

BERICHTE
über
die wissenschaftlichen Unternehmungen
des D. u. Ö. Alpenvereins.

XXXVI.

Tiefbohrungen am Hintereisgletscher.

Von

Dr. A. Blümcke und **Dr. H. Heß.**

Wien, 1905.

Verlag des D. u. Ö. Alpenvereins.

Separatabdruck aus den „Mitteilungen des D. u. Ö. A.-V.“
Jahrgang 1905, Nr. 4.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Die Bohrarbeiten am Hintereisgletscher wurden 1904 in der zweiten Hälfte des Juli und anfangs August fortgesetzt und, weil wir vom Wetter und auch einmal vom Glück begünstigt waren, zum Abschluß gebracht. Wir wollten zunächst feststellen, ob das Gefälle der rechtsseitigen Talwand in der Tat so groß sei, wie es nach den vorjährigen Bohrungen zu erwarten war. Deshalb suchten wir, 160 *m* vom rechten Rande entfernt, den Grund zu gewinnen, was uns nach achttägiger scharfer Arbeit gelang. In der Tiefe von 183·8 *m* trafen wir auf Stein. An dieser Stelle war nach den bisherigen Erfahrungen die Tiefe des Gletschers höchstens mit 170 *m* zu vermuten. Da nun die Abweichungen zwischen den voraus bestimmten und den wirklich gefundenen Tiefen für die rechte Talseite ziemlich beträchtlich waren, so hielten wir es für das Beste, in der Nähe der tiefsten Stelle des Bohrprofiles ein neues Loch anzulegen. Mit Rücksicht auf die über dem tiefsten Punkte ziemlich stark zerrissene Eismasse konnten wir nur etwa 40 *m* weiter gegen die Gletschermitte rücken. Hier bohrten wir zuerst in 50 *m* Tiefe eine Spalte an, durch welche das Spülwasser abfließen konnte. Deshalb begannen wir, 2 *m* davon entfernt, eine neue Bohrung, die ungestört in acht Tagen bis zur Tiefe von 213·5 *m* durchgeführt wurde. Am 6. August trafen wir, wie aus der einseitigen Behinderung des rotierenden Bohrers zu schließen war, auf einen Stein der Grundmoräne. Wir hatten die Absicht, falls eine Tiefe von mehr als 200 *m* erreicht würde, das Gestänge nicht mehr zu heben, sondern es im Eise stecken zu lassen, damit es durch längere Jahre als Ablations- und Geschwindigkeitsmarke benützt werden kann und damit eine künftige Generation die Möglichkeit habe, aus den Änderungen in Richtung und Länge der einzelnen Röhren auf die Änderung

der Geschwindigkeit mit der Tiefe und auf die Größe der dehrenden Kräfte zu schließen. Deshalb wurde beim Einlassen jedes Rohr sehr fest mit dem darunterliegenden verschraubt und die Entfernung zwischen je zwei oberen Muffenrändern auf 1 mm genau gemessen. Das Gestänge steckt nun im Eise und es wird künftig nur nötig sein, alljährlich die durch die Abschmelzung freigelegten obersten Rohre abzuschrauben, zu numerieren und zu sammeln, dann kann das alles gewonnen werden, was wir soeben als Zweck dieses Experimentes bezeichneten. Da mit einer durchschnittlichen Abschmelzung von 4 m pro Jahr gerechnet werden darf, so wird nach Ablauf von etwa 55 Jahren der Bohrer wieder zu tage treten, wenn inzwischen die Bewegungsverhältnisse des Gletschers nicht beträchtliche Änderungen erfahren.

