

Zustände liefern. Ergeben dagegen die den verschiedenen Äquivalenttemperaturen zugeordneten Dampfdruckwerte höhere Beträge, so nehmen im gleichen Umfang die Unstimmigkeiten zu.

Das klimatische Wohlbefinden oder Unbehagen des Menschen müßte gemäß der eben genannten Formel $T_e = t + 2e$ von dem Feuchtegehalt der Luft doppelt so stark beeinflusst werden wie von der Lufttemperatur, was in dem Maße sicher nicht der Fall ist. *Hann*⁴⁶⁾ lehnt die Äquivalenttemperatur als „Maß für die gefühlte Wärme“ und als „einheitlichen Ausdruck (Ersatz) für Lufttemperatur und Feuchtigkeit“ restlos ab und erklärt, daß die Äquivalenttemperatur „mit dem Gefühl der Schwüle gar nichts zu tun“ hat. Es ist nun im Hinblick auf dieses Urteil nicht uninteressant, festzustellen, daß *Knoche*⁴⁷⁾, gegen dessen Propagierung der Äquivalenttemperatur *Hann* ja seine Polemik gerichtet hat, späterhin sich zur Charakterisierung schwüler Luft nicht mehr auf die Äquivalenttemperatur, sondern auf die Beobachtungswerte von *Lancaster* stützt und damit also die Berechtigung der seinerzeitigen Kritik, die *Hann* gerade in diesem Punkt geübt hatte, anerkannt hat.

Daß die Äquivalenttemperatur jedoch, abgesehen von ihrem Versagen in Extremfällen, in allgemeiner klimatologischer Hinsicht wertvolle Dienste zu leisten vermag, hebt nicht nur *Hann*

⁴⁶⁾ *J. Hann*, Met. Zs., 1907, S. 502.

⁴⁷⁾ Archiv d. Dtsch. Seewarte, 48, 1. 1929, S. 32 f.

hervor, sondern haben vor allem die Ausführungen von *Meinardus* und seine Darstellung der Jahreskurven der Äquivalenttemperaturen von typischen Stationen verschiedener Klimate gezeigt. Aus dem Vergleich dieser graphischen Wiedergabe der Äquivalenttemperaturen durch *Meinardus* mit den auf Grund des thermischen Schwülemaßstabes entworfenen Klimagrammen hat sich nun eine — wenn auch auf Grund des gleichen Koordinatennetzes eigentlich im voraus zu erwartende, doch erst nachträglich erkannte — Übereinstimmung zwischen beiden graphischen Bildern ergeben. Benutzt man nämlich zur Konstruktion das Hilfsnetz des „Kurvenbildes zur Bestimmung des Schwülewertes“, so sind die sich ergebenden Schwüle-Klimagramme mit den Kurvenzügen der Äquivalenttemperaturen identisch. Trägt man andererseits in die Zeichnung von *Meinardus* die Dampfdrucklinie von 14,08 mm Hg und die Kurvenschar der Werte von RF% ein, so entsteht nunmehr auf diese Weise das völlig gleiche Bild, aus dem man dann ebenfalls die den einzelnen Beobachtungsdaten entsprechenden Schwüle- bzw. Behaglichkeitswerte graphisch bestimmen kann. Eine an sich nur geringfügige Veränderung in der Gestalt solcher Klimagramme ergibt sich, wenn man das Koordinatennetz des „Hygrothermischen Kurvenbildes“ benutzt, das jedoch den Vorteil bietet, daß dann die unmittelbare Ablesung der Temperaturdifferenzen, also der Schwüle- bzw. Behaglichkeitswerte, möglich ist.

BEWEGUNGSSTUDIEN AN GLETSCHERN DES JOSTEDALSBRE IN SÜDNORWEGEN

W. Pillewizer

Mit 3 Tafeln und 1 Abb. im Text

Im Sommer des Jahres 1937 wurden im Rahmen der von *W. Evers*, Hannover, ins Leben gerufenen „Deutsch-norwegischen Arbeitsgemeinschaft zur Erforschung und Kartierung des Jostedalsbre in Südnorwegen“¹⁾ an den Ausläufern dieses großen Firnplateaus gletscherkundliche Untersuchungen durchgeführt. Sie erstreckten sich auf die Vermessung mehrerer Gletscher und Gletschervorfelder und auf die Bestimmung der Geschwindigkeit verschiedener Gletscherzungen. Die terrestrisch-photogrammetrischen Messungen, über die hier berichtet wird²⁾, wurden vom Verfasser

gemeinsam mit *R. Finsterwalder* und *W. Evers* durchgeführt. Die Auswertung erfolgte durch den Verfasser im geodätischen Institut der Technischen Hochschule Hannover. Es war geplant, die Ergebnisse der gletscherkundlichen Untersuchungen erst nach Fertigstellung einer großmaßstäblichen Karte des Jostedalsbre zu veröffentlichen, die im Jahre 1938 durch Norges Geografiske Opmaaling, Oslo, luftphotogrammetrisch aufgenommen worden war. Der Kriegsausbruch verhinderte jedoch die Fertigstellung dieser Karte, und es kann hier nur über jenen Teil der gletscherkundlichen Untersuchung berichtet werden, der zur Ausarbeitung und Deutung nicht der luftphotogrammetrischen Unterlagen bedurfte.

Der Jostedalsbre erstreckt sich als ein firnbedecktes Hochplateau von 1600 bis 1900 m Höhe

¹⁾ *W. Evers*, Reisen und Forschungen in Norwegen 1937. Deutsche Geogr. Blätter, Bd. 40, H. 4 Bremen 1938.

²⁾ Auf die von *W. Evers* durchgeführten Messungen mit der selbstregistrierenden Gletscheruhr wird nicht eingegangen.

zwischen Sognefjord und Nordfjord im südwestlichen Norwegen (Tafel 2, Abb. 1). Seine Fläche läßt sich ohne genaue Kartenaufnahme nur abschätzen und dürfte gegenwärtig weniger als 1000 qkm betragen. Ein Dutzend größere Talgletscher und zahlreiche kleinere Hängegletscher entströmen dem Firnfeld, das wie alle Gletschergebiete vom Fjelltypus keine scharf geschiedenen Einzugsbereiche der einzelnen Gletscherzungen erkennen läßt. Immerhin sind im Ursprungsgebiet der großen Talgletscher des Jostedalsbre auf der Fjellhochfläche deutliche Firnmulden ausgeprägt, ein Hinweis dafür, daß manche Täler weit in das Plateau zurückgreifen. In den flachen Ursprungsmulden können sich die Firnmassen sammeln, die für die Ernährung der langen Gletscherzungen notwendig sind.

