

# Berichte

## Der Firnzuwachs pro 1964/65 in einigen schweizerischen Firngebieten

52. 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).

Silvretta: Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF).

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

Berninagebiet: Dr. G. GENSLER, MZA.

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

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

### B. Witterung und Schneeverhältnisse

Das Berichtsjahr steht in starkem Kontrast zum Vorjahr. Auf ein schneereiches Winterhalbjahr folgte ein kühler Sommer, während es 1963/64 genau umgekehrt war. Der Kälteeinbruch am 7. und 8. Okt. 1964 brachte den Bergstationen Gütsch, St. Gotthard, Säntis und Weissfluhjoch eine bleibende Schneedecke. Im Durchschnitt wird der Beginn der Schneedecke auf dem St. Gotthard erst Anfang November, auf dem Säntis um den 24. Oktober erwartet. Ergiebige Niederschläge im Oktober, November und der ersten Dezemberwoche liessen die Schneehöhe im Gebirge überdurchschnittliche Werte erreichen. Die zeitliche Verteilung der Niederschläge zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Vorjahr, denn wiederum brachte der November — relativ zur Norm — die grössten Niederschläge, und der eigentliche Hochwinter (Dezember 1964 bis Februar 1965) war zu trocken. Trotzdem blieb die Schneehöhe auf dem Weissfluhjoch bis Ende Januar 1965 über dem langjährigen Mittelwert. Im Februar und März schwankte die Höhe um diesen Mittelwert. Die Monate März bis Juni waren alle niederschlagsreich, und da sie — abgesehen vom Juni — auch zu kalt waren, trat das Schneehöhenmaximum ausserordentlich spät ein. Auf dem Weissfluhjoch wurde seit Beginn der Messungen (1936) noch nie ein Maximum im Juni beobachtet. Auf dem Säntis fällt der Betrag der grössten Schneehöhe (640 cm) mehr auf als das Datum. In der langen Beobachtungsreihe dieser Station findet man im zweiten und vierten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts je zweimal Schneehöhen von

mehr als 6 m. Das Gelände ist jedoch nicht günstig für zuverlässige Schneemessungen. Der Anstieg der Schneehöhe um 4 Meter innert drei Wochen lässt sich nicht allein durch Niederschläge erklären. Die Gipfelstation registrierte im April einen Niederschlag von 458 mm Wasser; mehrere Talstationen in der Umgebung meldeten in derselben Zeit mehr als 300 mm. Da diese Mengen nicht ausreichen, um eine Schneedecke von 400 cm zu bilden, müssen beträchtliche Schneeverwehungen im Spiel gewesen sein.

Tabelle B 1. Schneehöhen auf unvergletscherten Bergstationen

Station	Gütsch ob Andermatt	Säntis	Weissfluhjoch ob Davos
Höhe des Messfeldes (m ü. M.)	2290	2350	2540
7. Oktober 1964	0	3	0
9. Oktober	10	49	23
13. Oktober	80	91	52
19. Oktober	110	170	73
12. November	50	65	55
19. November	150	97	122
28. November	75	85	103
30. November	180	100	143
6. Dezember	240	118	171
15. Dezember	180	90	141
1. Januar 1965	180	110	136
5. Januar	240	165	158
19. Januar	230	192	170
28. Januar	205	255	175
5. Februar	195	230	173
17. Februar	270	320	194
2. März	220	275	180
7. März	245	300	206
18. März	210	245	191
28. März	280	285	248
11. April	205	240	220
22. April	330	472	276
30. April	305	640	268
4. Mai	280	580	251
11. Mai	300	610	276
27. Mai	100	500	217
1. Juni	95	500	250
8. Juni	75	440	225
11. Juni	100	520	284
25. Juni	0	200	186
10. Juli	0	70	119
16. Juli	0	0	82
7. August	0	0	0