Nachdem nun die Tiefbohrungen abgeschlossen sind, ist es wohl am Platze, eine kurze Übersicht der Resultate zu geben, zu denen sie geführt haben. Da kommt in erster Linie das Ausprobieren der Bohrmethode. Es hat sich gezeigt, daß das mechanische Bohren mit Wasserspülung bis zu den Tiefen, welche wir erreichten, sehr wohl anwendbar ist, wenn der Durchmesser des Bohrloches nicht zu groß genommen wird (in unseren Fällen 8.5 cm), so daß eine mäßig starke Pumpe leistungsfähig genug ist, um einen für die Spülung hinreichend kräftigen Wasserstrom zu liefern. Für noch größere Tiefen wird es sich empfehlen, den Bodendurchmesser noch etwas kleiner zu nehmen. Die Rotationsgeschwindigkeit des Bohrers war derart, daß etwa 50—60 Umdrehungen in der Minute erfolgten. Bis zu Tiefen von 150 m ist damit ganz gut vorwärts zu kommen. Von etwa 80 m Tiefe an wird das Gewicht des Gestänges so groß, daß eine Entlastung des Bohrers stattfinden muß, damit er nicht zu tief einsinkt und die Spannstärke zu große Kräfte zur Überwindung beansprucht. Diese Entlastung (mittels Winde) wächst natürlich mit zunehmender Tiefe und stellt an die Aufmerksamkeit und an die Kraft dessen, der die Winde bedient, ziemlich große Anforderungen. Ein Versehen von dieser Seite, etwa ein zu rasches Nachlassen des Gestänges, hat die Verstopfung der Zähne und der Spirale des Bohrers mit Eis zur Folge, so daß ein weiteres Angreifen derselben

aufhört. Das Werkzeug geht dann ohne zu sinken auf dem geglätteten Grunde des Bohrloches herum und infolge der Regulation zwischen dem festen und dem zwischen die Zähne eingepreßten Eise wird der Bohrer am Grunde des Loches festfrieren, sobald er ruht. Nur mit Mühe bekommt man ihn wieder frei. Um nicht gar zu häufig solchen Störungen ausgesetzt zu sein, sorgten wir dafür, daß außer den zwei Arbeitern, die an der Triebwelle drehten, von der aus durch einen Riemen das eigentliche Bohrgetriebe in Rotation versetzt wurde, noch ein dritter Mann unmittelbar an diesem Bohrgetriebe drehen konnte. Dadurch wurde es möglich, einen etwas größeren Spahn zu nehmen, weil das Gleiten des Riemens nicht mehr störte, und damit die Arbeitsgeschwindigkeit auf annehmbarer Höhe zu erhalten. Wir konnten so bei Tiefen über 150 *m* noch um mehr als 30 *m* pro Tag vorwärts kommen, während zu Beginn der Bohrungen die tägliche Vorrückung 65 *m* betrug.

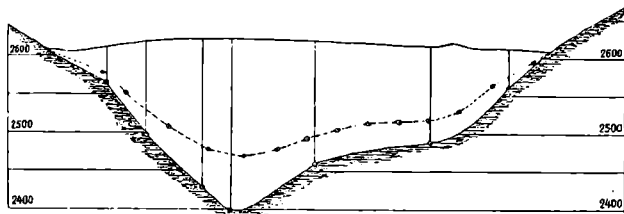
Ein Urteil über die Kosten der mechanischen Bohrung gewinnt man aus folgendem. Der Gesamtaufwand in den Jahren 1901—1904 betrug M. 13.540.—. Gebohrt wurden sieben Löcher (bis zum Grunde) von insgesamt 858 *m* Tiefe; darnach berechnen sich die Kosten für den laufenden Meter auf M. 15.78. Zieht man aber in Betracht, daß während des ganzen Sommers 1901 viel, aber ergebnislos gebohrt wurde, daß zur Ausprobierung der Bohrmethode um etwa M. 1000.— Werkzeuge und Röhren beschafft wurden, auf deren Verwendung schließlich verzichtet wurde, so stellen sich die Kosten für die sieben Löcher viel niedriger, so daß der laufende Meter auf rund M. 11.— kommt. Wesentlich niedriger wird sich der Aufwand nur dann gestalten können, wenn billigere Arbeitskräfte verfügbar sind, als sie in der Zeit touristischer Hochflut an einem so stark besuchten Orte wie das Hintere Ötztal zu haben sind.

