

# Der Firnzuwachs pro 1920/21 in einigen schweizerischen Firngebieten.

## VIII. Bericht der Gletscherkommission der Physikalischen Gesellschaft Zürich.

Von

R. BILLWILLER.

(Als Manuskript eingegangen am 27. Januar 1922.)

Vorbemerkung. Die Nummer dieses Berichtes zeigt, dass die „Zürcher Gletscherkommission“ keine Neugründung ist. Im Herbst 1913 konstituiert als Mittelpunkt derjenigen ostschweizerischen Kreise, die sich für die Gletscherkunde speziell von klimatologischen Gesichtspunkten aus interessieren<sup>1)</sup>, verfolgte sie unter den nicht immer günstigen Verhältnissen der Kriegszeit mit Beharrlichkeit und Erfolg ihre Ziele.

Als solche hatte sie sich in erster Linie gestellt die Überwachung des Haushaltes einiger ostschweizerischer Gletschergebiete durch Ermittlung der jährlichen, ihren Firnfeldern zum weitaus grössten Teil in fester Form zukommenden Niederschlagsmengen und Bestimmung des am Ende jedes Jahres restierenden Firnzuwachses an einigen hierfür geeigneten Punkten. Sowohl die Wahl der Gletschergebiete — sie fiel auf Clariden und Silvretta — wie auch diejenige der Messpunkte (Standorte der sog. „Bojen“) war eine glückliche. Alljährlich gegen den Herbst hin wurde um die Boje herum auf die Oberfläche des Firns eine unverwaschbare Farbschicht gestreut, auf die sich dann der Winterschnee ablagerte. Über die Höhe desselben orientierten uns Ablesungen an den Bojen, für welche ein besonderes Meldesystem (Plakate und Meldekarten in der Clariden- und Silvrettahütte) organisiert war; dasselbe funktionierte bei dem sowohl im Winter wie im Sommer relativ häufigen Besuche dieser Gebiete durch Touristen befriedigend. Auch die Abschmelzung im Sommer liess sich so verfolgen; am Ende desselben wurde dann durch Bohrung mit dem Schneeböhrer von CHURCH auf die vorjährige Farbschicht die Höhe und der

<sup>1)</sup> Gründende Mitglieder: Ing. F. RUTGERS, bisheriger Präsident; Dr. R. BILLWILLER, jetziger Präsident, und Prof. Dr. A. DE QUERVAIN; weitere Mitglieder: Ingenieur J. FISCHER, Prof. Dr. A. SCHWEIZER †, Prof. Dr. A. PICCARD, Prof. Dr. E. TANK.

## Zusammenstellung der Jahresresultate 1914—1920

Periode	Clariden				Silvretta			Periode
	Nieder- schlag im Totalisator	Untere Boje (2708 m)	Obere (2900 m)		Nieder- schlag im Totalisator	Untere Boje (2760 m)	Obere (3013 m)	
27. XI. — 9. VIII.	—	209 cm	—	1914/15	119 cm	—	—	11. X. — 26. IX.
9. VIII. — 14. VIII.	401 cm	?	440 cm	1915/16	118 „	200 cm	—	26. IX. — 5. VIII.
14. VIII. — 8. VIII.	344 „	115 „	370 „	1916/17	194 „	60 „	273 cm	5. VIII. — 8. IX.
8. VIII. — 18. IX.	363 „	192 „	387 „	1917/18	121 „	161 „	233 „	8. IX. — 15. VIII.
18. IX. — 16. IX.	380 „	395 „ ?	>500 „	1918/19	175 „	120 „	265 „	15. VIII. — 15. IX.
16. IX. — 25. IX.	>380 „	140 „	560 „ ?	1919/20	159 „	99 „	150 „	15. IX. — 11. IX.

Wasserwert des restierenden Jahreszuwachses festgestellt. Dieser konnte dann verglichen werden mit dem Resultate des in der Felsumrahmung des Firns installierten Totalisators (Jahresniederschlagsmessers) einerseits und den Bojenablesungen vom Frühjahr oder Frühsommer andererseits.

