

Neue Ansichten über die klimatischen Ursachen der rezenten Gletscherschwankungen.

Von Hanns Tollner.

Durchblättert man das neuere Schrifttum über das Gletscherverhalten in der Gegenwart, so findet man, daß seit 1856 die Gletscher im großen und ganzen bis auf den heutigen Tag in ständigem Rückzug begriffen sind, wenn sich andererseits auch nicht leugnen läßt, daß später kleinere Vorstöße der Gletscher erfolgten und damit eine gewisse, wenn auch bescheidene Pulsation der Gletscher andeuteten.

A. Wagner¹ entdeckte 1928 eine 16jährige Periode der Jahresschwankung der Temperatur. Die Wintermonate der letzten Dezennien waren überdies wärmer, die Sommer kühler geworden. Die Abnahme der Jahresschwankung der Temperatur erwies sich seit dem Ende des 18. Jahrhunderts als recht gleichmäßig. Weiters hatte die Niederschlagsmenge in Europa zugenommen, so daß der Nachweis erbracht ist, daß die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre seit 130 Jahren intensiver geworden ist. (Vermehrte Zufuhr von Luft bewirkt in unseren Breiten ozeanischeres Klima, d. h. Wärmezufuhr im Winter und Wärmeverringering im Sommer.) Wagner fand die dafür notwendige Zunahme der dynamischen Druckgegensätze für unsere Breiten auch in den Luftdruckaufzeichnungen der letzten Jahrzehnte bestätigt.

Allgemein wird mit Recht — weil es dafür auch Beweise gibt — angenommen, daß ein ozeanischeres Klima die Vergletscherung begünstige. Trotzdem aber zeigten die Gletscher der Alpen kein entsprechendes Verhalten. Die Klimaänderung in den Alpen ist nach Wagner „vollständig gesichert und ganz außerordentlich groß. Und trotzdem sind die Gletscher seit dem Jahrzehnt 1886 bis 1895 nicht vorgegangen, sondern im Mittel noch weiter zurück. Der Niederschlag hat seit dem Jahrzehnt 1886 bis 1895 zugenommen, und zwar insbesondere im Winter. Weiter sind seither die Sommer kühler geworden, man müßte also erwarten, daß im späteren Jahrzehnt (1911 bis 1920) mehr Niederschlag in fester Form gefallen und weiter die Schneeschmelze in der warmen Jahreszeit infolge der erniedrigten Sommertemperatur herabgesetzt war“.

Auf dem Sonnblick nahmen nach F. Steinhauser² die 20jährigen Mittel der Sommertemperaturen von 1867—1906 bis 1907—1926 beständig ab, seither aber rasch wieder zu und haben in den letzten Jahren die höchsten Werte erreicht. Die Wintertemperaturen nahmen mit Beginn der Sonnblick-Beobachtungen beträchtlich zu, erlitten aber zeitweise nicht unwesentliche Rückschläge, so besonders im letzten Jahrzehnt. Ähnlich wie im Winter nahm auch im Frühling die Temperatur zu; die 20jährigen Jahresmittel stiegen seit 1906—1925 rasch an.

¹ A. Wagner, Eine bemerkenswerte 16jährige Klimaschwankung. Sitzber. d. Ak. d. Wiss. in Wien, Bd. 133, 1929. — Untersuchung der säkularen Änderung der Jahresschwankung der Temperatur in Europa. Gerlands Beiträge, XX. Bd., 1928. — Die Abnahme der Jahresschwankung der Temperatur in den letzten Dezennien in Europa. Met. Zeitschr. 1928. — Neuere Untersuchungen über die Schwankungen der allgemeinen Zirkulation. Met. Zeitschr. 1929.

² F. Steinhauser, Wie ändert sich unser Klima? Met. Zeitschr. 1935, Okt.

