10	10-11	10-12	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6	10-7	10-8	10-9	5-9
$\bar{R}$	1955/56-79/80	27.40	116.32	213.12	291.04	381.56	441.96	469.80	425.32	309.16	161.04	68.96	20.08	-449.72
ω_R	1955/56-79/80	36.67	54.83	78.86	93.06	104.89	124.98	126.43	123.54	108.08	105.71	97.05	99.79	109.39
$\frac{\tilde{R}}{\omega_R}$	1955/56	-0.7	-2.3	-1.1	-0.6	-1.5	-1.4	-1.2	-1.0	-1.0	-0.3	0.2	0.1	1.4
	56/57	-0.1	-1.5	-2.4	-2.8	-1.0	-1.5	-1.9	-1.6	-1.2	-1.0	-1.0	-0.8	1.5
	57/58	-1.7	-2.2	-1.7	-1.0	0.3	0.1	-0.0	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-1.1	-0.9
	58/59	0.8	-0.2	-0.1	0.6	-0.5	-0.9	-0.6	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.9	-1.1
	59/60	0.7	-0.3	1.1	0.6	0.6	0.2	-0.3	-0.5	-0.7	0.2	0.7	1.9	2.1
	1960/61	1.8	1.2	-0.1	-0.1	0.4	-0.3	-0.1	-0.2	-0.4	-0.2	-0.6	-1.2	-1.0
	61/62	0.8	-0.3	0.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	0.6	0.3	-0.8	-1.1	-2.3
	62/63	-1.7	-1.0	0.8	0.3	-0.2	0.6	0.3	0.1	0.1	-0.4	-0.0	-0.2	-0.5
	63/64	-0.1	0.9	-0.9	-1.7	-2.4	-2.0	-1.6	-1.5	-1.6	-1.6	-1.5	-1.3	0.6
	64/65	0.9	0.5	-0.5	-0.5	-1.2	-0.6	-0.5	0.1	0.0	1.3	2.0	3.1	3.4
	1965/66	-2.4	-0.1	2.4	2.2	2.5	2.1	2.1	1.5	0.5	0.6	0.9	0.3	-2.2
	66/67	1.0	0.7	1.3	0.7	0.9	1.1	0.8	1.1	0.8	0.1	-0.1	0.2	-0.7
	67/68	-1.1	-1.9	-1.9	0.6	-0.0	-0.4	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	0.2	1.0	1.8
	68/69	-1.5	0.4	0.8	0.1	-0.3	-0.8	-0.4	-0.5	0.2	0.1	0.4	0.2	0.7
	69/70	-2.4	-1.4	-1.4	-1.6	0.8	0.8	1.5	1.3	0.4	-0.3	-0.5	-1.0	-2.6
	1970/71	0.1	-0.6	-1.5	-1.6	-2.2	-1.4	-1.7	-1.5	-0.7	-1.0	-0.9	-1.3	0.8
	71/72	-1.6	0.7	-0.8	-1.3	-1.4	-1.6	-1.3	-1.1	-0.5	-0.8	-0.9	-0.9	0.7
	72/73	0.0	2.6	0.4	-0.2	-0.5	-1.0	-0.8	-1.2	-0.8	-0.1	-0.8	-0.9	0.1
	73/74	0.3	-0.6	-0.7	-1.3	-1.0	-1.0	-1.5	-1.2	-0.6	-0.9	-1.3	-0.5	1.3
	74/75	2.6	2.7	1.7	1.9	0.6	0.9	0.8	0.8	1.0	0.4	0.2	0.4	-0.6
	75/76	-1.3	0.2	-1.3	-1.8	-2.1	-2.4	-2.2	-2.4	-2.8	-2.4	-2.4	-1.9	0.8
	76/77	2.4	1.4	1.9	1.8	2.1	1.7	2.8	3.0	3.0	3.0	3.3	2.5	-1.0
	77/78	1.7	1.7	0.9	1.7	2.3	2.7	2.3	2.7	3.2	2.8	3.0	2.6	-0.3
	78/79	-0.6	-2.5	-1.0	-0.4	-0.4	0.6	0.4	0.2	-0.5	-1.1	-0.7	-0.7	-1.1
	79/80	2.1	2.1	3.4	3.3	3.2	3.3	2.9	3.0	3.7	4.2	3.2	2.5	-1.0

Abbildung 20. Variation der Wasserreserven R im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex in der Bezugsperiode 1955/56 bis 1979/80. Vergleich der empirischen Verteilung von R_5, R_{10-4} und R_{10-9} mit einer angepassten Normalverteilung.

Figure 20. Variations des réserves en eau dans le bassin versant du Rhône de Porte du Scex dans la période de référence de 1955/56 à 1979/80. Comparaison de la distribution empirique de R_5, R_{10-4} et R_{10-9} avec une distribution normale ajustée.

Aenderungen Variations	$\bar{R}$ kgm^{-2}	s_R kgm^{-2}	ω_R kgm^{-2}	Test-χ^2 % 1)
a) R_5	- 44.5	37.8	25.5	15.5
b) R_{10-4}	469.8	187.4	126.4	29.9
c) R_{10-9}	20.1	147.9	99.8	96.6
d) $\ln(R_{10-9}+ 200)$				59.5

1) Irrtumswahrscheinlichkeit / Niveau de signification



6.27 SCHLUSSBEMERKUNGEN MIT HINWEISEN AUF DIE FEHLERQUELLEN UND DIE GENAUIGKEIT DER BERECHNUNG DER VORRATSAENDERUNGEN

(Aperçu en français voir page 183)

In Kapitel 6.24 (Seite 159) wurden die Reservenänderungen in den Einzugsgebieten der Massa von Blatten bei Naters und der Rhone von Porte du Scex für die Einzeljahre der Bezugsperiode miteinander verglichen. Dabei ergab sich, dass der mittlere Fehler in der Bestimmung von R_{10-9} kleiner als 44.5 kgm^{-2} sein sollte. Welche Fehler von R_{10-9} sind nun von den einzelnen Grössen Gebietsniederschlag N, Gebietsverdunstung V und Abfluss A der Bilanzgleichung

$$R = N - A - V$$

zu erwarten?

Wie Kapitel 6.23 mit Tabelle 25 zeigt, gehen die Fehler von A, V und R vorerst in die Bestimmung des Gebietsniederschlags für die gesamte Bezugsperiode ein. Ein grosser Teil der Fehler, die bei der Eichung des Gebietsniederschlags in der Bezugsperiode auf N übergehen, fallen in den späteren Arbeitsgängen wieder heraus. Dies gilt für die systematischen Fehler, sofern diese keinen Trend aufweisen.

In der nachfolgenden Fehlerabschätzung wird vorausgesetzt, dass es sich nur um zufällige und voneinander unabhängige Fehler handle. Zudem bezieht sich die Betrachtung auf Jahreswerte. m_N sei der mittlere Fehler des Gebietsniederschlages N, m_V derjenige der Gebietsverdunstung V und m_A der mittlere Fehler des Abflusses A in Porte du Scex. Haben alle diese Fehler das gleiche Gewicht, so wird der mittlere Fehler m_R der jährlichen Reservenänderung R_{10-9}:

$$m_R = \sqrt{m_N^2 + m_V^2 + m_A^2}$$

Mit $m_N = 20\ kgm^{-2}$ und $m_A = 10\ kgm^{-2}$ nimmt m_R folgende Werte an:

$$m_R = 37\ kgm^{-2} \text{ für } m_V = 30\ kgm^{-2}$$

oder

$$m_R = 46\ kgm^{-2} \text{ für } m_V = 40\ kgm^{-2}$$

Mit den vorliegenden Grundlagen sind die Reservenänderungen nicht nur für die Bezugsperiode 1955/56 bis 1979/80 zu bestimmen, sondern auch für die Gletscherberichte in den darauf folgenden Jahren, bis sich eine Revision mit einer erweiterten nachgeführten Bezugsperiode aufdrängt. Mit den nachstehenden Bemerkungen sollen vergleichende Untersuchungen an anderen Einzugsgebieten sowie ein Entscheid über eine allfällige Neubearbeitung für Porte du Scex erleichtert werden.

In Bezug auf den Gebietsniederschlag ist die Methode nur empfindlich auf die Annahme, dass sich die Summe der gemessenen Niederschläge zum Gebietsniederschlag in jedem Jahr gleich verhalte. Diese Annahme dürfte umso besser erfüllt sein, je mehr Messstationen verwendet werden und je besser diese über das Einzugsgebiet verteilt sind. Von A.Lemans sind Gebietsniederschläge für zahlreiche Einzugsgebiete, u.a. auch für die Rhone von Porte du Scex

bestimmt worden (Lit. 12). Es ist von Interesse, die unabhängig voneinander entstandenen Resultate zu vergleichen. Die Daten von Lemans umfassen die Monatswerte für die 72-jährige Bezugsperiode von 1901 bis 1972. Für die Rhone von Porte du Scex verwendet er 20 Stationen, von denen 16 auch zu den hier verwendeten 19 Messstellen gehören. Das Netz von Lemans erfüllt die Bedingungen in Tabelle 23 ungefähr gleich gut wie das hier verwendete. Eine Umrechnung der Jahreswerte von Lemans für den gemeinsamen Zeitabschnitt 1955/56 bis 1971/72 der Bezugsperioden ergibt für R_{10-9} Differenzen zu den hier verwendeten Daten mit einer mittleren quadratischen Abweichung von 18 kgm^{-2}. Die Unterschiede in den umgerechneten mittleren Monatssummen der gemeinsamen Periode betragen im Maximum 4.4 kgm^{-2}. Die Unterschiede beider Arbeiten in der Verteilung des Jahresniederschlags auf die Monate sind für den gemeinsamen Zeitabschnitt kleiner als innerhalb jeder Arbeit für die gewählte Bezugsperiode und den gemeinsamen Zeitabschnitt. Bei einer späteren Revision dieser Arbeit sollte deshalb geprüft werden, wie repräsentativ die für eine Bezugsperiode gefundenen Beziehungen für die anschliessenden Jahre sein können. In der Abschätzung des mittleren Fehlers m_R der Reservenänderung R_{10-9} ist mit einem absoluten mittleren Fehler m_N des Gebietsniederschlags von 20 kgm^{-2} gerechnet worden. Dies würde für die Jahreswerte der einzelnen Messstellen einem Wert von ungefähr 6% für den relativen mittleren Fehler entsprechen, sofern dieser für jede der 19 verwendeten Stationen gleich gross angenommen wird. Bei der Bestimmung der Reservenänderungen nach dem Jahre 1977 bringt die Umstellung auf das automatische Netz "ANETZ" der SMA gewisse zusätzliche Unsicherheiten. Bis zu einer allfälligen Revision dieser Studie dürften aber die Beziehungen der ANETZ-Resultate zu den früheren Messreihen besser bekannt sein als heute. Es könnte auch geprüft werden, ob weitere Verbesserungen zum Beispiel durch Einbezug von Niederschlagsmessstationen ausserhalb des Einzugsgebietes oder durch verschiedene Gewichte aufgrund von Regressionen des Niederschlags auf den Abfluss von Teilgebieten zu erzielen wären. Auch die Anwendung der Grosswetterlagenstatistik wäre zu erwägen (Lit. 18, 19). Schliesslich erscheinen auch immer wieder neue Arbeiten über die Fehler der Niederschlagsmessung (Lit. 1, 15, 20).

Der Fehler in der Annahme der mittleren Jahresverdunstung fällt im Verlauf der Berechnung von R wieder heraus. Die Annahme der Invarianz dagegen kann in einzelnen Jahren zu relativ grossen Fehlern führen. Die Gebietsverdunstung in hochgelegenen alpinen Einzugsgebieten ist zwar klein, für die mittlere quadratische Abweichung ihrer Jahreswerte vom Mittelwert wurde aber bei der Fehlerbetrachtung für das Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex ein relativ grosser Wert von 30 bis 40 kgm^{-2} eingesetzt. Es ist denkbar, dass diese Schätzung zu hoch ist, weil sich Schwankungen der Verdunstung in verschiedenartigen Teilen des Einzugsgebietes gegenseitig teilweise kompensieren können. An niederschlagsfreien Tagen mit hohen Lufttemperaturen zum Beispiel überwiegt unterhalb etwa 3000 Metern auf Gletschern in der Regel die Kondensation, höher oben wie auch auf Felsen und Schutthalden ist die Verdunstung sehr klein, auf bewässertem Kulturland dagegen relativ gross, im allgemeinen auch im Wald. Für die Abschätzung der relativen Schwankungen der Gebietsverdunstung ist die Anwendung von Formeln problematisch, die keine Rücksicht auf die ausgedehnten Gletschergebiete, Felsen und Schutthalden nehmen. Auch in den ariden Teilgebieten, wo die Verdunstungsbereitschaft oft

fehlt, eignen sich Formeln über die potentielle Verdunstung nicht. Weil die Verdunstung im Winter in der Regel klein ist gegenüber den Werten im Sommer, ist der Fehlereinfluss auf R im Winter auch viel geringer als im Sommer. Dies wirkt sich günstig auf die Bestimmung von R in der Aufbauperiode des Jahres von Oktober bis etwa Ende März aus. Die Verdunstung ist über den Energiehaushalt ein wichtiger Faktor für den Abfluss und damit für den Massenhaushalt der Gletscher (Lit. 11). Ueber den Energiehaushalt und mit gezielten Lysimetermessungen könnten Fortschritte erzielt werden. Hiefür wäre eine eingehende Kenntnis der Einzugsgebiete im Hinblick auf die Flächenverteilung mit der Meereshöhe, die Exposition, Oberflächenbeschaffenheit, Vegetation, Bewirtschaftung usw. notwendig. Tabelle 24 mit Hinweisen auf (Lit. 23 und 24) ist als Anregung in dieser Richtung gedacht.

Bei den Jahresabflussmengen A wird vorausgesetzt, dass ein allfälliger nicht erfasster Grundwasserabfluss ausserhalb des Messgerinnes proportional zu dem im Gerinne gemessenen Wert sei und damit im Rechnungsgang für die Reservenänderung zwar vorerst als Fehler in den Niederschlag eingehe (Tabelle 25), aber nachher (Tabelle 26) zum grössten Teil wieder verschwinde. Die Fehlerbestimmung für die Abflussmessung ist eine sehr komplexe Angelegenheit (Lit. 22). Eine genaue Betrachtung würde eingehende Kenntnisse über die Messstation, die Eichungen und Messungen erfordern. Für die wichtige Abflussmessstation von Porte du Scex in der kanalisierten Rhone, in der nach dem Ausbau der Wasserkräfte keine sehr niedrigen Wasserstände mehr vorkommen und die Wasserführung verhältnismässig ausgeglichen ist, wurde in unserer Fehlerbetrachtung trotz der beweglichen Sohle für die Jahresabflussmenge A_g vielleicht eher optimistisch mit einem zufälligen mittleren Fehler von 10 kgm^{-2} gerechnet, entsprechend etwa 1% der Abflussmenge. Nach einer Abschätzung von E.Walser wäre sogar ein Wert von 0.6% noch vertretbar (persönliche Mitteilung). Die Jahreswerte der Volumenänderungen in den Stauseen und der beiden Ueberleitungen sind viel kleiner als A_g. Die Bestimmung dieser kleineren Grössen sollte genau genug sein, dass auch dem "natürlichen" Jahresabfluss A die gleiche relative Genauigkeit von etwa 1% zugeschrieben werden darf.