So besitzen wir seit 1914 wenigstens aus diesen beiden Gletschergebieten über die Grösse des Jahresniederschlags, maximale Schneehöhen, Ablation und Firnzuwachs bestimmte, zahlenmässige Vorstellungen an Stelle der oft willkürlichen und unzulänglichen Schätzungen, auf die der Klimatologe, der Hydrograph und der Gletscherforscher bisanhin angewiesen war. Die Beobachtungen sind durchaus homogen und ihr Wert nimmt von Jahr zu Jahr zu. Gelingt es, sie in der bisherigen Weise weiterzuführen, so werden sie bestimmt sein, in der Diskussion der den Gletscherschwankungen zu Grunde liegenden Klimaperioden ein gewichtiges Wort mitzureden.

Über die Arbeiten der Kommission und die gewonnenen Resultate wurde alljährlich im „Ski“, Jahrbuch des Schweizerischen Ski-Verbandes, ein Bericht veröffentlicht. Der seit 1921 veränderte Zeitpunkt der Drucklegung dieses Jahrbuches verunmöglicht das Erscheinen dieses Berichtes zukünftig innerhalb nützlicher Frist, weshalb die Kommission Gastrecht in dieser Zeitschrift nachsuchte und erhielt.

Es scheint angezeigt, den Resultaten pro 1920/21 vorangehend, hier ein Resumé der bisher im „Ski“ publizierten Zahlen zu geben. Dabei sei noch bemerkt, dass die Ergebnisse unserer Arbeiten von Anfang an auch in den „Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentral-Anstalt“, allerdings etwas später, in Verbindung mit der Gesamtheit der Niederschlagsmessungen des eidgenössischen meteorologischen Netzes diskutiert werden.

---

Der kurze, zusammenfassende Rückblick über den bisherigen Verlauf des mit 1909/10 einsetzenden Gletschervorstosses, welcher dem letztjährigen Bericht vorgesetzt war, wurde vielleicht im richtigen Momente gegeben. Denn was sich seither im Haushalte unserer Gletscher zutrug, war dem weiteren Vorstoss nichts weniger als förderlich und leitet vielleicht eine neue Phase ein. Nicht nur war der Winter 1920/21 der schneeärmste Winter in den Alpen seit vielen Jahren, sondern es folgte ihm auch ein ganz ungewöhnlich warmer Sommer, der sehr rasch mit dem bisschen Winterschnee fertig wurde und den Firnfeldern und Gletschern in ausserordentlichem Masse zusetzte. Doch wäre es verfrüht, jetzt schon das definitive Ende des

Gletschervorstosses voraussagen zu wollen; erinnern wir uns daran, dass der noch wärmere Sommer 1911 inmitten eine Periode sehr kühler und nasser Sommer fiel.

Die Niederschlagsarmut des Winters 1920/21 war eine beispiellose; sie wurde ja auch bekanntlich beinahe katastrophal für die Licht- und Wasserversorgung unseres Landes. Die im Oktober und November gemessenen Mengen sind auf der Alpennordseite im allgemeinen die kleinsten je vorgekommenen Beträge der betreffenden Monate; normaler waren Dezember und Januar, während sich dann im Februar und März die Trockenheit wiederholte. Die Schneehöhennotierungen unserer Hochstationen illustrieren das am besten. Auf dem Säntis kam es erst anfangs September zu einer bleibenden Schneedecke, die Mitte Januar endlich den Betrag von 1 Meter erreichte. Auf Ende Januar fällt das erste Maximum von 1,6 Meter, im Februar und März ging sie wieder stark zurück, um dann anfangs Mai das Jahresmaximum von 2,3 Meter zu erreichen; im Jahre 1919 lag zu gleicher Zeit 7,9 Meter! Schon vor Ende Mai war der Säntisgipfel schneefrei, ungefähr gleichzeitig mit dem St. Gotthard, wo die grösste Schneehöhe anfangs Februar volle 1,4 (!) Meter betragen hatte.

