

# Berichte

## Der Firnzuwachs pro 1959/60 in einigen schweizerischen Firngebieten

47. Bericht

Von

W. K U H N

(Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt)

### A. Einleitung

Vorerst möchten wir unseres Mentors Herrn Dr. h. c. RUDOLF STREIFF-BECKER gedenken, der am 19. November 1959 in seinem 87. Lebensjahr gestorben ist. Seit seiner Rückkehr aus Brasilien hat er als aktives Mitglied der Gletscherkommission der Physikalischen Gesellschaft Zürich von 1920 bis 1947 sozusagen jedes Jahr die nachher von uns übernommenen Firnzuwachsmessungen auf Clariden mit grösstem Eifer durchgeführt. Manche Einzelheiten des Mess- und Auswerteverfahrens gehen auf ihn zurück. Noch als Fünfundsechzigjähriger bestieg er von Linthal aus den 2300 m höher liegenden Claridenfirn, um uns in seine Lieblingsarbeit einzuführen und uns aus dem reichen Schatz seiner Erfahrungen manchen wertvollen Rat mitzugeben.

Dr. STREIFF hat auch ausserhalb der Glarner Alpen in europäischen und aussereuropäischen Gebirgen scharfsinnige Beobachtungen über Wasserhaushalt, Bewegung und Geologie der Gletscher angestellt und sich als unübertrefflicher Beobachter auf diesem Gebiete internationalen Ruf erworben. Sein vielseitiges Interesse galt allen Erscheinungen der belebten und unbelebten Natur, insbesondere auch dem Föhn, den er aus eigener Anschauung wohl besser kannte als irgendein schweizerischer Naturwissenschaftler. Seine Naturverbundenheit und seine nie erlahmende Energie mögen uns weiterhin Vorbild sein.

In unserem Messprogramm ist seit 1958 keine wesentliche Änderung eingetreten. Für die Bestimmung des Wasserwertes der Schneedecke konstruierte die Meteorologische Zentralanstalt nach Angaben der Abteilung für Hydrologie an der ETH eine Bohrsonde, bestehend aus zwei zusammenschraubbaren Stahlrohren von  $1\frac{1}{2}$  m Länge und 8 cm Durchmesser, mit einem gezähnten Rand und Rückhaltefedern zum Festhalten des Bohrkernes.

### B. Witterung und Schneesverhältnisse (vgl. Tabellen B 1 bis B 5)

Auf die etwas früh angesetzte Clariden-Begehung vom letzten Herbst (8. September 1959) folgte während etwa 6 Wochen fast ununterbrochen trockenes und sonniges Wetter mit anfänglich hohen Temperaturen. Dabei senkte sich die Firnoberfläche beim oberen Clariden-Messplatz (2900 m) relativ zur Eisunterlage um rund 70 cm, beim unteren Messplatz (2700 m) schätzungsweise um 90 cm, was einer Ablation von 40 bzw. 60 cm Wasserwert entspricht. Wir können uns an keinen Herbst mit so grosser Ablation erinnern. Die Pegelstange auf dem unteren Messplatz fiel infolge Ausaperung um und liess vom Winter an keine Ablesungen mehr zu.

Auf Silvretta, wo die Herbstmessung erst am 23. September 1959 erfolgt war, erreichte die Ablation vor dem Einschneien keine so hohen Beträge. Dagegen ist dort der obere Messpegel vermutlich in einer Gletscherspalte verschwunden, da er seither nicht mehr gesehen wurde.

Tabelle B1 **Schneehöhen auf zwei repräsentativen Bergstationen**

| Station<br>m ü. M. | Gütsch<br>2290 | Weissfluhjoch<br>2540 | Station<br>m ü. M. | Gütsch<br>2290 | Weissfluhjoch<br>2540 |
|--------------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| 27. Oktober 1959   | 0              | 0                     | 2. März            | 170            | 165                   |
| 30. Oktober        | 80             | 46                    | 5. März            | 260            | 199                   |
| 1. November        | 90             | 40                    | 29. März           | 190            | 168                   |
| 10. November       | 75             | 34                    | 5. April           | 220            | 174                   |
| 16. November       | 160            | 71                    | 24. April          | 150            | 165                   |
| 29. November       | 100            | 56                    | 27. April          | 215            | 198                   |
| 5. Dezember        | 140            | 83                    | 2. Mai             | 230            | 182                   |
| 18. Dezember       | 135            | 72                    | 19. Mai            | 75             | 115                   |
| 30. Dezember       | 220            | 150                   | 23. Mai            | 83             | 134                   |
| 31. Januar 1960    | 180            | 142                   | 4. Juni            | 0              | 93                    |
| 15. Februar        | 190            | 156                   | 22. Juni           | —              | 0                     |