Die Möglichkeiten für eine genauere Bestimmung der Reservenänderungen ist begrenzt. Unter der Annahme, dass im Einzugsgebiet der Rhone von Porte du Scex für Jahreswerte die mittleren Fehler m_N für den Gebietsniederschlag auf 15 kgm^{-2} und m_V für die Gebietsverdunstung auf 20 kgm^{-2} gesenkt werden könnten, bei m_A = 10 kgm^{-2} für den Abfluss, ergäbe sich für die Reservenänderung R_{10-9} ein Wert von m_R = 27 kgm^{-2}. Bei einer Variationsbreite von $-344\ kgm^{-2} \leq R_{10-9} \leq +330\ kgm^{-2}$ ist die Berechnung von R_{10-9} für das zu einem Siebentel vergletscherte Abflussgebiet von Porte du Scex auch bei $m_R = \sim 40\ kgm^{-2}$ noch sinnvoll. Anders ist es für voralpine Abflussgebiete ohne Gletscher, wo R_{10-9} in jedem Jahr in der gleichen Grössenordnung wie der Fehler m_R ist, wie im Beispiel des gesamten Thurgebietes (Lit. 22). Auch in solchen Gebieten bleibt die Bestimmung der Summenlinie der Reservenänderung über das Jahr interessant; dies ist nicht nur als hydroklimatische Charakteristik für ein Beobachtungsjahr der Fall, sondern auch im Hinblick auf die vom Oktober bis ins Frühjahr gespeicherten Schneevorräte, deren Kenntnis eine Vorhersage des Sommerabflusses erlaubt. Durch Regres-

sionen des Sommerabflusses auf den Schneevorrat im Frühjahr lassen sich Gleichungen ableiten, welche den Sommerabfluss mit Vertrauensgrenzen für die Wahrscheinlichkeit des Erreicht- oder Ueberschrittenwerdens bestimmen (Lit. 9). So liegt es nahe, die Vorarbeit von Lemans (Lit. 12) zu benützen und die Reservenänderungen R für eine einheitliche längere Bezugsperiode für einige grössere, in Tabelle 35 genannte Gebiete zu berechnen. Die Wahl der 25-jährigen Bezugsperiode von 1955/56 bis 1979/80 würde den Vergleich der in Tabelle 36 erwähnten kleinen Testgebiete der Landeshydrologie erlauben (Lit. 6, 7).

Markus Aellen, Holger Jensen, Herbert Lang, Max Schüepp und Emil Walser haben freundlicherweise das Manuskript durchgesehen. Ihre Anregungen und Beiträge sind insbesondere bei den Fehlern von R und R* und den statistischen Verteilungen von R (Jensen), bei der Diskussion der Verdunstung (Lang) und bei den Fehlern der Abflussmessung (Walser) berücksichtigt worden.

Tabelle 35. Einige Einzugsgebiete, deren Abflussmengen seit mindestens 1917 gemessen und deren Gebietsniederschläge bestimmt worden sind (Lit. 7, 12).

Tableau 35. Quelques bassins versants, dont les débits sont mesurés au moins depuis l'année 1917 et les précipitations sont déterminées (Lit. 7, 12).

Einzugsgebiet Bassin versant	F 1) km^2	G/F 2) %	h_m 3) m ü.M.	Jahr 4) Année	z 5)
Rhein/Felsberg	3249	3.0	2010	1912	17
Reuss/Mellingen	3382	3.3	1240	1904	17
Aare/Bern	2969	9.1	1610	1917	20
Rhône/Porte du Scex	5220	16.2	2130	1904	20
Ticino/Bellinzona	1515	1.1	1680	1911	9
Inn/Martinsbruck	1945	5.4	2350	1904	6

1) Fläche - Surface
2) Vergletscherung - Glaciation (Lit. 7)
3) Mittlere Meereshöhe - Altitude moyenne
4) Abfluss bestimmt seit - Débits déterminés depuis
5) Anzahl der von Lemans benützten Niederschlagsmessstationen (Lit. 12)
Nombre de stations pluviométriques utilisées par Lemans (Lit. 12)

Tabelle 36. Einige Testgebiete der Landeshydrologie, deren Abflussmengen seit mindestens 1956 gemessen worden sind (Lit. 7)

Tableau 36. Quelques bassins repères du Service hydrologique national dont les débits sont mesurés au moins depuis l'année 1956 (Lit. 7)

Einzugsgebiet Bassin versant	F [km^2] 1)	G/F [%] 2)	h_m [m ü.M.] 3)	Jahr 4) Année
Hinterrhein/Hinterrhein	53.7	17.3	2360	1944
Witenwasserenreuss/Realp	30.7	11.3	2427	1956
Grosstalbach/Isenthal	43.9	9.1	1820	1956
Allenbach/Adelboden	28.8	0	1856	1949
Massa/Blatten bei Naters	194.7	67	2950	1922
Zwischenbergenbach/Im Fah	17.3	13.4	2531	1952
Berninabach/Pontresina	107	19.7	2617	1954

1) bis 4) siehe Bemerkungen Tabelle 35
1) à 4) voir remarques au tableau 35

6.28 LITERATURHINWEISE - REFERENCES DE PUBLICATIONS

1. Bauer, M. (1975): Zur objektiven Abschätzung der Netzdichte für die Bestimmung des Niederschlags-Gebietsmittels kleiner Einzugsgebiete. Wasserwirtschaft und Wassertechnik, 25. Jg. H. 2.

2. Binggeli, V. (1974): Hydrologische Studien im zentralen schweizerischen Alpenvorland, insbesondere im Gebiet der Langete, in Beiträge Zur Geologie der Schweiz - Hydrologie Nr. 22.

3. Die Verdunstung in der Schweiz. (1978); Bericht der Studiengruppe "Verdunstung" der Hydrologischen Kommission der SNG und der Interdepartementalen Arbeitsgruppe für Operationelle Hydrologie, in Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie Nr. 25.

4. Eidgenössische Landestopographie, Bern (1967): Atlas der Schweiz, Blatt 14: Gewässer I, Uebersicht 1 : 500 000.

5. Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den Meteorologischen und Regenmess-Stationen der Schweiz, Jahrgänge 1946, 1947, 1955 bis 1980. Hrg. von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Zürich.

6. Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz (1917 bis 1977), hrg. vom Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft, Bern.

7. Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz (1978 bis 1980), hrg. von der Landeshydrologie, Bern.

8. Kasser, P. (1956): Sur l'indice d'évaporation du bassin versant alpin de Mattmark, Assoc. Int. Hydrol. Sci., Publ. 40, Symposia Darcy, Dijon, Tl, p.15-17.

9. Kasser, P. (1973): Influences of changes in the glacierized area on summer runoff in the Porte du Scex drainage basin of the Rhone. Publication No. 95 de l'AISH, 219-225.

10. Kasser, P. (1981): Rezente Gletscherveränderungen in den Schweizer Alpen, in "Gletscher und Klima, Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, wissenschaftlicher Teil, 1978, S. 106-138.

11. Lang, H. (1981): Is Evaporation an Important Component in High Alpine Hydrology? - Nordic Hydrology, 12, 1981, p. 217-224.

12. Lemans, A.M. (1981): Niederschlag, Heft 27 E, 13. Teil, in "Klimatologie der Schweiz, Beilage zu den Annalen 1980 der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Zürich.

13. Lütschg-Loetscher, O. (1944): Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges, II. Bd., III. Teil, Forschungsgebiet Nr. 7 - Davosersee, S. 460, in Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie - 4. Lieferung.

14. Lütschg-Loetscher, O. (1945): Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges, I. Bd., I. Teil, Allgemeines, Erste Abteilung, 3. Kapitel, S. 58, in Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie - 4. Lieferung.

15. Mendel, H.G. (1979): Zur Berechnung von Gebietsniederschlägen aus Punktmessungen. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH-Zürich, Nr. 41.

16. Müller, F., Caflisch, T. und Müller, G. (1976): Firn und Eis der Schweizer Alpen (Gletscherinventar). Geographisches Institut der ETH-Zürich, Mitteilung Nr. 57.

17. Péguy, Ch.P. (1961): Précis de climatologie, Masson et Cie, p. 168.

18. Schüepp, M. (1968): Kalender der Wetter- und Witterungslagen von 1955 bis 1967, 43 S. Veröffentlichung der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA), Zürich.

19. Schüepp, M. (1979): Witterungsklimatologie, in Klimatologie der Schweiz, Band 3, Beilage zu den Annalen der SMA, Zürich.

20. Sevruk, B. (1982): Methods of correction for systematic error in point precipitation measurement for operational use. WMO, Operational report Nr. 21.

21. Uttinger, H. (1966): Veränderlichkeit der Niederschlagsmengen, Heft 6E, 4. Teil der Klimatologie der Schweiz, Beilage zu den Annalen 1965 der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Zürich.

22. Walser, E. (1982): Der natürliche Wasserhaushalt in unvergletscherten Flussgebieten, Grundsätzliches, Fehlerbetrachtungen, Anwendungen am Beispiel des Thurgebietes. Bern, Spittelerstrasse 12.

23. Wasserverhältnisse der Schweiz (1896): Rheingebiet von den Quellen bis zur Taminamündung, Erster Teil: Die Flächeninhalte der Einzugsgebiete, der Höhenstufengebiete von 300 zu 300 m ü.Meer, der Felshänge, Wälder, Gletscher und Seen, hrg. von der Hydrometrischen Abteilung des Eidgenössischen Oberbauinspektorats, Bern.

24. Wasserverhältnisse der Schweiz (1898): Rhonegebiet von den Quellen bis zum Genfersee, Erster Teil: Die Flächeninhalte der Einzugsgebiete, der Höhenstufengebiete von 300 zu 300 m ü.Meer, der Felshänge, Wälder, Gletscher und Seen, hrg. von der Hydrometrischen Abteilung des Eidgenössischen Oberbauinspektorats, Bern.

25. Wundt, W. (1953): Gewässerkunde, Springer Verlag, S. 273 und S. 279.

6.29 LES VARIATIONS DES RESERVES EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT DU RHONE DE PORTE DU SCEX. RESUMES EN FRANCAIS.

Les figures 18 à 20 ainsi que les tableaux 21 à 36 sont bilingues, en allemand et en français. Les références des publications mentionnées sous chapitre 6.28 sont citées par leurs numéros dans le texte allemand. Dans les résumés français les numéros sont placés sous les titres des chapitres. Les textes des chapitres 6.21 à 6.27 sont résumés comme suit:

Chapitre 6.21: INTRODUCTION (confère pages 148/149)
(Lit. 9, 10)

Les variations des réserves en eau d'un bassin versant cumulées à partir du mois d'octobre jusqu'à septembre reflètent l'influence des paramètres météorologiques sur les bilans hydrologiques et décrivent ainsi le caractère hydroclimatique d'une année. Les variations des réserves en eau du bassin versant du Rhône de Porte du Scex dans la période de référence de 1955/56 à 1979/80 sont reportées dans la figure 19 à la page 167. Les résultats des années choisies et les valeurs extrêmes de la période de référence démontrent une variabilité considérable. Pour cette raison les courbes cumulées des variations se prêtent à comparer les conditions hydroclimatiques de différentes années. La formation des réserves dans la couche hivernale de neige est importante aussi bien pour l'alimentation des glaciers que comme variable indépendante pour la prévision des débits estivaux.

Les variations des réserves en eau sont calculées à l'aide de l'équation du bilan hydrologique

$$R = N - A - V$$

N sont les précipitations sur le bassin, V est l'évapotranspiration et A signifie l'écoulement naturel. A est défini par

$$A = A_g + A_A - A_E + S$$

où les différents termes ont la signification suivante:

A_g = écoulement mesuré dans la station de jaugeage

A_A et A_E = dérivations d'eau et adductions d'eau mesurées dans les conduites à travers le partage des eaux principal

S = Variations de la retenue dans les lacs artificiels.

Chapitre 6.22: LE BASSIN VERSANT ET LES STATIONS DE MESURAGE UTILISEES (confère pages 150 à 156)
(Lit. 4, 5, 6, 7, 16, 23, 24)

Les stations de mesurage utilisées sont reportées dans la figure 18 tandis que les sources des données sont citées dans le texte. Le bassin versant du Rhône de Porte du Scex ainsi que quelques bassins versant partiels sont décrits par les indices d'écoulement annuels moyens dans le tableau 21 et par la distribution des surfaces selon les échelons d'altitudes ou selon la quote-part des rochers, éboulis, forêts, glaciers, lacs et autres genres de superficie dans le tableau 24. Les valeurs mensuelles en pourmille des valeurs annuelles démontrent dans le tableau 22 l'évolution des précipitations et de l'écoulement pendant une année moyenne. Les critères du choix des stations pluviométriques sont expliqués dans le tableau 23.

Chapitre 6.23: LE BILAN HYDROLOGIQUE DE LA PERIODE DE REFERENCE DE 1955/56 A 1979/80
(confère page 157)
(Lit. 2, 3, 8, 13, 14)

Les précipitations N sur le bassin versant du Rhône de Porte du Scex sont déterminées dans le tableau 25 à la page 158 pour l'ensemble de la période de référence de 1955/56 à 1979/80 à l'aide de l'équation du bilan hydrologique

$$N = A + V + R^*$$

où A = écoulement naturel (confère page 148)

V = évapotranspiration, admise comme invariable = 300 $kgm^{-2}a^{-1}$

R* = variations des réserves en eau

R* est calculé en négligeant les variations des réserves hors des glaciers et en admettant que les bilans spécifiques des glaciers du bassin de Porte du Scex soient égaux à ceux des glaciers du bassin de la Massa à Blatten/Naters.

Pour l'ensemble des 25 années on calcule le quotient $k = z \cdot N / \Sigma N_g$ des précipitations N sur le bassin à la moyenne $\frac{1}{z} \cdot \Sigma N_g$ des précipitations mesurées dans les z stations pluviométriques de référence. Ce quotient ou facteur de proportionalité k = 1.4859 est admis invariable et utilisé dans les chapitres 6.24 et 6.25 pour le calcul des précipitations annuelles et mensuelles sur le bassin.

Chapitre 6.24: LES VARIATIONS ANNUELLES DES RESERVES EN EAU (confère page 159)

Les variations annuelles R_{10-9} des réserves en eau sont calculées dans le tableau 26 pour chaque année de la période de référence. Des considérations faites dans ce chapitre démontrent qu'il est très probable que l'erreur moyenne m_R de R_{10-9} soit inférieure à 44.5 kgm^{-2}

Chapitre 6.25: LES BILANS HYDROLOGIQUES MENSUELS ET LEURS VALEURS CUMULEES DE QUELQUES ANNEES CHOISIES (confère page 161)
(Lit. 17, 25)

L'évapotranspiration annuelle de 300 kgm^{-2} admise invariable a été répartie dans le tableau 27 d'après les pourcentages de Friedrich (Lit. 25) aux différents mois de l'année. En appliquant ces valeurs mensuelles invariables de l'évapotranspiration, les écoulements naturels et les précipitations sur le bassin versant, on a déterminé les variations naturelles mensuelles des réserves en eau. Toutes les grandeurs mensuelles du bilan des années de 1973/74, 1974/75 et 1946/47 sont notées aux tableaux 28 à 30. Les variations des réserves en eau de ces trois années sont reportées dans la figure 19, complétées par les valeurs extrêmes et moyennes de la période de référence de 1955/56 à 1979/80. Ces dernières valeurs ainsi que les écarts-types des précipitations sur le bassin, des écoulements naturels et des variations naturelles des réserves en eau sont inscrites dans le tableau 31, les valeurs mensuelles cumulées correspondantes dans le tableau 32.