Entsprechend lauten auch die leider nicht sehr zahlreichen Meldungen aus unsern beiden Messgebieten:

Clariden. Datum	Schneehöhen am Pegel bei der Hütte	Firnzuwachs bei der	
		untern Boje	obern Boje
1921 I. 1.	60	140	? cm
II. 13.	160	190	200 „
24.	120	170	205 „
III. 19.	140	?	? „
28.	180	?	? „
31.	150	190	205 „
VII. 6.	frei	80	265 „
29.	—	-90	15 „
VIII. 3.	—	?	0 „
IX. 15.	—	?	-65 „

Während in vorangegangenen Jahren (1918/19!) schon die Dezemberschneefälle die beiden mehr als 5 Meter langen Bojen auf dem Firn vollständig eingedeckt hatten, betrug der Firnzuwachs seit letztem Herbst zu Ende März 1921 erst ca. 2 Meter. Weitere Ablesungen liegen nicht vor bis zum Sommer, so dass wir über die maximale

Höhe des Winterschnees 1920/21 auf dem Claridenfirn, die anfangs Mai erreicht worden sein muss, nicht genau orientiert sind. Am 6. Juli betrug sie bei der untern Boje noch 80, bei der oberen noch 265 cm. Im heissen Juli muss dann der Abtrag ganz ausserordentlich gross gewesen sein; eine Messung vom 29. Juli ergab, dass das Firnniveau bei der untern Boje schon 90 cm unter demjenigen vom September 1920 lag und bei der oberen Boje um noch ca. 15 cm darüber; hier hatte also die Ablation trotz der grossen Meereshöhe (2900 m) in 23 Tagen  $2\frac{1}{2}$  Meter betragen. Wenige Tage später (3. Aug.) war auch hier der Pegelstand vom Herbste 1920 erreicht und ungefähr gleichzeitig kamen, in schöner Übereinstimmung damit, die zu letzterem Zeitpunkte gestreuten Ockerflecken zum Vorschein.

Der Abtrag ging auch im warmen ersten Augustdrittel noch rasch weiter; am 13. August wurde die untere Boje — die im Herbste 1920 gestellte Holzstange — als umgefallen gemeldet; gleichzeitig aperte aber die Spitze der im Winter 1918/19 zugedeckten und seither nicht mehr zum Vorschein gekommenen ursprünglichen Stahlboje wieder aus. Das erlaubt die Feststellung, dass der Abtrag am 13. August beim untern Bojenort schon mehr als  $3\frac{1}{2}$  Meter unter das letztjährige Firnniveau ging. Bis zur Jahresaufnahme am 15. September erreichte er sogar ca. 5 Meter und ging in der warmen 2. Septemberhälfte und wohl auch im exzeptionell warmen Oktober 1921 noch weiter. — Die neue Holzstange wurde an das herausragende Eisenrohr gebunden, so dass der jeweilige Standort derselben also die Ortsveränderung seit 1916 angibt: sie ragt 625 cm aus dem Firn.

Die obere Boje wurde am 15. September noch aufrechtstehend vorgefunden; sie ragte 65 cm mehr heraus als vor Jahresfrist (25. IX. 1920). Man ist wohl geneigt, sich über den kolossalen Unterschied in der Ablation an beiden Bojenorten zu verwundern: in 2700 m Senkung der Firnoberfläche 5 Meter unter das vorjährige Niveau, in 2900 m nur die erwähnten 65 cm; doch ist zu sagen, dass zwischen den beiden Standorten immer eine grosse Differenz gefunden wurde. Die Bewegung der oberen Boje, die wegen geeigneteren Überdeckungen sicherer festgestellt werden kann, als diejenige der unteren, betrug im Berichtsjahr 13 Meter gegen SE. Auch hier aperte eine frühere Boje aus, und zwar die im Herbste 1919 gestellte, damals 5,9 Meter herausragende Eschenstange, die im Sommer 1920 (12. August) knapp ausaperte, dann aber durch Neuschneefälle wieder zugedeckt wurde, bevor ihre Einmessung und Neuaufrichtung möglich wurde. Schon im letztjährigen Bericht wurde der Vermutung Raum gegeben, dass der Firnzuwachs 1919/20 nicht die ganze Länge der damals zugedeckten

