

## Die Depression ostalpiner Firngrenzen von 1947 auf 1948.

Von Hanns Tollner.

Zwischen 1940 und 1947 herrschten auf den ostalpinen Firnfeldern ziemlich ungünstige Schneeverhältnisse, 1946 erwies sich als besonders schlecht und 1947 erfolgte die „Firnkatastrophe“. In den Hohen Tauern waren bereits Anfang September 1947 die Firnüberschüsse vieler Jahre abgetragen, und es glichen die ehemaligen weißen glänzenden Firnflächen verschmutzten blaugrünen Gletscherzungen. Im Glocknergebiet war die Firngrenze (Schneegrenze oder Schneegrenzverlauf Klebelsbergs<sup>1</sup>) auf über 3800 m hinaufgerückt, das ist 1000 m über die durchschnittliche Höhenlage der letzten zwei Dezennien.

Ende September 1948 besaßen hingegen die Tauerngletscher ansehnliche Firnschneedecken mit Untergrenzen zwischen 2400 und 2600 m. Im Vergleich zum Vorjahr boten die Gletscherareale ein völlig verschiedenes Bild. Die Höhenlage des Schneegrenzverlaufes 1948 ergab sich damit 200 bis 400 m unterhalb der mittleren Schneegrenze und 1400 m unterhalb der Firnlinie 1947.

Naturwissenschaftler, Bergsteiger und in hohem Maße die österreichische Wasserkraftwirtschaft, deren Energiereserven vielfach in den Gletschergebieten der Zentralalpen liegen, interessiert naturgemäß der Grund dieser außerordentlich starken Änderungen der Gletscherstände und die Ursache der Verlagerung der ostalpinen Firngrenzen innerhalb von elf Monaten um 1400 m. Vielleicht gestatten auch die den Zustand der Ostalpengletscher so stark verändernden glazialklimatischen Variationen der letzten Jahre Schlüsse auf das allgemeine Gletscherschwinden seit beinahe 100 Jahren.

Die abnorm tiefe Lage der maximalen Höhe der Firngrenzen des Jahres 1948 und das gänzliche Fehlen von Firnschnee im Herbst 1947 gehen, wie es auch nicht anders erwartet werden konnte, auf Änderungen der atmosphärischen Zirkulation zurück. Während 1947 Vorherrschen von sommerlichen Ostwetterlagen<sup>2</sup> zu allgemeinem Firnschneeschwund und Abschmelzen früherer Firnrückstände führte, bewirkte im Jahre 1948 der europäische Sommermonsun mit seiner ungewöhnlichen Intensität und Andauer die Bildung mächtiger und den Sommer überdauernder Firnschneelagen im Hochgebirge. Wir erkennen damit zwei für den Eishaushalt der Gletscher grundsätzlich verschieden sich auswirkende Wettertypen: den Gletschern abholdes Sommer-Ostwetter und die alpine Nivalregionen förderndes West- bis Nordwestwetter der mitteleuropäischen monsonalen Luftströmungen, die in der Regel Mitte Juni beginnen.

Als hauptsächlichste Ursache der mageren herbstlichen Firnüberreste seit

---

<sup>1</sup> R. v. Klebelsberg, Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie, I. Bd., Wien 1948, Verlag Springer.

<sup>2</sup> H. Tollner, Über die Ursachen des ungewöhnlich starken Ostalpen-Firnrückganges der letzten Jahre. „Wetter und Leben“, Heft 7, 1948.