Um den 10. und 20. Oktober fiel etwas Schnee; diese vorerst dünne Schneedecke dürfte auf Gletschern nicht mehr weggeschmolzen sein. Den ersten bedeutenden Schneezuwachs erhielten die Firngebiete gegen Ende Oktober, als auch in den Niederungen der erste Schnee fiel. Ergiebige Schneefälle folgten Mitte November, in der ersten Dezember-Dekade und namentlich kurz vor Jahresende. Gebietsweise stieg die Schneehöhe damals auf einen für die Jahreszeit recht hohen Wert. Dies gilt besonders für das Gotthardgebiet und die Südseite der Alpen, wo mehrere Föhnlagen durch Südtau zusätzliche Niederschläge brachten.

Im Januar und Februar 1960 schneite es zwar häufig, aber in der Ost- und Zentralschweiz nur in geringen Mengen. Während im langjährigen Durchschnitt die Schneehöhe im Gebirge von Ende Dezember bis Mitte Februar kräftig ansteigt, blieb sie während des letzten Hochwinters praktisch konstant.

Anfangs März 1960 erreichte die Schneehöhe in Berglagen um 2500 m ihr diesjähriges Maximum; mit knapp 200 cm auf dem Standard-Versuchsfeld Weissfluhjoch (2540 m) ist es bescheiden ausgefallen und verhältnismässig früh eingetreten. Der gleiche Betrag wurde dann Ende April/anfangs Mai beinahe noch einmal erreicht. Beide Spitzenwerte liegen ungefähr auf der Kurve der langjährigen Mittelwerte; in der übrigen Zeit blieb die Schneehöhe von Mitte Januar an unternormal.

Im Firnbereich dürfte das Maximum der Schneehöhe anfangs Mai eingetreten sein. Der sonnige Mai brachte zunächst rasche Setzung und Ablation der Schneedecke. Die Bergstation Gütsch ob Andermatt (2290 m) aperte am 4. Juni, das Versuchsfeld Weissfluhjoch am 22. Juni aus.

Der Juni brachte ungefähr normale Niederschläge bei relativ hoher Temperatur. Der Hochsommer war niederschlagsreich und bis zum 20. August recht kalt. Vom 5. Juli bis 20. August gab es im Gebirge nur vereinzelte niederschlagsfreie Tage. Die warme Schönwetterperiode vom 21. bis 26. August bildete die längste Trockenzeit des ganzen Sommers. Die Tabellen B2 bis B5 belegen die geschilderten Verhältnisse durch Monatsmittel und Monatssummen einzelner klimatischer Elemente.

 Tabelle B2 **Monatsmittel der Lufttemperatur auf Bergstationen**

| Station<br>m ü. M. | Gütsch<br>2287<br>M | Säntis<br>2500<br>M | Säntis<br>2500<br>A | Weissfluh-<br>joch<br>2667<br>M | Jungfrau-<br>joch<br>3578<br>M | Jungfrau-<br>joch<br>3578<br>A |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Mai 1960           | 2,2                 | 1,2                 | +1,2                | -0,2                            | -5,8                           | +1,0                           |
| Juni               | 6,1                 | 4,9                 | +1,9                | 3,5                             | -2,2                           | +1,4                           |
| Juli               | 5,3                 | 3,2                 | -1,8                | 3,2                             | -2,9                           | -1,1                           |
| August             | 6,6                 | 4,7                 | -0,2                | 4,6                             | -2,4                           | -0,7                           |
| September          | 3,2                 | 1,8                 | -0,9                | 1,1                             | -4,7                           | -1,1                           |

Tabelle B3 **Temperatursummen während der Ablationsmonate**  
(Summe der positiven Tagesmittel)