Boje betrage, sondern dass die dünne, biegsame Eschenstange durch den darüberliegenden Schnee stark gebogen worden sei. Was wir diesen Sommer davon zu sehen bekamen, bestätigte diese Vermutung; das jetzt ausgeaperte obere Ende von 160 cm Länge bildete mit der Vertikalen einen Winkel von  $60^\circ$ , was einer Höhe von 80 cm entspricht und befriedigend übereinstimmt mit dem an der neuen Boje ermittelten Abtrag unter letztjähriges Herbstniveau von 65 cm. Die Fortbewegung dieser Holzstange beträgt in den zwei Jahren 1919—21 32 Meter gegen SE. Zur Vermeidung von Missverständnissen wurde sie im Firnniveau abgesägt und die neuere Boje, welche 6,5 Meter herausragt, wieder gerade gestellt.

Zeitmangel verhinderte leider das Einmessen der Markierungen am östlichen Ende der Firnzunge im Altenorentobel, welche bei der grossen Ablation dieses Jahres besonderes Interesse geboten hätte. Dagegen fertigte der die beiden Kommissionsmitglieder — Prof. A. PICCARD und Dr. F. TANK — schon zum zweitenmal begleitende Herr Ing. R. STREIFF-BECKER sehr instruktive Skizzen von den für die Messpunktsbestimmungen notwendigen Geländeüberdeckungen an, wofür wir ihm, wie überhaupt für seine stete Hilfsbereitschaft und guten Dienste auch an dieser Stelle unsern besten Dank aussprechen.

Im Totalisator auf dem Geissbützistock wurde im Zeitraume 25. September 1920 bis 15. September 1921 210 cm Niederschlag aufgespeichert, weitaus die kleinste Jahressumme seit Inbetriebsetzung desselben (1915). Die Notwendigkeit der Ergänzung unserer Firnmessungen durch die Niederschlagsmessung tritt in diesem Jahr, wo sogar bei der oberen Boje nicht nur der ganze Zuwachs 1920/21, sondern sogar noch tiefere Firnschichten abgetragen wurden, und daher der Bohrapparat zu Hause blieb, besonders eindrucklich vor Augen. Die Niederschlagsmenge unserer Station Linthal-Auen betrug im entsprechenden Zeitraum 103 cm.

---

Nicht weniger interessant waren die Feststellungen im Silvretta-gebiet, die der Berichtstatter am 25. September in Begleitung von Herrn JOH. GULER von Klosters machte. Der Gletscher ist enorm zerklüftet und muss jetzt — wenn man nicht sehr viel Zeit verlieren will — entlang seinem rechten Rande begangen werden. Er war vollständig aper bis zum letzten Steilanstieg vor der Passhöhe, wo wenige Centimeter vor ein paar Tagen gefallenen Neuschnees lagen. Sogar oberhalb dieser Steilstufe — auf der Passhöhe — waren noch ein paar gewaltige Schründe offen, und der Totalisator am Eckhorn

konnte nur über eine Randkluff erreicht werden, von der im vergangenen Jahre noch nichts zu sehen war.

Die Resultate der Niederschlagsbestimmungen sollen gleich vorausgenommen werden. Der obere Totalisator (in 3150 m am Eckhorn) ergab vom 11. September 1920 bis 25. September 1921 eine Gesamtsumme von 112 cm, der untere (bei der Silvrettahütte in ca. 2375 m) 108 cm, während in Klosters im entsprechenden Zeitraum 90 cm gemessen wurden. Demnach wäre die Zunahme der Niederschläge von der Hütte bis zur Passhöhe nicht mehr wesentlich; sollte sich das auch in den nächsten Jahren bestätigen, so müsste eine in diesen Berichten öfters ausgesprochene Ansicht über das Verhältnis von Niederschlagshöhe und bleibendem Firnzuwachs auf dem Silvrettapass einer Revision unterzogen werden.