Da die Monate Juli bis September alle zu kühl waren, machte die Schneeschmelze im Sommer keine raschen Fortschritte. Die Stationen Säntis und Weissfluhjoch wurden einen ganzen Monat später schneefrei als in Durchschnittsjahren. Ab 22. August setzten oberhalb 2000 m wieder grössere Schneefälle ein, und auf dem Weissfluhjoch (Versuchsfeld) blieb eine Schneedecke vom 1. September bis zum 4. Oktober liegen. Obwohl der Monat Oktober im Gebirge extrem mild und sonnig war, gingen die Schneehöhen auf den Firnen — soweit bekannt — nicht mehr stark zurück. Wir glauben daher, für die Firngebiete unterhalb 3000 m den Winteranfang auf den 22. August festsetzen zu können. In noch höheren Regionen kann das Schneehöhenminimum noch viel früher eingetreten sein, nämlich um den 4. Juli herum. Die Beobachtungen auf dem Jungfraufirn (siehe Tab. B 3 und E)

zeigen, dass die Temperaturen im Juli und August nicht mehr ausreichen, um die Neuschneeschichten zum Verschwinden zu bringen.

Tabelle B 2. Monatsmittel der Lufttemperatur auf Bergstationen

M = Monatsmittel 1965, A = Abweichung vom durchschnittlichen Monatsmittel 1901—1940

Station	Gütsch		Säntis		Weissfluhjoch		Jungfrau-joch	
	2287		2500		2667		3578	
	M	A	M	A	M	A	M	A
Mai 1965	0,3	-0,9	-1,6	-1,4	-2,2	-1,3	-7,5	-0,7
Juni	5,4	+1,0	3,7	+0,9	3,3	+1,0	-2,8	+0,8
Juli	6,3	-0,7	3,4	-1,4	4,0	-0,4	-2,4	-0,6
August	6,2	-1,0	3,9	-0,8	3,8	-0,9	-2,4	-0,7
September	2,4	-2,2	1,5	-1,0	1,0	-1,6	-4,8	-1,2
Mai-September	4,1	-0,8	2,2	-0,7	2,0	-0,6	-4,0	-0,5

Die Tabellen B 2 bis B 4 dienen in üblicher Weise der Charakterisierung der Temperaturverhältnisse im Gebirge und in der freien Atmosphäre während der Ablationsperiode Mai bis September 1965. Sie zeigen, dass nur der Monat Juni überdurchschnittliche Temperaturen brachte und dass die Mitteltemperatur der ganzen Periode um  $\frac{2}{3}$  Grad zu tief lag. Verglichen mit der Normalperiode 1931—1960 wäre das Defizit sogar 1,2 Grad.

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 Jungfrau-joch der Höhe entsprechend reduziert

Ort	Gütsch	Clariden		Säntis	Weissfluhjoch	Silvretta	Jungfrau-joch firn	
		2287	2700				2900	2500
Mai 1965	43	16	9	19	17	14	0	0
Juni	170	113	90	126	124	114	24	41
Juli	196	122	89	117	137	123	5	19
August	191	117	86	131	131	119	14	29
September	81	40	24	68	55	46	5	9
Mai-September	681	408	298	461	464	416	48	98

Die in Tab. B 3 mitgeteilten Temperatursummen dienen dazu, die Ablation der Schneedecke abzuschätzen. Die gebildete Schmelzwassermenge S ist mehr oder weniger 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 1964/65 504 Gradtage (77% des Mittelwertes 1901—1940), für Mai bis September 461 Gradtage (77%). Ein so tiefer Wert ist in diesem Jahrhundert zwischen 1901 und 1920 sechsmal notiert worden, und seither erst einmal: 1940. Nehmen wir das Fünfmonatstemperaturmittel der Stationen Säntis oder St. Gotthard als Massstab für die sommerliche Wärme und suchen wir in der Vergangenheit gleich kühle oder noch kühlere Sommer, so finden wir die Jahre:

Säntis: 1954, 1940, 1916, 1913, 1912, 1910, 1909, 1902;

St. Gotthard: 1939, 1916, 1914, 1913, 1912, 1910, 1909, 1902 [1]<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss dieses Berichtes.