Für Clariden wurden die Temperaturen von Gütsch, für Silvretta diejenigen von Weissfluhjoch der Höhe entsprechend reduziert

| Ort               | Gütsch | Clariden | Clariden | Säntis | Weissfluhjoch | Silvretta | Jungfrau-joch |
|-------------------|--------|----------|----------|--------|---------------|-----------|---------------|
| m ü. M.           | 2287   | 2700     | 2900     | 2500   | 2667          | 2750      | 3578          |
| Mai 1960          | 88     | 32       | 16       | 75     | 42            | 35        | —             |
| Juni              | 184    | 109      | 76       | 165    | 117           | 103       | 7             |
| Juli              | 164    | 85       | 53       | 110    | 115           | 102       | 5             |
| August            | 205    | 123      | 88       | 150    | 150           | 136       | 18            |
| September         | 103    | 45       | 26       | 77     | 59            | 50        | 3             |
| Mai bis September | 744    | 394      | 259      | 577    | 483           | 426       | 33            |

Tabelle B4 **Temperatursummen in der freien Atmosphäre im Niveau 700 mb (etwa 3100 m)**  
(Sondierungen von 01 h und 13 h für jeden Tag gemittelt. Berechnung G. GENSLER)

| Station           | Payerne | München | Mailand | $\frac{2}{3}$ Mailand +<br>$\frac{1}{3}$ München |
|-------------------|---------|---------|---------|--|
| Mai 1960          | 14      | 9       | 11      | 10   |
| Juni              | 48      | 32      | 43      | 43   |
| Juli              | 33      | 35      | 56      | 49   |
| August            | 57      | 56      | 85      | 75   |
| September         | 22      | 26      | 18      | 21   |
| Mai bis September | 174     | 158     | 218     | 198  |

Tabelle B5 **Sonnenscheindauer**

a = absolut, in Stunden      % M = in Prozent der maximal möglichen Sonnenscheindauer  
% m = in Prozent des langjährigen Mittels

|               | Ablationsperiode       |     |     | Hydrologisches Jahr             |     |     |
|---------------|------------------------|-----|-----|---------------------------------|-----|-----|
|               | Mai bis September 1960 |     |     | Oktober 1959 bis September 1960 |     |     |
|               | a                      | % M | % m | a                               | % M | % m |
| Säntis        | 819                    | 37  | —   | 1775                            | 40  | —   |
| Braunwald     | 776                    | 43  | 90  | 1458                            | 42  | 94  |
| Gütsch        | 940                    | —   | —   | 1811                            | —   | —   |
| Disentis      | 1001                   | —   | —   | 1760                            | —   | —   |
| Davos         | 866                    | 49  | 98  | 1632                            | 49  | 100 |
| Weissfluhjoch | 889                    | 45  | —   | 1853                            | 46  | —   |
| Schuls        | 957                    | 50  | 96  | 1716                            | 49  | 95  |
| St. Moritz    | 919                    | —   | —   | 1818                            | —   | —   |

Wie in den beiden letzten Jahren haben wir auch diesmal die Verteilung der täglichen Niederschläge auf die verschiedenen Richtungen des Höhenwindes untersucht (Tabelle B6), dabei aber an Stelle des in 5½ km Höhe liegenden 500 mb-Niveaus jetzt das besser geeignete 700 mb-Niveau benützt (mittlere Höhe 3100 m). Als Arbeitsgrundlage für die Bestimmung der Windrichtung jedes Tages diente das 700 mb-Kärtchen im Täglichen Wetterbericht des Deutschen Wetterdienstes; da sich die täglichen Niederschlagsmessungen der Regenmess-

stationen jeweils auf einen 24stündigen Zeitraum, beginnend mit dem 0730 h-Termin des Stichtages, beziehen, wurde als korrespondierende Höhenwetterkarte diejenige vom 0100 h-Termin des folgenden Tages betrachtet. Massgebend waren jeweils der Verlauf der Stromlinien (Isohypsen der Druckfläche 700 mb) über dem zentralen Alpengebiet und die eingezeichneten Höhenwinde von Payerne, Stuttgart, München, Udine und Mailand. Differierten diese Winde in der Richtung erheblich, wurde der betreffende Tag der Kolonne x (Windrichtung unbestimmt) zugezählt; solche Fälle kommen nur bei geringer Windstärke vor.

Versuchsweise wurde auch eine Aufteilung der Niederschläge nach verschiedener Stärke des Höhenwindes vorgenommen. Diese Teiluntersuchung zeitigte keine interessanten Ergebnisse.

