

Berichte

Der Firnzuwachs pro 1965/66 in einigen schweizerischen Firngebieten

53. Bericht

Von

A. LEMANS

Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt

A. Verdankungen und Quellenangaben

Die in unserem Bericht zusammengestellten Messungen wurden wie in früheren Jahren von folgenden Instituten und Einzelpersonen ausgeführt:

Clariden: Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt (MZA).

Jungfraufirn: Abteilung für Hydrologie und Glaziologie der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH.

Berninagebiet: Dr. G. GENSLER, MZA.

Die meisten Pegelablesungen im Claridengebiet stammen von S.A.C.-Hüttenwart B. MARTI (Linthal).

Der Betriebsleitung der Kraftwerke Linth-Limmern möchten wir auch an dieser Stelle für die gewährten Transporterleichterungen danken.

Allen, die an diesen Messungen mitgearbeitet oder uns ihre Ergebnisse mitgeteilt haben, sei bestens gedankt.

B. Witterung und Schneeverhältnisse

Das Berichtsjahr war im grossen ganzen gesehen ebenso günstig für eine Zunahme der Schnee- und Eisreserven in den Alpen wie das Vorjahr. Mit den meteorologischen Durchschnittswerten des hydrologischen Jahres 1965/66 (Oktober 1965 bis September 1966) lässt sich diese Tatsache nicht erklären. Denn die mittlere Temperatur war in dieser Periode übernormal, und der Jahresniederschlag blieb im Alpengebiet — mit Ausnahme des Rhonetales — hinter den Werten des Vorjahres zurück. Auch die totale Sonnenscheindauer war wesentlich grösser als im ziemlich trüben Vorjahr, ja fast normal. In der Erinnerung der Bevölkerung kommt das Jahr 1966 aber nicht so gut weg, weil gerade der Hochsommer und die Hauptferienzeit durch zu tiefe Temperaturen und wenig Sonnenschein gekennzeichnet waren. Der **Juni** war in den Niederungen der ganzen Schweiz der wärmste Monat des Jahres 1966, im Gebirge war es der **September**. Zum schon erwähnten Temperaturüberschuss trugen in erster Linie die Monate Oktober 1965 und Februar 1966 (in Basel mildester Februar seit 1755!) bei, in geringerem Masse auch die Monate April, September und zuletzt Juni. Dieser Wärmeüberschuss konnte daher auf die Schneeschmelze im Hochgebirge keinen grossen Einfluss haben.

Wenn wir die Niederschläge im Alpengebiet für das hydrologische Winterhalbjahr (Oktober 1965

bis März 1966) betrachten, so finden wir an vielen Orten grössere Werte als im Vorwinter. Dieser Unterschied wird noch bedeutender und allgemeiner, falls wir die Vergleichsperiode November bis April wählen, die in den Bergen die 6 kältesten Monate des Jahres umfasst. Das Wallis erhielt in dieser Periode doppelt soviel Niederschlag wie im zu trockenem Winter 1964/65. Für manche Stationen am Alpennordhang und im Wallis kann somit der Winter 1965/66 zu den niederschlagsreichsten seit 1900 gezählt werden (z. B. Elm, Schwyz, Meiringen, Kandersteg, Sitten, Martigny). Im Engadin und in den Tessiner Alpen war der Winter eher trocken [1]¹.

Tabelle B 1. Schneehöhen auf unvergletscherten Bergstationen

Station	Gütsch ob Andermatt	Säntis	Weissfluhjoch ob Davos
Höhe des Messfeldes (m ü. M.)	2290	2350	2540
9. November 1965	0	0	0
10. November	3	3	2
16. November	35	86	33
25. November	77	160	68
8. Dezember	170	70	126
13. Dezember	270	90	178
23. Dezember	220	110	151
5. Januar 1966	355	260	215
22. Januar	280	204	164
6. Februar	265	260	169
14. Februar	360	298	197
21. Februar	335	290	184
24. Februar	415	335	208
2. März	400	(395)	231
9. März	385	(370)	208
16. März	530	(570)	258
24. März	470	(520)	234
30. März	545	(620)	268
14. April	475	(545)	244
21. April	550	(595)	285
22. April	550	(620)	280
6. Mai	435	(420)	220
7. Mai	500	(455)	255
21. Mai	380	(390)	208
28. Mai	290	(375)	224
6. Juni	180	255	183
16. Juni	0	100	128
20. Juni	25	81	128
6. Juli	0	0	80
17. Juli	0	0	40
19. Juli	35	5	50
4. August	0	0	0

(eingeklammerte Werte unsicher)

Wegen der warmen und sehr trockenen Witterung im Oktober 1965 setzte der Winter in den Alpen sehr spät ein. Die Bergstationen Gütsch, St. Gotthard, Säntis und Weissfluhjoch wurden erst am 10. November definitiv eingeschneit. Auf dem Weissfluhjoch ist seit dem 21. November 1938 ein so später Winteranfang nicht mehr vorgekommen (mittleres Datum 19. Oktober). Mit Ausnahme