Diese auffallende Häufung von kühlen Sommern zwischen 1901 und 1920 hatte einen merklichen Einfluss auf die Gletscher der Schweizer Alpen, wovon die Mehrzahl ab 1916 für mehrere Jahre eine Längenzunahme zeigte [2]. Ein relativer Niederschlagsreichtum hat zweifellos ebenfalls zu diesem bisher letzten Gletschervorstoss beigetragen. Für eine Reihe von Messstationen in den Alpen ist nämlich das Dezennium 1911—1920 das niederschlagsreichste der ersten sechs dieses Jahrhunderts [3]. Dieses Merkmal tritt für die Winterhalbjahre (Oktober—März) noch stärker hervor als bei den Jahreswerten (Oktober—September).

Für das Berninagebiet kann keine in der Nähe gelegene Vergleichsstation gefunden werden. Es wurden daher Temperatursummen für das 700-mb-Niveau aus Radiosondierungen berechnet. (Tab. B 4). Das in der letzten Kolonne angegebene, gewogene Mittel aus den Werten von Mailand

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	<sup>2</sup> / <sub>3</sub> Mailand + <sup>1</sup> / <sub>3</sub> München	
Mai 1965	6	3	11	8	
Juni	53	46	76	66	
Juli	32	34	90	71	
August	49	58	71	67	
September	23	36	20	25	
Mai-September	163	177	268	237	

und München dient zur Beurteilung der Ablation im Berninagebiet. Ebenfalls mit Hilfe der Radiosondierungen haben wir für den Zeitraum Mai—September 1965 die Durchschnittstemperaturen der Atmosphäre über Europa zwischen dem Erdboden und 5,5 km Höhe zusammengestellt. Verglichen mit der kurzen Normalperiode 1949—1963 zeigt sich ein Wärmedefizit über ganz Europa mit Ausnahme von Griechenland. Das relativ kälteste Gebiet erstreckt sich von Finnland (Abweichungen bis zu -2,5 Grad) nach dem Golf von Biskaya. In den Alpen war diese ganze Luftschicht um ca. 1½ Grad zu kalt.

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

a = absolut, in Stunden    %M = in Prozent der maximal möglichen Sonnenscheindauer  
%m = in Prozent des langjährigen Mittelwertes (1931—1960)

	Ablationsperiode Mai-September 1965			Hydrologisches Jahr Okt. 1964 bis Sept. 1965		
	a	%M	%m	a	%M	%m
Säntis	770	35	85	1579	36	84
Braunwald	735	40	86	1319	38	84
Gütsch	840	—	—	1662	—	—
Jungfrauojoch	754	36	82	1510	37	85
Disentis	900	47	92	1591	45	90
Landquart	847	46	89	1453	42	87
Weissfluhjoch	898	45	96	1736	42	89
Davos	802	46	92	1441	42	86
St. Moritz	783	43	85	1440	40	80
Schuls	883	47	91	1590	46	89

Der Sonnenschein war im hydrologischen Jahr 1964/65 relativ kurz bemessen. Von den 12 Monaten war nur der Februar durch überdurchschnittliche Sonnenscheindauer ausgezeichnet; die Monate Dezember, Juni und August erreichten nahezu normale Werte, während die übrigen unter Sonnenscheinmangel litten.