Die uns bekannt gewordenen Ablesungen am Hüttenpegel und den beiden Bojen sind folgende:

Silvretta. Datum	Schneehöhe am Pegel bei der Hütte	Firnzuwachs bei der	
		untern Boje	obern Boje
1920 Okt. 8.	20 cm	? cm	90 cm
Dez. 30.	70 "	10 "	75 "
1921 Febr. 11.	? "	? "	130 "
" 19.	215 "	130 "	120 "
März 25.	185 "	? "	? "
" 28.	210 "	135 "	180 "
April 28.	? "	? "	205 "
Juli 6.	— "	5 "	125 "
Sept. 25.	— "	? "	—140 "

Von Silvretta besitzen wir also eine Ablesung aus der Periode mit annähernd der maximalen Schneehöhe des Winters 1920/21 (28. April), wonach auf der Passhöhe etwas über 2 Meter lagen. Anfangs Juli war er bei der untern Boje schon abgetragen und auf der Passhöhe auf die Hälfte reduziert. Bei unserm Besuche vom 25. September sodann fanden wir auf der Passhöhe das Firnniveau 140 cm unter demjenigen vom letzten Herbst. Am untern Messplatz (untere Boje) lag die 5 Meter lange Eisenstange, die in den letzten Jahren als Boje gedient hatte, auf dem Firn und die alte, 1915 gestellte Boje war mit ihrem Fussgestell vollständig ausgeapert. Die Ablation hatte also auch noch allen seit diesem Zeitpunkt angesammelten Firnzuwachs abgetragen,

d. h.	200 cm	von	1915/16
	60	„	„ 1916/17
	160	„	„ 1917/18
	120	„	„ 1918/19
	100	„	„ 1919/20
	<hr/>		
Total	640 cm	von	1915/20
Dazu ca.	200	„	„ 1920/21
	<hr/>		
Zusammen	840 cm	von	1915/21

Es ist aber daran zu erinnern, dass diese, jeweiligen im Herbst ermittelten Firnzuwachsschichten der einzelnen Jahre in den darauffolgenden Jahren stark komprimiert wurden; z. B. gelang es im Herbst 1917 den im Herbst 1915 gestreuten Ocker noch einmal zu erbohren und als Höhe der zweijährigen Firnzuwachsschicht 1915—17 fand man nicht  $200 + 60 = 260$  cm, sondern nur 186 cm, so dass nicht mit einer Totalhöhe der abgetragenen Schicht von 8,4 Meter, sondern einer wesentlich geringeren, aber dafür spezifisch dichteren Firnmasse zu rechnen ist. — Das Fussgestell der Boje wurde auf dem hier zutage tretenden blanken Eise möglichst horizontal gestellt und an das mit ihr verbundene 2,3 Meter herausragende Stahlrohr das 5 Meter lange zweite Stahlrohr gebunden, nachdem es  $\frac{1}{2}$  Meter versenkt worden war.

Die Revision der am nordwestlichen Gletscherrande angebrachten Markierungen liess an einigen Stellen ein Zurückweichen des Eisrandes erkennen; auf zahlenmässige Feststellung desselben musste aus Zeitmangel verzichtet werden. Das fiel um so leichter, als sich der schon anfänglich gewonnene Eindruck immer mehr verstärkte, der Silvrettagletscher eigne sich nicht besonders für solche Messungen. Man ist an den demselben zugänglichen Stellen immer mehr an seinem Seitenrande, als an seiner Front.

Ganz unmissverständlich musste sich die Wirkung des ausserordentlich warmen Sommers an kleinen Gletschern und Firnfeldern zeigen, die ja bekanntlich sofort auf grössere Witterungsanomalien einzelner Jahre reagieren. Das konnte der Berichterstatter an dem allen Säntisbesuchern bekannten „Blauen Schnee“-firnfeldchen konstatieren. Dasselbe wurde in seinen horizontalen Ausdehnungen gewaltig reduziert — anlässlich eines Aufenthaltes auf dem Säntis zu Ende August wurden seine damaligen Grenzen etwas genauer markiert — und präsentierte sich als richtiger kleiner Gletscher mit zutage tretendem blankem Eise, über das an den heissen

Tagen zu Ende Juli und anfangs August untermittags 4 bis zu einem Meter breite Schmelzwasserbäche flossen (laut Säntis-Beobachter Herr HAAS); Bänderung und Schründe traten auf. Die Begehung der Blauschneeroute wurde für die ungenügend ausgerüsteten und unerfahrenen Säntisbesteiger geradezu gefährlich, und der Säntiswart musste mancher geängstigten Partie — oft mitten in der Nacht — zu Hilfe kommen, namentlich als sich der Firn oben beim Einstieg in die Felsen ca. 6 Meter unter das auf ihn herabführende Drahtseil zurückgezogen hatte.