¹ Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss dieses Berichtes.

des Monats Februar verzeichnete die Station Weissfluhjoch von Ende November 1965 bis im Sommer 1966 immer überdurchschnittliche Schneehöhen. Der Dezember brachte nördlich des Alpenkammes und im Wallis besonders grosse Niederschläge, mancherorts mehr als die doppelte Normalmenge. Beträchtliche Niederschlagsüberschüsse brachte ebenfalls der Februar. Die Berner, Urner und Glarner Alpen erhielten überdurchschnittliche Schneefälle im Monat März, ebenso die Glarner Alpen und Graubünden im Mai. Auf den Stationen Säntis, Gütsch und Weissfluhjoch wurde die grösste Schneehöhe Ende März oder im April erreicht. Während Gütsch eine wesentlich mächtigere Schneedecke hatte als im Winter 1964/65, waren die Höchstbeträge an den beiden anderen Stationen fast identisch mit den Werten des Vorjahres. Die Schneehöhen vom Säntis mussten über lange Zeitintervalle hinweg interpoliert werden und sind somit nicht als zuverlässig zu betrachten.

Trotz der milden Witterung im April und Juni dauerte es lange, bis die angehäuften Schneemassen wieder zurückgingen. Der im Frühsommer häufige Kälterückfall (Schafkälte) trat erst am 18. Juni, aber dann sehr kräftig ein. Schneefälle wurden dabei in den östlichen Voralpen bis 1100 m hinunter beobachtet. Die Schönwetterperiode von Ende Mai bis zum 17. Juni trug stark zum Abbau der Schneedecke bei. Von da an herrschte aber ziemlich unbeständiges und kühles Wetter bis Beginn September. Das Versuchsfeld der Station Weissfluhjoch wurde vier Wochen später schneefrei als durchschnittlich, der Säntis 17 Tage später, der St. Gotthard nur eine Woche später. Um die Unbeständigkeit der Witterung zu kennzeichnen, wollen wir nur festhalten, dass auf der Station Gütsch in den 80 Tagen vom 18. Juni bis zum 5. September 50 Niederschlagstage gezählt wurden. Nur zweimal in diesem Zeitraum traten 5 trockene Tage hintereinander auf. Nun bewirken häufige Schneefälle im Hochgebirge ein grosses Reflexionsvermögen der Firnoberfläche, so dass die Sonnenstrahlung bei gleicher Sonnenscheindauer weniger zur Schneeschmelze beitragen kann, als wenn dieselbe Niederschlagsmenge auf wenige Tage konzentriert wird. Die Beobachtungen auf dem Jungfraufrirn (siehe Tabelle E) zeigen, dass hier die Ablation nach dem 18. Juni mit den Neuschneemengen nicht mehr Schritt halten konnte, so dass die Totalhöhe wieder anstieg. In Lagen unterhalb 3000 m (siehe Abschnitt C) sowie in Gegenden mit geringerer Niederschlagshäufigkeit, wie z. B. das Wallis, dauerte die Ablationsperiode dagegen bis in den milden Herbst hinein an (Ende September oder Anfang Oktober).

Tabelle B 2. Monatsmittel der Lufttemperatur auf Bergstationen

M = Monatsmittel 1966, A = Abweichung vom durchschnittlichen Monatsmittel 1901—1940

Station	Gütsch		Säntis		Weissfluhjoch		Jungfraufrirn	
	2287		2500		2667		3578	
	M	A	M	A	M	A	M	A
Mai 1966	1,2	0,0	0,1	+0,5	-0,7	+0,2	-6,6	+0,2
Juni	5,4	+1,0	3,8	+1,2	3,2	+0,9	-2,7	+0,9
Juli	5,3	-1,7	3,1	-1,6	3,0	-1,4	-2,8	-1,0
August	6,2	-1,0	4,0	-0,7	4,1	-0,6	-2,2	-0,5
September	7,4	+2,8	5,2	+2,6	5,1	+2,5	-0,5	+3,1
Mai-September	5,1	+0,2	3,2	+0,4	2,9	+0,3	-3,0	+0,5

Die Tabellen B 2 bis B 4 dienen wie in früheren Berichten der Charakterisierung der Temperaturverhältnisse im Gebirge und in der freien Atmosphäre während der konventionellen Ablationsperiode Mai-September 1966. Sie zeigen, dass der September im Gebirge bedeutend wärmer war als alle anderen Monate des Jahres und dass der Hochsommer (Juli und August) ungewöhnlich kühl war. An den Stationen Säntis und St. Gotthard sind in den Jahren vor 1916 mehrere noch kältere Hochsommer hintereinander vorgekommen, aber seither nur einmal: im Jahre 1954. Für die gesamte fünfmonatige Periode ergibt sich dagegen ein bescheidener Temperaturüberschuss, wenn die Normalperiode 1901—1940 zugrunde gelegt wird. Verglichen mit dem Durchschnitt des längeren Zeitraumes 1901—1960 wird der Überschuss aber unbedeutend (Säntis +0,1°), so dass wir die Mitteltemperatur der Ablationsperiode als normal bezeichnen dürfen. In diesem Zusammenhang müssen wir darauf hinweisen, dass bauliche Änderungen am Observatorium Säntis einen