Da nun die Gletscherschwankungen nur durch Veränderungen der meteorologischen Verhältnisse erklärt werden können, nimmt Wagner eine stärkere Ablation für die Zeit nach dem Jahrzehnt 1886 bis 1895 an. Eine vermehrte Ablation könne bewirken, daß die Zunahme des festen Niederschlages mehr als wettgemacht werden kann. Da nun die etwas kühleren Sommertemperaturen gegen eine verstärkte Ablation sprechen, vermutet Wagner in den Schwankungen der Häufigkeit der Südwinde in den Alpen eine Förderung der Ablation.

Die verstärkte atmosphärische Zirkulation im Verein mit einer Vermehrung der Südkomponente des Windes sollen nun trotz erhöhtem Niederschlag in fester Form und trotz kühlerer Sommertemperaturen den immer noch anhaltenden Rückgang der Gletscher erklären.

Was nun den Föhninfluß auf das Gletschereis³ anlangt, konnte ich auf Grund von stündlichen Messungen der Eisfließgeschwindigkeit des Pasterzengletschers, die Friedel mir zur Verfügung gestellt hat, ausführen, daß Föhnwinde auf die Fließgeschwindigkeit des Gletschereises einen großen Einfluß ausüben. Föhnbrüche bewirken nämlich das Aufhören des Gletscherwindes, der als wichtiger Konservator des Gletschereises angesehen werden muß. Die Gletscherwinde überwehen in der warmen Jahreszeit nahezu ständig mit abgekühlter Luft die Eisoberfläche und verhindern dadurch wärmere Winde aus anderen Richtungen, die mehr Eis schmelzen würden. Die direkte Vergrößerung der Eisschmelze eines Föhnwindes erreicht für den Gleichgewichtszustand des Gletschers noch nicht jene Bedeutung wie jener Umstand, daß durch eine höhere Temperatur der Luft über dem Gletscher die Plastizität des Eises steigt und dadurch ein rascheres Fließen des Gletschereises verursacht. Wie die Messungen zeigten, war bei Föhn die Fließgeschwindigkeit an der Gletscheroberfläche um mehr als ein Viertel größer als vorher beim Gletscherwind.

Zu ganz ähnlichen Anschauungen wie Wagner über die klimatischen Änderungen der letzten Zeit kam auch Brooks⁴ 1930 und 1933.

Der unbefriedigende Zusammenhang zwischen Klimaverhalten und Gletscherschwankungen war natürlich allgemein aufgefallen. Unter anderen hatte schon Maurer⁵ 1914 an dem Rhône-gletscher die Brücknersche Klimaperiode in gar keiner Weise erfüllt gesehen. Die „feuchtkühlere Phase“ von 1878 bis 1891 betrafte den Rhône-gletscher ebensowenig wie die „trockenwarmen“ Jahre 1873 bis 1878, 1891 bis 1909. Wegen der an dem Rhône-gletscher nicht sichtbaren Auswirkungen der Klimaveränderungen sah Maurer eine Variation der Niederschläge und der Lufttemperatur für den Gletscherhaushalt als wenig bedeutend an. Die Schwankungen der Gletscher wären weit mehr durch die Veränderung der direkten Sonnenstrahlung abhängig. Maurer konnte auch zeigen, daß in der Periode 1886 bis 1900 die Zahl der Sonnenscheinstunden größer war als in dem wärmeren Jahrfünft 1901 bis 1905.

³ H. Tollner, Gletscherwinde auf der Pasterze. Jahresbericht d. Sonnblick-Vereines 1935. — Siehe auch: F. Hader, Die Winde der Gletscherregion und ihre geographische Bedeutung. Mitt. d. Geogr. Ges. 1937.

⁴ C. P. Brooks, The Climate of the first half of the eighteenth Century. Quat. Journal of Roy. Met. Soc. LVI, N. 237, 1930. — Variations of wind direction in the British isles since 1341. Ebenda LIX, Nr. 252, 1933.

⁵ Maurer, Die jüngste große Rückzugsphase der Schweizer Gletscher im Lichte der Klimaschwankung. Pet. Mitt. 1914.