C. Clariden

An den Firnpegeln, die wir am 29. September 1964 neu gesetzt hatten, wurden dieses Jahr besonders wenig Ablesungen gemacht. Von den Touristen war nur ein einziger so freundlich, uns eine Meldung zu senden. Das für Hochtouren oft ungünstige Wetter hatte natürlich eine schlechte Frequentierung der benachbarten Clubhütten zur Folge. Die in Schneehöhen umgewandelten Beobachtungen sind in der Tabelle C 1 zusammengestellt. Seit dem Jahre 1955 sind so grosse Schneemengen nicht mehr vorgekommen. Soweit die Schneehöhen auch mit Sondierstangen oder durch Grabung kontrolliert werden konnten, zeigten sich gegenüber den Pegelablesungen keine bedeutenden Diskrepanzen. Im Juni wurden Unterschiede von nur 1—4 cm gefunden. Im Herbst ergaben die Sondierungen bei der unteren Boje eine um 16 cm grössere, bei der oberen Boje eine um 10 cm grössere Schneemächtigkeit. Von dieser Differenz können sicher 10 cm der Setzung und Abschmelzung derjenigen Schneeschicht zugeschrieben werden, die Ende September 1964 zuoberst lag (30 bis 40 cm). Ausserdem fanden wir am unteren Messplatz, 6 cm unterhalb des Ockers, eine 2 cm starke Eislamelle, die sich unmittelbar auf dem alten Firneis gebildet hatte, das wir im letztjährigen Bericht erwähnten. Sicher hat die Sondierstange das Niveau der Eislamelle angezeigt.

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

Messplatz: Höhe (m ü. M.)	Hüttenpegel	Unterer Firnpegel	Oberer Firnpegel
18. September 1964	2440	2700	2900
28. Februar 1965	0	0	0
2. April	—	328	324
15. Mai	340	403	409
3. Juni	416	536	534
12. Juli	403	518	529
5. September	300	403	479
16./17. September	0	283	—
		293	463

Die grösste Schneehöhe wurde auf dem Claridenfirn wahrscheinlich am 11. Juni erreicht, vor Beginn eines warmen Witterungsabschnittes. Ende April muss die Schneehöhe nur wenig geringer gewesen sein, aber das spätere Datum entspricht jedenfalls einem grösseren Wasserwert der Schneedecke. Für beide Messpunkte nehmen wir eine maximale Schneehöhe von 575 cm an. Die Pegelstangen müssen für kurze Zeit völlig unsichtbar gewesen sein, denn am 15. Mai waren sie bis auf 5 cm (resp. 17 cm) zugedeckt.

Die Frühjahrsmessung (2.—4. Juni 1965) fand bei Nebel und Schneefall statt. Angesichts der grossen Schneemengen machte die Grabung bis zum Ocker eine beträchtliche Schaufelararbeit notwendig — bis fast 5 1/2 m tief! Beim unteren Messplatz musste man sich mit Sondierungen begnügen. Nach den Erfahrungen vom letzten Jahr und den Messungen vom Herbst 1965 zu schliessen, besteht kein grosser Unterschied zwischen den Schneedichten an beiden Messstellen.

Die Herbstbegehung (15. bis 18. September 1965) war mehr vom Wetter begünstigt. Während 4 Tagen fiel kein nennenswerter Niederschlag. Im Tal lag von 2000 m an Schnee und bereits am untersten Firnhang betrug die Schneehöhe mehr als 200 cm. Eine Firngrenze konnte daher dieses Jahr überhaupt nicht festgestellt werden. Nach einer Beobachtung vom 4. September sind im Tal des Walenbach, oberhalb 2050 m, zahlreiche Altschneeflecken den ganzen Sommer über liegen geblieben. Die Gletscherbegehung war eher mühsam, jedoch noch ohne Ski zu bewerkstelligen. Entlang der Aufstiegsroute war keine einzige Spalte zu sehen. Nur mit Hilfe der Sondierstange konnten wir in unmittelbarer Nähe der unteren Boje beide 2 bis 3 m breiten Spalten auffinden, die wir im vorigen Jahr bemerkt hatten. Die im Mittel 309 cm mächtige Schneedecke bildete solide Brücken. Der Wasserwert dieser Schicht wurde zu 155 cm bestimmt. Die obersten 78 cm müssen entsprechend ihrer Dichte als Neuschnee bezeichnet werden. In grösseren Tiefen betrug die Dichte 0,50 bis 0,59. Der Verlauf der Niederschläge und Temperaturen in diesem Gebiet lässt darauf schliessen, dass diese oberste Schicht mit einem Wasserwert von 31 cm seit dem 22. August abgelagert wurde. An diesem Datum muss die Schneehöhe minimal gewesen sein, mit ca. 230 cm.