1940 und des seit Menschengedenken noch nie so stark wie im September 1947 beobachteten Firnschneeschwundes erscheint die außerordentlich starke Zunahme der Sonnenstrahlung. Das ostalpine Höhenklima ist zur Freude der Bergsteiger und zum Schaden der Gletscher sonniger geworden. Im glazial noch relativ günstigen Sommerhalbjahr (1. April bis 30. September) 1940 betrug das Ausmaß der Sonnenbestrahlung auf dem Rauriser Sonnblick (3106 m) lediglich 730 Stunden, das sind rund 100 Stunden weniger als die mittlere Sonnenscheindauer der Periode 1887 bis 1936 (F. Steinhausers<sup>3</sup>). Von 1940 an nahm der Strahlungsgenuß ständig zu und erreichte im Sommerhalbjahr 1947 schließlich 1140 Stunden, also 300 Stunden mehr als der Halbjahresdurchschnitt. Entsprechend dieser etwas übersehenen „Klimaverbesserung“ der ostalpinen Hochregion war das Bewölkungsmittel des Sommerhalbjahres 1940 von 80% der sichtbaren Himmelsfläche auf 60% im Jahre 1947 abgesunken. Eine derartig ungeheure Zunahme der Sonnenscheindauer in der Ablationszeit der Gletscher mußte ohne Zweifel deren Eishaushalt auf das Empfindlichste treffen. Gegenwärtig gibt es leider erst nur spärliche Untersuchungen des Strahlungsumsatzes auf Eis und Schnee im Hochgebirge — erste diesbezügliche Messungen wurden von F. Sauberer<sup>4</sup> vorgenommen —, um überhaupt quantitativ ermessen zu können, wie sehr vermehrte direkte Sonnenbestrahlung auf Firnflächen „schneefressend“ einwirkt.

Im Sommer 1947 entbehrte die nivale Region auch einen großen Teil jenes Schutzes, den jeweils Neuschneedecken als Folgen sommerlicher Schlechtwettereinbrüche auf Altschneedecken und auf Zungeneis ausübten. Während im Sommerhalbjahr 1940 noch 119 Tage mit Schneefall von mindestens 0.1 mm Wasserwert beobachtet wurden, reduzierte sich diese Zahl 1947 auf 56. Die Wirkung sommerlicher Neuschneedecken dürfen wir weder für die Gletscherzungen noch für die Firnfelder unterschätzen. Reiner Neuschnee wird, wie Sauberer auf dem Sonnblick experimentell feststellte, weitaus schwerer geschmolzen als bereits mit Kryokonit mehr oder weniger verschmutzte und schon oberflächlich etwas umkristallisierte Altschneeflächen. Für den Eishaushalt der Gletscher ist es daher durchaus nicht gleichgültig, ob in den Sommermonaten eine bestimmte monatliche Niederschlagsmenge an einigen wenigen Tagen fällt und dazwischen längere Schönwetterperioden auftreten oder ob die gleiche Menge sich auf schwächere, dafür aber häufigere Schneefälle verteilt.

Mitbeteiligt an dem Zusammenbruch der ostalpinen Firnfelder im Spätsommer 1947 waren noch überdurchschnittliche Lufttemperaturen und ein Höchstwert der Zahl der Tage, deren Temperaturmaximum 0° überschreitet. Hingegen zeigte die größte Schneehöhe des Jahres 1947 einen durchaus normalen Wert, so daß von einer winterlichen Unterernährung nicht gesprochen werden kann. Die Niederschlagsmengen des Glazialjahres 1946/47 (1. Oktober 1946 bis 30. September 1947) erwiesen sich schwach, jene des Sommerhalbjahres 1947 etwas stärker unternormal. Geringfügige Schwankungen der Niederschlagsmenge spielen für die Firnbilanz der Gletscher nur scheinbar nicht jene Rolle, wie man vermuten könnte. Im Jahre 1946 existierten am Ende des Glazialjahres sehr schlechte Schneeverhältnisse in den Firngebieten, obwohl im Sommerhalbjahr übernormale und im Glazialjahr mittlere Niederschlagsmengen gemessen worden sind. Es soll hier wieder

<sup>3</sup> F. Steinhauser, Die Meteorologie des Sonnblicks. Verlag Springer, Wien 1946.

<sup>4</sup> F. Sauberer, Strahlungsumsatz- und Albedomessungen auf dem Sonnblick. XLVII. Jahresber. d. Sonnblick-Vereines 1938.

darauf hingewiesen werden, daß die auf dem Sonnblickgipfel gemessenen Niederschläge nicht repräsentativ für die Firnfelder sind.

