

## RÜCKRECHNUNG DES MASSENHAUSHALTES DES HINTEREISFERNERS MIT HILFE VON KLIMADATEN

Von REINHOLD STEINACKER, Innsbruck

Mit 1 Tabelle und 1 Abbildung

### ZUSAMMENFASSUNG

Mit der nun schon mehr als 25jährigen Meßreihe des Massenhaushaltes des Hintereisfeners kann eine Regression zu den Daten der benachbarten Klimastation Vent hergestellt werden. Mit der so gewonnenen Beziehung wird der Massenhaushalt bis zum Jahr 1934/35 zurückgerechnet. Die Schwankungsweite der Extreme der rekonstruierten Periode ist fast doppelt so groß wie die der Meßperiode.

### RECONSTRUCTION OF MASS BUDGET VALUES OF HINTEREISFERNER WITH CLIMATOLOGICAL DATA

### SUMMARY

More than 25 years of mass budget measurements of Hintereisferner allow a correlation with simultaneous observations of the climatological station Vent (1900 m a. s. l.). By this means it is possible to estimate the mass budget of earlier periods. Extreme values in the period between 1934/35 and 1951/52 span a range nearly twice as wide as in the period thereafter.

Meßwerte gletschnaher Klimastationen werden mitunter dazu verwendet, den Massenhaushalt von Gletschern auf einfache Weise abzuschätzen (Dreiseitl, 1973; Hoinkes, 1971; Hoinkes et al., 1968; Hoinkes und Steinacker, 1975 a, b). Natürlich bedarf es dazu einer längeren Reihe direkter Massenhaushaltsmessungen zur Gewinnung einer Regression. Am Hintereisfener (Ötztaler Alpen) liegt nun schon seit über 25 Jahren die mit der glaziologischen Methode bestimmte Massenbilanz vor. Die Klimastation Vent (1900 m ü. M.), etwa 10 km talabwärts vom Gletscherende, ist deshalb gut geeignet, die Beziehung Klima — Gletscher zu parametrisieren. Mit der TS-(9, Wi-) Methode (Hoinkes und Steinacker, 1975 a, b) läßt sich eine Regressionsgleichung erstellen, mit deren Hilfe man aus Venter Klimabeobachtungen auf die Massenbilanz des Hintereisfeners schließen kann. Auf eine genaue Beschreibung dieser Methode wird hier verzichtet, da dies bereits an anderer Stelle ausführlich geschehen ist (Hoinkes und Steinacker, 1975 a). Kurz gesagt handelt es sich dabei um die Summe positiver Gradtage zwischen Mai und September (reduziert auf die Höhe des Gletscherendes) unter geringerer Wichtung der Mai- und Septembersummen, wobei Sommerniederschläge die unterhalb bestimmter Temperaturschwellen in Vent fallen, Abzüge verursachen. Außerdem geht noch die Winterniederschlags-summe in den TS-(9, Wi-) Werten ein. Die aus den Haushaltsjahren 1954/55 bis 1973/74 bestimmte Regressionsgleichung lautet:

$$\text{Spezifische Massenbilanz in kg m}^{-2} = 3225 - 6,06 \Sigma \text{TS (9, Wi)} \quad (1)$$

Bei einer mittleren quadratischen Abweichung zwischen gemessenen und berechneten Werten von  $190 \text{ kg m}^{-2}$  — das sind weniger als 10 % der Schwankungsweite der Extremwerte ( $2169 \text{ kg m}^{-2}$ ) —, beträgt der Korrelationskoeffizient zwischen beiden Reihen  $-0,94$ .