Die Akkumulation vom Minimum des Jahres 1964 bis zum 22. August 1965 betrug somit 126 cm Wasser (unter Einschluss der schon erwähnten Eislamelle).

Die jährliche Wanderung des Pegels betrug 3,55 m gegen Südsüdosten. Die Einvisierung mit dem Theodoliten ergab eine absolute Hebung der Firnoberfläche um 2,3 m seit September 1964, während in den vorangehenden Jahren jeweils eine Absenkung um mindestens 1 m konstatiert wurde. Der optisch festgelegte Fixpunkt befand sich genau über einer Gletscherspalte, so dass wir vorzogen, eine neue Pegelstange 9 m weiter gegen Nordosten einzugraben.

Die obere Boje war 11,7 m gegen Ostnordosten gewandert. Die absolute Hebung der Firnoberfläche betrug auch hier 2,3 m. Das Mittel aller Sondierungen ergab genau dieselbe Schneehöhe wie die Grabung nach dem Ocker: 473 cm. Das Ausheben einer so tiefen Grube gestaltete sich ausserordentlich mühsam, weil man auf viele Eislamellen stiess. Die mächtigsten davon (in 260 cm und 300 cm Tiefe) erreichten eine Dicke von 6 cm, resp. 8 cm. Auch in 131 cm Tiefe fand man eine 4 cm dicke Eisschicht. Nach oben schloss sich eine stark verschmutzte Schneeschicht an. Wir nehmen an, dass dieser Horizont dem Minimum vom 22. August 1965 entspricht. Die starke Verschmutzung könnte von den häufigen Felsstürzen herrühren, die sich in letzter Zeit an der Nordostflanke des Tödi ereigneten. Um die Akkumulation vom Minimum 1964 bis zum Minimum dieses Jahres zu berechnen, müssen wir vom gemessenen Wasserwert (243 cm) 53 cm abziehen (= 131 cm Neuschnee + 4 cm Eis) und ca. 7 cm addieren, um der Neuschneesicht vom September 1964 Rechnung zu tragen (nach der Messung am 29. September kann davon nur noch ein kleiner Teil abgeschmolzen sein). Wir gelangen somit zu einer Netto-Jahresakkumulation von 200 cm Wasser. Der Jahreszuwachs ist vergleichbar mit demjenigen der Jahre 1954/55, 1947/48, 1939/40, 1926/27, 1915/16 und kleiner als in 1918/19 und 1919/20.

Tabelle C 2. Firnzuwachs auf Clariden nach Abstichen und Grabungen

Datum	Messplatz m ü. M.	Schneehöhe cm	Wasserwert cm	Mittleres Raumgewicht kg/m <sup>3</sup>
3. Juni 1965	2900	530	246	465
4. Juni	2700	514	—	—
16. September	2700	309	155	501
17. September	2900	473	243	513

Um zu erfahren, wieviel Schnee im Sommer 1965 abgeschmolzen ist, müssen wir zunächst die festen Niederschläge zwischen der Frühlingsmessung und der Herbstmessung schätzen. Auf Grund der Regenmessungen in Auen und der auf Firnhöhe reduzierten Temperaturen gelangen wir zu 80 cm Wasser in 2700 m Höhe und zu 100 cm in 2900 m. Wir haben hier die schwierige Frage, was mit flüssigen Niederschlägen geschieht, ausser acht gelassen. Es ist denkbar, dass Regen zum Teil im Firn aufgespeichert wird. Andererseits können Regenfälle auch eine sehr intensive Ablation verursachen. Für den Schneehaushalt gelangen wir somit zu folgenden Zahlen:

	Unterer Pegel 2700 m ü. M. Wasserwert	Oberer Pegel 2900 m ü. M. Wasserwert
Messung am 3. Juni	(239 cm)	246 cm
fester Sommerniederschlag	80 cm	100 cm
	(319 cm)	346 cm
Messung am 16./17. September	155 cm	243 cm
Totale Schmelzleistung S	(164 cm)	103 cm
Reduzierte Temperatursumme T	365 Gradtage	276 Gradtage
Verhältnis S : T	(0,45 cm/Gradtage)	0,37 cm/Gradtage

Die eingeklammerten Zahlen beruhen auf der Hypothese, dass im Frühjahr die mittlere Schneedicke bei 2700 m gleich war wie in 2900 m Höhe.