Chapitre 6.26: LES DEVIATIONS STANDARDISEES DES VARIATIONS DES RESERVES EN EAU PAR RAPPORT AUX VALEURS MOYENNES DE LA PERIODE DE REFERENCE (confère pages 168/169) (Lit. 21)

Les déviations des variations mensuelles R des réserves en eau de leurs valeurs moyennes $\overline{R}$ sont reportées au tableau 33 comme multiples $(R - \overline{R})/\omega_R$ des déviations probables ω_R. Le tableau 34 contient les déviations standardisées correspondantes des valeurs cumulées.

$$\omega_R = 0.6745 \cdot s_R = 0.6745 \cdot \sqrt{\Sigma (R - \overline{R})^2/(n - 1)},$$

où

s_R = écart-type ou déviation standard

n = volume de l'échantillon = 25 années

L'examen des distributions statistiques des variations des réserves en eau d'après le test"Chi-Quadrat"démontre qu'il est admissible dans la règle générale d'adapter à la distribution empirique une distribution gaussienne par les paramètres de moyenne et de déviation standard (confère figure 20). Dans le cas d'une distribution gaussienne, une déviation de $+\omega$ ou $-\omega$ se répète en moyenne tous les 4 ans. La période de retour d'une déviation de $+2\omega$ ou -2ω est de 11.2 années, de $+3\omega$ ou -3ω de 45.4 années et de $+4\omega$ ou -4ω de 250 années.

D'après les déviations standardisées, on peut classer les variations des réserves en eau comme suit:

	$\frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$<$	-3	diminution extrême
-3	$\leq \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$<$	-2	très grande diminution
-2	$\leq \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$<$	-1	grande diminution
-1	$\leq \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$\leq$	1	variation normale
1	$< \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$\leq$	2	grande augmentation
2	$< \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$	$\leq$	3	très grande augmentation
3	$< \frac{R - \overline{R}}{\omega_R}$			augmentation extrême

Les déviations standardisées $(R - \overline{R})/\omega_R$ se prêtent à comparer les variations des réserves en eau d'un bassin versant dans différentes années ou les variations des réserves en eau de différents bassins versants dans une année choisie.

Chapitre 6.27: REMARQUES FINALES COMPRENANT UN APERCU DES SOURCES D'ERREURS ET DE LA PRECISION DES CALCULS DES VARIATIONS DES RESERVES (confère pages 173 à 176) (Lit. 1, 6, 7, 9, 11, 12, 15, 18, 19, 20, 22, 23, 24)

L'erreur moyenne m_R des variations R des réserves en eau dépend des erreurs moyennes m_N des précipitations N, m_V de l'évapotranspiration V, et de m_A de l'écoulement A. Les erreurs faites dans le chapitre 6.23 au calcul des précipitations sur le bassin sont éliminées partiellement à la détermination des variations annuelles et mensuelle des réserves en eau dans les chapitres 6.24 et 6.25. C'est surtout le cas pour les erreurs systématiques des variables si ces variables ne sont pas sousmises à une tendance temporelle (trend). La relation suivante est valable si on ne considère que les erreurs aléatoires:

$$m_R = \sqrt{m_N^2 + m_V^2 + m_A^2}$$

En considérant des valeurs annuelles et en admettant différentes valeurs de m_N, m_V et m_A on obtient les erreurs moyennes m_R mentionnées ci-dessous:

m_N en kgm^{-2}	m_V en kgm^{-2}	m_A en kgm^{-2}	m_R en kgm^{-2}
20	40	10	46
20	30	10	37
15	20	10	27

La discussion des sources d'erreurs de la détermination des précipitations, de l'évapotranspiration et de l'écoulement aux pages 173 à 176 laisse supposer que l'erreur moyenne des variations annuelles des réserves en eau dépasse la valeur de 27 kgm^{-2} et soit très probablement inférieure à 46 kgm^{-2}. Dans la période de référence de 1955/56 à 1979/80 les variations annuelles R_{10-9} des réserves en eau varient entre +330 kgm^{-2} en 1964/65 et -173 kgm^{-2} en 1958/59. En 1946/47 les réserves en eau R_{10-9} ont même varié de -344 kgm^{-2}.

Le rapport présent est une étude-pilote qui ne traite que les variations des réserves en eau du bassin versant du Rhône de Porte du Scex. Une comparaison dans l'espace des Alpes suisses serait possible avec l'ensemble des déviations standardisées $\tilde{R}/\omega_R$ des réserves en eau des bassins versants choisis cités aux tableaux 35 et 36.

6.31 EINLEITUNG

(Aperçu en français voir page 200)

Die Gletscher Limmern und Plattalva liegen rund 10 Kilometer südlich der Ortschaft Linthal im Kanton Glarus in einem schwer zugänglichen Gebiet an der Grenze zum Kanton Graubünden. Sie entwässern sich durch den Limmernbach in die Linth und weiter durch Limmat und Aare in den Rhein. Am flachen Oberlauf des Limmernbaches ist anfangs der 1960er Jahre durch eine Bogenmauer der Limmernsee als Hauptspeicher der Kraftwerke Linth-Limmern (KLL) aufgestaut worden.

Auf den Landkarten findet man die beiden Gletscher, die seit etwa 50 Jahren nicht mehr zusammenhängen, unter dem gemeinsamen Namen "Griessfirn". Oft trägt das Zungengebiet des grösseren Gletschers die besondere Benennung "Limmerenfirn". In der vorliegenden Arbeit bezeichnen wir wie in unseren früheren Publikationen den rund 2.5 Quadratkilometer grossen Gletscher am Nordosthang des Bifertenstockes (3421 m ü.M.) als "Limmerngletscher", den rund 0.9 Quadratkilometer grossen Gletscher am Osthang des Hinter Selbsanft (3029 m ü.M;) nach dem nordseits angrenzenden felsigen Gelände der Plattas Alvas (2950 m ü.M.) als "Plattalvagletscher". Der glaziologischen Spezialkarte des Limmerngebiets (s. Kap. 6.33) liegt die topographische Darstellung des Uebersichtsplans von 1947 und auch dessen Nomenklatur zugrunde. Diese bezeichnet mit "Griessfirn" grosso modo das Nährgebiet, mit "Limmerenfirn" die Zunge des Limmerngletschers und mit "Plattas alvas" den Plattalvagletscher.

Der Limmerngletscher fliesst auf seiner ganzen Länge von gut 3 Kilometern am Fuss der rund 400 Meter hohen Nordwand des Bifertenstockes. Durch Wind und Lawinen aus der steilen Felswand abgeführte Schneemassen tragen wie die Eisstürze vom verfirnten Gipfel des Berges zur Ernährung des Gletschers wesentlich bei. Der Scheibengrat mit dem Hauptgipfel "Hinter Schiben" (3084 m ü.M.) bildet die nordwestliche, durch tiefe Scharten in zahlreiche Felstürme aufgespaltene Begrenzung des Gletschers. Dieser fällt etwas flacher als das nördlich angrenzende, vielfältig gestufte und gegliederte Gelände der "Schafselbsanft" benannten Bergflanke zum heute überfluteten Talbecken des Limmernbodens ab. Auf den Ständen seiner grössten Ausdehnung in geschichtlicher Zeit, letztmals um die Mitte des 19. Jahrhunderts, reichte der Limmerngletscher über zwei Felsstufen herunter bis ungefähr zur Stelle des heutigen Seeendes. Sein Zungenende lag damals rund 900 Meter weiter vorn und etwa 400 Meter tiefer als heute.

Der Plattalvagletscher liegt in einer ostwärts geöffneten, zum nördlichen Teil des Schafselbsanft abfallenden Karmulde, die im Westen durch die Gipfelwand des Hinter Selbsanft, im Norden durch die gestuften Steilwände der Plattas Alvas begrenzt ist. Der Gletscher endet heute rund 150 Meter hinter der Karschwelle, an der früher das Eis in breiter Front über steile Felsen abbrach.

Das Zungenende wird beim Limmerngletscher seit 1964 von sechs, beim Plattalvagletscher seit 1969 von sieben Basispunkten aus jährlich eingemessen. Die Entfernung von den durch Messingbolzen versicherten Basispunkten zum Gletscherrand wird beim Limmern mittels Theodolit und Messlatte tachymetrisch in beliebigen Richtungen, beim Plattalva mit dem Messband auf richtungsmässig festgelegten Linien gemessen. Die Ergebnisse der Zungenmessungen sind in Tabelle 37 zusammengestellt und ergänzt aufgrund der topographischen Aufnahmen in den Jahren 1947 und 1959.

Tabelle 37. Limmern- und Plattalvagletscher - Lageänderungen der Gletscherenden von 1947-1977

Tableau 37. Glaciers de Limmern et de Plattalva - Variations des fronts glaciaires de 1947 à 1977

Messperiode		Limmerngletscher		Période		Glacier de Plattalva	
		Aenderung	Höhenkote	d'observation		Variation	Altitude
vom	bis	m 1)	m ü.M. 2)	du	au	m 3)	m s.m. 2)
29.9.47	11.9.59	- 77.9		29.9.47	11.9.59	- 41.3	
11.9.59	16.9.64	- 48.4					
16.9.64	20.9.65	- 1.1	2251				
20.9.65	17.9.66	- 1.7	2250.5				
17.9.66	15.9.67	- 1.8	2250.5				
15.9.67	11.9.68	+ 0.6	2244.6				
11.9.68	7.9.69	- 8.0	2249.7	11.9.59	12.9.69	+ 8.2	
7.9.69	2.9.70	- 0.6	2236.2	12.9.69	10.9.70	- 0.4	
2.9.70	13.9.71	- 10.8	2236.8	10.9.70	9.9.71	- 9.4	2548
13.9.71	5.9.72	- 5.7	2239.1	9.9.71	8.9.72	- 1.2	2548
5.9.72	4.9.73	- 7.0	2242.9	8.9.72	9.9.73	- 13.8	2546
4.9.73	31.8.74	- 2.3	2242.5	9.9.73	7.9.74	0	2546
31.8.74	1.9.75	+ 9.0	2237.2	7.9.74	7.9.75	+ 7.1	2546
1.9.75	30.8.76	- 11.4	2242.7	7.9.75	5.9.76	- 7.6	
30.8.76	31.8.77	- 0.7	2243.4	5.9.76	6.9.77	0	

1) Mittlere Lageänderung während der Messperiode, bis 1964 aus topographischen Karten ermittelt; seither wird das Zungenende jährlich tachymetrisch vermessen und der mittlere Abstand zwischen den Polygonzügen planimetrisch bestimmt.

Variation moyenne pendant la période d'observation, déterminée d'après les cartes topographiques, avant 1964; dès lors le relevé du front glaciaire se fait par tachymétrie et cheminement polygonal. La variation annuelle, qui est équivalente à la distance moyenne entre deux cheminements successifs, est déterminée ensuite à l'aide d'un planimètre.

2) Höhenkote des tiefsten Punktes des Gletscherendes.

Cote du point le plus bas du front.

3) Mittlere Lageänderung während der Messperiode, bis 1969 aus topographischen Karten ermittelt, seither durch Distanzmessungen auf 7 Messlinien im Gelände bestimmt.

Variation moyenne pendant la période d'observation, déterminée d'après les cartes topographiques, avant 1969; dès lors déterminée sur le terrain par mesures de distances à partir de 7 repères.

6.32 GLAZIOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN

(Aperçu en français voir pages 200 et 201)

Die Messungen an den Gletschern Limmern und Plattalva sind im Sommer 1946 begonnen worden zur Ergänzung der hydrologischen Untersuchungen, welche die VAW seit 1944 im Auftrag der KLL im Einzugsgebiet des geplanten Wasserkraftwerks durchführte. Seit 1978 führt die VAW die Gletschermessungen im Limmerngebiet nicht mehr im Auftrag der KLL, sondern im Rahmen ihrer jährlichen Erhebungen über den Massenhaushalt ausgewählter Gletscher weiter.

Die Dickenänderung des Gletschers ist für Limmern von 1946, für Plattalva von 1947 an durch jährlich im Spätsommer wiederholte Punkt- und Profilvermessungen erfasst worden. Dazu dient ein Vermessungsnetz mit vorerst 7, heute 10 Stationen, die anfänglich durch Messingbolzen, später durch ortsfest auf Felsgrund aufgestellte Stahlrohrstative versichert wurden und von denen aus man durch Peilungsmessungen mit dem Theodolit Lage und Höhe der Messpunkte auf dem Gletscher bestimmt. Abbildung 21, in der die jährlich gemessenen Höhenkoten der Gletscheroberfläche eingetragen sind, zeigt die Schwankungen der Gletscherdicke von 1947 bis 1977 an den Messstellen auf dem Limmerngletscher (Bojen I bis III) und auf dem Plattalvagletscher (Boje IV). Zum Vergleich sind verschiedene Stände der beiden Gletscher in Abbildung 22 in Querschnitten, in Abbildung 23 im Grundriss mit eingezeichneter Lage der Bojenpunkte und Profillinien dargestellt. Die gewählten Stände bringen die Veränderungen während der Messperiode 1947/77 in Beziehung mit den langfristigen Veränderungen der Gletscher, die durch topographische Aufnahmen gut belegt sind. Die Messtischaufnahmen für die Dufourkarte, die E.R.Mohr im Jahre 1852 durchführte, erfassten die Gletscher nahezu auf dem letzten Maximalstand, als sie ein zusammenhängendes Areal von rund 5.5 Quadratkilometern bedeckten. Die luftphotogrammetrische Aufnahme der L+T im Jahre 1959, die der Landeskarte 1:25 000, Blatt 1193 (Ausgabe 1963), zugrunde liegt, erfolgte wie die Profilvermessung der VAW im Sommer 1964 etwa zur Zeit des letzten Minimalstandes, der für beide Gletscher zusammen eine Fläche von rund 3.3 Quadratkilometern aufwies. Aufgrund der luftphotogrammetrischen Aufnahmen von 1947 und 1977, auf die wir im folgenden Kapitel zurückkommen, sind die Flächenänderungen innerhalb der Einzugsgebietsgrenze planimetrisch bestimmt und daraus die Volumenänderungen berechnet worden, die in Tabelle 41 für Höhenstufen von 100 Metern angegeben sind. Für beide Gletscher zusammen ergibt sich daraus eine Abnahme des Volumens um 16.2 Millionen Kubikmeter in 30 Jahren oder ein durchschnittlicher jährlicher Abtrag von 16 Zentimetern.