Diese Methode eröffnet nun die interessante Möglichkeit, die Massenbilanzen in die Vergangenheit zurückzurechnen. Da die Klimastation Vent seit 1935 ohne Unterbrechung besteht, können spezifische Massenbilanzen des Hintereisferners von 1934/35 bis 1951/52 mit Gl. (1) berechnet und somit nachträglich abgeschätzt werden. Dabei ergeben sich aber gewisse Schwierigkeiten. Einmal war in den Jahren 1939 bis 1948 in Österreich Sommerzeit eingeführt, was bedeutet, daß die Klima-beobachtungen eine, zeitweise sogar zwei Stunden vor MEZ durchgeführt wurden. Nach Lauffer (1966) sind die anzubringenden Korrekturen sehr unterschiedlich, heben sich jedoch beim 3er Mittel =  $(7 + 14 + 21) / 3$  bei Betrachtung des ganzen Sommers gegenseitig meist wieder auf. So wurde auf eine Korrektur verzichtet, wenn man auch dadurch in einzelnen Jahren Fehler in Kauf nimmt. Ein mittlerer Fehler der Temperatur von  $1/10^\circ\text{C}$  ergibt nämlich lt. Gl. (1) bereits einen Fehler bei der spezifischen Massenbilanz von ca.  $75 \text{ kg m}^{-2}$ . Weiters war nach Lauffer die Temperaturaufzeichnung im Jahr 1944 mit einem erheblichen systematischen Fehler behaftet, so daß in diesem Jahr der berechnete Bilanzwert einen größeren Fehler aufweisen dürfte. Schließlich ist zu bedenken, daß die Regressionen lediglich zur Abschätzung des Massenhaushaltes des Hintereisferners in der derzeitigen Ausdehnung verwendet werden kann. Bedingt durch den starken Rückzug des Hintereisferners veränderte sich die Gesamtfläche und besonders die unteren Regionen der Flächen-Höhenverteilung, so daß mit laufender Rückrechnung ein immer größerer Fehler angenommen werden muß. Trotzdem erscheint es berechtigt, eine Rückrechnung mit gegebener Vorsicht anzustellen.

Tab. 1: Spezifische Massenbilanzen in  $\text{kg m}^{-2}$  vom Großen Aletschgletscher (ALG) nach Kasser (1967) und Müller (1977), vom Hintereisferner (HEF) nach Kuhn et al. (1979) sowie die mit Gl. 1 berechneten Werte vom Hintereisferner (HEF[TS])

Haushalts- jahr	ALG	HEF(TS)	Haushalts- jahr	ALG	HEF	HEF(TS)
1934/35	— 416	— 313	1952/53	— 321	— 540	— 859
1935/36	664	— 240	1953/54	63	— 286	600
1936/37	— 268	— 387	1954/55	610	76	76
1937/38	— 142	— 256	1955/56	415	— 275	— 373
1938/39	— 108	65	1956/57	— 10	— 189	135
1939/40	970	1269	1957/58	— 650	— 981	— 1104
1940/41	266	— 235	1958/59	— 1070	— 763	— 517
1941/42	— 1553	— 347	1959/60	410	— 62	— 139
1942/43	— 1562	— 984	1960/61	— 180	— 205	— 632
1943/44	— 1679	(— 379)	1961/62	— 410	— 696	— 435
1944/45	— 142	— 709	1962/63	— 120	— 603	— 695
1945/46	— 56	— 733	1963/64	— 1270	— 1244	— 1237
1946/47	— 2399	— 2056	1964/65	1180	925	919
1947/48	684	227	1965/66	620	344	269
1948/49	— 1806	— 1215	1966/67	300	20	222
1949/50	— 1240	— 1237	1967/68	670	338	268
1950/51	197	— 733	1968/69	310	— 431	— 421
1951/52	— 706	— 1415	1969/70	— 120	— 552	— 576
			1970/71	— 710	— 600	— 741
			1971/72	— 220	— 74	297
			1972/73	— 530	— 1229	— 1130
			1973/74	70	55	252
			1974/75	560	65	19
			1975/76		— 314	— 272
			1976/77		760	607