In Gegensatz zu Maurer stellte sich ohne es auszusprechen R. Billwiler⁶ 1931, der für die Veränderungen der Schweizer Gletscher in erster Linie die Winterniederschläge, die den Gletscher ernähren, verantwortlich machte. Billwiler hatte nun auch schon Angaben von Niederschlägen aus der Höhe zur Verfügung. Die Schweizer Gletscher waren bis zum Jahrhundertende im Rückzug oder stationär. Im Jahre 1909 zeigten 12% der Gletscher einen kleinen Vorstoß und 1919 waren bereits 70% in teilweise heftigem Vorstoß begriffen. Darauf folgte wieder Rückgang bis auf 8% der Gletscher im Jahre 1930. Bis zum kalten Sommer 1909 waren die Temperaturen der Sommermonate über dem Durchschnitt, dann sanken sie bis 1920 unter den langjährigen Mittelwert. Die Sommertemperaturen standen also in keinem Widerspruch zu den Schwankungen der Gletscher. Die Wintertemperaturwerte aus der Zeit 1888 bis 1920 fand Billwiler auf dem Säntis höher, als sie dem Normalwert entsprachen. Die Jahreschwankung der Temperatur war also analog den Ergebnissen Wagners geringer geworden.

Die Niederschläge (beurteilt nach St. Gallen, Urnäsch, Säntis und Rigi) zeigten kurz vor Anfang des Vorstoßes 1909 einen Anstieg und nahmen auch nicht ab, als 1920 der Gletscherrückzug einsetzte.

Während in der Schweiz die Temperatur und die Niederschläge nicht ganz unbefriedigende Zusammenhänge zu den Gletscherschwankungen boten, war dies in den österreichischen Alpen nicht der Fall. Aus diesem Grunde hatte sich trotz der Fülle des vorhandenen meteorologischen Materiales keine festbegründete Theorie über die Ursachen der rezenten Gletscherschwankungen entwickelt. Eigenartig muß aber im Gegensatz dazu das Vorhandensein der zahlreichen Meinungen über die Ursachen der Eiszeit berühren.

Von botanischen Untersuchungen ausgehend, stellte H. Friedel⁷ die Behauptung auf, daß die Wagnerschen Klimaschwankungen zwar für die Täler, für die alpinen und für die subalpinen Stufen stimmen, für die „nivalen“ Regionen jedoch nicht. Friedel vermutet, daß die Niederschlagsschwankungen in Höhen über 2900 m anders verlaufen als darunter. Den Widerspruch zwischen den Gletscher- und Klimaschwankungen will er dadurch lösen, daß in Höhen von über 2900 m die Niederschläge im Vergleich zu unten einen umgekehrten Schwankungsverlauf nehmen.

Die Vegetationsveränderungen in der nivalen Region sind ihm ein Beweis, daß die Niederschläge in der Gegenwart dort abnehmen, während sie darunter noch immer anstiegen. Die botanischen Beobachtungen im Glocknergebiet wurden verallgemeinert und weiters wurde versucht, die pflanzlichen Veränderungen mit meteorologischem Material zu erklären. Leider mißlang es Friedel, viel überzeugendes Beweismaterial für die Inversion der Niederschlagsschwankungen aus Mangel an Beobachtungen in größeren Höhen zu erbringen. Er selbst gab zu,

⁶ R. Billwiler, Temperatur und Niederschlag im schweizerischen Alpengebiete während des letzten Gletschervorstoßes. Ann. d. Schweiz. Met. Zentralanstalt. Jahrgang 1930.