Die Tabelle C 3 zeigt, dass die Talstationen der Glarner Alpen im hydrologischen Jahr 1964/65 stark übernormale Niederschläge erhielten. Der Überschuss war in den Monaten Juni bis September prozentual gleich gross wie in der Akkumulationsperiode Oktober bis Mai. Das Jahr 1964/65 gehört zu den drei oder vier niederschlagsreichsten Jahren seit 1900, und zwar gilt diese Tatsache nicht nur für die Glarner Alpen, sondern auch für andere Stationen in den nördlichen Alpentälern (z. B. Göschenen, Guttannen, Grindelwald). Im Flachland waren die Verhältnisse schon anders. Im Engadin und im Wallis waren die Niederschlagsmengen mässig über dem Durchschnitt, während das Tessin ein trockenes Jahr erlebte.

Tabelle C 3. Niederschlag im Umkreis der Clariden

Ort	Höhe m ü. M.	W cm	S cm	G cm	H cm	N cm	H/N %
Auen (Linthal)	815	140	80	221	228	169	135
Linthal (E.-W.)	685	156	90	246	254	178	142
Urnerboden	1350	107	92	199	207	173	120
Braunwald	1190	149	85	234	241	189	127
Elm	962	117	81	198	207	153	135
Disentis	1173	64	62	127	138	129	107
<i>Totalisatoren:</i>							
Claridenhütte	2480	131	89	220	227	—	—
Geissbützistock	2710	286	96	382	394	345	114

In bezug auf die Totalisatormessungen möchten wir darauf hinweisen, dass der Anfang Juni beim oberen Pegel festgestellte Wasserwert 86% vom auf dem Geissbützi gemessenen Winterniederschlag repräsentiert. Dieses Verhältnis ist im Einklang mit den Resultaten der letzten Jahre (vgl. Bericht Nr. 51) [4].

#### D. Silvretta

Hier müssen wir zunächst die Resultate des Jahres 1963/64 vorlegen, die uns bei der Abfassung des 51. Berichtes noch nicht zur Verfügung standen.

Tabelle D 1. Schneemessungen auf Silvretta und Weissfluhjoch 1964

Messort	Höhe m ü. M.	Datum	Schneehöhe cm	Wasserwert cm	Raumgewicht kg/m <sup>3</sup>
Silvrettafirn	2750	2. Juni	232	102	438
Vorfeld	2460	2. Juni	102	47	459
Weissfluhjoch	2540	27. Mai	75	35	472

Auf dem Weissfluhjoch wurde Ende April ein maximaler Wasserwert von 53 cm gemessen. Analog kann man schliessen, dass im Vorfeld der Wasserwert einen Monat vor der Messung höher gewesen sein muss als 47 cm (vermutlich ca. 65 cm). Auf dem Firn in 2750 m Höhe war dagegen bis zum 2. Juni noch kein Schmelzwasser abgeflossen. In Anbetracht der etwas grösseren Temperatursumme (Tab. B 3) und des geringeren Schneevorrates nehmen wir an, dass der Silvrettapegel im Sommer 1964 noch früher als der untere Claridenpegel ausgeapert ist. Es konnte nicht festgestellt werden, wie stark die Jahresbilanz defizitär war. TH. ZINGG beobachtete, dass der Südlappen der Gletscherzunge im Herbst stark abgebaut und auch der Nordwestlappen stark eingesunken war. Die Mittelzunge zog sich um 5,5 m zurück.