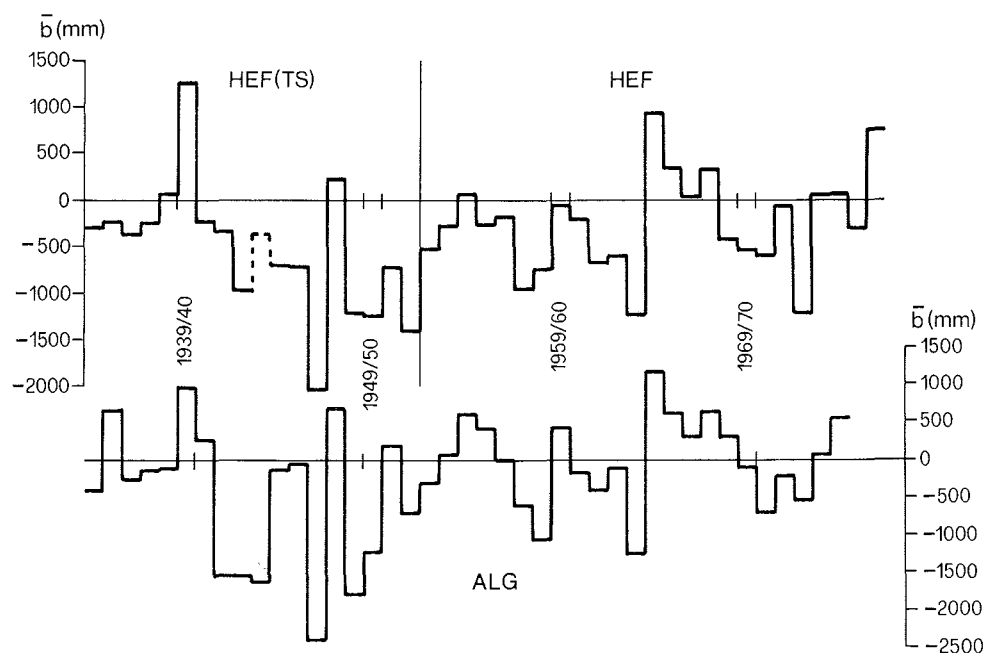


Abb. 1: Vergleich der mittleren spezifischen Massenbilanzen  $\bar{b}$  vom Großen Aletschgletscher (ALG) und Hintereisferner (HEF). Von 1934/35 bis 1951/52 sind die Bilanzen vom Hintereisferner mit Gleichung (1) bestimmt (HEF[TS]).

Da es in den Ostalpen keine so lange, mit Hilfe der glaziologischen Methode bestimmte Massenbilanz-Reihe gibt, bleibt als einzig möglicher Vergleich die Reihe des mittels hydrologischer Methode gewonnenen Massenhaushalts des Großen Aletschgletschers (Berner Alpen). Dieser Vergleich muß aber aus verschiedenen Gründen beschränkt bleiben. Die relativ große Entfernung beider Gletscher, die Zugehörigkeit zu verschiedenen Klimagebieten, die verschiedene Flächenausdehnung sowie eine stark unterschiedliche Flächen-Höhenverteilung und nicht zuletzt die unterschiedliche Meßmethode sind wesentliche Merkmale, die einen direkten Vergleich erschweren.

In Tab. 1 sind die Meßwerte des Großen Aletschgletschers den Meßwerten und den berechneten Werten des Hintereisferners gegenübergestellt. Abb. 1 zeigt zum besseren Vergleich die spezifischen Massenbilanzen beider Gletscher mit normierten Skalen.

Der Korrelationskoeffizient zwischen ALG und HEF beträgt 0,87, bezogen auf die Reihen 1952/53 bis 1974/75; für den gleichen Zeitraum ergibt der Korrelationskoeffizient zwischen ALG und HEF(TS) 0,76. Im Zeitraum 1934/35 bis 1951/52 liegt der Korrelationskoeffizient zwischen ALG und HEF(TS) mit 0,78 sogar noch etwas höher. Eine Rückrechnung mit der TS-(9, Wi-) Methode scheint also zumindest bis 1935 zurück noch vernünftige Werte zu liefern.