Einfluss auf die dort ab 1960 gemessenen Temperaturen hatten. Für den heutigen Zustand gelten folgende Mittelwerte:

Bezugs- periode												Mai bis Sept.		
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	1960	1967
1901—1940	-0,9	-4,9	-7,5	-8,5	-8,9	-7,4	-5,1	-0,4	+2,6	+4,7	+4,7	+2,6	+2,8	-2,4
1901—1960	-0,6	-4,8	-7,4	-8,7	-8,9	-7,0	-4,7	-0,2	+2,8	+5,0	+5,0	+2,9	+3,1	-2,2
1931—1960	-0,5	-4,4	-7,5	-8,9	-8,9	-6,6	-4,3	-0,0	+3,2	+5,3	+5,3	+3,4	+3,4	-2,0
A	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,3	-0,1

In der Zeile A stehen die Änderungen der Monatstemperaturen gegenüber dem Zustand vor 1960, die hauptsächlich in einer Erniedrigung der Sommertemperaturen bestehen. Mit Hilfe dieser Tabelle kann der Leser in den Berichten Nr. 48 bis 52 die dort mitgeteilten Abweichungen der Monatstemperaturen auf dem Säntis (unter A, Tabelle B 2), die nicht oder nur teilweise korrigiert sind, verbessern. Auch bei der Benützung der Säntis-Temperaturreihe von M. SCHÜEPF in der «Klimatologie der Schweiz» [2] müssen diese Änderungen berücksichtigt werden.

In den Walliser Alpen wich die Hochsommertemperatur weniger stark vom Normalwert ab, und die Mitteltemperatur der 5 Monate Mai bis September lag dort sogar 1 Grad über dem Normalwert (1901—1940). Der Hochsommer war übrigens auch ausserhalb der Schweiz zu kühl. Das Wärme-defizit in den Monaten Juli und August erstreckte sich über den grössten Teil Europas, wobei die stärkste Abweichung von der Norm in Mittel- und Norditalien festgestellt wurde (-3°). Über-durchschnittliche Temperaturen herrschten nur in Russland und im südöstlichen Balkan.

Tabelle B 3. Temperatursummen (Summen der positiven Tagesmittel) auf Bergstationen (gemessen) und Firnfeldern (berechnet)

Für Clariden wurden die Tagesmittel von Gütsch, für Silvretta diejenigen von Weissfluhjoch und für Jungfraufirn diejenigen von Jungfraujoch der Höhe entsprechend reduziert

Ort	Gütsch		Clariden		Säntis	Weiss- fluhjoch	Silvretta	Jungfrau- joch firn	
	Höhe (m ü. M.)	2287	2700	2900	2500	2667	2750	3578	3350
Mai 1966	69	25	10		60	44	37	0	1
Juni	165	96	68		124	113	100	5	20
Juli	166	93	64		100	103	91	5	15
August	194	122	89		136	142	128	21	31
September	223	148	111		161	163	149	29	50
Mai-September	817	484	342		581	565	505	60	117

Die in Tabelle B 3 mitgeteilten Temperatursummen dienen dazu, die Ablation der Schneedecke abzuschätzen. Die gebildete Schmelzwassermenge S ist in erster Näherung proportional zur Summe der positiven Tagesmitteltemperaturen am selben Ort T, und zwar gilt, wie TH. ZINGG gezeigt hat, $S = 0,45 T$ (S in cm Wasserhöhe, T in Gradtagen). Die Temperatursumme des Säntis beträgt für das ganze hydrologische Jahr 1965/66 708 Gradtage (113% des Mittelwertes 1901—1940), für Mai bis September 581 Gradtage (103%). Auch hier fällt das Maximum auf den Monat September, in eine Zeit rasch sinkender Sonnenhöhe.