Um auch die Massenänderung durch Zuwachs oder Abtrag und die Veränderungen in der Massenzufuhr oder -abfuhr durch die Gletscherbewegung, d.h. die unmittelbaren Ursachen der Dicken- und Volumenänderung erfassen zu können, sind 1949 anfangs Juni mittels eines mechanischen Handbohrers drei, anfangs Juli weitere fünf Pegelstangen in den Gletscher eingesenkt worden. Sie waren nach einem Monat bereits ausgeschmolzen und konnten erst anfangs September ersetzt werden. Die Abschmelzung für Juli und August ist aufgrund der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur geschätzt worden. Im Sommer 1951 sind mit dem an der VAW entwickelten thermischen Eisbohrer 3 Pegel je 15 Meter tief eingesenkt worden. Sie hielten bis 1954, konn-

ten jedoch im Lawinenjahr 1952 nicht nachgemessen werden, weil der Zugang zum Gletscher zu gefährlich war. Aus der Messung im folgenden Jahr ergaben sich für die Zweijahresperiode 1951/53 unglaubhaft hohe Schmelzbeträge, weil vermutlich die Holzgestänge der Pegel in den mit Schmelzwasser gefüllten Bohrlöchern aufgeschwommen waren. Von 1954 an ist das Pegelnetz allmählich auf 15 Messstellen angewachsen, bevor es 1969 und 1970 auf rund 50 über beide Gletscher ziemlich gleichmässig verteilte Messstellen erweitert wurde. Die jährliche Massenänderung des Gletschers ist bis 1969 zunächst aus den wenigen Messwerten berechnet worden, indem auf graphischem Weg ein spezifischer Wert für Höhenstufen von 100 Metern ermittelt und mit dem Gewicht der Gletscherfläche in der entsprechenden Höhenstufe in die Haushaltsrechnung eingesetzt worden ist. Durch die Verdichtung des Messnetzes liessen sich ab 1970 unter Berücksichtigung der Ausaperungsmuster auf dem Gletscher Zonen gleicher spezifischer Massenänderung ausscheiden. Die Flächeninhalte der Zonen wurden für Höhenstufen von 100 Metern planimetrisch bestimmt und mit dem Gewicht der zonenspezifischen Massenänderung zur Gesamtbilanz aufsummiert. Abbildung 24 zeigt die Zonen gleicher Aenderung in Jahren mit nahezu ausgeglichener oder mit besonders stark unausgeglichener Massenbilanz. In chronologischer Reihenfolge sind die Situationen am Ende der Haushaltsperioden mit dem geringsten Zuwachs (1956/57) oder Schwund (1969/70) und mit dem stärksten Zuwachs (1964/65) oder Schwund (1948/49) wiedergegeben. Für die Zeit vor 1970 beruhen die Darstellungen zum guten Teil auf konstruierten Werten, die mit Hilfe statistischer Berechnungen erzeugt worden sind, um trotz der geringen Zahl gemessener Werte Zonenpläne herstellen zu können und damit die Berechnung der Massenänderung zu vereinheitlichen.

Zunächst sind die kleinen Stichproben der direkt bestimmten Bilanzwerte 1948/49 bis 1950/51 und 1953/54 bis 1968/69 durch Korrelationsrechnungen den grösseren Stichproben der späteren Jahre in Bezug auf Anzahl und Verteilung der Stützstellen für die Abgrenzung der Zonen angeglichen worden. Dann sind unter Berücksichtigung der gemessenen Dickenänderung an den Bojenpunkten durch weitere Korrelationen die Massenhaushaltszahlen für das Jahr 1947/48 und für die Zweijahresperiode 1951/53 rekonstruiert worden. Schliesslich sind die Zweijahreswerte folgendermassen auf die einzelnen Jahre aufgeteilt worden: gemessene Werte für den Schneezuwachs im Winter 1952/53 und geschätzte Werte für die Schmelze im Sommer 1953, die mit Hilfe der positiven Tagesmittel der Lufttemperatur berechnet wurden, ergaben die Massenänderung für 1952/53 und deren Abweichung vom Zweijahreswert ergab den Wert für 1951/52. In den Tabellen 38 bis 40 sind die wichtigsten Ergebnisse der vereinheitlichten, für beide Gletscher getrennt durchgeführten Haushaltsrechnungen 1947/48 bis 1976/77 zusammengestellt. Benützer der Tabellen sollten beachten, dass der mittlere Messfehler, der in den Jahren mit grossen Stichproben schätzungsweise 50 bis 100 kg/m^2 beträgt, in den Jahren mit kleinen Stichproben etwa doppelt so gross sein kann. Die Summen der je 30 Jahreswerte der beiden Gletscher ergeben zusammen einen Massenverlust von 17 Millionen Kubikmetern oder einen durchschnittlichen jährlichen Abtrag von 17 Zentimetern. Die geodätisch bestimmten Vergleichswerte mit einer geschätzten mittleren Genauigkeit von rund 100 kg/m^2 sind in Tabelle 41 und auf Seite 186 angegeben. Die Bemühungen um Vervollständigung und Vereinheitlichung der aus den glaziologischen Messungen gewonnenen Haushaltszahlen dienten in erster Linie dem Vergleich dieser Zahlen mit der aus den geodätischen Aufnahmen berechneten Massenänderung von 1947 bis 1977.

Die Gleichgewichtslinie, an der sich Zuwachs und Abtrag im Laufe einer Haushaltsperiode die Waage halten, begrenzt das Nährgebiet des Gletschers, die Zonen mit überwiegendem Zuwachs, gegen das Zehrgebiet oder die Zonen mit überwiegendem Abtrag. Den wechselnden klimatischen Gegebenheiten entsprechend schwanken Lage und Höhe der Gleichgewichtslinie im Laufe der Jahre innerhalb eines weiten Bereichs, der in den vorliegenden Fällen praktisch den ganzen Gletscher umfasst. Auf dem Limmerngletscher wurde für die tiefste Lage im Herbst 1966 eine mittlere Meereshöhe von 2315 Metern, für die höchste Lage im Herbst 1964 eine Höhe von 2985 Metern bestimmt. Die entsprechenden Werte für die Jahre der grössten Massenänderung betrugen 2325 Meter im Zuwachsjahr 1964/65 und 2945 Meter im Schwundjahr 1948/49. Beim Plattalva verlief die Gleichgewichtslinie in 4 Jahren unterhalb, in 3 Jahren oberhalb des Gletschers (siehe Tabelle 38). Im Durchschnitt der Periode 1947/77 lag sie auf dem Limmerngletscher in 2729 Metern, auf dem Plattalvagletscher in ungefähr 2770 Metern Meereshöhe. Dabei teilte sie die beiden Gletscher nahezu hälftig in Nährgebiete von je 48 Prozenten und Zehrgebiete von je 52 Prozenten der Gletscherfläche.

Abbildung 21. **Limmern- und Plattalvagletscher**

Jährliche Höhenänderungen der Gletscheroberfläche in Fixpunkten (Bojen), von 1947 bis 1977

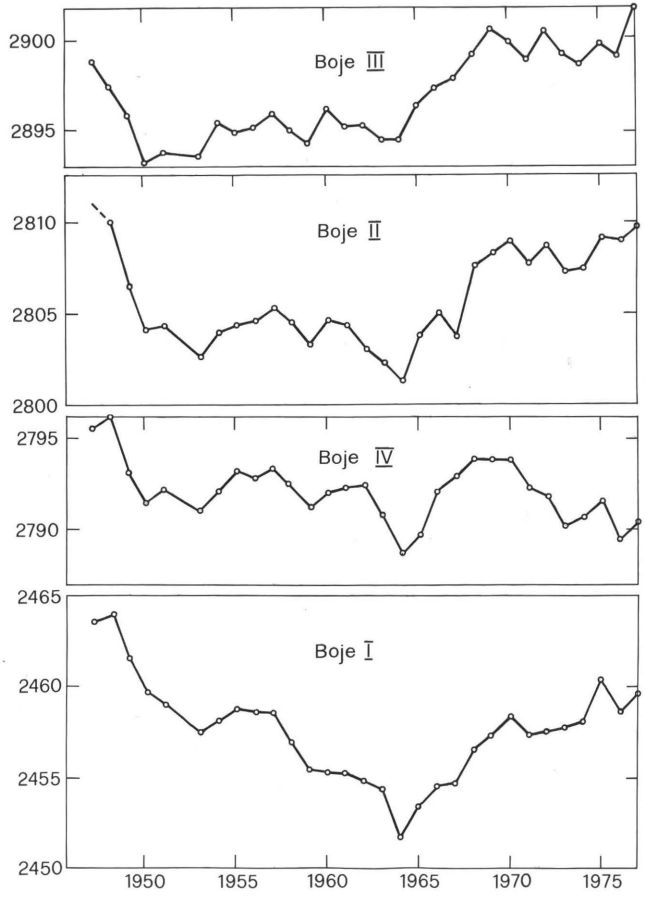


Figure 21. Variations annuelles du niveau de la surface glaciaire dans les points de référence, de 1947 à 1977

Abbildung 22.

Querprofile in den Jahren 1852, 1947, 1964 und 1977

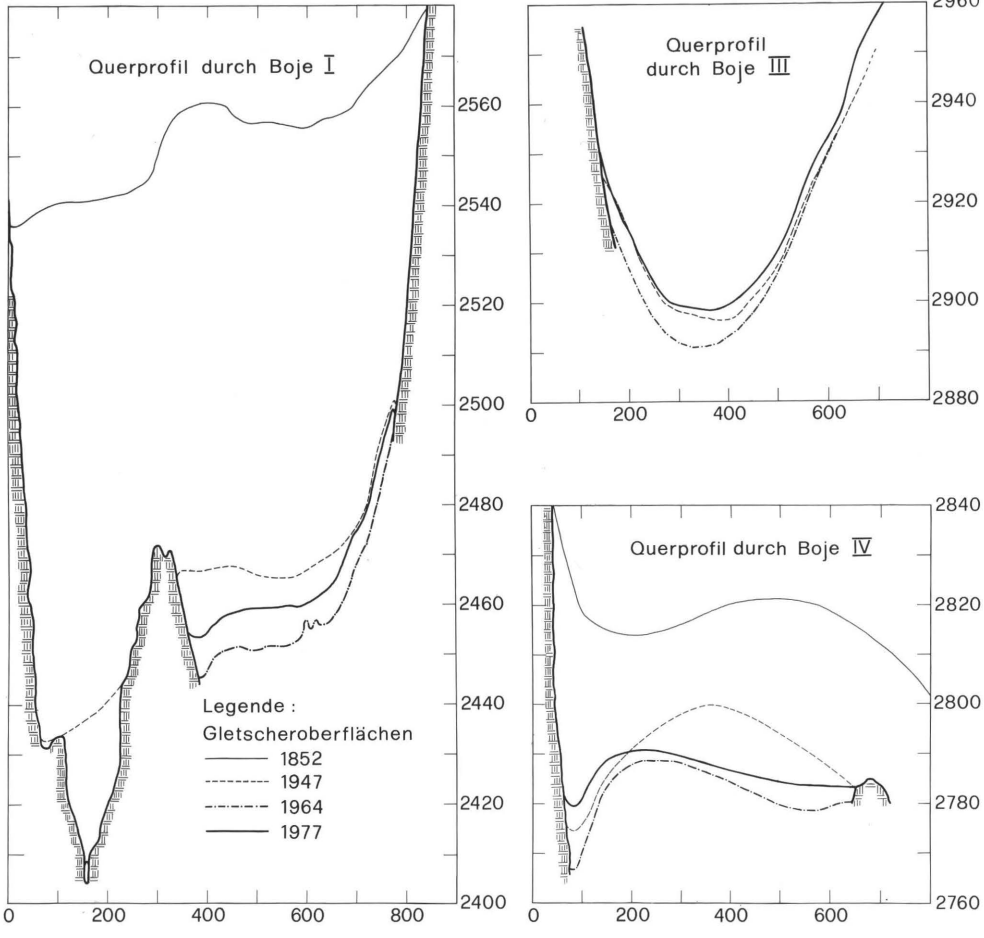


Figure 22. Niveau de la surface glaciaire dans les profils transversaux, en 1852, 1947, 1947, 1964 et 1977