An zwei Typen von Gletschern des Jostedalsbre wurden Bewegungsmessungen nach der photogrammetrischen Methode³⁾ vorgenommen:

1. An langen Talgletschern, die von der Firnhochfläche ohne einschneidenden Gefällsbruch absteigen, also Tälern folgen, die weit in die Fjellhochflächen zurückgreifen.

2. An kürzeren Gletschern, die von den Firnhochflächen in hohen Eisbrüchen über Steilhänge und Wände abstürzen und sich darunter in kurzen flachen Zungen sammeln. Hier sind keine weit zurückgreifenden Täler vorhanden, und die für den Eisnachschub wichtigen Firnmulden sind weniger deutlich entwickelt.

Zum ersten Typus gehören die größten Talgletscher des Gebietes, der Nigardsbre und der Tunsbergdalsbre, die beide ihrer Bewegung nach untersucht wurden. Gleichzeitig fanden auch Kartenaufnahmen statt. Zum zweiten Typus gehören der besonders charakteristische Austerdalsbre im Osten und der Bødalsbre im Westen des Gebirges, deren Bewegung ebenfalls gemessen wurde.

Die Mehrzahl aller Gletscherzungen des Jostedalsbre nähert sich dem zweiten Typus, wobei Übergänge von richtigen Talgletschern (Austerdalsbre) zu Hängegletschern mit kurzen flachen Zungenlappen (Bøjumsbre, Bergsaeterbre) und reinen Hängegletschern festgestellt werden können, wie sie an zahlreichen Stellen über die Steilränder des Jostedal-Hochfjells herabhängen. In diese Kategorie gehören auch regenerierte Gletscher, wie der Store Suphellebre, bei dem die Verbindung zwischen Hochfläche und Zungenlappen abgerissen ist. Der Unterschied der beiden Gletschertypen wird am besten durch das Bild erläutert (Tafel 2, Abb. 2), das Nigardsbre und Bergsaeter-

bre, von denselben Hochflächen abströmend, zeigt. Während letzterer in 1000 m hohen Eisbrüchen die Talschlußwand des Krondals hinabstürzt und sich dabei in einer deutlichen Kante von den Firnhochflächen absetzt, strömt der Nigardsbre als gewundener Eisstrom mit mäßigem Gefälle aus seinen Firnhochmulden ins benachbarte Tal hinab. Auch auf der beiliegenden Karte des oberen Jostedals ist der Gegensatz der beiden Gletschertypen an den Zungen von Nigardsbre und Bergsaeterbre deutlich zu erkennen.

Die Bewegung der langen Talgletscher des Jostedalsbre

Der Nigardsbre. An diesem Gletscher wurden in der Zeit vom 5. zum 9. Juli 1937 Bewegungsmessungen in drei übereinander liegenden Profilen vorgenommen. In der zur selben Zeit durch Erdbildmessung aufgenommenen Karte des oberen Jostedals sind die Meßprofile eingezeichnet. (Tafel 3).

Die 1 km breite Gletscherzunge erfüllt ein Trogtal, dessen Steilflanken zu firnbedeckten Plateauspornen in 1400 bis 1500 m Höhe ansteigen. Der Gletscher endigte 1937 in 290 m Höhe und war damals schon seit längerer Zeit im Rückgang begriffen, wie auch die zahlreichen, auf Bild und Karte sichtbaren Moränenbögen im Gletschervorlande erkennen lassen. Die Zunge ist jedoch noch kräftig gewölbt, und im untersten Meßprofil konnte deshalb die rechte Gletscherseite vom Standpunkt auf der Seitenmoräne in 551 m Höhe nicht eingesehen werden.

Wie die Bewegungsdiagramme auf Abb. 4 zeigen, erreichte der Gletscher im oberen Meßprofil eine Tagesbewegung von 51 cm, die sich im mittleren Profil auf 63 cm steigert und im unteren auf 32 cm im Tag herabsinkt. Die gerissene Linie deutet die vermutete Bewegung der nicht eingesehenen rechten Gletscherseite an. Alle drei Profile weisen ein ungefähr parabolisches Ansteigen der Gletschergeschwindigkeit vom Rand zur Mitte auf, die Geschwindigkeit erreicht hier ihren höchsten Wert. Diese Art der Geschwindigkeitsverteilung im Querschnitt ist charakteristisch für Gletscher mit strömender Bewegungsform. Das obere Profil zeigt deutlich eine Verlagerung des „Stromstriches“, also der Zone höchster Geschwindigkeit von der Mitte gegen den linken Gletscherrand, was als eine Folge der Krümmung, die die Zunge hier beschreibt, angesehen werden muß. Aus demselben Grunde ist der Stromstrich im mittleren Profil etwas gegen die rechte Gletscherseite verdrängt, und erst im unteren Profil liegt die Zone höchster Geschwindigkeit in der Mitte. Diese Verlagerung des Stromstriches ist ein weiteres Zeichen für das gleichmäßige Strömen, das die Zunge des Nigardsbre beherrscht.

³⁾ R. Finsterwalder, Geschwindigkeitsmessungen an Gletschern mittels Photogrammetrie. Z. f. Gletscherkde. XIX, 1931.