Wie kam es nun von den katastrophalen Firnverhältnissen im Oktober 1947 zu den ansehnlich übernormalen im September 1948? Zunächst sei vorweggenommen, daß in der Sonnblickgruppe in der zweiten Septemberhälfte die mittlere Firngrenze auf dem Vogelmeier-Ochsenkarkees in 2450 m, auf dem linken Teil des Wurtenkeeses in 2600 m und auf dem rechten in 2550 m beobachtet wurde. Auf dem Kleinen Fleißkees lag sie in 2600 m und auf dem Kleinen Sonnblickkees gab es überhaupt kein ausgeapertes Zungeneis. Auf dem Schmiedinger- und Karlingerkees in der Glocknergruppe reichte der mittlere Schneegrenzverlauf bis auf 2400 m hinunter. Im Gegensatz zu früheren Jahren überdauerten in beiden Gebirgsgruppen Schneefelder bis auf 2100 m herab den Sommer.

Von 1947 auf 1948 wurde an dem rechten Zungenlappen des Vogelmeier-Ochsenkarkees eine Rückwärtsbewegung von 3·3 m erkannt, während der linke Lappen praktisch stehengeblieben war. Auf dem Wurtenkees ergab sich an drei Marken ein Zurückweichen des Zungenendes von 1·3, 1·9 und 2·1 m.

Was die Veränderung der Vertikalmächtigkeit der Gletscherzungen betrifft, ist zu sagen, daß sie nicht abgenommen haben kann, da die Schneelagen des Oktober 1947 auf den Zungenenden erst im Laufe des September 1948 abschmolzen. Genaueres darüber kann nicht angegeben werden, da die Steinreihen in zwei Profilen auf dem Vogelmeier-Ochsenkarkees, deren tachymetrische Messungen die vertikalen Veränderungen der Eisoberfläche ergeben hätten, nicht ausaperten.

In Längs- und Querprofilen wurde auf mehreren Gletschern die Schneeaufgabe seit Oktober 1947 ermittelt und die Firnschneedichte festgestellt. In 2500 m lag auf dem Vogelmeier-Ochsenkarkees 10 bis 80 cm Schnee, in 2750 m durchschnittlich 1·2 m, in 2900 bis 3000 m durchwegs 2·0 m. Als Maximalwert wurde in der Fleißcharte in rund 3000 m Höhe 3·4 m Firn gemessen. In der Glocknergruppe wurde maximal 2·4 m Firnschnee beobachtet.

In beiden Gebirgsgruppen wurde als mittlere Dichte des vorhandenen Firns 0·4 bis 0·5 ermittelt.

Auf dem Sonnblick besaß demnach die Ende September 1948 in 3000 m Höhe übrig gebliebene Firnschneemenge einen Wasserwert von 800 bis 1000 mm Niederschlag. Zum Vergleich und zur Charakteristik von Niederschlagsbeobachtungen auf exponierten Berggipfeln mittels horizontaler Auffangflächen ungeschützter Ombrometer sei mitgeteilt, daß vom 1. Oktober 1947 bis 30. September 1948 im Nordombrometer auf dem Sonnblick insgesamt nur 1248 mm Niederschlag gemessen werden konnte. Die Schneedecke des Winters 1947/48 ließ auf übernormale Niederschlagsmengen schließen, doch kam dies in den Meßergebnissen des Sonnblick-Nordombrometers keineswegs zum Ausdruck. Im April 1948 betrug die Monatssumme des Niederschlages 77% des Mittelwertes, im Mai 38%, im Juni 80% und in dem ungemain feuchten Monsun-Juli gab es gar nur 51%. Da nun auch noch im Sommerhalbjahr die Sonnenscheindauer 883 Stunden erreichte (47 Stunden über dem Normalwert dieser sechs Monate), hätten die auf dem Sonnblick mit dem Nordombrometer gemessenen Niederschläge und die exakten Registrierungen des Sonnenscheins niemals auf beträchtliche Firnschneeüberschüsse und auf Firngrenzen in 2400 bis 2600 m im September 1948 schließen lassen können. An diesem Beispiel zeigt sich so recht die Schwierigkeit, die meteorologischen Ursachen für den allgemeinen großen Gletscherrückgang zu erkennen. Auch die Lufttemperaturen zeigen keine so überzeugenden Zusammenhänge mit den Veränderungen im Firnfeld. In den sechs Monaten des Sommerhalbjahres 1948 waren nur die Monate

Juni und Juli unternormal, die übrigen vier Monate waren zum Teil ganz beträchtlich übernormal.