Abbildung 23. Gletscherflächen in den Jahren 1852, 1947, 1959 und 1977

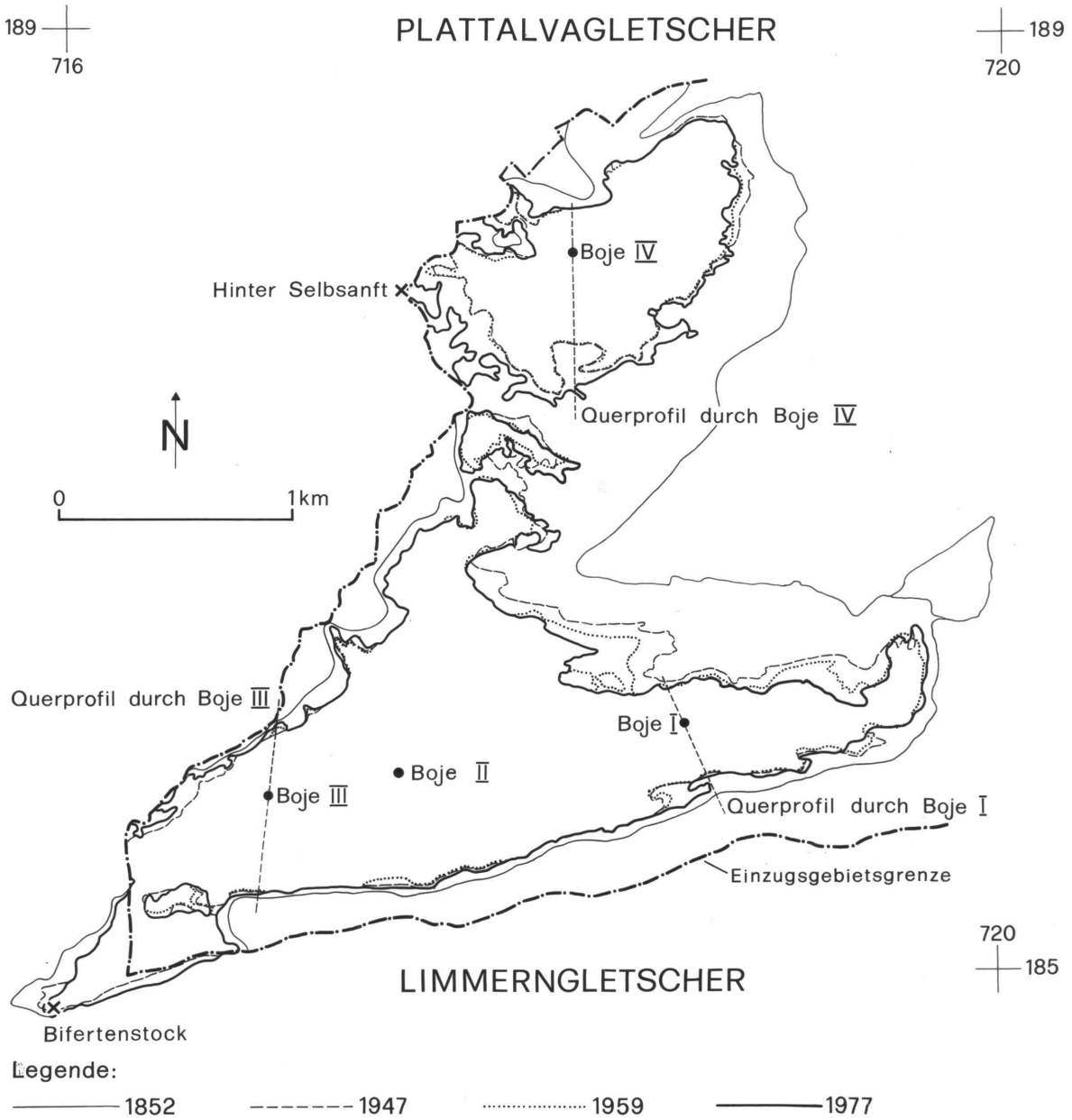


Figure 23. Surfaces glaciaires en 1852, 1947, 1959 et 1977

Abbildung 24. **Limmern- und Plattalvagletscher**

Spezifische Massenbilanzen in extremen und ausgeglichenen Haushaltsjahren

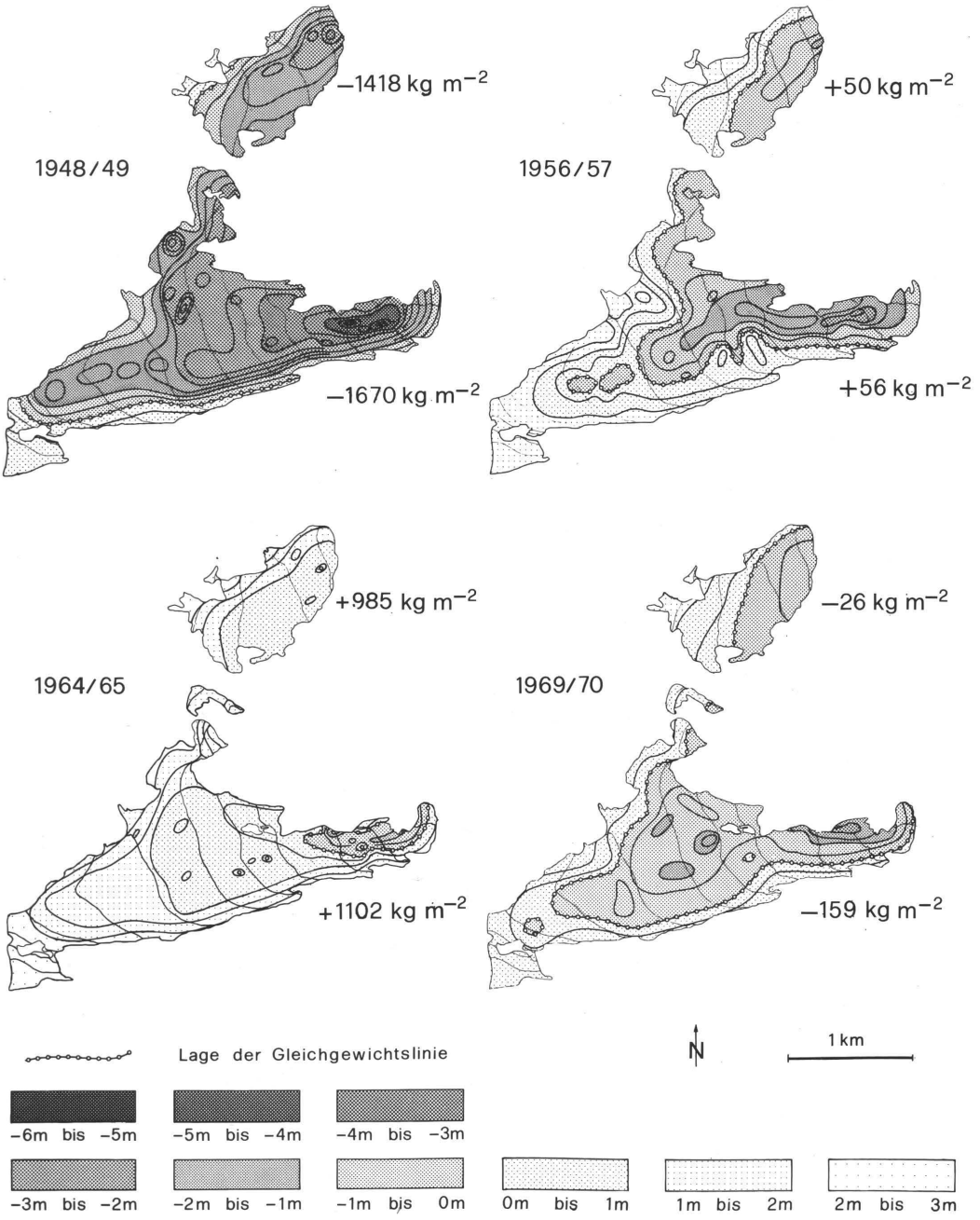


Figure 24. Bilans spécifiques de masse des années extrêmes ou modérées.

Tabelle 38. Limmern- und Plattalvagletscher - Jährliche Massenänderung und Höhe der Gleichgewichtslinie, von 1947/48 bis 1976/77

Tableau 38. Glaciers de Limmern et de Plattalva - Bilans annuels de masse et altitudes de la ligne d'équilibre, de 1947/48 à 1976/77

Messperiode / Période de bilan		Gletscherfläche / Surface glaciaire		Massenänderung / Bilan de masse				Höhe der Gleichgewichtslinie / Altitude de la ligne d'équilibre		
				gesamt / total		spezifisch / spécifique				
		km² 1)		10^6 m³ 2)		kg/m² 3)		m ü.M.	m s.m.	
vom/du	bis/au	Limmern	Plattalva	Limmern	Plattalva	Limmern	Plattalva	Limmern	Plattalva	
28.9.47	1.10.48	2.718	0.756	+ 1.209	+ 0.397	+ 400	+ 472	2640	2660	
1.10.48	4.10.49	"	"	- 5.044	- 1.191	- 1670	- 1418	2945	2890	
4.10.49	6.10.50	"	"	- 4.064	- 1.140	- 1346	- 1357	2960	2880	
6.10.50	10.10.51	"	"	+ 1.123	+ 0.321	+ 372	+ 382	2610	2620	
10.10.51	1.10.52	"	"	- 1.543	- 0.418	- 511	- 497	2860	2890	
1.10.52	30.9.53	2.718	0.756	- 0.393	- 0.054	- 145	- 71	2900	2840	
30.9.53	1.9.54	"	"	+ 1.461	+ 0.296	+ 484	+ 352	2650	2655	
1.9.54	24.9.55	"	"	+ 2.192	+ 0.532	+ 726	+ 634	2540	2620	
24.9.55	24.9.56	"	"	- 0.800	- 0.143	- 265	- 171	2790	2775	
24.9.56	25.9.57	"	"	+ 0.169	+ 0.042	+ 56	+ 50	2710	2730	
25.9.57	25.9.58	2.718	0.756	- 2.526	- 0.798	- 836	- 950	2870	2950	
25.9.58	25.9.59	2.546	0.741	- 2.929	- 0.843	- 1035	- 1024	2940	2960	
25.9.59	28.9.60	"	"	- 0.076	- 0.253	- 27	- 308	2730	2800	
28.9.60	21.9.61	"	"	+ 0.571	- 0.088	+ 202	- 107	2680	2770	
21.9.61	12.9.62	"	"	- 0.389	- 0.296	- 137	- 359	2860	2825	
12.9.62	17.9.63	2.546	0.741	- 1.297	- 0.459	- 458	- 557	2875	2860	
17.9.63	15.9.64	"	"	- 3.948	- 1.183	- 1396	- 1437	2985	-	4)
15.9.64	16.9.65	"	"	+ 3.117	+ 0.811	+ 1102	+ 985	2325	-	4)
16.9.65	9.9.66	"	"	+ 2.471	+ 0.699	+ 874	+ 849	2315	-	4)
9.9.66	15.9.67	"	"	+ 1.521	+ 0.413	+ 538	+ 505	2490	2560	
15.9.67	10.9.68	2.546	0.741	+ 2.207	+ 0.711	+ 780	+ 864	2420	-	4)
10.9.68	5.9.69	"	"	+ 0.938	+ 0.316	+ 332	+ 383	2670	2655	
5.9.69	6.9.70	"	"	- 0.449	- 0.021	- 159	- 26	2825	2760	
6.9.70	11.9.71	"	"	- 3.767	- 1.158	- 1332	- 1406	2955	-	4)
11.9.71	11.9.72	"	"	- 0.638	- 0.299	- 225	- 363	2735	2800	
11.9.72	12.9.73	2.546	0.741	- 2.950	- 0.811	- 1043	- 985	2960	-	4)
12.9.73	3.9.74	"	"	+ 0.111	+ 0.156	+ 39	+ 189	2640	2710	
3.9.74	9.9.75	"	"	+ 1.527	+ 0.542	+ 540	+ 659	2455	-	4)
9.9.75	8.9.76	"	"	- 2.824	- 0.791	- 998	- 961	2980	2875	
8.9.76	8.9.77	2.524	0.860	+ 2.210	+ 0.520	+ 788	+ 544	2555	2620	

1) Flächen vom 28./29.August 1947, vom 11.September 1959 und vom 15.September 1977.
Surfaces des 28/29 août 1947, du 11 septembre 1959 et du 15 septembre 1977.

2) Eisvolumen, berechnet mit einer Dichte des Eises von 0.9 g/cm³.
Volume de glace, déterminé en admettant une densité de la glace de 0.9 g/cm³.

3) Der Eismenge 1 kg/m² entspricht eine Wassersäule von 1 Millimeter Höhe.
Une masse de 1 kg/m² équivaut à 1 millimètre en hauteur d'eau.

4) Gleichgewichtslinie ausserhalb des Gletschers gelegen.
Ligne d'équilibre située en dehors du glacier.

Tabelle 39. Limmerngletscher - Jährliche Massenänderung für Höhenstufen von 100 Metern von 1947/48 bis 1976/77

Tableau 39. Glacier de Limmern - Bilans annuels de masse, de 1947/48 à 1976/77, par échelons de 100 mètres d'altitude

Bilanzperioden siehe Tabelle 38 / Périodes de bilan voir tableau 38

a) 1947/48 - 1952/53

Höhenstufen m ü.M.	Flächen km^2 1)	Spezifische Massenänderungen in kg/m^2 1947/48	1948/49	1949/50	1950/51	1951/52	1952/53
2100 - 2200	0.026	- 500	- 1231	- 846	- 538	- 769	- 654
2200 - 2300	0.113	- 655	- 2283	- 1655	- 442	- 1363	- 1008
2300 - 2400	0.148	- 878	- 3033	- 2344	- 439	- 1939	- 824
2400 - 2500	0.238	- 500	- 2941	- 2609	- 160	- 1782	- 462
2500 - 2600	0.256	- 43	- 2629	- 2090	+ 55	- 1308	- 203
2600 - 2700	0.396	+ 237	- 2152	- 1558	+ 116	- 785	- 123
2700 - 2800	0.673	+ 358	- 1624	- 1513	+ 475	- 263	- 80
2800 - 2900	0.424	+ 903	- 830	- 649	+ 823	- 28	- 61
2900 - 3000	0.252	+ 1226	- 794	- 452	+ 889	+ 310	+ 75
3000 - 3100	0.084	+ 1964	- 48	+ 83	+ 1071	+ 964	+ 667
3100 - 3200	0.013	+ 2231	+ 231	+ 231	+ 1231	+ 1231	+ 923
3200 - 3300	0.036	+ 2250	+ 722	+ 667	+ 1250	+ 1472	+ 722
3300 - 3400	0.059	+ 2254	+ 746	+ 746	+ 1254	+ 1745	+ 644
2100 - 3400	2.718	+ 400	- 1670	- 1346	+ 372	- 511	- 145

1) Flächen vom 28./29. August 1947
Surfaces des 28/29 août 1947

b) 1953/54 - 1957/58

Echelons d'altitude m s.m.	Surfaces km^2 1)	Bilans spécifiques de masse en kg/m^2 1953/54	1954/55	1955/56	1956/57	1957/58
2100 - 2200	0.026	- 462	- 692	- 846	- 923	- 538
2200 - 2300	0.113	- 336	- 991	- 1265	- 1221	- 1044
2300 - 2400	0.148	- 831	- 615	- 1358	- 993	- 1905
2400 - 2500	0.238	- 345	- 101	- 979	- 866	- 1971
2500 - 2600	0.256	+ 86	+ 266	- 637	- 418	- 1496
2600 - 2700	0.396	+ 227	+ 391	- 558	- 260	- 1096
2700 - 2800	0.673	+ 483	+ 842	- 210	+ 180	- 679
2800 - 2900	0.424	+ 969	+ 1250	+ 351	+ 540	- 420
2900 - 3000	0.252	+ 1266	+ 1722	+ 440	+ 873	+ 56
3000 - 3100	0.084	+ 1904	+ 2202	+ 750	+ 1405	+ 250
3100 - 3200	0.013	+ 2231	+ 2231	+ 769	+ 1769	+ 231
3200 - 3300	0.036	+ 2250	+ 2444	+ 750	+ 1750	+ 250
3300 - 3400	0.059	+ 2254	+ 2764	+ 746	+ 1746	+ 254
2100 - 3400	2.718	+ 484	+ 726	- 265	+ 56	- 836

1) Flächen vom 28./29. August 1947
Surfaces des 28/29 août 1947

Tabelle 39 / Tableau 39. Fortsetzung 1 / Continuation 1

c) 1958/59 - 1963/64

Höhenstufen m ü.M.	Flächen km^2 1)	Spezifische Massenänderungen in kg/m^2 1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64
2100 - 2200	0.024	- 1208	- 667	- 500	- 625	- 667	- 917
2200 - 2300	0.103	- 1854	- 1408	- 1214	- 1126	- 1223	- 1961
2300 - 2400	0.116	- 2086	- 1388	- 1259	- 1302	- 1690	- 2767
2400 - 2500	0.222	- 1829	- 1090	- 946	- 1185	- 1509	- 2333
2500 - 2600	0.218	- 1509	- 505	- 339	- 573	- 1160	- 2225
2600 - 2700	0.381	- 1391	- 381	- 155	- 134	- 671	- 1680
2700 - 2800	0.648	- 1032	+ 123	+ 367	+ 85	- 278	- 1424
2800 - 2900	0.406	- 458	+ 635	+ 776	- 25	- 81	- 818
2900 - 3000	0.240	- 362	+ 838	+ 1346	+ 329	+ 242	- 554
3000 - 3100	0.086	+ 81	+ 977	+ 1233	+ 1023	+ 698	- 35
3100 - 3200	0.016	+ 250	+ 1250	+ 1250	+ 1250	+ 750	+ 250
3200 - 3300	0.035	+ 257	+ 1257	+ 1400	+ 1429	+ 971	+ 257
3300 - 3400	0.051	+ 255	+ 1255	+ 1745	+ 1745	+ 1255	+ 255
2100 - 3400	2.546	- 1035	- 27	+ 202	- 137	- 458	- 1396