Für das Berninagebiet kann keine in der Nähe gelegene Vergleichsstation gefunden werden. Es wurden daher Temperatursummen für das 700-mb-Niveau aus Radiosondierungen berechnet. (Tabelle B 4.) Das in der letzten Kolonne angegebene Mittel aus den Werten von Mailand und München dient zur Beurteilung der Ablation im Berninagebiet. Ebenfalls mit Hilfe der Radiosondierungen haben wir für den Zeitraum Mai-September 1966 die Durchschnittstemperaturen der Atmosphäre über Europa zwischen dem Erdboden und 5,5 km Höhe zusammengestellt. Verglichen mit der kurzen Normalperiode 1949—1963 (in früheren Jahren gab es noch zu wenig Messungen)

Tabelle B 4. **Temperatursummen in der freien Atmosphäre (Niveau 700 mb = ca. 3100 m ü. M.) nach Radiosondierungen**

(Mittel aus 1-h- und 13-h-Aufstieg, berechnet von G. GENSLER)

Ort	Payerne	München	Mailand	$\frac{2}{3}$ Mailand +
				$\frac{1}{3}$ München
Mai 1966	3	11	9	10
Juni	42	34	60	51
Juli	42	31	70	57
August	66	47	86	73
September	106	64	96	85
Mai-September	259	187	321	276

zeigt sich ein kleiner Wärmeüberschuss in einer Zone, die sich von Moskau über die südliche Ostsee (Maximum $+3/4$ Grad) hinweg zum Kanal erstreckt. Ein Defizit besteht nördlich des Breitenkreises 62° Nord (mehr als 1° zu kalt über Lappland), und sehr geringe Defizite erscheinen über dem westlichen Mittelmeer und dem Schwarzen Meer. Im Alpengebiet findet man eine kaum merkbare positive Abweichung.

Tabelle B 5. **Sonnenscheindauer auf meteorologischen Vergleichsstationen**

a = absolut, in Stunden b = in Prozent der maximal möglichen Sonnenscheindauer
c = in Prozent des langjährigen Mittelwertes (1931—1960)

Ort	Ablationsperiode Mai-September 1966			Hydrologisches Jahr Okt. 1965 bis Sept. 1966		
	a	b	c	a	b	c
Säntis	921	42	101	1748	40	93
Braunwald	842	46	99	1457	42	92
Gütsch	1005	—	—	1859	—	—
Jungfraujoch	961	46	104	1716	43	97
Disentis	937	49	96	1662	47	94
Landquart-Plantah.	919	50	97	1602	46	96
Weissfluhjoch	976	49	105	1912	47	99
Davos-Platz	900	50	103	1654	48	99
St. Moritz	847	46	92	1603	45	89
Schuls	953	50	98	1705	49	96

Die Sonnenscheindauer war im hydrologischen Jahr 1965/66 nicht zu reichlich, aber doch nahezu normal. Sehr sonnig war nur der Monat Oktober 1965, sonst hatten nur noch Mai und September überdurchschnittlich viel Sonnenschein. Die Monate November, Dezember und Februar blieben weit unter dem Durchschnitt. Dass die Sommerperiode Mai-September 1966 für alle Stationen der Tabelle B 5 zusammen 99% des dreissigjährigen Mittelwertes erreichte, bedeutet wiederum keinen Trost für die Hochsommertouristen. Mit Ausnahme der Westschweiz, des Wallis und des Tessin, betrug die Sonnenscheindauer im Juli und August zusammen nur rund 80% des Normalwertes. In Zürich, Luzern, Davos und St. Moritz gab es seit 1900 nur zwei oder drei Hochsommer mit noch weniger Sonnenschein, z. B. 1948. Auf den Bergstationen Säntis und Jungfraujoch war das Sonnenmanko weniger ausgeprägt als in den tieferen Regionen.

C. Clariden

Glücklicherweise wurden unsere Messstangen im Claridengebiet etwas fleissiger besucht als im Vorjahr. Da die grossen Schneefälle die Pegel während Monaten verschwinden liessen, bleibt trotzdem noch einiges im dunkeln. Die in Schneehöhen umgewandelten Beobachtungen sind in der Tabelle C 1 zusammengestellt. Vermutlich sind Ende April und im Mai die schon beträchtlichen