**Tabelle B6 Verteilung der täglichen Niederschläge auf die verschiedenen Windrichtungen im Niveau 700 mb (3100 m) während des hydrologischen Jahres 1959/60**

Windrichtungen:

1 = Nordost, 2 = Ost, 3 = Südost, 4 = Süd, 5 = Südwest, 6 = West, 7 = Nordwest, 8 = Nord, x = unbestimmt

Weitere Abkürzungen:

D = Windrichtung

N = Anzahl Tage mit der betreffenden Windrichtung

n = Anzahl Tage mit mindestens 0,1 mm Niederschlag bei der betreffenden Windrichtung

r = Niederschlagsmenge in mm pro Windrichtung

R = Totale Niederschlagsmenge des hydrologischen Jahres

| D                         | 1   | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | x    | Total<br>(bzw. Mittel) |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------------------------|
| N                         | 27  | 20  | 12  | 26  | 83   | 75   | 59   | 26   | 38   | 366                    |
| a) Gütsch (2290 m)        |     |     |     |     |      |      |      |      |      |                        |
| n                         | 15  | 11  | 6   | 18  | 61   | 47   | 40   | 13   | 23   | 234                    |
| r                         | 45  | 93  | 28  | 127 | 399  | 245  | 374  | 78   | 169  | R = 1558               |
| r/N                       | 1,7 | 4,6 | 2,3 | 4,9 | 4,8  | 3,3  | 6,3  | 3,0  | 4,5  | (4,3)                  |
| r/n                       | 3,0 | 8,5 | 4,7 | 7,0 | 6,5  | 5,2  | 9,4  | 6,0  | 7,4  | (6,7)                  |
| 100 · r/R                 | 2,9 | 6,0 | 1,8 | 8,1 | 25,6 | 15,7 | 24,0 | 5,0  | 10,9 | 100,0                  |
| b) Säntis (2500 m)        |     |     |     |     |      |      |      |      |      |                        |
| n                         | 11  | 8   | 3   | 6   | 55   | 49   | 40   | 11   | 20   | 203                    |
| r                         | 31  | 61  | 8   | 29  | 694  | 659  | 771  | 153  | 172  | R = 2578               |
| r/N                       | 1,1 | 3,1 | 0,7 | 1,1 | 8,4  | 8,8  | 13,1 | 5,9  | 4,5  | (7,0)                  |
| r/n                       | 2,8 | 7,7 | 2,6 | 4,9 | 12,6 | 13,4 | 19,3 | 13,9 | 8,6  | (12,7)                 |
| 100 · r/R                 | 1,2 | 2,4 | 0,3 | 1,1 | 26,9 | 25,6 | 29,9 | 5,9  | 6,7  | 100,0                  |
| c) Weissfluhjoch (2540 m) |     |     |     |     |      |      |      |      |      |                        |
| n                         | 11  | 8   | 3   | 14  | 45   | 45   | 37   | 13   | 18   | 194                    |
| r                         | 16  | 49  | 6   | 58  | 385  | 240  | 291  | 49   | 115  | R = 1209               |
| r/N                       | 0,6 | 2,4 | 0,5 | 2,3 | 4,6  | 3,2  | 4,9  | 1,9  | 3,0  | (3,3)                  |
| r/n                       | 1,5 | 6,1 | 2,0 | 4,2 | 8,5  | 5,3  | 7,9  | 3,8  | 6,4  | (6,2)                  |
| 100 · r/R                 | 1,4 | 4,0 | 0,5 | 4,8 | 31,8 | 19,8 | 24,1 | 4,1  | 9,5  | 100,0                  |

Die in Tabelle B6 wiedergegebenen Resultate lassen sich wie folgt zusammenfassen: Die drei untersuchten Bergstationen (Gütsch, Säntis und Weissfluhjoch) zeigen übereinstimmend eine starke Häufung der Niederschläge bei den übrigens auch häufigsten Windrichtungen Südwest, West und Nordwest, wobei auf reinen Westwind etwas weniger Niederschlag ent-

fällt als auf jede der beiden Nachbarrichtungen. Auf Nordwestwind reagiert der Säntis als Voralpengipfel am stärksten (Stau!). Die übrigen Windrichtungen bringen zusammen nur  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{3}$  des Gesamtniederschlags. Bei dem seltenen Südostwind fällt am wenigsten Niederschlag. Nordost-, Ost- und Südostwind wehen bei Wetterlagen, die gewöhnlich durch ein Tiefdruckgebiet über dem Mittelmeer gekennzeichnet sind; bei solchen Wetterlagen erhält vor allem der Gütsch, in zweiter Linie das Weissfluhjoch gelegentlich Niederschlag, während der Säntis bei diesen Windrichtungen meist trocken bleibt. Auf reinen Südwind (Föhn) spricht ebenfalls vor allem der Gütsch an. Nordwind ist an und für sich recht selten und ungefähr in der Hälfte aller Fälle niederschlagsfrei.