1) Flächen vom 11. September 1959, überarbeitete Werte
Surfaces du 11 septembre 1959, valeurs révisées

d) 1964/65 - 1969/70

Echelons d'altitude m s.m.	Surfaces km^2 1)	Bilans spécifiques de masse en kg/m^2 1964/65	1965/66	1966/67	1967/68	1968/69	1969/70
2100 - 2200	0.024	- 42	+ 542	- 167	- 42	- 708	- 500
2200 - 2300	0.103	+ 39	+ 58	- 689	- 670	- 1048	- 874
2300 - 2400	0.116	+ 302	+ 60	- 379	- 552	- 767	- 707
2400 - 2500	0.222	+ 482	+ 410	+ 45	+ 198	- 293	- 320
2500 - 2600	0.218	+ 697	+ 404	+ 206	+ 674	- 27	- 284
2600 - 2700	0.381	+ 887	+ 538	+ 441	+ 675	- 121	- 472
2700 - 2800	0.648	+ 1153	+ 992	+ 620	+ 952	+ 315	- 224
2800 - 2900	0.406	+ 1448	+ 1096	+ 771	+ 1091	+ 975	+ 81
2900 - 3000	0.240	+ 1600	+ 1350	+ 838	+ 1212	+ 1125	+ 354
3000 - 3100	0.086	+ 2151	+ 2000	+ 1570	+ 1663	+ 1477	+ 512
3100 - 3200	0.016	+ 2250	+ 2250	+ 1750	+ 1750	+ 1750	+ 750
3200 - 3300	0.035	+ 2571	+ 2257	+ 2029	+ 1743	+ 1743	+ 743
3300 - 3400	0.051	+ 2745	+ 2254	+ 2254	+ 1745	+ 1745	+ 745
2100 - 3400	2.546	+ 1102	+ 874	+ 538	+ 780	+ 332	- 159

1) Flächen vom 11. September 1959, überarbeitete Werte
Surfaces du 11 septembre 1959, valeurs révisées

Tabelle 39 / Tableau 39. Fortsetzung 2 / Continuation 2

e) 1970/71 - 1975/76

Höhenstufen m ü.M.	Flächen km^2 1)	Spezifische Massenänderungen in kg/m^2 1970/71	1971/72	1972/73	1973/74	1974/75	1975/76
2100 - 2200	0.024	- 1750	- 542	- 958	- 375	+ 83	- 625
2200 - 2300	0.103	- 2049	- 942	- 1223	- 592	- 214	- 961
2300 - 2400	0.116	- 2569	- 1569	- 2121	- 759	- 466	- 1897
2400 - 2500	0.222	- 2491	- 1257	- 2667	- 784	+ 95	- 2189
2500 - 2600	0.218	- 1913	- 761	- 1546	- 440	+ 96	- 1651
2600 - 2700	0.381	- 1727	- 690	- 1228	- 5	+ 252	- 696
2700 - 2800	0.648	- 1349	- 140	- 1074	+ 173	+ 651	- 924
2800 - 2900	0.406	- 635	+ 461	- 534	+ 355	+ 1017	- 741
2900 - 3000	0.240	- 425	+ 650	- 333	+ 471	+ 1008	- 854
3000 - 3100	0.086	+ 12	+ 1093	- 70	+ 686	+ 1209	- 198
3100 - 3200	0.016	+ 250	+ 1000	+ 250	+ 750	+ 1188	+ 250
3200 - 3300	0.035	+ 200	+ 743	+ 229	+ 743	+ 1343	+ 229
3300 - 3400	0.051	+ 216	+ 745	+ 255	+ 1255	+ 1235	+ 255
2100 - 3400	2.546	- 1332	- 225	- 1043	+ 39	+ 540	- 998

1) Flächen vom 11. September 1959, überarbeitete Werte
Surfaces du 11 septembre 1959, valeurs révisées

f) 1976/77

Echelons d'altitude m s.m.	Surfaces km^2 1)	Bilans spécifiques de masse en kg/m^2 1976/77
2100 - 2200	0.032	- 250
2200 - 2300	0.085	- 459
2300 - 2400	0.101	- 812
2400 - 2500	0.177	- 542
2500 - 2600	0.211	- 14
2600 - 2700	0.380	+ 408
2700 - 2800	0.623	+ 806
2800 - 2900	0.427	+ 1436
2900 - 3000	0.277	+ 1776
3000 - 3100	0.100	+ 2060
3100 - 3200	0.017	+ 2235
3200 - 3300	0.034	+ 2235
3300 - 3400	0.060	+ 2250
2100 - 3400	2.524	+ 788

1) Flächen vom 15. September 1977
Surfaces du 15 septembre 1977

Tabelle 40. Plattalvagletscher - Jährliche Massenänderung für Höhenstufen von 100 Metern von 1947/48 bis 1976/77

Tableau 40. Glacier de Plattalva - Bilans annuels de masse, de 1947/48 à 1976/77, par échelons de 100 mètres d'altitude

Bilanzperioden siehe Tabelle 38 / Périodes de bilan voir tableau 38

a) 1947/48 - 1952/53

Höhenstufen m ü.M.	Flächen km^2 1)	Spezifische Massenänderungen in kg/m^2 1947/48	1948/49	1949/50	1950/51	1951/52	1952/53
2500 - 2600	0.048	+ 62	- 2250	- 1854	+ 271	- 1062	- 104
2600 - 2700	0.185	+ 103	- 1816	- 1730	+ 222	- 968	- 124
2700 - 2800	0.300	+ 357	- 1590	- 1643	+ 347	- 543	- 187
2800 - 2900	0.188	+ 893	- 872	- 761	+ 585	- 48	+ 21
2900 - 3000	0.035	+ 1714	+ 371	+ 542	+ 600	+ 743	+ 743
2500 - 3000	0.756	+ 472	- 1418	- 1357	+ 382	- 497	- 71

1) Flächen vom 28./29. August 1947
Surfaces des 28/29 août 1947

b) 1953/54 - 1957/58

Echelons d'altitude m s.m.	Surfaces km^2 1)	Bilans spécifiques de masse en kg/m^2 1953/54	1954/55	1955/56	1956/57	1957/58
2500 - 2600	0.048	+ 125	+ 312	- 1000	- 104	- 1750
2600 - 2700	0.185	+ 124	+ 389	- 897	- 108	- 1400
2700 - 2800	0.300	+ 230	+ 537	- 200	+ 23	- 917
2800 - 2900	0.188	+ 649	+ 931	+ 633	+ 213	- 479
2900 - 3000	0.035	+ 1314	+ 1600	+ 743	+ 457	- 286
2500 - 3000	0.756	+ 352	+ 634	- 171	+ 50	- 950

1) Flächen vom 28./29. August 1947
Surfaces des 28/29 août 1947

c) 1958/59 - 1963/64

Höhenstufen m ü.M.	Flächen km^2 1)	Spezifische Massenänderungen in kg/m^2 1958/59	1959/60	1960/61	1961/62	1962/63	1963/64
2500 - 2600	0.043	- 1837	- 837	- 977	- 977	- 1186	- 2047
2600 - 2700	0.180	- 1439	- 983	- 511	- 750	- 1011	- 1861
2700 - 2800	0.306	- 1124	- 366	- 42	- 458	- 643	- 1706
2800 - 2900	0.178	- 376	+ 399	+ 230	+ 168	- 39	- 618
2900 - 3000	0.034	- 294	+ 765	+ 794	+ 618	+ 706	- 294
2500 - 3000	0.741	- 1024	- 308	- 107	- 359	- 557	- 1437

1) Flächen vom 11. September 1959, überarbeitete Werte
Surfaces du 11 septembre 1959, valeurs révisées

Tabelle 40 / Tableau 40. Fortsetzung / Continuation

d) 1964/65 - 1969/70

Echelons d'altitude m s.m.	Surfaces km² 1)	Bilans spécifiques de masse en kg/m² 1964/65	1965/66	1966/67	1967/68	1968/69	1969/70
2500 - 2600	0.043	+ 885	+ 698	+ 558	+ 814	- 163	- 558
2600 - 2700	0.180	+ 856	+ 750	+ 656	+ 800	- 28	- 522
2700 - 2800	0.306	+ 879	+ 729	+ 353	+ 758	+ 448	- 29
2800 - 2900	0.178	+ 1129	+ 983	+ 483	+ 983	+ 685	+ 438
2900 - 3000	0.034	+ 2000	+ 1941	+ 1059	+ 1588	+ 1088	+ 882
2500 - 3000	0.741	+ 985	+ 849	+ 502	+ 864	+ 383	- 26

1) Flächen vom 11. September 1959, überarbeitete Werte
Surfaces du 11 septembre 1959, valeurs révisées

e) 1970/71 - 1975/76

Höhenstufen m ü.M.	Flächen km² 1)	Spezifische Massenänderungen in kg/m² 1970/71	1971/72	1972/73	1973/74	1974/75	1975/76
2500 - 2600	0.043	- 2186	- 884	- 1581	+ 326	+ 953	- 1279
2600 - 2700	0.180	- 1956	- 728	- 1150	+ 294	+ 678	- 1733
2700 - 2800	0.306	- 1435	- 229	- 1065	+ 95	+ 614	- 1016
2800 - 2900	0.178	- 697	- 224	- 674	+ 157	+ 669	- 241
2900 - 3000	0.034	- 971	- 265	- 265	+ 471	+ 529	+ 265
2500 - 3000	0.741	- 1406	- 363	- 985	+ 189	+ 659	- 961

1) Flächen vom 11. September 1959, überarbeitete Werte
Surfaces du 11 septembre 1959, valeurs révisées

f) 1976/77

Echelons d'altitude m s.m.	Surfaces km² 1)	Bilans spécifiques de masse en kg/m² 1976/77
2500 - 2600	0.048	+ 229
2600 - 2700	0.168	+ 399
2700 - 2800	0.348	+ 592
2800 - 2900	0.202	+ 614
2900 - 3000	0.090	+ 633
3000 - 3100	0.004	+ 750
2500 - 3100	0.860	+ 544

1) Flächen vom 15. September 1977
Surfaces du 15 septembre 1977

6.33 GLAZIOLOGISCHE SPEZIALKARTE DES LIMMERN- UND DES PLATTALVAGLETSCHERS

(Aperçu en français voir page 201)

Eine glaziologische Spezialkarte, auf welcher die Stände 1947 und 1977 des Limmern- und des Plattalvagletschers im Massstab 1:10 000 eingedruckt sind, ist auf der 3. Umschlagseite dieses Jahrbuchs eingesteckt. Sie ist nach Luftbildern der V+D vom 28. und 29. August 1947 und solchen der L+T vom 15. September 1977 gezeichnet worden. Die Auswertung am Autographen hat bei der ersten Aufnahme das Vermessungsbüro M.Zurbuchen in Bern, bei der zweiten das Vermessungsbüro A.Flotron in Meiringen besorgt. Die Aufnahme 1947 liegt dem Uebersichtsplan des Kantons Glarus, Blätter 18 und 19 zugrunde. Gelegenheit zur zweiten Aufnahme boten die Vermessungsflüge der L+T für die Nachführung der Landeskarten. Im Hinblick darauf sind 1972 und 1973 im Sommer rund 35 Geländepunkte, die als Passpunkte bei der Auswertung der Luftbilder dienen sollten, mit Farbe oder mit Signaltafeln markiert und vermessen worden. Als der Flug am 28. September 1973 durchgeführt und am 12. September 1974 wiederholt wurde, war der Gletscher jeweils frisch verschneit, so dass die Luftbilder sich nicht mit der gewünschten Genauigkeit auswerten liessen. Das Passpunktnetz ist deshalb unterhalten und erneuert worden bis zum Flug vom 15. September 1977, der die Aufnahmen ergab, welche in der Karte verarbeitet sind. Nebst den Flug- und Photodiensten der V+D und der L+T und nebst den erwähnten Vermessungsbüros haben folgende Personen und Institutionen bei der Herstellung der Karte massgeblich mitgewirkt. Unter Leitung von H.Tschannen haben angehende Kartographen der L+T die Gravur besorgt. Der Verfasser, der die von P.Kasser begonnenen Gletschermessungen im Limmerngebiet seit 1947 betreut und bearbeitet, hat die Karte inhaltlich redigiert, graphisch gestaltet und zum Druck vorbereitet. Ch.Trostel und H.Tschannen von der L+T waren bei der Vorbereitung und bei der Drucklegung mit Rat und Tat behilflich. Den Druck der Karte hat wiederum die L+T übernommen. Anderweitige Unterstützung haben wir von Professor E.Spiess und dem von ihm geleiteten Institut für Kartographie an der ETHZ, von den Kraftwerken Linth-Limmern und von der Gletscherkommission der SNG erhalten. Wir danken allen diesen Helfern für ihre Beiträge zur glaziologischen Spezialkarte des Limmerngebiets. Wir danken besonders auch einer stattlichen Schar berggewohnter Leute für kameradschaftliche Unterstützung bei den Messungen im Gelände, der Mitarbeiterin P.Eugster sowie den Mitarbeitern B.Nedela und W.Nobs von der VAW für ihre Hilfe bei der Auswertung der Karte und der umfangreichen glaziologischen Messdaten.

Tabelle 41. Limmern- und Plattalvagletscher
Flächen- und Volumenänderung von 1947 bis 1977, für Höhenstufen von 100 Metern

Tableau 41. Glaciers de Limmern et de Plattalva
Variations de la surface et du volume glaciaires, de 1947 à 1977, par échelons de 100 mètres d'altitude

a) Limmern

Höhenstufen	Flächen			Volumenänderung
	Stand 1947	Stand 1977	Aenderung	1947/77
m ü.M.	km^2 1)	km^2 2)	km^2	$10^6 m^3$ Eis
2100 - 2200	0.026	0.032	+ 0.006	- 0.299
2200 - 2300	0.113	0.085	- 0.028	- 3.222
2300 - 2400	0.148	0.101	- 0.047	- 2.384
2400 - 2500	0.238	0.177	- 0.061	- 3.347
2500 - 2600	0.256	0.211	- 0.045	- 3.327
2600 - 2700	0.396	0.380	- 0.016	- 1.460
2700 - 2800	0.673	0.623	- 0.050	- 0.475
2800 - 2900	0.424	0.427	+ 0.003	+ 1.165
2900 - 3000	0.252	0.277	+ 0.025	+ 1.506
3000 - 3100	0.084	0.100	+ 0.016	+ 0.316
3100 - 3200	0.013	0.017	+ 0.004	+ 0.011
3200 - 3300	0.036	0.034	- 0.002	+ 0.007
3300 - 3400	0.059	0.060	+ 0.001	+ 0.115
2100 - 3400	2.718	2.524	- 0.194	- 11.394

1) Luftphotogrammetrische Aufnahme durch V+D am 28./29. August 1947

2) Luftphotogrammetrische Aufnahme durch L+T am 15. September 1977

b) Plattalva

Echelons d'altitude	Surfaces			Variation du volume 1947/77
	Etat 1947	Etat 1977	Variation	
m s.m.	km^2 1)	km^2 2)	km^2	$10^6 m^3$ de glace
2500 - 2600	0.048	0.048	0.000	- 0.717
2600 - 2700	0.185	0.168	- 0.017	- 1.598
2700 - 2800	0.300	0.348	+ 0.048	- 2.181
2800 - 2900	0.188	0.202	+ 0.014	- 0.593
2900 - 3000	0.035	0.090	+ 0.055	+ 0.269
3000 - 3100		0.004	+ 0.004	
2500 - 3100	0.756	0.860	+ 0.104	- 4.820

1) Relevé aérophotogrammétrique par D+M les 28/29 août 1947

2) Relevé aérophotogrammétrique par L+T le 15 septembre 1977

6.34 GLACIERS DE LIMMERN ET DE PLATTALVA. APERCUS EN FRANCAIS

Chapitre 6.31: Introduction

Les glaciers de Limmern et de Plattalva sont situés dans la partie orientale du massif du Toedi, dans les Alpes glaronaises. L'eau de leurs émissaires alimente le Limmernbach, l'une des rivières-source de la Linth, qui, par la Limmat et l'Aar, est tributaire du Rhin. Depuis une vingtaine d'années, l'eau du Limmernbach est retenue par un barrage-voûte dans le lac artificiel de Limmern, soit le bassin d'accumulation principal des forces motrices de Linth-Limmern (KLL).