Schneehöhen vom Vorjahr noch übertroffen worden. Die Pegelablesungen konnten dieses Jahr nur durch die Grabungen kontrolliert werden. Diese ergaben am oberen Messplatz im Juni eine um nur 8 cm grössere, im Herbst eine um 12 cm grössere Schneemächtigkeit. Am unteren Messplatz ergab die Grabung im September eine um 21 cm grössere Schneehöhe. Da der untere Pegel im Laufe des Winters eine starke Neigung erhielt, sind hier grössere Messfehler zu erwarten. Da der Schnee des Vorjahres sich setzt, zeigen Pegelstangen meistens etwas zu kleine Schneehöhen an. Die Schneeschicht, die anlässlich der Begehung am 18. September 1965 zuoberst lag, hatte sich später nicht verhärtet, so dass sie nicht auf Sondierungen ansprach. Am unteren Messplatz (2700 m) waren im September 1966 überhaupt keine Sondierungen möglich. Auf dem oberen Firn (2900 m) fanden wir mittels Sondierungen am 15. Juni 1966 eine gut ausgeprägte harte Schicht in 578 cm Tiefe. Am 20. September 1966 lag diese selbe Schicht in 514 cm Tiefe. In unserem letzten Bericht haben wir eine stark verschmutzte Eisschicht erwähnt, die am 17. September 1965 in 131 cm Tiefe lag, und die wir in Verbindung mit dem vermuteten Minimum am 22. August 1965 und mit Staub von den Felsstürzen am Tödi brachten [3]. Es war höchstwahrscheinlich diese Eislamelle, die sich bei den Sondierungen dieses Jahres bemerkbar machte. Der Unterschied zur Grabungstiefe (siehe Tabelle C 2), der im Juni 578 cm — 486 cm = 92 cm und im Herbst 514 cm — 423 cm = 91 cm betrug, bedeutet unter dieser Voraussetzung die Dicke der Schneeschicht zwischen dem Staubhorizont und dem letztjährigen Ocker. Diese Schicht hatte im September 1965 einen Wasserwert von 50 cm. Falls nach der Herbstmessung kein Schmelzverlust stattgefunden hat, müsste die Dichte bis Juni 1966 auf 0,54 und bis September 1966 auf 0,55 angewachsen sein, was sehr plausibel ist. Man kann sogar umgekehrt behaupten, dass trotz dem milden Wetter im Oktober 1965 nach der Messung kein Schmelzverlust von 5 cm Wasser oder mehr stattgefunden haben kann, denn sonst hätten wir im Herbst 1966 in 4 bis 5 m Tiefe eine Schneeschicht mit einem Raumgewicht von weniger als 500 kg/m³ gehabt, was der Erfahrung widerspricht.

Tabelle C 1. Schneehöhen auf Clariden nach Pegelablesungen (in cm)

Messplatz: Höhe (m ü. M.)	Hüttenpegel	Unterer Firnpegel	Oberer Firnpegel
18. September 1965	0	0	0
10. Oktober	0	18	43
2. April 1966	470	>480	>540
23. April	450	>480	>540
14. Mai	400	>480	>540
11. Juni	—	—	505
12. Juni	300	>480	493
15. Juni	280	470	478
3. Juli	250	460	—
4. August	135	365	—
14. August	100	345	400
28. August	50	320	425
11. September	0	292	398
20. September	0	294	411

Die grösste Schneehöhe wurde auf dem Claridenfirn vermutlich am 21. April oder um den 10. Mai 1966 erreicht. Wir schätzen, dass die maximale Höhe etwas grösser als im Vorjahr war und am unteren Messplatz ca. 600 cm, am oberen Messplatz ca. 650 cm betrug. Unsere erste Messung fand in den letzten Tagen der fröhsommerlichen Schönwetterperiode statt (15. und 16. Juni 1966). Ein kurzes Gewitter am ersten Nachmittag störte die Arbeiten nicht wesentlich. Obwohl der Hüttenpegel im flachen Gelände noch eine Schneehöhe von 280 cm anzeigte, konnte man in derselben Höhe, auf der schneefreien Südflanke von einigen Geländebuckeln, schon die Frühlingsblumen bewundern. Die Spalten am unteren Messplatz, die im Herbst 1965 völlig unsichtbar unter einer drei Meter hohen Schneedecke lagen, waren nun im Juni merkwürdigerweise durch weither sichtbare Risse an der Oberfläche gekennzeichnet, trotzdem die Brücken um weitere vier bis fünf Meter angewachsen sind. Wir trafen am oberen Messplatz dichtere und feuchtere Schneemassen an

als im Vorjahr, was in Anbetracht der vorgerückten Jahreszeit nicht verwundern muss. Der Schacht, der uns den Ocker vom Herbst 1965 finden liess, war um einen halben Meter weniger tief als im Vorjahr. Dagegen war der Wasserwert der durchgrabenen Schicht und somit auch das Gewicht der von Hand bewegten Schneemassen grösser als im Juni 1965.