⁷ H. Friedel, Bausteine zu einer Theorie der rezenten Gletscherschwankungen. Met. Zeitschr. 1936. — Klima- und Gletscherschwankungen und ihre Wirkungen auf die Tauernbergbaue. Canaval-Festschrift, Carinthia II, 1935. — Beobachtungen an den Schutthalden der Karawanken. Carinthia II, 1935. — Ein bodenkundlicher Ausflug in die Sandsteppe der Gamsgrube. Mitt. d. D. u. Ö. A.-V. 1936, Heft 8.

daß seine Theorie als bloße Arbeitshypothese ihr Leben fristen muß, bis einige wenn auch kurze Meßreihen von Gipfeln über 4000 m vorliegen. (Einen schön entgegengesetzten Verlauf, der seiner Theorie ausgezeichnet entspricht, zeigten der Pikes Peak [4292 m] und Denver [1614 m].)

Über die Gegensätzlichkeit oder Gleichläufigkeit im Schwankungsverlauf der Niederschläge gab Friedel folgende Zusammenstellung:

(E bedeutet entgegengesetzter Verlauf und Ü übereinstimmender Verlauf der Niederschlagsschwankungen.)

Ostalpen:

Niederschlag Sonnblick	E	Niederschlag Talstationen
Niederschlag Zugspitze	E	Niederschlag Talstationen
Niederschlag Sonnblick	Ü	Gletscherschwankungen der Pasterze
Schwankungen der Pasterze	E	Niederschlag Talstationen

Westalpen:

Nivale Niederschlagssammler	E	Tiefere Niederschlagssammler
Nivale Schneepiegel	Ü	Schwankungen Rhône-gletscher
Nivale Schneepiegel	E	Niederschlag Säntis
Niederschlag Säntis	E	Rhône-gletscher

Norwegen:

Schwankungen Alpengletscher	E	Gletscher Nordnorwegen
Süd-norwegische Gletscher	Ü	Süd-norwegische Gletscher
Gletscher Süd-norwegen	E	Niederschlag Süd-norwegen

Im April 1937 wandte sich A. Wagner⁸ gegen die Theorie der Gletscherschwankungen Friedels und machte für die Abnahme der Niederschlagsmengen auf dem Sonnblick möglicherweise eine natürliche Erklärung geltend. Zubauten zum Zittelhaus und abbröckelnder Fels, „ja sogar eine verstärkte oder abgeschwächte Wächtenbildung ändert die Stromlinien und damit die in das Auffanggefäß hineinfallende Niederschlagsmenge, und zwar gilt dies in erster Linie für den festen Niederschlag“.

Die Ombrometermessungen auf dem Sonnblick lassen eine Deutung im Sinne Friedels zu, die Totalisatoren dagegen zeigen unten und oben die gleiche Schwankung. Wagner meinte, daß es erst in einigen Jahrzehnten möglich sein wird, auf Grund von sorgfältig bedienten Totalisatoren in großen Höhen über die säkularen Schwankungen des Niederschlages in der nivalen Region etwas Sicheres auszusagen.

Diese Kenntnis würde aber noch nicht genügen, die Gletscherschwankungen zu erklären. Es müßte vielmehr der ganze „Wärmeumsatz einer — Schnee- (Eis-) — Oberfläche mit all seinen schwer übersehbaren Abhängigkeiten“ untersucht und im zeitlichen Verlauf überprüft werden.

Über Anregung von A. Wagner wurde vom D. u. Ö. A.-V. oberhalb von Vent ein Limnigraph aufgestellt, der durch seine Registrierungen den Abfluß des Hintereisferners aufschreibt und später erlaubt, die Beziehungen zwischen den meteorologischen Daten und der Ablation herauszufinden.

Auch der Sonnblick-Verein wird sich in den Dienst der Gletscherforschung stellen und einen Totalisator konstruieren, der in einem Firnfeld aufgestellt wer-

⁸ A. Wagner, Zur Erklärung der rezenten Gletscherschwankungen. Met. Zeitschr. 1937.

den kann, und weiters wird er zwei bereits fertige Eisfließgeschwindigkeitsschreiber (System Sauberer-Tollner) zur Aufstellung bringen. Am idealsten wäre natürlich die Errichtung eines Gletscherlaboratoriums; dazu fehlen aber im Augenblick die Mittel.