Pro Niederschlagstag liefern beim Gütsch die Richtungen Nordwest und Ost, beim Weissfluhjoch Südwest und Nordwest die grössten Mengen, während beim Säntis der ganze Sektor von Südwest über West, Nordwest bis Nord intensive Niederschläge aufweist. Abgesehen vom Säntis bringt Nordwind keine grossen Tagesmengen; der gegenteilige Befund vom hydrologischen Jahr 1958/59 dürfte eine Ausnahme darstellen.

Es stellt sich nun die Frage, inwieweit sich die hier beschriebene Niederschlagsverteilung auf unsere Firngebiete übertragen lässt. Dabei dürften weniger die horizontalen Entfernungen als Unterschiede in Exposition, Höhe und Lage bezüglich der Hauptgebirgsketten eine Rolle spielen. Immerhin ist anzunehmen, dass gewisse gemeinsame Merkmale der drei untersuchten Verteilungen auch für Clariden und Silvretta gelten. So dürfte in beiden Gebieten die Hauptmenge des Niederschlags bei Höhenwinden aus Südwest, West und Nordwest fallen, wobei die etwas weniger häufigen Nordwestwinde vielleicht nicht absolut, aber pro Tag die grössten Beträge liefern (Stau!). Im oberen Teil der beiden Gletscher dürften auch mediterrane Tiefdrucklagen und Südstaulagen wirksam sein.

Das am Ende unseres Berichtes zitierte Berninagebiet wird naturgemäss weniger auf West- und Nordwestwind, dafür um so stärker auf Südtau reagieren.

Obige Betrachtungen beziehen sich ausschliesslich auf die Niederschlagsverteilung in Funktion der gleichzeitig herrschenden Windrichtung. Über die verfrachtende Wirkung der Winde während und nach Schneefällen sind auf dieser Grundlage keine Aussagen möglich.

### C. Clariden (vgl. Tabelle C1 bis C3)

Auf dem unteren Messplatz (2700 m) fiel der Pegel im Oktober 1959 um und schied damit als Hilfsmittel für weitere Firnzuwachsmessungen aus. Die Ablesungen am oberen Pegel beginnen leider erst Ende März, wenn man von einer sicher falschen Meldung vom 7. Februar absieht. Unter Berücksichtigung der auf dem Gütsch beobachteten Schneehöhen (Tabelle B1) darf man die maximale Schneehöhe beim oberen Clariden-Messplatz (2900 m) auf Anfang Mai ansetzen und zu  $4\frac{1}{2}$  bis 5 m veranschlagen.

Tabelle C1 Schneehöhe bzw. Firnzuwachs auf Clariden seit 8. September 1959 und seit Tiefstand Oktober 1959 nach Pegelablesungen, in cm

| Messplatz<br>m ü. M. | Hüttenpegel<br>2440 | Oberer Firnpegel<br>2900<br>seit 8. Sept. 1959 | Oberer Firnpegel<br>2900<br>seit Oktober 1959 |
|----------------------|---------------------|--|---|
| 27. März 1960        | 250                 | 288  | 351   |
| 24. April            | 250                 | 333  | 396   |
| 28. Mai              | 212                 | 316  | 379   |
| 21. Juli             | —                   | 288  | 351   |
| 11. August           | —                   | 268  | 331   |
| 27. August           | —                   | 263  | 326   |

Tabelle C 2 Ergebnisse der Frühjahrmessung (28. Mai 1960) auf Clariden

 P = Pegelablesungen S = Sondenabstiche (Mittel aus zahlreichen Einzelmessungen)  
 G = Grabungen

| Messplatz | Schneehöhe<br>in cm<br>P | Schneehöhe<br>in cm<br>S | Schneehöhe<br>in cm<br>G | Wasserwert<br>cm | Raumgewicht<br>kg/m <sup>3</sup> |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|----------------------------------|
| 2700 m    | —                        | 351                      | 347                      | 160              | 462                              |
| 2900 m    | 316                      | —                        | 379                      | 188              | 497                              |

Die von Dr. M. SCHÜEPP geleitete Frühjahrmessung erfolgte am 27./28. Mai, als sich der Winterschnee bereits gesetzt hatte. Hingegen dürften bis zu diesem Datum höchstens 15 cm Schmelzwasser abgeflossen sein. Aus der Differenz zwischen Bohrtiefe und Pegelablesung kann auf eine Ablation von 63 cm Hartschnee im Herbst 1959 nach der Herbstaufnahme geschlossen werden.