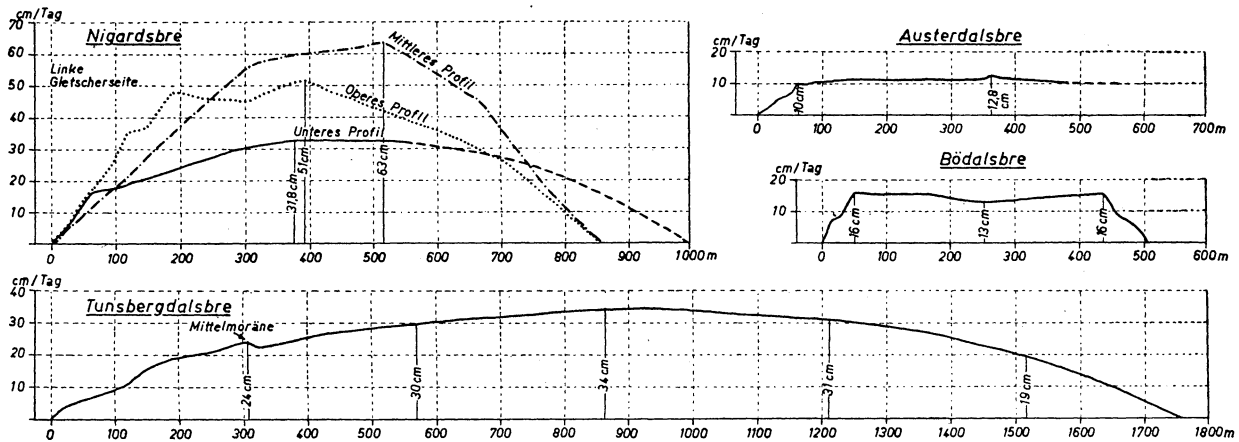


Abb. 4: Bewegungsdiagramme von vier Gletschern des Jostedalsbre 1937 (alle im gleichen Maßstab)

Vom Zungenende bis zur Felsinsel am Punkt 977 m besitzt der Nigardsbre eine Durchschnittsneigung von rund 7° . Die Gletscherzunge ist jedoch nicht gleichmäßig geneigt, sondern im Längsschnitt wechseln steilere und flachere Stellen. Das obere Geschwindigkeitsprofil liegt in einer weniger geneigten Zone von $6^\circ 18'$ Gefälle, das mittlere Profil hingegen in einer steileren Zone mit $8^\circ 10'$ Neigung. Da außerdem der Gletscher unterhalb des mittleren Profils durch eine vorspringende Felsnase auf drei Viertel seiner Breite eingengt wird, ist es verständlich, daß das mittlere Profil eine größere Gletschergeschwindigkeit aufweist als das obere. Im unteren Profil macht sich neben der zu erwartenden Abnahme der Geschwindigkeit gegen das Gletscherende auch die Ausbreitung der Zunge auf 1 km Breite in der Verlangsamung der Bewegung bemerkbar.

Die Messungen wurden am 5., 6. und 9. Juli vorgenommen, und die angegebenen Tagesgeschwindigkeiten sind Durchschnittswerte aus dem ganzen, vier Tage umfassenden Meßzeitraum. Durch die photogrammetrische Methode wurde die Gletscherbewegung sehr genau erfaßt, der mittlere Fehler einer Plattenausmessung beträgt im mittleren Profil $\pm 0,013$ mm. Da die stereoskopische Meßgenauigkeit im günstigsten Fall $\pm 0,01$ mm beträgt, ist eine Steigerung der Ausmeßgenauigkeit der Platten kaum zu erwarten.

Beim Vergleich mit alpinen Gletschern, die dieselbe strömende Bewegungsform besitzen, zeigt sich, daß der Nigardsbre nicht nur Gletscher derselben Größenklasse, sondern auch bedeutend größere Gletscher an Geschwindigkeit übertrifft. Bei einer Zungenlänge von rund 6 km und einer Breite von 1 km kann der Nigardsbre mit ostalpinen Gletschern (Pasterzengletscher, Gepatschferner) verglichen werden. Im Jahre 1937 erreichte jedoch die Geschwindigkeit der Pasterze, des größ-

ten Ostalpengletschers, nur 14 cm/Tag^4) und auch an stark geneigten Ostalpengletschern war keine höhere Geschwindigkeit als höchstens 20 bis 30 cm/Tag festzustellen. So konnte im Eisbruch des Mittelbergferners in Tirol im Sommer 1936 eine Tageshöchstgeschwindigkeit von 28 cm^5) und in der Türkischen Zeltstadt am Obersulzbachkees in den Hohen Tauern im Sommer 1939 eine solche von etwa 20 cm gemessen werden⁶⁾. Dort handelte es sich jeweils um steile Eisbrüche von über 20° Neigung, in denen von vorneherein höhere Geschwindigkeiten zu erwarten waren, und dennoch blieben sie weit unter jener des nur flach geneigten Nigardsbre. Dieser übertraf damit sogar die größten westalpinen Gletscher, wie z. B. den Aletschgletscher, der mit $18,5 \text{ km}$ Zungenlänge und 7° Neigung eine Geschwindigkeit von 50 cm/Tag erreicht. Auf die Ursachen, die vermutlich dieser raschen Bewegung des Nigardsbre zugrunde liegen, wird noch später eingegangen werden.

Der Tunsbergdalsbre. Dieser größte Talgletscher des Jostedalsbre liegt fern von allen Siedlungen in einem beschwerlich zu erreichenden Hochtal und ist deshalb noch kaum näher untersucht worden, während an den leichter erreichbaren Gletscherzungen, darunter auch am Nigardsbre, schon häufiger gletscherkundliche Studien vorgenommen wurden.

Als mächtige bis zu 2 km breite Zunge zieht der flache Eisstrom mit schwachem Gefälle von den 1900 m hoch liegenden Firnflächen um Breens höchster Punkt in ein Hochtal hinab, das er weitgehend ausfüllt. Die Zunge hat eine Länge von

⁴⁾ Nach V. Paschinger, Z. f. Gletscherkde. XXVII, 1940.

⁵⁾ W. Pillewizer, Die Ergebnisse des Gletscherkurses 1936 am Mittelbergferner. Mitt. d. D. Ges. f. Photogrammetrie 1938.