Sur les cartes topographiques officielles, les deux glaciers, autrefois reliés, sont indiqués sous le nom commun de "Griessfirn". Souvent, la langue du glacier principal est désignée sous le nom particulier de "Limmerenfirn". Depuis une cinquantaine d'années, le "Griessfirn" est divisé en deux glaciers indépendants que, dans le présent rapport comme dans nos publications précédentes, nous désignons par les noms inofficiels de "Glacier de Limmern" et "Glacier de Plattalva". A l'état actuel, le glacier de Limmern recouvre une surface de 2.5 kilomètres carrés sur le versant nord-est du Bifertenstock (3421 m s.m.). Son voisin septentrional, le glacier de Plattalva, recouvrant une surface de 0.9 km^2, occupe le fond d'une auge glaciaire sur le versant oriental du Hinter Selbsanft (3029 m s.m.). Dans la carte spéciale des glaciers de Limmern et de Plattalva, annéxée à cet annuaire, on a adopté la nomenclature du plan cadastral de 1947, où respectivement "Griessfirn" et "Limmerenfirn" désignent le névé et la langue du glacier de Limmern, et où "Plattas alvas" désigne le glacier de Plattalva.

La variation annuelle du front glaciaire a été déterminée par des mensurations terrestres depuis 1964 à Limmern et depuis 1969 à Plattalva (tableau 37).

Chapitre 6.32: Observations glaciologiques

Les mesures glaciologiques que les VAW exécutent sur les glaciers de Limmern et de Plattalva, ont été commencées en 1946 et poursuivies pendant 30 ans à la demande des KLL. Depuis 1978, elles font partie des relevés annuels des VAW sur la variation de la masse de quelques glaciers choisis.

La variation annuelle du niveau de la surface glaciaire (figure 21) dans les points et profils de référence, indiqués dans la figure 23, a été observé, dès 1946, par des mensurations géodésiques. Dans les profils de la figure 22 et le plan de la figure 23, les variations d'épaisseur et de surface durant la période d'observation de 1947 à 1977 sont montrées

dans le cadre des variations séculaires, qui sont bien documentées par des relevés topographiques. Le relevé à la planchette, en 1852, a saisi à peu près l'état de la dernière étendue maximale. Le relevé aérophotogrammétrique de 1959 et les mensurations terrestres de 1964 ont saisi la dernière étendue minimale des deux glaciers.

Afin d'établir les bilans annuels spécifiques de masse, on a planté des balises dans les points de référence, à partir de 1949, et dans bien d'autres points, dans les années suivantes. Après 1969, avec une cinquantaine de balises, on est arrivé à discerner des zones à égal bilan spécifique de masse (figure 24). Les résultats des bilans annuels présentés dans les tableaux 38 à 40 ont été obtenus après l'homogénéisation des données, par calculs statistiques, et après avoir fermé, par différentes méthodes d'interpolation, les lacunes de la série des mesures. Les valeurs des années 1969/70 et suivantes sont censées être concluantes de l'ordre de 50 à 100 kg/m^2 ou environ deux fois mieux que celles des années précédentes sauf 1947/48, 1951/52 et 1952/53, qui représentent les lacunes de la série. Ces lacunes fermées, la variation de la masse des deux glaciers durant la période des 30 ans de 1947 à 1977 s'élève à une perte au total de 17 millions de mètres cubes de glace, soit à une diminution d'épaisseur moyenne de 17 centimètres par an. Ce résultat est confirmé par les chiffres résumant le tableau 41 (diminution moyenne de 16 centimètres par an); ce tableau présente les valeurs obtenues par la méthode dite géodésique, en déterminant les variations de surface et de volume des deux glaciers à partir des relevés aérophotogrammétriques de 1947 et de 1977.

Durant cette période, la ligne d'équilibre, variant fortement d'une année à l'autre, a été observée à une altitude moyenne de 2729 mètres sur mer sur le glacier de Limmern et à environ 2770 mètres sur le glacier de Plattalva. Or, en moyenne, les deux glaciers ont été partagés en zones à peu près égales d'accumulation (48% de la surface totale) et d'ablation (52%).

Chapitre 6.33: Carte spéciale des glaciers de Limmern et de Plattalva

Dans la carte glaciologique, qui se trouve dans le pli de la couverture dorsale, la topographie des glaciers de Limmern et de Plattalva est restituée à l'échelle 1:10 000 selon les clichés aériens, pris les 28 et 29 août 1947 par D+M et le 15 septembre 1977 par S+T. La restitution photogrammétrique a été faite par les bureaux de mensuration M.Zurbuchen, Berne, pour le plan cadastral du canton de Glaris, en 1947, et par A.Flotron, Meiringen, pour la carte spéciale, en 1977. Outre l'assistance ou la subvention de plusieurs personnes ou institutions, nous avons profité surtout de l'appui de l'Office fédéral de la topographie, qui a pourvu à la gravure et à l'impression de la carte. H.Siegenthaler, l'auteur et rédacteur de la carte, préside aux observations glaciologiques, commencées par P.Kasser, depuis 1947.

7. SUMMARIES IN ENGLISH

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 1975/76 and 1976/77" are reports 97 and 98 in a series founded by F.A.Forel in 1880. The index for this series can be found 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 81 glaciers by the cantonal forestry services, at 4 by hydroelectric power companies, at 22 by scientific institutions and at 13 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 descriptions of the climatic conditions are based upon data from the "Schweizerische Meteorologische Anstalt (SMA)" (Swiss Meteorological Institute) in Zürich, the "Landeshydrographie des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft (A+W)" (Hydrographical Survey of the Swiss Federal Office for Hydraulic Economy) in Bern, 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 summarised 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. This form will be maintained until further notice. Chapter 6 contains additional information (see table of contents p. 205 - 208).

Chapter 1: Climate and Weather

In the balance year 1975/76, the mass of the glaciers in Switzerland decreased. Because of the extremely low winter precipitation, the firn areas experienced lower-than-average accumulation. In addition, the mass losses through ablation were above average despite: a) a much colder summer than usual in higher altitudes from May to September, and b) a below-average sum of the positive degree days during these same months. There are several reasons for the higher mass losses: 1) the glaciers lost their snow cover relatively early 2) the

ablation period was of a long duration 3) in the period from 7th June to 19th July, when almost no precipitation fell and the days were extremely sunny and warm, ablation was particularly intensive 4) the total number of hours of sunshine for the whole summer period exceeded the long-term mean everywhere, except in the central part of the Grisons and in Engadine, where "normal" values were recorded.

In the balance year 1976/77 increase of glacier mass was favoured very much in winter already, by the build-up of a large snow cover and again in the cold summer, by only slight melting; the summer season was remarkable for its lack of long periods of good weather. The area hit by unusually high precipitation, including the southern slope of the Alps, extended across the Upper Wallis right up to the northern main crest of the Alps in Bernese Oberland. In the Engadine and in the central part of the Grisons as well, the annual sum of precipitation was considerably above average. Compared to the long-term mean, the precipitation decreased towards the northernmost limit of the Alps, where it came near to average values. From May to September, the heat deficit was very large in all glaciated areas of the Swiss Alps.

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 1976 and 1977 is given in Table 5.

Chapter 3: Position Changes of Glacier Termini

The measurement of glacier front positions (Tables 6 to 8 and Figures 6 to 8) gave the following results:

Year of exercise	Number of glaciers			
	advancing	stationary	retreating	sample size
1975/76	23	10	70	103
1976/77	52	15	41	108

Figure 8 shows the fractions of advancing, stationary and retreating glaciers as a percentage of the respective sample sizes, for the years 1890/91 to 1976/77.

Chapter 4: Photographic Section

The titles of the pictures, taken from the magazine "Die Alpen", can be found in the table of contents (pages 205 and 206).

Chapter 5: Mass Balance

The specific changes in mass have been determined for 5 glaciers (Tables 9, 14 to 16, and Figures 11 to 16). In the last 3 years, the following rates, expressed in kg/m^2 or millimeters water equivalent, were observed:

Balance Year	Specific mass balance of the glaciers				
	Gries	Aletsch	Limmern	Plattalva	Silvretta
1974/75	+ 280	+ 559	+ 540	+ 659	+ 791
1975/76	- 1056	- 688	- 998	- 961	- 510
1976/77	+ 1263	+ 1478	+ 788	+ 544	+ 620

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.

Chapter 6: Appendix

Chapter 6.1

As a result of various changes at the meteorological station Säntis (2500 m a.s. l.), the values published for air temperatures in the glacier reports to date cannot be directly compared with each other. Table 19 contains homogenised data for the monthly averages from 1864 to 1887, and from 1887 to 1980; Table 20 gives the monthly sum of the positive degree days from 1901 to 1977.

Chapter 6.2

The monthly variations of the water storage in the catchment area of the river Rhone above Lake of Geneva (area 5220 km^2) were estimated for the period 1955/56 to 1979/80; these estimations enabled corresponding data to be quoted for the years of this publication, as seen in Tables 12 and 13, and also in Figure 10 of Chapter 5.

Chapter 6.3

The results of the glaciological measurements on the Limmern and Plattalva glaciers from 1947/48 to 1976/77 are given in Tables 37 to 40. The data given in Table 41 are based upon the glaciological map, which is held in the inside fold of the backcover; on this map the respective states of the glaciers in 1947 and in 1977 are shown by the different colour of contourlines.

TABLE OF CONTENTS

		page
	Table of contents	9,13*
1	CLIMATE AND WEATHER	17,24
1.1	INTRODUCTION	17,24
1.2	THE YEAR 1975/76	19,27
1.3	THE YEAR 1976/77	22,30
	Tables 1 and 2. Degree-days of months April to October and summer (May - September) a) absolute values, in centigrades b) relative values, as percentages of mean value 1959/77	
	Table 1: in 1976	32
	Table 2: in 1977	33
	Figures 1 and 2. Daily values of mean air temperature, sum of precipitation and altitude of 0°C-isothermal level in the atmosphere	
	Figure 1: in 1975/76	34
	Figure 2: in 1976/77	36
	Figures 3 and 4. Precipitation, mean air temperature, duration of sunshine and run-off - Deviation of monthly, seasonal and annual values from respective means of reference-period 1931/60	
	Figure 3: in 1975/76	38
	Figure 4: in 1976/77	40
1.4	WINTER SNOW-COVER - SOME DATA	42
	Remarks concerning the network of observation	42
	Figure 5. Network of observation	43
	Table 3. Data on snow-cover in winter 1975/76	44
	Table 4. Data on snow-cover in winter 1976/77	45
2	CHRONICLE	46,54
2.1	GLACIOLOGICAL ACTIVITIES AND SPECIAL EVENTS IN 1975/76	46,54
2.2	GLACIOLOGICAL ACTIVITIES AND SPECIAL EVENTS IN 1976/77	51,58
	Table 5. Aerial survey of glaciers in 1976 and 1977	61
3	VARIATION OF GLACIER TERMINI	66,69
3.1	EXERCISE 1975/76	66,69
3.2	EXERCISE 1976/77	67,70
	Tables 6 and 7. Variation of glacier termini - Statistics a) regarding the whole sample of swiss Alps b) regarding the main river basins of Switzerland	
	Table 6: for the year 1975/76	72
	Table 7: for the year 1976/77	73
	Figures 6 and 7. The glaciers of the swiss Alps - Observations and results	
	Figure 6: of exercise 1976	74
	Figure 7: of exercise 1977	75
	Figure 8. Variation of glacier termini 1890/91 - 1976/77	76
	Table 8. Variation of glacier termini in 1975/76 and 1976/77 (with notes regarding single glaciers, pages 81 to 98)	77
4	PHOTOGRAPHICAL ILLUSTRATIONS	99,101
4.1	ILLUSTRATIONS OF 97th REPORT - FIGURE CAPTIONS	99,101
	Plates I to IV	
	Plate I (photographs 1 to 3). Core-drilling in firn accumulated on Colle Gnifetti (Monte Rosa), August 1977	

*) First cipher refers to german, second cipher refers to french version.

page

Plates II and III (photographs 4 to 6). Tschingelgletscher in Bernese Oberland, views of September 25th 1975 and September 27th 1977
Plate IV (photographs 7 and 8). Eigergletscher (Bernese Oberland), views of September 24th 1975

4.2 ILLUSTRATIONS OF 98th REPORT - FIGURE CAPTIONS 103,104

Plates V to VIII
Plate V (photograph 94). Saharian dust deposited on Glacier de Breney (Valais), view of July 24th 1977
Plate VI (photographs 95 to 97). Observations on meltwater run-off and glacial movement on tongue of Unteraargletscher (Bernese Oberland) in May 1977
Plate VII (photograph 98). Surface of winter snow cover on Glacier de Breney (Valais), rilled by rain and meltwater, view of July 23rd 1977
Plate VIII (photograph 99). Oberes Eismeer (upper part of Unterer Grindelwaldgletscher, Bernese Oberland), view of October 8th 1976 (photograph 100). Snout of Oberer Grindelwaldgletscher (Bernese Oberland), view of August 11th 1977