Bis zur Niederschrift dieses Berichtes (Mitte Oktober 1960) konnte die Herbstbegehung wegen der häufigen Schlechtwettereinbrüche und anderer Hindernisse noch nicht durchgeführt werden. Wir müssen darauf im nächsten Jahresbericht zurückkommen, geben aber einstweilen in Tabelle C 3 eine Übersicht über die Niederschläge bis Ende September 1960.

Tabelle C 3 Niederschlag im Umkreis der Clariden

W = Winter (9. September 1959 bis 27. Mai 1960)

S' = Sommer (28. Mai bis 30. September 1960)

G' = Vorläufige Gesamtperiode (9. September 1959 bis 30. September 1960)

H = Hydrologisches Jahr (1. Oktober 1959 bis 30. September 1960)

N = Normale Jahresmenge (Mittel 1901—1940)

| Ort                  | Höhe<br>m ü. M. | W<br>cm | S'<br>cm | G'<br>cm | H<br>cm | N<br>cm | H/N<br>% |
|----------------------|-----------------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|
| Linthal-Auen         | 815             | 90      | 95       | 185      | 181     | 165     | 96       |
| Linthal-Fätschbach   | 685             | 105     | 102      | 207      | 202     | —       | —        |
| Limmernboden         | 1870            | 87      | 100      | 187      | 183     | —       | —        |
| Urnerboden           | 1350            | 84      | 107      | 191      | 186     | 173     | 107      |
| Braunwald            | 1190            | 98      | 96       | 194      | 189     | 189     | 100      |
| Elm                  | 960             | 88      | 94       | 182      | 178     | 153     | 117      |
| Disentis             | 1170            | 72      | 73       | 145      | 143     | 126     | 114      |
| Gütsch               | 2290            | 94      | 66       | 160      | 156     | —       | —        |
| <b>Totalisatoren</b> |                 |         |          |          |         |         |          |
| Claridenhütte        | 2480            | 109     | —        | —        | —       | —       | —        |
| Geissbüztistock      | 2710            | 242     | —        | —        | —       | —       | —        |

Der neue Totalisator auf dem Altenorenstock bei der Claridenhütte ergab im Verhältnis zum Geissbüzi-Totalisator im Frühjahr 1960 eine sehr geringe Niederschlagsmenge. Ein Vergleich mit den Niederschlagsmessungen aus der Umgebung und den Firnzuwachs-Wasserwerten führt jedoch zum Schluss, dass diese Diskrepanz zu einem guten Teil auf einem Niederschlagsüberschuss im Geissbüzi-Apparat beruhen muss. Ob dieser Überschuss von Treibschnee oder von anderen unkontrollierbaren Einflüssen herrührt, bleibe einstweilen dahingestellt. Die stets sehr hohen Angaben dieses Apparates sind in Zukunft jedenfalls kritisch zu betrachten.

#### D. Silvretta (vgl. Tabelle D 1 und D 2)

Dieser Gletscher wurde vom Meteorologen des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung, Herrn Dr. Th. ZINGG, am 17./18. Mai und am 27./28. September begangen. Auf eine

Wiedergabe von Pegelablesungen muss verzichtet werden, da der untere Pegel (2750 m) schief stand und der obere (3000 m) vermutlich in einer Spalte verschwunden ist. Die mitgeteilten Sondenabstiche der Schneehöhe stellen Mittelwerte aus zahlreichen Einzelmessungen dar; so wurden zum Beispiel auf dem Gletschervorfeld 120 Abstiche vorgenommen. Da ein solcher Mittelwert repräsentativer ist als die bei einer einzelnen Grabung gefundene Tiefe, wurden die Wasserwerte bei der Frühjahrmessung überall auf mittlere Sondentiefe umgerechnet, unter der Annahme, dass das mittlere Raumbgewicht des Schnees von einer Stelle zur andern gleich bleibt.