⁶⁾ W. Pillewizer, Das Obersulzbachkees im Sommer 1939. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, Bd. 83, 1940.

etwa 12 km. Von der Fjellhochfläche im Westen strömen ihr mehrere kleine Hängegletscher zu, deren südlichster gegenwärtig den Tunsbergdalsbre nicht mehr erreicht. Hier hat sich der Eisstausee Brimkjelen gebildet, in den der Tunsbergdalsbre mit 850 m langer Front seitlich kalbt; auch der erwähnte Hängegletscher endigt in dem See. Wie das Bild (Tafel 2, Abb. 3) und die terrestrisch-photogrammetrisch aufgenommene Karte (Tafel 4) zeigen, wird die Mittelmoräne des Tunsbergdalsbre zum Eisstausee abgelenkt und verschwindet auch in ihm. 1937 war der See fast völlig von schwimmenden Eisbergen bedeckt. Mehrfach waren in den vergangenen Jahrzehnten Wasserausbrüche aus dem Tunsbergdalsbre erfolgt, die im unterhalb liegenden Jostedal zu Vermurungen und Aufstauungen des Jostedals geföhrt hatten. Diese Hochfluten haben vermutlich ihre Ursache in Ausbrüchen des Eisstausees, der im Jahre 1937 eine Fläche von über $\frac{1}{2}$ qkm hatte.

Oberhalb des Eissees wurde in der Zeit vom 13. zum 14. 7. 1937 eine photogrammetrische Bewegungsmessung durchgeführt, die trotz des nur eintägigen Meßzeitraumes ein sicheres Ergebnis zeitigte. Das Bewegungsdiagramm auf Abb. 4 läßt die schön ausgeglichene, parabolisch verlaufende Geschwindigkeitskurve erkennen. Die Höchstgeschwindigkeit wird in der Gletschermite mit 34 cm im Tag erreicht. Die einzige Unregelmäßigkeit liegt dort, wo die in den Eisstausee hineinziehende Mittelmoräne gequert wird. Die Geschwindigkeit ist geringer als in den beiden oberen Profilen des Nigardsbre; bei diesem Vergleich ist jedoch zu bedenken, daß die Zunge des Tunsbergdalsbre mit $3-4^\circ$ Neigung wesentlich flacher als jene des Nigardsbre bei nahezu doppelt so großer Breite ist. Die Geschwindigkeit des Tunsbergdalsbre ist aber immerhin noch $2\frac{1}{2}$ mal so groß wie jene des Pasterzengletschers, mit dem sich der Tunsbergdalsbre gut vergleichen läßt, wenn auch die Ausmaße der Pasterze geringer sind. In beiden Fällen ist eine breite, flache, in einem Hochtal herabströmende Gletscherzunge vorhanden, und auch die Dicke von Tunsbergdalsbre und Pasterze (etwa 300 m) dürfte vergleichbar sein. Berücksichtigt man jedoch die Geschwindigkeit des Tunsbergdalsbre, die um das zwei- bis dreifache höher ist als jene der größten Ostalpengletscher, und bedenkt man, daß die Geschwindigkeit des Nigardsbre sogar jene der größten westalpinen Gletscher übertrifft, so gewinnt man die Ansicht, daß die großen Talgletscher des Jostedalsbre im Jahre 1937 höhere Aktivität besaßen als gleichwertige Alpengletscher. Die Ursache dafür ist wohl in geomorphologischen und klimatischen Eigentümlichkeiten dieses norwegischen

Gletschergebietes zu suchen, dessen starke Schneeniederschläge von 2000 bis 2400 mm Wasserwert⁷⁾ in den weiten Firmulden des Hochfjells gesammelt und den einzelnen großen Gletschern durch tief in die Hochfläche eingreifende Täler zugeführt werden.

Die Bewegung der kurzen Tal- und Hängegletscher des Jostedalsbre

Der Austerdalsbre. Im Hintergrund des Austerdals an der Ostseite des Jostedalsbre stürzen die Eismassen dreier wild zerrissener Hängegletscher (Odins-, Loke- und Thorsbre) über eine Talschlußwand hinab und vereinigen sich an ihrem Fuß zur flachen Zunge des Austerdalsbre. Den drei Zuflüssen entsprechend, besteht die Zunge aus drei Teilgletschern, die durch kräftig hervortretende Mittelmoränen geschieden werden. Vor dem Zungenende liegen auf dem flachen Talboden schön ausgebildete Endmoränenwälle.

Das Bewegungsprofil quert die Zunge im unteren Teil; infolge der Zungenwölbung konnte der jenseitige (orogr. linke) Gletscherrand nicht eingesehen werden; die Auswertung der Aufnahmen der rechten Gletscherseite ergab jedoch bereits das charakteristische Bewegungsdiagramm, das diesen Gletschertypus auszeichnet (Abb. 4).

Auf einen raschen Anstieg der Geschwindigkeit in einer 50 bis 60 m breiten Randzone folgt ein Knick in der Kurve, und im Hauptteil des Gletschers ist dann keine nennenswerte Geschwindigkeitszunahme mehr festzustellen. Schon in 100 m Entfernung vom Gletscherrand wird die Geschwindigkeit von 11 cm/Tag erreicht, die für den etwa 600 m breiten Mittelteil des Gletschers Gültigkeit hat, die Höchstgeschwindigkeit beträgt 12,8 cm/Tag.

Zwischen den äußerlich so deutlich, auch durch eigene Ogivensysteme unterschiedenen Teilgletschern machen sich keinerlei Bewegungsdifferenzen bemerkbar. Der Austerdalsbre schiebt seine Eismassen wie ein einziger Block mit etwa 11 cm Tagesgeschwindigkeit vor, wobei der Hauptteil des Gletschers ungefähr gleichartige Geschwindigkeit besitzt; dies steht im Gegensatz zu den großen Talgletschern, die das Maximum der Geschwindigkeit nach einem parabolischen Anstieg in der Gletschermite tragen.

Der Bødalsbre. Noch klarer als der Austerdalsbre zeigt diese Verhältnisse der letzte der untersuchten Gletscher, der Bødalsbre in Loen an der Westseite des Gebirges.

In steilen Brüchen senkt er sich von der Hochfläche ins Bødal hinab und erreicht noch dessen flachen Talboden, auf dem besonders schön ent-

⁷⁾ Nach H. W. Ahlmann, Scientific Results of the Swedish-Norwegian Arctic Expedition in the Summer of 1931, Geogr. Annaler, Stockholm 1933, Vol. I, S. 283.

wickelte Endmoränen den letzten Hochstand der Vergletscherung andeuten. Das Bewegungsdiagramm auf Abb. 4 läßt ähnlich wie jenes des Austerdalsbre den raschen Geschwindigkeitsanstieg in einer nur 50 m breiten Zone am Gletscherand bis zur Höchstgeschwindigkeit von 16 cm/Tag erkennen. Der 400 m breite Mittelteil des Gletschers weist keine Geschwindigkeitszunahme auf, in der Mitte tritt sogar eine Verminderung auf 13 cm/Tag ein. Auch hier ist also eine blockartige Bewegung des Gletscherkörpers vorhanden, die im Gegensatz zum Strömen der großen Talgletscher mit ihrer regelmäßigen Geschwindigkeitszunahme vom Rand zur Mitte steht.