Die Bohrlöcher wurden 8.5 *cm* weit hergestellt, damit ein in ein Blechgehäuse eingeschlossenes sehr träges Thermometer in dieselben hinabgelassen werden konnte. Auf diesem Wege wurden die im Innern des Gletschers herrschenden Temperaturen gemessen und es stellte sich heraus, daß sie den dem Vertikaldruck der Eismassen entsprechenden Schmelz-

temperaturen gleich sind. Damit ist ein aus der mechanischen Wärmetheorie abgeleitetes, durch Laboratoriumsversuche geprüfetes Resultat für bewegtes Eis in der Natur bestätigt, ein Ergebnis, dessen Richtigkeit Forel und Hagenbach am toten Eise in der Grotte des Arollagletschers nachgewiesen haben.

Für den größten Teil der Zunge des Hintereisgletschers kennt man die Bewegungslinien einzelner Punkte der Oberfläche, die Geschwindigkeit der Strömung, die Größe der jährlichen Abschmelzung sowie den Betrag, um welchen die

Fig. 1.
Das Bohrprofil.
1 : 10.000.



Rekonstruiertes Profil.
Bohrloch und Talboden.

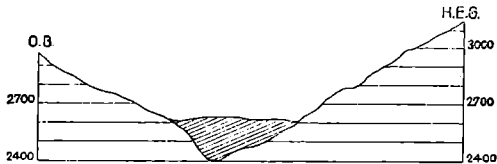
Gletscheroberfläche jährlich einsinkt. Mit Hilfe dieser Daten konnten wir schon 1899 (Untersuchungen am Hintereisferner, II. wissenschaftliches Ergänzungsheft zur „Zeitschrift“ des D. u. Ö. Alpenvereins) die Querschnitte des Gletschers rekonstruieren unter der Annahme, daß alle vertikal untereinander liegenden Punkte der Gletschermasse gleiche Geschwindigkeit besitzen. Im Laufe der letzten fünf Jahre sind nun besonders für die Einsenkung der Oberfläche, für die Ablation und auch für die Bewegungslinien noch sicherere Daten gefunden worden als bis 1899. Unter Benützung derselben ergaben sich einige Änderungen gegen früher und es wurde deshalb die Rekonstruktion der Profile, besonders des Profiles, in welchem die seit 1902 ausgeführten Bohrlöcher liegen,

wiederholt. Da nur für den Zeitraum 1894—1895 die Verteilung der Geschwindigkeit auf der Gletscheroberfläche und nur für 1894 die Form der letzteren sicher bekannt sind, so wurden die ermittelten Bohrtiefen mit Hinzurechnung der seit 1894 eingetretenen Einsenkung auf den Gletscherstand von 1894 bezogen, für den auch die rekonstruierten Profile gelten. Es ergab sich nun durchweg, daß die wirkliche Tiefe des Gletschers größer ist als die der entsprechenden Stelle im rekonstruierten Profil zugeordnete Tiefe. Daraus folgt, daß die Geschwindigkeit des strömenden Eises nach der Tiefe hin abnimmt. Für das Bohrprofil beträgt die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit v_m durchschnittlich 0·73 der Oberflächengeschwindigkeit v_o , wobei der mittlere Fehler $\pm 4\%$ ist. Für die viel näher am Gletscherrande ausgeführten Bohrungen von 1899 ergibt sich das Verhältnis $v_m : v_o = 0\cdot81$. Hier machen sich die Unsicherheiten in der Geschwindigkeitsverteilung und den Ablationsbeträgen stark fühlbar. Es erscheint uns deshalb gerechtfertigt, für das Verhältnis der mittleren Querschnittsgeschwindigkeit zur Oberflächengeschwindigkeit den Mittelwert von 0·77 mit einer Unsicherheit von etwa 8% anzunehmen. Die Tabelle, welche wir im Vorjahre mitteilten, erfährt nun einige Änderungen und Ergänzungen und ist nachstehend berichtigt.