Tabelle D 2. Niederschlag im Umkreis der Silvretta 1963/64

W (Winter) = Periode vom 16. September 1963 bis 1. Juni 1964  
 S (Sommer) = Periode vom 2. Juni bis 17. September 1964  
 G = W+S = Periode vom 16. September 1963 bis 17. September 1964  
 H = Hydrologisches Jahr = Periode vom 1. Okt. 1963 bis 30. Sept 1964  
 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 %
Weissfluhjoch	2540	50	43	92	93	117	80
Davos	1561	42	33	75	76	100	76
Klosters	1200	59	37	97	98	128	76
St. Antönien	1460	65	44	109	109	138	79
Susch	1430	34	17	51	50	76	66
Schuls	1253	34	21	55	53	71	75
<i>Totalisatoren:</i>							
Silvretta-Vorfeld	2460	90	60	150	151	—	—
Silvretta-Hütte	2370	68	41	109	110	146	75
Alp Novai	1360	68	42	110	110	—	—

Über die Niederschlagsverhältnisse im Jahr 1963/64 haben wir bereits früher berichtet. Das Jahresdefizit war im Silvrettagebiet relativ noch grösser als im Claridengebiet (vgl. letzte Kolonne der Tabelle D 2 mit der entsprechenden Kolonne der Tabelle C 3 im letztjährigen Bericht).

Der auf dem Silvrettafirn im Herbst 1965 gemessene Zuwachs von 250 cm übersteigt alle seit 1916 registrierten Werte. Das bisherige Maximum (224 cm) wurde im Jahr 1948 beobachtet. Die Differenz hat jedoch keine grosse Bedeutung. Sofern kein eindeutiges Herbstminimum festgestellt werden kann, hängt der angegebene Zuwachs stark von der Wahl des Messdatums ab. Deshalb wollen wir lediglich festhalten, dass der diesjährige Firnzuwachs von derselben Grössenordnung war wie in 1948 (Messung am 22. September), 1940 (214 cm am 20. September) und 1916 (200 cm am 5. August). Gegen Ende September 1916 hätte man sicher einen erheblich grösseren Wert gefunden, denn dieser Monat war sehr kühl und am 20. September lag in Davos bereits 35 cm Schnee!

Tabelle D 3. Schneemessungen auf Silvretta und Weissfluhjoch 1965

Ort	Höhe m ü. M.	Datum	Schneehöhe cm	Wasserwert cm	Raumgewicht kg/m <sup>3</sup>
Weissfluhjoch	2540	1. Juni	250	100	392
Weissfluhjoch	2540	15. Juni	247	110	437
Weissfluhjoch	2540	1. Juli	132	70	497
Silvretta-Vorfeld	2460	28. Juni	277	122	514
«Gletscherboden» ob Vorfeld	2560	28. Juni	328	171	520
Silvretta-Pegel	2750	28. Juni	345	183	531
Silvretta-Pegel	2750	16. Sept.	250	123	493

Der Wasserwert muss am 11. Juni am grössten gewesen sein, als die Schneehöhe am Weissfluhjoch ihr Maximum erreichte (vgl. Tabelle B 1). Vom Schneevorrat, der am 16. September 1965 angetroffen wurde, können die obersten 95 cm (mit einem Wasserwert von 39 cm) den Sommerniederschlägen seit dem 28. Juni zugeschrieben werden. In den Messungen vom 28. Juni kommt der grosse Unterschied zwischen der Schneeeakkumulation auf gewachsenem Boden und auf Eisunterlage zum Ausdruck. Abgesehen vom Südabfall blieb die Gletscherzunge praktisch während des ganzen Sommers schneebedeckt, wodurch ein «Vorstoss» vorgetäuscht wurde.