Diese besondere, in den Diagrammen des Austerdals- und Bødalsbre ausgedrückte Bewegungsform dürfte mit dem Bau der kurzen Gletscher des Jostedalsbre eng zusammenhängen. Drei Teile sind an ihnen deutlich zu unterscheiden: das Firnsammelgebiet in flachen Mulden der Fjellhochfläche, der steile, zerrissene Eisabsturz über die Fjellwand und das mehr oder weniger lang entwickelte flache Zungenende in der Tiefe der Täler. Es hat den Anschein, als ob diese Gletscher durch den jähen Absturz über die hohe Fjellwand die beschriebene blockartige Bewegungsform erhielten, durch welche das in den Firnmulden vermutlich noch vorhandene normale Strömen abgelöst wird. Die flachen Zungen unter den Abstürzen sind dann nicht lang genug, um diese Blockbewegung wieder in eine strömende Bewegung umzuwandeln. Sie zeigen daher eine Bewegungsform, die eigentlich den hohen Eisabstürzen zukommt und dort auch wohl mit größerer Geschwindigkeit vor sich geht als in den flachen Zungenteilen.

Die Blockbewegungsform wurde an Gletschern des Nanga Parbat⁸⁾ und Spitzbergens⁹⁾ mittels photogrammetrischer Messungen festgestellt und, wie aus den Beobachtungen *E. v. Drygalskis*¹⁰⁾ und *E. Sorges*¹¹⁾ hervorgeht, besitzen auch die Ausläufer des grönländischen Inlandeises diese Bewegungsform. Charakteristisch für die Blockbewegung der Gletscher ist der rasche Anstieg der Geschwindigkeit in einer schmalen Randzone; im übrigen Querschnitt tritt keine wesentliche Bewegungszunahme mehr auf, der Gletscher schiebt sich als einheitlicher Block zu Tal. Zur Ausbildung

der Blockbewegungsform ist eine bedeutend höhere Geschwindigkeit des Gletschers nötig, als sie beim normalen Strömen auftritt. Bei den bisher beobachteten Gletschern dieser Bewegungsform werden bis zu 20 und mehr m Geschwindigkeit im Tag erreicht (Grönländische Gletscher), am Königsgletscher in Spitzbergen wurde eine Geschwindigkeit von 2—4 m im Tag gemessen. Die langsame Bewegung von 11 bis 16 cm/Tag, die an den flachen Zungenenden von Austerdals- und Bødalsbre festgestellt wurde, kann daher nicht die Ursache der hier auftretenden Blockbewegungsform sein; diese liegt vielmehr in einer vermutlich stark erhöhten Geschwindigkeit innerhalb der hohen Eisabbrüche, die für diesen Gletschertypus charakteristisch sind und die z. B. in diesen Ausmaßen an Alpengletschern nicht oder nur selten zu finden sind. So stürzt der Bergsaeterbre mit 900—1000 m hohen Eisbrüchen von 28° Neigung in das Krondal ab, wo er sich zu einer kurzen Zunge von 12° Neigung ausbreitet. (Siehe Karte des oberen Jostedals, Tafel 3).

Alle bisher beobachteten Gletscher mit Blockbewegungsform besitzen eine sehr stark zerrissene Oberfläche, ja die Zerspaltung und Zerreißung des Eises ist geradezu ein Kennzeichen für Gletscher dieser Bewegungsart. Auch dieser Umstand würde nicht gegen die Annahme einer Blockbewegung in den hohen Eisabstürzen der Gletscher des Jostedalsbre sprechen, denn auch deren Oberfläche ist an diesen Stellen außerordentlich zerrissen. Wenn dann die darunter liegenden flachen Zungen trotz ihrer wenig zerspaltenen Oberfläche und ihrer geringen Geschwindigkeit dennoch eine Art Blockbewegung aufweisen, so kann dies nur als „Vererbung“ der Verhältnisse in den hohen Eisabbrüchen gedeutet werden.

Allem Anschein nach treten somit in den Hängegletschern des Jostedalsbre gleichzeitig zwei Bewegungsformen, die strömende in den hohen Firnmulden und die blockartige in den Eisabstürzen auf. Eine sichere Klärung dieser Frage werden jedoch erst photogrammetrische Bewegungsmessungen erbringen, die in den Eisabstürzen selbst, und nicht nur auf den flachen Zungenteilen vorzunehmen sind.

Bemerkungen zu den Karten

Die Karte des oberen Jostedals mit den Zungen von Nigardsbre, Tverbre und Bergsaeterbre sowie die Karte des mittleren Tunsbergdals wurden im Sommer 1937 durch *R. Finsterwalder*, *G. Doh*† und den Verfasser terrestrisch-photogrammetrisch aufgenommen. Grundlage der photogrammetrischen Aufnahme bildete eine Triangulation mit dem Theodoliten Zeiß II; als photogrammetrische Aufnahmegerate wurden zwei Phototheodolite

⁸⁾ *R. Finsterwalder*, Die Gletscher des Nanga Parbat. Z. f. Gletscherkunde XXV, 1937.

⁹⁾ *W. Pillewizer*, Die kartographischen und gletscherkundlichen Ergebnisse der deutschen Spitzbergenexpedition 1938. Pet. Mitt. Erg. H. 238, 1939.

¹⁰⁾ *E. v. Drygalski*, Die Eisbewegung, ihre physikalischen Ursachen und ihre geogr. Wirkungen. Pet. Mitt. 1898.

¹¹⁾ *E. Sorge*, Umiakoko- und Rinkgletscher. Bericht über wissenschaftliche Arbeiten der Universal-Dr. Fank-Grönland-Expedition 1932, hg. v. d. Deutschen Universal-Film-Aktiengesellschaft, Berlin.