Tabelle D 1 Ergebnisse der Frühjahrs- und Herbstmessung auf Silvretta

S = Sondenabstiche (Mittel aus zahlreichen Einzelmessungen) G = Grabung

Frühjahrmessung 17./18. Mai 1960

| Ort           | Höhe<br>m ü. M. | Schneehöhe | Schneehöhe | Wasserwert<br>cm | Raumbgewicht<br>kg/m <sup>3</sup> |
|---------------|-----------------|------------|------------|------------------|-----------------------------------|
|               |                 | in cm<br>G | in cm<br>S |                  |                                   |
| Vorfeld       | 2460            | 215        | 206        | 91               | 444                               |
| Zunge         | 2460            | —          | 190        | —                | —                                 |
| Unterer Pegel | 2750            | —          | 235        | 102              | 434                               |
| Pass          | 3000            | 277        | 281        | 119              | 424                               |

Herbstmessung 27./28. September 1960

|               |      |     |     |    |     |
|---------------|------|-----|-----|----|-----|
| Unterer Pegel | 2750 | 132 | 115 | 65 | 490 |
|---------------|------|-----|-----|----|-----|

Bei der Herbstbegehung bestand die Jahresschicht beim unteren Pegel aus 45 cm Sommer-schnee mit einem mittleren Raumbgewicht von 363 kg/m<sup>3</sup> (Wasserwert 16 cm) und 87 cm Winterschnee mit einem mittleren Raumbgewicht von 556 kg/m<sup>3</sup> (Wasserwert 48,5 cm). Reduziert man die Temperaturen von Weissfluhjoch auf die Höhe dieser Meßstelle, so ergibt sich von der Frühjahrs- bis zur Herbstmessung eine Summe von rund 400 Gradtagen, was nach der Zingg'schen Ablationsformel einem Schmelzwasserabfluss von 180 cm entsprechen würde. Der Silvrettapass konnte wegen dichten Nebels nicht aufgesucht werden.

Tabelle D 2 Niederschlag im Umkreis der Silvretta

W = Winter (23. September 1959 bis 17. Mai 1960)

S = Sommer (18. Mai bis 27. September 1960)

G = Gesamtperiode (23. September 1959 bis 27. September 1960)

H = Hydrologisches Jahr (1. Oktober 1959 bis 30. September 1960)

N = Normale Jahressumme (Mittel 1901—1940)

| Ort                  | Höhe<br>m ü. M. | W<br>cm | S<br>cm | G<br>cm | H<br>cm | N<br>cm | H/N<br>% |
|----------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Weissfluhjoch        | 2540            | 45      | 75      | 120     | 121     | 114     | 106      |
| Davos                | 1560            | 39      | 70      | 109     | 113     | 100     | 113      |
| Klosters             | 1200            | 59      | 79      | 138     | 141     | 128     | 110      |
| St. Antönien         | 1460            | 55      | 80      | 135     | 136     | 126     | 99       |
| Susch                | 1430            | 34      | 43      | 87      | 91      | 74      | 123      |
| Schuls               | 1250            | 36      | 52      | 88      | 90      | 71      | 127      |
| <b>Totalisatoren</b> |                 |         |         |         |         |         |          |
| Alp Novai*           | 1360            | 69      | 81      | 150     | 155     | —       | —        |
| Silvrettahütte       | 2370            | 77      | 78      | 155     | 158     | 146     | 108      |
| Silvretta-Vorfeld    | 2460            | 107     | 111     | 218     | 222     | —       | —        |

\* Für Alp Novai war das Ausgangsdatum 2. Oktober 1959

Im Verhältnis zum Winterniederschlag war der Sommerniederschlag in Graubünden noch grösser als im Umkreis von Clariden. Ein Teil davon ist allerdings auch in der Gletscherregion als Regen gefallen.

In Höhenlagen um 2600 m aperte auf horizontalen Flächen der Altschnee vor Mitte September teilweise aus.

### E. Jungfraufirn

Von der Abteilung für Hydrologie an der ETH wurden uns freundlicherweise folgende Ablesungen der Schneehöhe am Pegel 3 der Schweizerischen Gletscherkommission mitgeteilt:

Tabelle E Firnzuwachs auf dem Jungfraufirn, Pegel 3 SGK (3350 m), in cm

|                   |     |               |     |
|-------------------|-----|---------------|-----|
| 7. September 1959 | 0   | 2. April      | 365 |
| 7. November       | 95  | 10. April     | 325 |
| 23. Januar 1960   | 215 | 15. Mai       | 375 |
| 30. Januar        | 265 | 4. Juni       | 385 |
| 6. Februar        | 235 | 18. Juni      | 385 |
| 13. Februar       | 240 | 14. September | 446 |
| 19. März          | 355 |               |     |

Das Frühjahrsmaximum dürfte auch hier anfangs Mai eingetreten sein und etwa 450 cm betragen haben. Ein Herbstminimum geht aus diesen Messungen nicht hervor. Falls es überhaupt existiert, fällt es vermutlich in die letzte Augustdekade, doch sind die Ablesungen diesmal zu spärlich, um eine Abschätzung des tiefsten Standes zuzulassen.