Unsere Herbstkampagne war ebenfalls vom Wetter begünstigt. Hochnebel lagerte in den herbstlichen Tälern, während der Himmel in der Höhe fast wolkenlos blieb (19. bis 23. September 1966). Schon im Tal des Walenbach fanden wir ab 2050 m eine fast zusammenhängende Altschneeschiicht, wo im Vorjahr nur einzelne Flecken lagen. Diesmal war der Bach nur in einigen Löchern sichtbar. Oberhalb der Claridenhütte war das Fels- und Schuttgelände sicher noch zu drei Vierteln mit Schnee bedeckt, und eine Firngrenze konnte unter diesen Umständen ebensowenig wie im Vorjahr festgestellt werden. Auch war der ganze Claridenfirn sehr spaltenarm. Bei der unteren Boje fanden wir durch Grabung den letztjährigen Farbstoff in **313 cm** Tiefe. Der Wasserwert dieses Firnzuwachses wurde zu **185 cm** bestimmt. In sechs verschiedenen Tiefen fanden sich Eishorizonte. Die dickste Schicht lag unmittelbar oberhalb des Ockers. Eine 5 cm dicke Eisschicht in 72 cm Tiefe verhinderte jegliche Sondierungen in der näheren Umgebung. Das mittlere Raumgewicht des Schnees war mit 591 kg/m^3 ziemlich hoch. Sogar an der Oberfläche betrug es schon 530 kg/m^3 . Unmittelbar vor den Schneefällen Mitte September 1966, die bis 1500 m ü. M. reichten, muss die Schneehöhe bei der unteren Boje etwas kleiner gewesen sein, sagen wir 290 cm. Und nach einer etwas unklaren Meldung vom 9. Oktober 1966 zu schliessen, wurde dieser Wert an jenem späteren Datum nochmals erreicht. Kurz danach erfolgten wieder Schneefälle, so dass wir das Herbsminimum 1966 mit 290 cm annehmen können (Wasserwert 170 bis 175 cm). Im Jahre 1965 fiel das Minimum ca. vier Wochen vor der Herbstbegehung (siehe 52. Bericht). Bis zum 18. September 1965 hatte schon eine Akkumulation von 31 cm Wasser stattgefunden. Der totale Firnzuwachs vom 22. August 1965 bis zum Minimum 1966 wäre daher mit $31 \text{ cm} + 175 \text{ cm} = 206 \text{ cm}$ Wasser zu veranschlagen.

Die jährliche Wanderung des Pegels betrug 3,67 m gegen Südsüdosten. Die Einvisierung mit dem Theodoliten ergab eine absolute Hebung der Firnoberfläche um 1,8 m seit September 1965, d. h. bezogen auf den Felsuntergrund.

Die obere Boje (2900 m) war innerhalb eines Jahres um 12,14 m gegen Nordosten gewandert. Die absolute Hebung der Firnoberfläche betrug hier nur 1,0 m (Vorjahr 2,3 m). Die Grabung nach dem Ocker ergab hier eine Schneehöhe von 423 cm, bezogen auf den 18. September 1965. Wir haben schon darauf hingewiesen, dass die Sondierungen in der Umgebung die Zahl bestätigen. Der entsprechende Wasserwert beträgt 238 cm. Der Firnzuwachs vom Minimum am 22. August 1965 (Staubhorizont) bis zur Messung am 21. September 1966 beträgt: $423 \text{ cm} + 91 \text{ cm} = 514 \text{ cm}$ Schnee (Sondiertiefe) und $238 \text{ cm} + 50 \text{ cm} = 288 \text{ cm}$ Wasser. Das Minimum kann an dieser Stelle kurz vor Mitte September oder Ende September 1966 eingetreten sein. Die entsprechende Akkumulation wird höchstens um 10 cm Wasser kleiner als der soeben angegebene Wert sein (ca. 280 cm Wasser). Die Tabelle C 2 gibt die unmittelbaren Messergebnisse.

Tabelle C 2. Firnzuwachs auf Clariden nach Abstichen und Grabungen

Datum	Messplatz m ü. M.	Schneehöhe cm	Wasserwert cm	Mittleres Raumgewicht kg/m^3
15. Juni 1966	2700	(470)	—	—
15. Juni	2900	486	259	533
22. September	2700	313	185	591
22. September	2900	423	238	563

Der Firnzuwachs pro 1965/66 auf dem Claridenfirn ist somit noch etwas grösser als im Vorjahr und in 1954/55 und vergleichbar mit demjenigen der Jahre 1947/48, 1939/40, 1918/19.

Die Menge des im Sommer 1966 abgeschmolzenen Schnees kann nur indirekt ermittelt werden. Auf Grund der Regenmessungen im Tal und der auf Firnhöhe reduzierten Temperaturen schätzen wir die in 2900 m Höhe zwischen der Frühlingsmessung und der Herbstmessung gefallenen festen Niederschläge auf 80 cm Wasser. Damit gelangen wir für den oberen Messplatz zu folgender Bilanz:

	Wasserwert
Ausgangsdatum 18. September 1965	0 cm
Zuwachs bis 15. Juni 1966	259 cm
Fester Sommerniederschlag	80 cm
	<hr/> 339 cm
Messung am 20. September 1966	238 cm
Totale Schmelzleistung S	101 cm
Reduzierte Temperatursumme T	270 Gradtage
Verhältnis S : T	0,37 cm/Gradtage

Über die Niederschläge im hydrologischen Jahr 1965/66 haben wir schon im Abschnitt B geschrieben, so dass zu der Tabelle C 3 nicht mehr viel zu sagen ist. Der Mitte Juni beim oberen Firnpegel festgestellte Wasserwert (259 cm) entspricht 78% des in dem Geissbützitotalisator gemessenen Winterniederschlags. Dieses Verhältnis ist im Einklang mit den Resultaten der letzten Jahre (vgl. Bericht Nr. 51 [4]). Der Sommerniederschlag des Hüttentotalisators scheint zu gross zu sein. Vielleicht hat sich jemand damit einen bedauerlichen Scherz geleistet.