Hervorstechend ist das Haushaltsjahr 1946/47 mit einer spezifischen Massenbilanz von  $-2056 \text{ kg m}^{-2}$ . Im selben Jahr, in dessen Sommer in weiten Teilen Europas eine Dürrekatastrophe auftrat, wies auch der Große Aletschgletscher die am stärksten negative Massenbilanz der gesamten Reihe auf. Das Jahr 1939/40 zeigt hingegen mit

+ 1269 kg m<sup>-2</sup>, daß es durchaus Massenbilanzen geben kann, die das Extremjahr 1964/65 mit gemessenen + 925 kg m<sup>-2</sup> überbieten. Insgesamt zeigt die berechnete Reihe — wie beim Aletschgletscher — den enormen Massenschwund des Hintereisferners in den 40er und beginnenden 50er Jahren.

Da die Klimastation Vent mit einigen Unterbrechungen seit 1891 (mit Niederschlagsbeobachtung) besteht, stellt sich die Frage, ob es sinnvoll wäre, Massenbilanzen auch von diesen Aufzeichnungen zu rekonstruieren. Aus den oben erwähnten Gründen scheint es nicht zielführend, die Massenbilanzen als solche zu berechnen. Als Maßzahlen, im Vergleich zu den derzeit gemessenen Werten, könnten sie aber immerhin weitere Auskunft geben, in welchen Grenzen der Massenhaushalt eines Gletschers, von der Art des heutigen Hintereisferners, unter den herrschenden Klimabedingungen schwanken kann.

#### LITERATUR

Dreiseitl, E., 1973: Witterungsklimatologie von Vent und Massenbilanz des Hintereisferners 1955—1971. Ein Beitrag zur Meteorologie der Gletscher. Dissertation Innsbruck. 81 S., 36 Tab., 15 Abb.

Hoinkes, H., 1971: Über Beziehungen zwischen der Massenbilanz des Hintereisferners (Ötztaler Alpen, Tirol) und Beobachtungen der Klimastation Vent. Annalen der Meteorologie, Neue Folge Nr. 5: 259—164.

Hoinkes, H., F. Howorka and W. Schneider, 1968: Glacier mass budget and mesoscale weather in the Austrian Alps 1964 to 1966. IUGG General Assembly Bern 1967. Int. Assoc. Scient. Hydrology, Publ. No. 79: 241—254.

Hoinkes, H. und R. Steinacker, 1975a: Zur Parametrisierung der Beziehung Klima — Gletscher. *Rivista Italiana di Geofisica*, 1: 97—104.

Hoinkes, H. and R. Steinacker, 1975b: Hydrometeorological implications of the mass balance of Hintereisferner, 1952/53 to 1968/69. (Int. Assoc. Scient. Hydrology) Publ. No. 104: 144—149.

Kasser, P., 1967: Fluctuations of Glaciers 1959—1965, Vol. I, p. 70, IAHS (ICSI)-UNESCO, Paris.

Müller, F., 1977: Fluctuations of Glaciers 1970—1975, Vol. III, p. 30, IAHS (ICSI)-UNESCO, Paris.

Kuhn, M., G. Kaser, G. Markl, H. P. Wagner und H. Schneider, 1979: 25 Jahre Massenhaushaltsuntersuchungen am Hintereisferner, Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck, 80 S.

Lauffer, I., 1966: Das Klima von Vent, Dissertation Innsbruck. 111 S. mit Tab.-Anhang.

Zingg, T., 1952: Beziehung zwischen Temperatur und Schmelzwasser und ihre Bedeutung für Niederschlags- und Abflußfragen. *Comm. des Neiges et Glaces, Assemblée Generale de Bruxelles*, 1951. Assoc. internat. d'Hydrologie Scientifique, Publ. No. 32: 266—269.

Manuskript erhalten am 30. 8. 1979.

---

Anschrift des Verfassers: Dr. R. Steinacker  
 Institut für Meteorologie und Geophysik  
 Schöpfstraße 41  
 A-6020 Innsbruck