Zeiß TAF von der für Hochgebirgsaufnahmen bewährten leichten Bauweise verwendet. Auf den Karten sind die Triangulationsstandpunkte eingetragen, das Dreiecksnetz dehnte sich jedoch über den Rahmen der beiden Karten aus und schloß an trigonometrische Punkte der norwegischen Landesvermessung an. Für die photogrammetrische Aufnahme wurden 21 Standlinien meist an den Rändern der Hochfjelle angelegt, diese Standpunkte sind ebenfalls in den Karten eingezeichnet. Von ihnen aus war es möglich, die Talböden mit den Gletscherzungen und die steil abstürzenden Flanken der gegenüber liegenden Hochflächen mit großer Sicherheit zu erfassen. Terrestrisch-photogrammetrisch konnten jedoch die weiten Flächen der Hochfjelle selbst nicht aufgenommen werden, ihre Erfassung war, da überhöhende Standpunkte fehlten, nur randlich möglich.

Wie bereits die Feldaufnahme, so wurde auch die Auswertung der Karten durch eine Unterstützung der deutschen Forschungsgemeinschaft ermöglicht. Sie erfolgte durch den Verfasser im Winter 1937/38 am Stereoautographen des geo-

dätischen Instituts der Technischen Hochschule Hannover im Maßstab 1:16 666, wobei besonderer Wert auf die Ausarbeitung aller Einzelheiten an den Gletschern und Gletschervorfeldern gelegt wurde. Aber auch das nicht vergletscherte Gelände mit seinem spärlichen Waldbewuchs und den wenigen Siedlungen im Jostedal und Krondal wurde dem Maßstab entsprechend dargestellt. Die Geländeformen sind durch Schichtlinien im Abstand von 30 m wiedergegeben, die Namen wurden der amtlichen „Kart over Jostedalsbraeen med tilgraensende stroek“ im Maßstab 1:200 000, herausgegeben von Norges Geografiske Opmaaling 1910, entnommen.

Mit der Herstellung inhaltlich vollständiger Rohzeichnungen wurde die Kartenauswertung am Stereoautographen im Jahre 1938 abgeschlossen. Erst 1950 wurde es jedoch durch eine Beihilfe der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft möglich, die Karten ins reine zeichnen und in drei Farben drucken zu lassen, wobei zur Unterstützung der Geländeplastik ein Schummerungston mit eingedruckt wurde.

DER FERNSTE WESTEN NORDAMERIKAS IN SEINER BIO- UND ANTHROPO- GEOGRAPHISCHEN SONDERSTELLUNG

F. Bartz

Mit 4 Abbildungen

Die küstennahen Landstriche des westlichsten Nordamerika stehen infolge der verhältnismäßig reichen, vorwiegend im Winter fallenden Niederschläge und des nicht zu Extremen neigenden jährlichen Temperaturablaufs in bemerkenswertem Gegensatz zu den ostwärts von *Sierra Nevada*, *Kaskadengebirge* und der „*Coast Range*“ Britisch-Kolumbiens gelegenen Binnenlandschaften. Die größere Feuchtigkeit läßt westlich der genannten Gebirgsketten eine sehr viel üppigere Vegetation gedeihen als östlich davon in der entsprechenden Breite. Tierleben und menschliche Lebens- und Wirtschaftsformen schließen sich dem aufs engste an. Die Ausdehnung der genannten Hochgebirge wirkt zudem noch in besonderer Weise isolierend auf die verschiedenen Lebensgemeinschaften, die unmittelbar an den Gestaden des Stillen Ozeans oder in den Landschaften des großen Längstalzuges sich zu entwickeln vermochten.

Die Sonderstellung gegenüber den ostwärts anschließenden kontinentalen, trockeneren Gebieten ist derart stark, daß man vom gesamten nordamerikanischen Westküstensaum als einem Lebensraum besonderer Art zu sprechen befugt

ist. Dieser ist indes in sich mannigfach gegliedert. Sein Bereich erstreckt sich bei einer Breite von kaum mehr als 300 km von den Gestaden des Golfes von *Alaska* über 3500 km hinweg bis in den Südteil des Staates *Kalifornien* hinein. Davon entfallen 2500 km der Längerstreckung auf die geschlossenen Koniferenwälder des Nordens, an die sich innerhalb Britisch-Kolumbiens und Südostalaskas jenseits des Gebirges die sehr viel lichtereren und im allgemeinen floristischen Bilde scharf geschiedenen Wälder des Inneren anschließen.

Die ausgesprochen starke Asymmetrie des Bildes der Verteilung von Wald und offenem Land in Nordamerika wird hierbei offensichtlich. Der große zusammenhängende *Taigagürtel*, der von *Alaska* bis *Labrador* reicht, geht schließlich im Osten allmählich in breiter Front in den ausgedehnten *Atlantischen Waldgürtel* über. Diesem steht an der pazifischen Seite jenseits des zentralen Trockengebietes nur ein schmaler Saum gegenüber, der im vereinsstaatlichen Bereich sich stärker differenziert und schließlich zu dem mit Steppe durchsetzten „*Chaparral*“ Kaliforniens hinüberleitet. Diese Asymmetrie wird nur wenig