### F. Berninagebiet

Herr Dr. G. GENSLER (Kloten) hat uns wiederum aus seinen Ferien eine Reihe von Fernrohrbeobachtungen und direkten Schneehöhenmessungen aus dem Oberengadin zukommen lassen. Sie zeigen in hohen Lagen ein Anwachsen der Schneehöhe während des Sommers. Die absolute Höhe der Firnkuppe des Palü-Mittelgipfels (3900 m), die seit dem Winter 1958/59 bis Februar 1960 sozusagen unverändert blieb, ist im Laufe des Sommers 1960 um etwa 1½ m gestiegen.

Tabelle F 1 Firnzuwachs im Berninagebiet seit 4. September 1959

(Fernrohrbeobachtungen von Samedan aus)

Meßstellen: I Vadretin Misaun, 3010 m II Rosatschgletscher, 3100 m III Piz Palü, 3850 m

|                  | Firnzuwachs in m |     |     |
|------------------|------------------|-----|-----|
|                  | I                | II  | III |
| 16. Februar 1960 | 2,7              | 2,8 | —   |
| 29. Februar      | 2,6              | 2,6 | 4,5 |
| 2. September     | 1,1              | 1,0 | 5,5 |

Ferner ergaben sich von September 1959 zu September 1960 noch folgende Jahreszuwächse:

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| Corvatschgletscher (3300 m) | 2,5 m |
| Morteratsch (3450 m)        | 2,7 m |
| Persgletscher (3350 m)      | 2,7 m |



Tabelle F 2 **Schneehöhenmessungen im Oberengadin**

| Datum            | Ort                         | Höhe<br>m ü. M. | Schneehöhe<br>cm |
|------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| 16. Februar 1960 | St. Moritz, Schneepegel     | 1833            | 135              |
| 16. Februar      | Samedan, Hangterrasse       | 1830            | 118              |
| 20. Februar      | Saluvertal, Trais Fluors    | 2755            | 210              |
| 20. Februar      | Saluvertal, Marguns         | 2285            | 150              |
| 24. Februar      | Berninahäuser               | 2085            | 183              |
| 24. Februar      | Diavolezzafirn              | 2965            | 355              |
| 26. Februar      | Saluvertal, Saluverhütte    | 2645            | 213              |
| 27. Februar      | Pontresina, Schneepegel     | 1835            | 108              |
| 27. Februar      | St. Moritz, Schneepegel     | 1833            | 125              |
| 28. Februar      | Saluvertal, Fuorcla Grischa | 2930            | 255              |
| 3. September     | Diavolezzafirn              | 2965            | 185              |

Die Firngrenze auf Eisunterlage befand sich je nach Exposition in 2780 bis 2850 m. Auf eisfreiem Gelände war anfangs September 1960 die Ausaperung etwa gleich wie im September der Jahre 1936 und 1951 und ähnlich wie 1940 und 1954. Alle übrigen Beobachtungsjahre seit 1935 zeigten im Herbst eine stärkere Ausaperung.

### G. Résumé 1959/60

In den Alpen der Ost- und Zentralschweiz war die Akkumulationszeit (Oktober 1959 bis April 1960) durch gesamthaft unternormale Niederschläge gekennzeichnet. Grössere Schneefälle gab es zwar mehrmals von Ende Oktober bis Ende Dezember, dann aber erst wieder anfangs März und Ende April. So erreichte die Schneehöhe in Firngebieten auf Anfang der Ablationsperiode (Mai 1960) eher unterdurchschnittliche Maximalbeträge. Der Sommer hingegen war niederschlagsreich und teilweise kalt, vor allem im Juli. Hochsommerliche Temperaturen herrschten nur während einer Woche im letzten Augustdrittel. Im Bereich der Gletscher aperten nur die tieferen Lagen zeitweise aus. Der gesamte Firnzuwachs von September 1959 bis September 1960 liegt im allgemeinen etwas über dem Durchschnitt, soweit die lückenhaften Messungen dies zu beurteilen gestatten.