Verglichen mit diesen Verhältnissen sind die Ablesungen an unserer höchstgelegenen Messtelle besonders lehrreich.

In der Firnmulde südöstlich des Jungfraujoches hatten die Messungen, wie aus den vorhergehenden Berichten ersichtlich, eine ganz ungewöhnliche Abhängigkeit der Schneehöhen von den Windverhältnissen des jeweiligen Winters ergeben. Um festzustellen, ob die Boje an einer für die normale Schneeablagerung besonders ungünstigen Stelle stehe, war daher, wie schon erwähnt, im Sommer 1920, von Herrn Prof. DE QUERVAIN eine zweite Stange ca. 200 Meter gletscherabwärts von der ersten gestellt worden. Die vom Personal der Jungfraubahn gemachten Ablesungen an beiden Bojen sind nun für das Berichtsjahr folgende:

**Jungfraufirn. Firnzuwachs seit 27. VIII. 1920.**

	Datum	Erste Boje	Zweite (untere)
1920	XI. 10.	180 cm	190 cm
1921	I. 10.	180 "	200 "
	30.	170 "	230 "
	II. 19.	170 "	230 "
	III. 15.	200 "	240 "
	31.	200 "	? "
	IV. 23.	300 "	300 "
	V. 8.	230 "	220 "
	20.	190 "	200 "
	VI. 4.	130 "	190 "
	16.	120 "	180 "
	29.	120 "	200 "
	VII. 14.	100 "	180 "
	28.	140 "	200 "
	VIII. 17.	150 "	300 "
	31.	160 "	230 "

IX. 15.	160 cm	220 cm
28.	150 "	200 "
X. 12.	150 "	200 "
22.	150 "	200 "

Am Standorte der neuen Boje ergab sich also dies Jahr eine raschere Ansammlung von Firnschnee; die Maximalhöhen dagegen sind bei beiden Bojen dieselben, die Ablation bei der neuen nicht so gross, so dass an dieser Stelle ein um einen halben Meter grösserer Firnzuwachs resultiert. Mehr Bedeutung aber soll darauf gelegt werden, dass hier in einer Meereshöhe von ca. 3350 m trotz des warmen Sommers von der im Maximum jedenfalls wenig über 3 Meter betragenden Schneeablagerung des Winterhalbjahres noch  $1\frac{1}{2}$ —2 Meter als bleibender Firnzuwachs übrig blieb. Zusammengehalten mit der von der untern zur obern Clariden- wie Silvretta-boje rasch abnehmenden Grösse der Ablation führt uns diese Tatsache eindringlich vor Augen, wie rasch von einer gewissen Meereshöhe an der Abtrag durch Schmelzung auch in extrem warmen Sommern abnimmt. Die daraus resultierenden Konsequenzen für den Haushalt grosser, mit ihren Nährgebieten in die Hochfirnregionen emporragenden Gletscher und der kleinen, wenig über die Schneegrenze reichenden Firnfelder sind leicht zu übersehen; ich möchte daher an dieser Stelle nicht näher darauf eintreten.

Von dem unter dem Patronate des Skiklub Davos stehenden Pegelpaar auf Parsenn und an der Weissfluh seien schliesslich folgende Ablesungen mitgeteilt:

Datum	Pegel bei der Parsennhütte	Pegel an der Weissfluh
1920 Dez. 28.	120 cm	? cm
1921 Jan. 2.	? "	50 "
16.	50 "	? "
Febr. 4.	110 "	178 "
23.	95 "	? "
März 19.	90 "	160 "
28.	100 "	175 "
April 21.	140 "	200 "
Mai 5.	90 "	190 "

Also erst im April wurde auf Parsenn die Schneehöhe von 1 Meter nennenswert überschritten.