J a h r	Bohrtiefe m	Auf 1894 bezogene		Verhältnis der Geschwindig- keiten $v_m : v_o$
		wirkliche Tiefe m	Minimal- tiefe m	
1903	36	47	36	0·77
"	38	50	35	0·70
1899	67	72	60	0·83
"	85	90	72	0·80
1903	116	124	90	0·73
"	118	128	98	0·77
1902	153	163	126	0·77
1904	184	197	144	0·73
"	214	226	154	0·68

Das Gesetz, nach dem die Abnahme der Geschwindigkeit gegen die Sohle des Gletschers erfolgt, läßt sich vorläufig nicht näher angeben. Nimmt man die Änderung der Tiefe proportional, so kann die Grundgeschwindigkeit gleich der Hälfte der Oberflächengeschwindigkeit gesetzt werden. Wahrscheinlicher ist es, daß die Abnahme der Geschwindigkeit nach unten in ähnlicher Weise stattfindet wie von der Mitte der Oberfläche gegen den Rand, d. h. die Abnahme erfolgt oben langsam und erst gegen den Grund rascher, wo sich dann die Geschwindigkeit zu $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ der Oberflächengeschwindigkeit ergibt.

Fig. 2.
Querschnitt des Hintereistales.
1 : 40.000.



O. B. = Oberer Berg.
H. E. G. = Hintereisgrat.

Als ein weiteres Ergebnis der Tiefbohrungen kann hervorgehoben werden, daß wir mit ziemlich großer Sicherheit Kenntnis erhielten von der Gestalt des Gletscherbettes in einem Querschnitte, der in historischer Zeit wohl niemals eisfrei gewesen ist. Die nebenstehende Figur 1 zeigt diesen Querschnitt. Man sieht einmal die Beziehung zwischen dem rekonstruierten Profil und dem wirklichen und bemerkt außerdem, daß das Bett des Hintereisgletschers eine beträchtliche Vertiefung des Tales vorstellt, dessen Wandungen durch die Abhänge des oberen Berges und die der Hintereisspitzen gebildet werden. Die Fortsetzung der Talwände mit den Neigungsverhältnissen, welche sie über dem Eise zeigen, würde eine viel höher gelegene Talsohle ergeben, als es der Wirklichkeit und auch noch dem rekonstruierten Profile entspricht. Der Hintereisgletscher hat also durch seine

erodierende Tätigkeit sein Bett allmählich tiefer gelegt und in ein Tal mit ursprünglich flachem Boden eine ziemlich steilwandige Rinne eingegraben (Figur 2). Die Gestalt und Größe des wirklichen Querschnittes weicht nur verhältnismäßig wenig von der Figur ab, welche wir 1899 als „wahrscheinliche Form des Profiles“ auf Tafel VI der „Untersuchungen am Hintereisferner“ für das mittlere (fünfte) Profil angegeben haben. Die Fortsetzung der Profilrekonstruktionen ergibt als wahrscheinliche Maximaltiefe im Profile der obersten Steinlinie und damit annähernd als größte Tiefe der Gletscherzunge den Betrag von zirka 300 m.

Die Mitteilung weiterer Einzelheiten müssen wir bis zur späteren ausführlichen Publikation verschieben.

Zum Schlusse wollen wir noch einmal Gelegenheit nehmen dem verehrlichen Zentral-Ausschusse des D. u. Ö. Alpenvereins unseren wärmsten Dank dafür auszusprechen, daß er uns durch reichliche Unterstützungen die Durchführung der umfangreichen und kostspieligen Bohrarbeiten möglich machte.