Tabelle C 3. Niederschlag im Umkreis der Clariden

W (Winter) = Periode vom 16. September 1965 bis 15. Juni 1966
 S (Sommer) = Periode vom 16. Juni bis 20. September 1966
 G = W+S = Periode vom 16. September 1965 bis 20. September 1966
 H = Hydrologisches Jahr = Periode vom 1. Okt. 1965 bis 30. Sept. 1966
 N = Normale Jahressumme = Mittel der Jahre 1901—1940

Ort	Höhe m ü. M.	W cm	S cm	G cm	H cm	N cm	H/N %
Auen (Linthal)	815	137	73	210	203	169	120
Linthal (E.-W.)	685	153	79	232	226	178	126
Urnerboden	1350	116	70	186	179	173	103
Braunwald	1190	163	73	236	230	189	122
Elm	962	136	66	202	195	153	128
Disentis	1173	92	43	136	125	129	97
<i>Totalisatoren:</i>							
Claridenhütte	2480	145	(132)	(277)	(269)	—	—
Geissbützistock	2710	331	74	405	392	345	114

D. Graubünden

Vom Silvrettafirn sind uns leider bis zur Drucklegung noch keine Beobachtungen zugegangen. Wir beschränken uns deshalb vorläufig auf die Wiedergabe von den in der Umgebung gemessenen Niederschlägen in Tab. D. Daraus ist ersichtlich, dass die Niederschläge um Klosters und Davos herum prozentual denjenigen des Glarnerlandes nur wenig nachstanden.

Im Engadin dagegen blieben die Winterniederschläge deutlich unterhalb der Norm. Von Samedan aus wurde mittels Fernrohrbeobachtungen der folgende zweijährige Firnzuwachs festgestellt (vom 22. September 1964 bis zum 13. August 1966):

Messpunkt:	Misaun	Rosatsch	Palü
Höhe (m ü. M.)	3010	3100	3850
9. Februar 1966	+1,8 m	+2,5 m	—
26. Juli 1966	—	+3,2 m	+6½ m
13. August 1966	+1,3 m	+2,3 m	+5 m

Die absolute Höhe der Firnkuppe des Piz Palü (3850 m wie oben) war gegenüber September 1964 unverändert (Beobachtungen aus dem Sommer 1965 fehlen). Indem wir die 1964 angenommene Datierung der Schichten weiter verwenden, finden wir für den Gipfelabbruch einen Firnzuwachs von

Tabelle D. Niederschlag um Klosters und im Engadin 1965/66

in cm und in Prozenten des Mittelwertes 1901—1940

Ort	Höhe m ü. M.	Okt. bis Mai		Juni bis Sept.		Hydr. Jahr	
		cm	%	cm	%	cm	%
Weissfluhjoch	2540	68	110	57	104	125	108
Davos-Platz	1561	64	122	55	115	119	119
Klosters	1200	89	121	62	113	151	117
St. Antönien	1460	87	112	70	117	157	114
Schuls	1253	38	98	40	127	79	111
Susch	1430	36	85	34	101	70	92
Bever	1712	42	93	44	103	86	98
St. Moritz	1853	44	94	45	97	89	96
Bernina L. Bianco	2240	102	144	64	75	166	98

ca. 3 m seit dem Herbst 1965, 5 m seit 1964, 8½ m seit 1961, 19½ m seit 1957 und 32 m seit 1953. Ausserdem wurde am Punkt 794 700/140 700 des Persgletschers (ca. 3175 m ü. M.) eine Firnrücklage von 4 bis 5 m seit Herbst 1965, von 7 m seit 1964 und von ca. 14 m seit 1961 bestimmt. Hier handelt es sich um einen Nordhang.

Mitte Juli 1966 machte die Nordabdachung der Berninagruppe oberhalb etwa 3200 m ü. M. noch einen tief winterlichen Eindruck. Bis Mitte August machte die Ausaperung über eisfreiem Gelände ziemlich grosse Fortschritte und war gegenüber den schneereichen Sommern von 1961, 1960, 1951, 1940 und 1936 um ein bis zwei Wochen voraus. Auf Firnen und Gletschern dagegen waren nur in den Jahren 1951 und 1936 noch grössere Schneeauflagen zu finden. Nach der letzten Beobachtung am 13. August erfolgten bis Ende Monat häufige Niederschläge, so dass die Schneeschmelze erst wieder im September einsetzen konnte. Wir können nicht genau angeben, inwiefern der Zustand sich im Laufe des milden Herbstes «normalisiert» hat, doch dürfte die Endausaperung unterdurchschnittlich geblieben sein.