Tabelle D 4. Niederschlag im Umkreis der Silvretta 1964/65

W (Winter) = Periode vom 18. September 1964 bis 28. Juni 1965  
 S (Sommer) = Periode vom 29. Juni bis 15. September 1965  
 G = W+S = Periode vom 18. September 1964 bis 15. September 1965  
 H = Hydrologisches Jahr = Periode vom 1. Okt. 1964 bis 30. Sept. 1965  
 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 %
Weissfluhjoch	2540	102	46	149	150	117	129
Davos	1561	78	45	123	125	100	125
Klosters	1200	126	48	174	175	128	137
St. Antönien	1460	118	54	173	174	138	126
Susch	1430	49	33	81	84	76	111
Schuls	1253	52	31	83	87	71	123
<i>Totalisatoren</i>							
Silvretta-Vorfeld	2460	195	65	260	262	—	—
Silvretta-Hütte	2370	122	50	172	174	146	119
Alp Novai	1360	134	47	181	183	—	—

Die Jahresniederschläge waren auch in diesem Teil von Graubünden besonders gross. Nach den Messungen von Davos-Platz kommt das hydrologische Jahr 1964/65 unter den niederschlagsreichsten Jahren seit 1900 nach 1947/48, 1919/20 und 1939/40 an vierter Stelle.

#### E. Jungfraufirn

Die Schneehöhen waren auf dem Jungfraufirn beim Pegel 3 bis Mitte Juli geringer als auf dem Claridenfirn. Ein Maximum von 500 cm in der ersten Junihälfte ist nichts ungewöhnliches. Etwa am 4. Juli muss ein Minimum von ca. 350 cm eingetreten sein. Danach stiegen die Schneehöhen bereits wieder an, und zwar besonders rasch ab 22. August. In den letzten 20 Jahren wurden nie so grosse Beträge gemessen wie im September 1965.

Tabelle E. Schneehöhen auf dem Jungfraufirn, bezogen auf den 22. September 1964, in cm  
 (Pegel 3 der Schweizerischen Gletscherkommission, 3350 m ü. M.)

22. September 1964	0	14. Mai	400
21. Oktober	70	15. Mai	400*
2. November	65*	2. Juni	440
4. November	70*	12. Juni	500
28. November	120	20. Juni	460*
5. Januar 1965	140	30. Juni	370
11. Januar	160	12. Juli	420
20. Januar	180	29. Juli	430
3. Februar	220	2. August	430*
10. Februar	210	4. August	445
18. Februar	230	11. August	430
23. Februar	220*	28. August	480
10. März	230	6. September	> 560
20. März	250	21. September	620
29. März	300*	3. Oktober	580
13. April	310	15. Oktober	565
3. Mai	400	23. Oktober	600*

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

### F. Berninagebiet

Die Niederschläge des Jahres 1964/65 waren auch im Engadin übernormal. Verglichen mit den 40jährigen Normalwerten nahm ihre Intensität jedoch von Schuls bis zum Oberengadin allmählich ab. Die Ausaperung des Geländes war im Herbst 1965 unterdurchschnittlich. Von den 30 Vergleichsjahren dürften nur die Jahre 1936, 1951 und 1961 noch grössere Schneerücklagen hinterlassen haben, während die Jahre 1939, 1940, 1941 und 1948 ein ähnliches Bild zeigten.

### G. Résumé 1964/65

Das hydrologische Jahr 1964/65 zeichnete sich am Alpennordhang durch besonders grossen Niederschlagsreichtum aus. Ausserdem war es arm an Sonnenschein und die Temperaturen im Gebirge blieben sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr bedeutend unter dem Durchschnitt. Diese Faktoren führten in den hier untersuchten Firngebieten auch unterhalb 3000 m zu einem bemerkenswerten Firnzuwachs, wie man ihn seit 1920 nur noch selten beobachten konnte.

### Literaturnachweis

- [1] Klimatologie der Schweiz, Abschnitt I C 2 (Temperaturreihen), Beiheft zu den Annalen der MZA (Jahrgang 1960).
- [2] Les Variations des Glaciers Suisses, Publikation der Schweizerischen Gletscherkommission (erscheint jährlich in «Die Alpen» / «Les Alpes»).
- [3] Klimatologie der Schweiz, Abschnitt I E 1–3 (Niederschlag), Beiheft zu den Annalen der MZA (Jahrgang 1964).
- [4] Der Firnzuwachs pro 1963/64 in einigen schweizerischen Firngebieten, 51. Bericht, Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellschaft in Zürich, Jahrg. 109, S. 461—470 (1964).