Gelegentlich der Gewinnung der neuen langjährigen Mittelwerte für die Grundlage der neuen Monatsübersicht der Witterung in Österreich, die von der Klimaabteilung der Zentralanstalt für Meteorologie besorgt wurde, habe ich die langjährigen Werte der Temperatur und des Niederschlages mit den Gletscherschwankungen verglichen und ebenfalls keine augenfälligen Beziehungen gefunden. Darüber soll an anderer Stelle einmal berichtet werden.

F. Steinhauser⁹, der die langjährige Reihe der Sonnblick-Beobachtungen untersuchte, wies mit Vorbehalt darauf hin, daß die Abnahme der Niederschläge auf dem Sonnblick möglicherweise auch mit dem Rückzug der Gletscher in einen Zusammenhang gebracht werden kann.

Das Gesamtergebnis aller neuen Ansichten über die Ursachen der rezenten Gletscherschwankungen ist demnach ein betrübliches. Wir haben nur einige Vermutungen, aber keine sicheren Anhaltspunkte, die frei von Widersprüchen zu den bedeutenden Veränderungen der Gletscher stünden. Diese Erkenntnis sollte nun unter allen Umständen das Studium der Klima- und Gletscherschwankungen anspornen.

Wie eine Straße die Morphogenese der Landschaft spiegelt.

Von Karl Diwald.

Höhen der Simmeringer Hauptstraße (= SHStr.) von der Grasbergergasse bis über die Hasenleitengasse. Bei der Grasbergerg. beträgt die Höhe der SHStr. 19'52 m ü. d. Donau (Schwedenbrücke 156'723 m ü. M.). 33 m danach vollzieht sich bei der Rinnböckstr. ein rasches Absinken über 17'57, 16'98, 16'57 auf 16'33 m; dann folgt ein Anstieg auf 16'98 m, der sofort wieder durch Absinken abgelöst wird: 16'57, 16'28, 16'33, 15'96 (Doblerhofg., hier deckt sich das heutige Straßenniveau mit dem alten), 15'76; nun unbedeutender Anstieg (15'87, 15'85); dann Absinken bis zum Haus Nr. 12/14. Hier tiefster Punkt, 15'41 m. Nun wieder Anstieg auf eine r. 16 m hohe Strecke (15'93, 15'96, 16'00; etwas über 16 m); dann kleiner Abstieg zum Haus Nr. 16/18, 16/20: 15'81 m.

Beim Einmünden der Dampfmühlg. wieder fast die Höhe 16'00 m erreicht: 15'95 m. Dies ist das Niveau der alten Straße. Die Tieferlage des nun anschließenden Geländes hat hier schon ein Tieferlegen des neuen Straßenniveaus erzwungen, 15'76 m.

Diese Tieferlage beträgt 15'80 m ü. d. Donau. Schon gegenüber der Dampfmühlg. ist die Höhe 15'80 m erreicht; dann 15'81, 15'82; vor Nr. 26/28, 15'79; dann wieder 15'80, 15'81, 15'82 m. Nun schwaches Absinken zu 15'78; Anstieg auf 15'80, Abstieg zu 15'79 m. Dies leitet ein Absinken ein, das bis zur Molitorg. — 15'70 m — reicht. Von hier Anstieg zur Höhe 16'00 m. Hierauf neuerliches Absinken, gegen die Pachmayerg. 15'72, 15'81; vor Nr. 30 15'85, 15'82; bei Nr. 34 bereits 16'03, dann 15'99 m. Bis zu Nr. 38 gleichmäßiges Ansteigen auf 16'36, 16'54 m. Diese Höhe hält

⁹ F. Steinhauser, Ergebnisse neuerer Beobachtungen über die Niederschlagsverhältnisse im Sonnblickgebiet. XLI. Jahresber. d. Sonnblick-Ver. 1933.