E. Jungfraufirn

Tabelle E. Schneehöhen auf dem Jungfraufirn, bezogen auf den 21. September 1965, in cm

(Pegel 3 der Schweizerischen Gletscherkommission, 3350 m ü. M.)

21. September 1965	0*	12. April	440
3. Oktober	70	23. April	500
15. Oktober	60	2. Mai	475*
23. Oktober	60*	11. Mai	505
29. Oktober	70	16. Mai	475*
7. November	60	3. Juni	470
19. November	80	4. Juni	455*
25. November	120*	14. Juni	410
9. Dezember	195	22. Juni	410
14. Dezember	210	30. Juni	440
1. Januar 1966	260	9. Juli	440
5. Januar	260	11. Juli	435*
8. Januar	250*	26. Juli	440
14. Januar	265	7. August	460
30. Januar	270	10. August	460*
10. Februar	290	14. August	455
2. März	370	1. September	500
17. März	440*	14. September	475*
1. April	420	22. September	480
4. April	410		

* Diese Pegelablesungen wurden an Ort und Stelle gemacht, während die übrigen Angaben auf Fernrohrablesungen vom Jungfraujoch aus beruhen und naturgemäss weniger genau sind.

Auf dem Jungfraufrn waren die Schneehöhen beim Pegel 3 (3350 m ü. M.) bis Mitte Juli nicht höher als auf dem Claridenfrn. Das Maximum wurde wahrscheinlich Anfang oder Ende Mai erreicht und dürfte ca. 510 cm betragen haben. Dieser Wert ist etwas überdurchschnittlich, aber durchaus nicht ungewöhnlich. Das Minimum ist seit 1961 jedes Jahr früher eingetreten und fiel dieses Jahr schon vor dem Kälteeinbruch am 18. Juni.

Die minimale Schneehöhe von ca. 400 cm ist recht beträchtlich und wurde nur in wenigen Jahren übertroffen: 1961, 1956, 1953, 1951, 1946 und 1945. Dazu ist zu bemerken, dass am Tag der Errichtung des Pegels (21. September 1965) bereits eine Schneeschicht von 270 cm sich seit dem Minimum am 4. Juli gebildet hatte! In der Zeit vom 4. Juli 1965 bis zum 17. Juni 1966 hat somit ein Firnzuwachs von 5,5 bis 6 m stattgefunden.

F. Résumé 1965/66

Mit Ausnahme des Tessins und der südlichen Ketten Graubündens erhielt das ganze Alpengebiet im Winter 1965/66 weit überdurchschnittliche Niederschläge. Die mittlere Temperatur war während des hydrologischen Jahres 1965/66 und auch während der Periode Mai-September 1966 leicht übernormal. Dagegen war der eigentliche Hochsommer 1966 (Juli und August) in den Alpen der Zentral- und Ostschweiz sowie in Graubünden sehr kühl, unbeständig und arm an Sonnenschein. Als Folge dieser Wetterverhältnisse ergab sich in den Firnregionen der nördlichen Alpenketten (Berner, Urner und Glarner Alpen) ein überdurchschnittlicher Firnzuwachs, der dem letztjährigen nicht nachsteht.

Literaturnachweis

- [1] H. UTTINGER: Niederschlag: Mittlere Niederschlagsmengen und Beobachtungsreihen 1901 bis 1960, Abschnitt I E 1—3 der «Klimatologie der Schweiz», Beiheft zu den Annalen der MZA (Jahrgang 1964), und H. UTTINGER: Die Veränderlichkeit der Niederschlagsmengen 1901—1960, Abschnitt I E 4; Beiheft zum Jahrgang 1965.
- [2] M. SCHÜEPP: Langjährige Temperaturreihen, Klimatologie der Schweiz, Abschnitt I C 2, Beiheft zu den Annalen (1960).
- [3] A. LEMANS: Der Firnzuwachs pro 1964/65 in einigen schweizerischen Firngebieten, 52. Bericht, Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellschaft in Zürich, Jahrg. 111, S. 145—154.
- [4] A. LEMANS: Der Firnzuwachs pro 1963/64 in einigen schweizerischen Firngebieten, 51. Bericht, Viertelj. der Naturf. Ges. in Zürich, Jahrg. 109, S. 468 und 469.

Errata zum 52. Bericht [3]

Seite 147, 6. und 7. Zeile von unten: 504 Gradtage = 81% des Mittelwertes, 461 Gradtage = 82% des Mittelwertes (Mai bis September).

Seite 148, zwei Zeilen oberhalb Tab. B 5: lies: (Abweichungen bis zu $-1,2$ Grad) ... In den Alpen war diese ganze Luftschicht um ca. $\frac{3}{4}$ Grad zu kalt.

Seite 150, 17. Zeile: statt 53 cm lies 50 cm; streiche: +4 cm Eis.