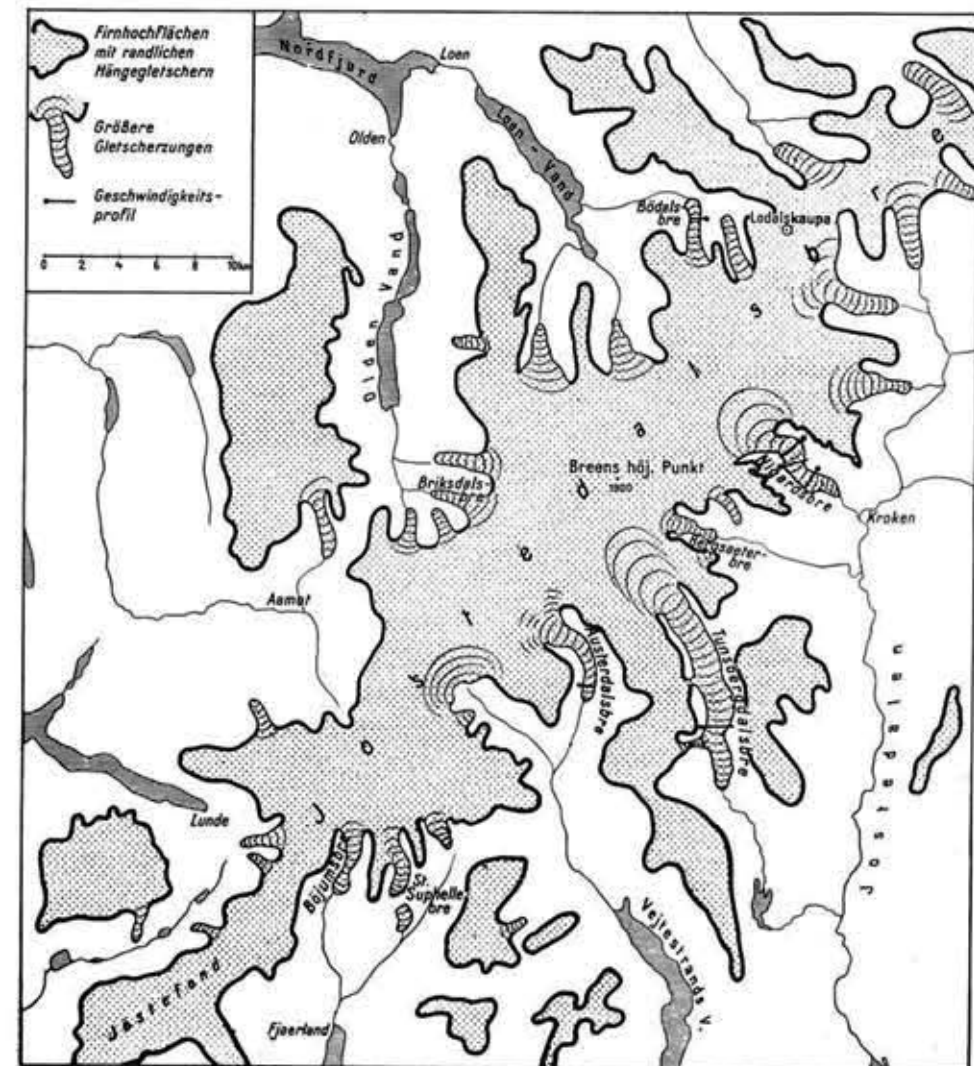


Abb. 1 (links)
Kartenskizze des Jostedalsbre

Die Umrisse der vergletscherten Gebiete sind mangels besserer Unterlagen der norwegischen Amtskarte 1 : 200 000 „Kart over Jostedalsbraeen...“ entnommen und stimmen mit den gegenwärtigen Verhältnissen nur noch teilweise überein.



Abb. 2 (oben) Aufn.: W. Pillewizer, 1937
Die Hochfläche des Jostedalsbre mit den Zungen von Bergsaeterbre (links) und Nigardsbre (rechts)

Abb. 3 (unten)

Panorama des Tusbergdalsbre. Rechts die Firnhoehfläche um Breens højeste Punkt (etwa 1900 m), links der Eistausee Brimkjelen



Karte des oberen Jostedals in Südnorwegen

Mit den Zungen von Nigardsbre, Tverbre und Bergsaeterbre.

1 : 25 000



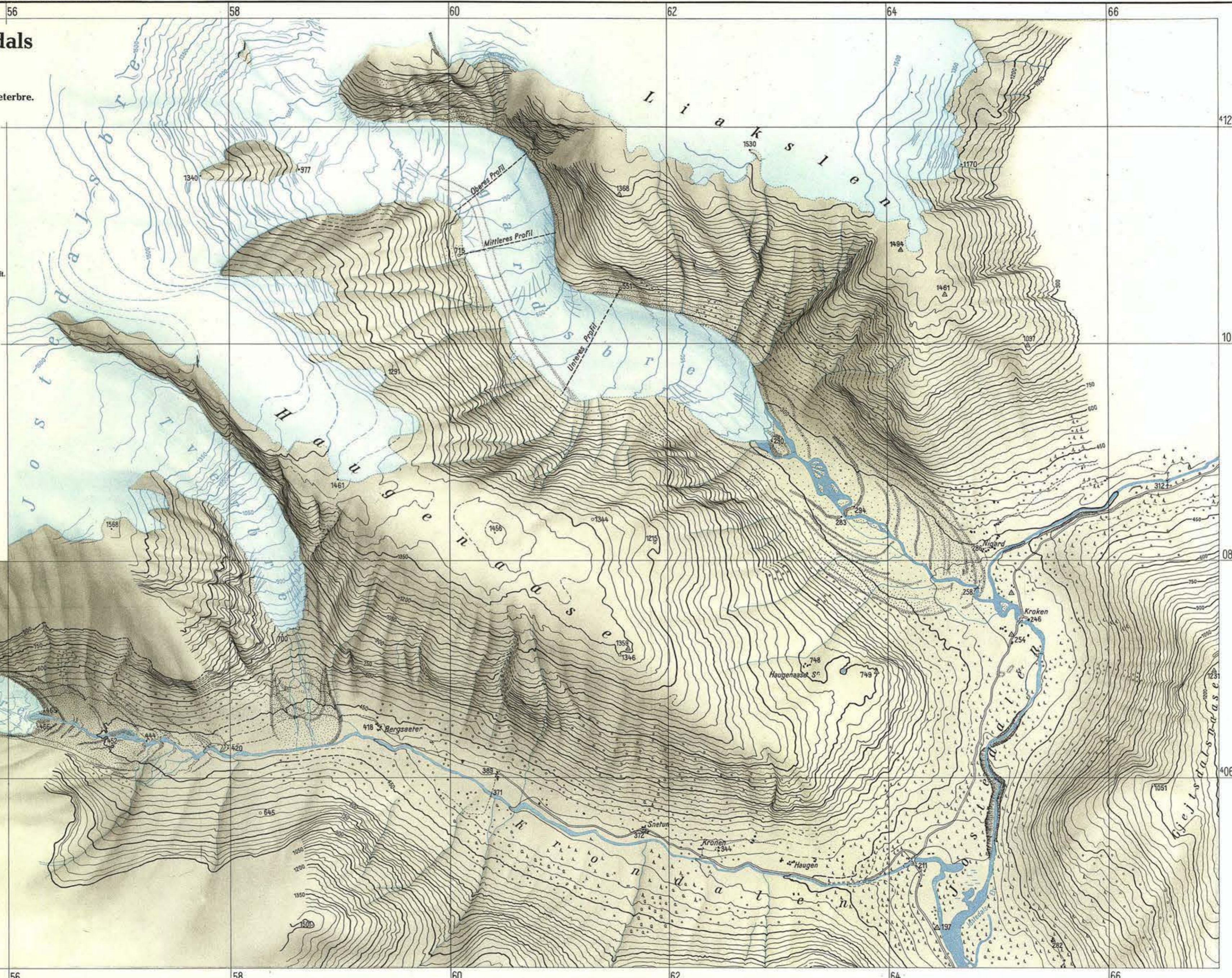
Terrestrisch-photogrammetrische Kartenaufnahme durch
Dipl. Ing. G. Dohrt, Prof. Dr. R. Finsterwalder und Dr. W. Pillewizer
während der Jostedalsbre-Studienfahrt 1937 von Dr. W. Evers.