5 MASS BALANCE 105,109

5.1 INTRODUCTION 105,109

5.2 RESULTS OF BALANCE YEAR 1975/76 107,111

5.3 RESULTS OF BALANCE YEAR 1976/77 108,112

Table 9. Annual mass balances of various glaciers from 1974/75 to 1976/77 113
Table 10. Annual hydrological balances of glaciated river basins
a) Aegina (with Griesgletscher, Valais) from 1974/75 to 1976/77 114
b) Massa (with Aletschgletscher, Valais) from 1974/75 to 1976/77 115
c) Rhone (above Lake of Geneva, Valais) from 1972/73 to 1976/77 116
Table 11. Massa river basin (with Aletschgletscher) - Monthly, seasonal and annual hydrological balances
a) for calendar periods: months, winters (October-April), summers (May-September) and hydrological years (October-September) 1975/76 and 1976/77 117
b) for climatic periods: accumulation periods, ablation periods and annual cycles 1973/74 - 1976/77 119
Figure 9. Massa river basin (with Aletschgletscher) - Daily hydrological balances and changes of storage 1975/76 and 1976/77 120
a) daily values of precipitation, runoff and water storage
b) daily values of water storage, cumulated from October 1st 1975 to September 30th 1976 and from October 1st 1976 to September 30th 1977
Figure 10. Rhone river basin (above Lake of Geneva) - Monthly changes of water storage cumulated for 1975/76 and 1976/77 and compared to mean, standard deviation and extreme values of period 1955/56 - 1979/80 121
Tables 12 and 13. Rhone river basin (above Lake of Geneva) - Monthly, seasonal and annual hydrological balances (calendar periods)
Table 12: in 1975/76 122
Table 13: in 1976/77 123
Figure 11 to 16. Zones of equal specific mass balance on various glaciers in 1976 and 1977
Figures 11 and 12: Griesgletscher (Valais) 124,125
Figures 13 and 14: Limmerngletscher and Plattalvagletscher (Glaronese Alps) 126,127
Figures 15 and 16: Silvrettagletscher (Grisons) 128,129

page

Tables 14 to 16. Annual mass balances versus altitudes in 1975/76 and 1976/77
Table 14: Griesgletscher (Valais) 130
Table 15: Limmerngletscher und Plattalvagletscher (Glaronese Alps) 131
a) Limmerngletscher
b) Plattalvagletscher
Table 16: Silvrettagletscher (Grisons) 132

5.4 SURVEY OF OBERAAR- AND OF UNTERAARGLETSCHER (BERNESE OBERLAND) 133

Introduction 133

Figure 17. Aaregletscher - Location of profiles 133
Table 17. Aaregletscher - Results of survey 1976 134
Table 18. Aaregletscher - Results of survey 1977 135

6 APPENDIX: REVIEW OF LONGTERM OBSERVATIONS (WITH REFERENCES) 136,139

6.1 AIR TEMPERATURE ON SAENTIS, by Max Schüepp 136,139

COMMENT

Table 19. Air temperature on Säntis (2500 m a.s.l.) - Monthly, seasonal and annual mean values
a) of period 1864-1887, infered from observations at Rigi-Kulm 142
b) of period 1887-1980, observed at Säntis 143
c) of decennial periods 1871/80-1971/80 145
Table 20. Air temperature on Säntis (2500 m a.s.l.) - Degree-day values for months, summer seasons, calendar years and hydrological years 1901 - 1977 (revised by A.Lemans) 146

6.2 VARIATION OF WATERSTORAGE IN THE RHONE RIVER BASIN ABOVE LAKE OF GENEVA, by Peter Kasser 148

6.21 INTRODUCTION 148

6.22 CHARACTERISTIC FEATURES OF THE DRAINAGE BASIN AND SELECTION OF REFERENCE STATIONS 150

Figure 18. Drainage basin of Rhone River and location of measuring stations 151
Table 21. Features of Rhone river basin and some of its partial basins 152
Table 22. Average monthly variation of run-off and precipitation 153
Table 23. Regional distribution of reference stations for precipitation 155
Table 24. Distribution of surface area to altitude intervals and quality of land surface (hard rock and scree, forest, glacier, lake and other) 156

6.23 HYDROLOGICAL BALANCE OF 25-YEAR REFERENCE PERIOD 1955/56 - 1979/80 157

Table 25. Mean precipitation on the basin - method of computation 158

6.24 ANNUAL VARIATION OF STORAGE DURING REFERENCE PERIOD 159

Table 26. Components and results of hydrological balances 1955/56-1979/80 160

6.25 MONTHLY VALUES OF BALANCE COMPONENTS, CUMULATED OVER SELECTED YEARS 161

Table 27. Monthly variation of mean evapotranspiration in the basin 161
Tables 28 to 30. Results of monthly hydrological balances
a) monthly values
b) cumulated monthly values
Table 28: hydrological year 1973/74 162
Table 29: hydrological year 1974/75 163
Table 30: hydrological year 1946/47 164
Tables 31 and 32. Mean, extreme and standard deviation values of precipitation, run-off and variation of water storage in the basin during reference period
Table 31: of the monthly values 165
Table 32: of the cumulated monthly values 166
Figure 19. Monthly variation of water storage in Rhone river basin, cumulated over the years 1973/74, 1974/75 and 1946/47, compared to extreme, standard deviation and mean values of reference period 1955/56 - 1979/80 167

page

6.26 STANDARDISED DEVIATIONS OF THE MONTHLY VARIATIONS OF WATER STORAGE WITH RESPECT TO MEANS OF REFERENCE PERIOD 168

Tables 33 and 34. Variation of water storage - Standardised deviations with respect to mean values of reference period
Table 33: of the monthly values 170
Table 34: of the cumulated monthly values 171
Figure 20. Variation of water storage during reference period 1955/56-1979/80 - Selected cases of empirical distribution compared to standardised normal distribution 172

6.27 FINAL REMARKS, WITH NOTES ON SOURCES OF ERRORS AND ON THE RELIABILITY OF THE RESULTS 173

Table 35. List of drainage basins, where run-off has been measured since 1917 or longer and where precipitation has been determined (selection) 176
Table 36. List of experimental drainage basins of the federal Water Board, where run-off is measured since 1956 or longer. 177

6.28 LIST OF REFERENCES 178

6.29 EXTENDED SUMMARIES IN FRENCH, OF CHAPTERS 6.21 TO 6.27 180

6.3 GLACIOLOGICAL OBSERVATIONS ON THE GLACIERS LIMMERN AND PLATTALVA (GLARONESE ALPS), by Hans Siegenthaler 184

6.31 INTRODUCTION 184

Table 37. Annual variation of glacier fronts from 1947 to 1977 185

6.32 GLACIOLOGICAL OBSERVATIONS 186

Figure 21. Annual variation of surface level at the reference points on the glaciers, from 1947 to 1977 189
Figure 22. Surface level in cross sections, in the years 1852, 1947, 1959 and 1977 190
Figure 23. Surface area of the glaciers in 1852, 1947, 1959 and 1977 190
Figure 24. Zones of equal specific mass change in selected years with ill or well levelled total mass balance (1948/49, 1956/57, 1964/65 and 1969/70) 191
Table 38. Annual mass change and mean altitude of equilibrium line 1947/48 - 1976/77 192
Table 39. Limmerngletscher - Annual mass change versus altitude 1947/48 - 1976/77 193
Table 40. Plattalvagletscher - Annual mass change versus altitude 1947/48 - 1976/77. 196

6.33 GLACIOLOGICAL MAP OF THE GLACIERS LIMMERN AND PLATTALVA 198

Table 41. Variation of area and volume versus altitude from 1947 to 1977 199

GLACIOLOGICAL MAP OF LIMMERN AND PLATTALVAGLETSCHER. Aerial photogrammetrical surveys of 1947 and 1977 (in fold of back cover)

6.34 EXTENDED SUMMARIES IN FRENCH, OF CHAPTERS 6.31 TO 6.33 200

7 SUMMARIES IN ENGLISH OF CHAPTERS 1 TO 6 202

Table of contents, in English 205

3. Umschlagseite:

Karte 1:10 000 des Limmern- und des Plattalvagletschers.
Aufnahmen vom 28./29. August 1947 und vom 15. September 1977.

Carte 1:10 000 des glaciers de Limmern et de Plattalva.
Relevés des 28/29 août 1947 et du 15 septembre 1977.

Verzeichnis der publizierten Berichte / Index des rapports publiés:

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

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

Verfasser / Auteurs	Bericht Nr.(Jahr) / Rapport no.(année)
F.A.Forel	1 (1880) - 15 (1893/94)
F.A.Forel et L.Du Pasquier	16 (1894/95) - 17 (1895/96)
F.A.Forel, M.Lugeon et E.Muret	18 (1896/97) - 27 (1905/06)
F.A.Forel, E.Muret, P.L.Mercanton et E.Argand	28 (1906/07)
F.A.Forel, E.Muret et P.L.Mercanton	29 (1907/08) - 32 (1910/11)
E.Muret et P.L.Mercanton	33 (1911/12) - 34 (1912/13)
P.L.Mercanton	35 (1913/14) - 70 (1948/49)
P.L.Mercanton et A.Renaud	71 (1949/50) - 75 (1953/54)
A.Renaud	76 (1954/55) - 83 (1961/62)
P.Kasser	84 (1962/63) - 91 (1969/70)
P.Kasser und M.Aellen*)	92 (1970/71) - 102 (1980/81)

*) Verfasser der Jahrbücher / Auteurs des annuaires:

P.Kasser, M.Aellen und H.Siegenthaler	95/96 (1973/74 und 1974/75)
	97/98 (1975/76 und 1976/77)

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

Zeitschrift / Périodique:	Bericht Nr./Rapport no.
Echo des Alpes XVII - XVIII, Genève 1881 - 1882	1 - 2
Jahrbuch des SAC / Annuaire du CAS XVIII - LVIII, Berne 1883 - 1924	3 - 44
Die Alpen / Les Alpes 1. - 58. Jg./année, Bern 1925 - 1982	45 - 102*)
*) ohne Tabellen / Sans les tableaux:	71 - 75
gekürzte Fassung / Extrait du rapport complet:	85 - 102

Als Sonderdrucke sind erhältlich / Tirés-à-part disponibles:	Nr.(Jahr) / No.(année)
Extrait de la revue "Les Alpes"	81 (1961) - 86 (1966)
Extrait complété de la revue "Les Alpes"	87 (1967) - 90 (1970)
Publication de la Commission des glaciers de la SHSN	91 (1972) - 93/94 (1980)
Publikation der Gletscherkommission der SNG	93/94 (1976)
Glaziologische Jahrbücher / Annuaires glaciologiques	95/96 (1982)
	97/98 (1983)

Limmern-
und
Plattalvagletscher
1 : 10 000

Aufnahmen 1947 und 1977

Bundesamt für Landestopographie 3084 Wabern

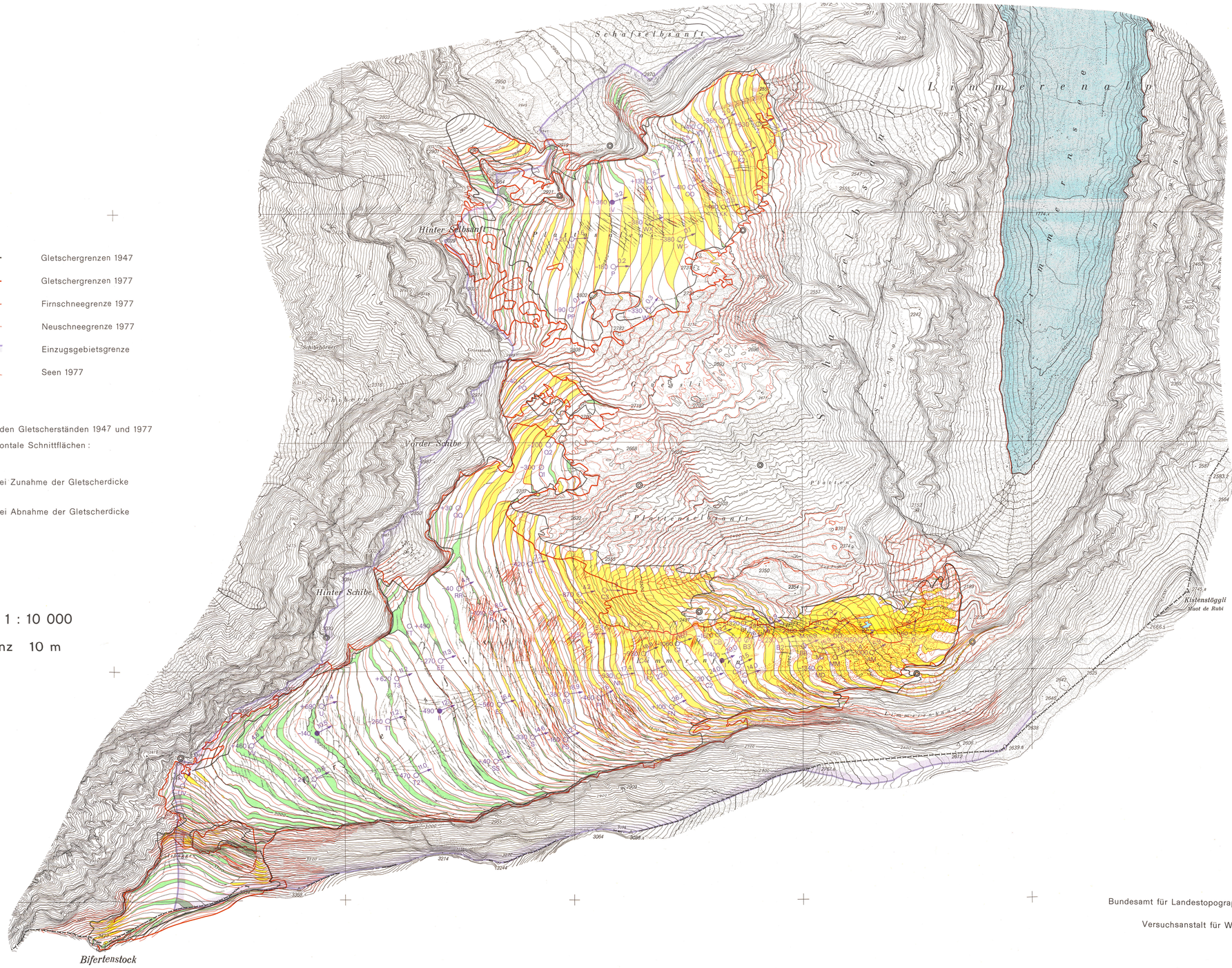
Versuchsanstalt für Wasserbau,
Hydrologie und Glaziologie ETH Zürich

Gletscherkommission der SNG Zürich

1981

Limmern- und Plattalvagletscher

Luftphotogrammetrische Aufnahmen am 28./29. August 1947 und 15. September 1977



Gletschergrenzen 1947

Gletschergrenzen 1977

Firnschneegrenze 1977

Neuschneegrenze 1977

Einzugsgebietsgrenze

Seen 1977

Unterschied zwischen den Gletscherständen 1947 und 1977 dargestellt durch horizontale Schnittflächen :

Bei Zunahme der Gletscherdicke

Bei Abnahme der Gletscherdicke

Massstab 1 : 10 000

Aequidistanz 10 m

Vermessungsstationen :

△ Triangulationspunkt

◎ Fixes Stativ

Messpunkte auf dem Gletscher :

○ Pegel zur Messung des spezifischen Massenhaushalts $\bar{b}$ und der Horizontalkomponente der Geschwindigkeit V_h

● Pegel mit alljährlich gleicher Ausgangslage (Boje)

−2150 4A A — V_h in m/Jahr (Jahr 1973/74)
$\bar{b}$ in kg/m^2 · Jahr (Periode 1947/77)
Pegelbezeichnung

Bundesamt für Landestopographie Wabern-Bern, Gletscherkommission der SNG Zürich

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie ETH Zürich

1981

H. Siegenthaler