Das im Süden des Zittelhauses wieder aufgestellte Ombrometer bietet nun schon bessere Anhaltspunkte für die Erklärung der ungewöhnlich reichlichen Schneeanstimmungen im Sommer und Herbst des Jahres 1948. Das Südbrometer (II) wies im Juni 360 mm aus, das Nordbrometer (I) nur 177 mm. Im Juli gab es bei (II) 201 und bei (I) 113 mm, im August wurden schließlich bei (II) 212 mm und bei (I) 106 mm gemessen. Im Totalisator auf dem Gipfel wurden im Juli 370 mm ermittelt. Das Südbrometer und der Totalisator weisen darauf hin, daß in den Firnfeldern der Hohen Tauern in der zweiten Junihälfte und im Juli ganz außerordentlich hohe Niederschläge gefallen sein mußten, über deren Größe mangels geeigneter Messungen keine näheren Aussagen gemacht werden können.

Unternormale Temperaturen im Juni und Juli, ein Defizit von 24 Stunden Sonnenschein im Juli als der Hauptablationszeit, eine die Ablation herabsetzende Zahl von 19 Tagen mit Schneefall im Juni und 24 im Juli wirkten so hemmend auf das Abschmelzen des Schnees, daß von 5 bis 6 m Schneehöhen im Juni im Laufe des Juli, August und September nur 3 bis 4 m abschmolzen und am Ende des Glazialjahres 1947/48 noch 2 m Firnaufgabe in der 3000-m-Höhenstufe im Sonnblickgebiet übrig bleiben konnte und die untere Firngrenze lediglich auf 2400 bis 2600 m anstieg.

Die voneinander so verschieden hohen Firngrenzen 1947 und 1948 gingen also auf die ungewöhnlich starke Zunahme der Sonnenstrahlung im Sommer 1947 im Gefolge langandauernder Ostwetterlagen zurück, die eine außerordentlich hohe Lage der Firngrenze hervorrief und sämtlichen Firn in den Ostalpen wegschmolz, und weiters auf die starken monsonalen Niederschläge von Mitte Juni bis Ende Juli 1948, die in den Niederschlagsmessungen des Nordbrometers auf dem Sonnblick, dem Normalombrometer der langen Sonnblickreihe, überhaupt nicht zu erkennen waren, und schließlich auf den Schutz der alternden Firnschneedecken durch sehr häufige Neuschneefälle in der Hauptablationszeit der Gletscher.

Das Sonnigerwerden des alpinen Klimas beschränkte sich nicht nur auf die Zentralalpen, sondern erfaßte auch übrige Teile der Alpen. Dieser Umstand hat aber zur Folge, daß die Verdunstung des Wassers, die praktisch unter natürlichen Verhältnissen nirgends gemessen wird, beträchtlich zunehmen mußte. Es darf daher die Wasserkraftwirtschaft nicht wundern, daß in gletscherlosen Gebieten trotz gleichgebliebener Niederschläge die Zuflüsse in die Wasserspeicher geringer geworden sind. Hieraus folgt, daß diese Stellen nicht nur Niederschlag und Abfluß dauernd verfolgen müssen, sondern auf jeden Fall auch noch die Verdunstung, die mindestens ebenso wie der Sonnenschein variieren kann.

Mit den vorstehenden Ausführungen wurde gezeigt, daß Variationen der Firnverhältnisse auf den Alpengletschern durch kompliziertes Zusammenspiel verschiedener meteorologischer Faktoren zustande kommen. Sie weisen darauf hin, daß die Ursachen der gegenwärtigen Gletscherschwankungen auf keinen Fall durch einfache Betrachtung von Temperatur und Niederschlag, dessen wahren Wert die derzeitigen Niederschlagsmessungen nicht angeben, erklärt werden können. Es ist vielmehr erforderlich, die atmosphärische Zirkulation mit ihren zeitlichen Veränderungen und ihren Auswirkungen auf den variierenden Eishaushalt der Gletscher zu untersuchen, wobei der Strahlungsumsatz auf die verschiedenen Arten von Schnee und Eis quantitativ berücksichtigt werden muß.