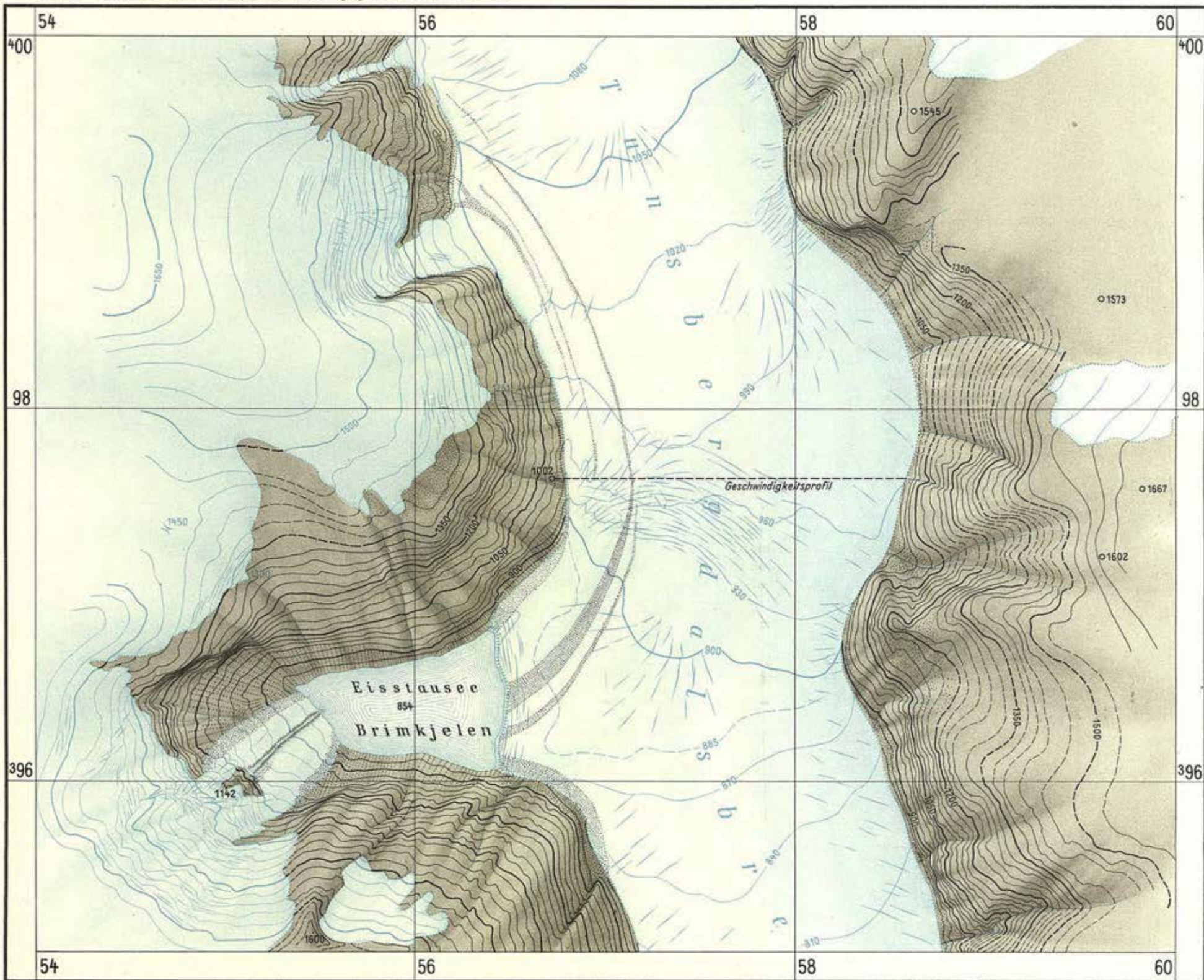
Auswertung am Stereoaufnahmen der Technischen Hochschule Hannover
durch Dr. W. Pillewizer.

Veröffentlicht mit Unterstützung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft.

Zeichenerklärung

- △ Trigonometr. Punkt
- Photogrammetr. Standpunkt
- 1462 Höhenpunkt (photogrammetr. bestimmt)
- Fahrstraße
- - - Fußwege
- - - - Gletschergeschwindigkeitsprofil
- ~ Höhenlinien im Abstand von 30 m
- ~ In nicht eingesehenen Gebieten ergänzte Höhenlinien.
- Wald und Gebüsch





Höhenlinien im Abstand von 30 m

Der mittlere Tunsbergdalsbre in Südnorwegen

Druck: Karl Wenschow G.m.b.H. München

1 : 25 000



Terrestrisch-photogrammetrische Kartenaufnahme durch Dipl. Ing. G. Doh t,
 Prof. Dr. R. Finsterwalder und Dr. W. Pillewizer während der Jostedalsbre-
 Studienfahrt 1937 von Dr. W. Evers. Auswertung am Stereoaufnahmen
 der Technischen Hochschule Hannover durch Dr. W. Pillewizer.

Veröffentlicht mit Unterstützung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft.