

Werk

Titel: Geomorphologische Abhandlungen

Untertitel: Otto Maull zum 70. Geburtstage gewidmet

Jahr: 1957

Kollektion: fid.geo

Signatur: 4 Z GEOGR 107:5

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN1030767181

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN1030767181>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=1030767181>

LOG Id: LOG_0014

LOG Titel: Untersuchungen an Blockströmen der Ötztaler Alpen

LOG Typ: section

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN103076624X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN103076624X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=103076624X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Untersuchungen an Blockströmen der Ötztaler Alpen

Von

WOLFGANG PILLEWIZER

Mit 3 Kartenskizzen, 3 Abbildungen und
2 Diagrammtafeln

Rock-Streams in the Ötztaler Alpen

From 1938 to 1955 the movement of some rock-streams or rock-glaciers in the Ötztaler Alpen, Tirol, was determined by means of photogrammetry. These rock-streams are situated in an altitude of 2400—2700 m, originating from valleys and cirques which in some cases contain small glaciers. The rock-stream in the Äußere Hochebenkar comes from a cirque without any recent glacier. The rock-streams are shaped like a glacier, the longest tongues formed by rocks are 600—700 m in length. At the upper end of two rock-tongues a velocity of 0,75 m/year was measured during a period of 17 years. The velocity increases downwards; in its medium part the Hocheben-rock-glacier has a velocity of 1,50—1,60 m/year whilst its front is moving with a velocity of 3—4 m/year. A repeated mapping showed that the Hocheben-rock-glacier is advancing with a velocity of about 4 m/year. Other rock-glaciers are advancing with a velocity of 1m/year; in these cases the tongues are 250—300 m in length. It is supposed that the rock-streams of the Ötztaler Alpen have been formed in the 17th or 18th century, when large rock masses fell over small glaciers of the „Fernau-Stadium“. Since that time the ice of these glaciers has been protected by a thick layer of rocks, the weight of which causes the slow movement of these rock-streams which are supposed to contain ice of the „Fernau-Stadium“ below the rocks.

Einleitung

Die frischen Moränenmassen der Gletscherhochstände des 19. Jahrhunderts erfüllen allenthalben Kare und Hochtäler in der Umgebung der heutigen Alpengletscher. Vielfach zeugen schön ausgebildete Endmoränenbögen in eisfreien Karen von kleinen Gletschern, die dort vor 100 Jahren noch bestanden haben. Im Bereich dieser weit verbreiteten, rezenten Gletscherablagerungen finden sich in verschiedenen Teilen der Alpen und in anderen Hochgebirgen Blockmassen, die durch ihre Form auffallen: Sie besitzen die Gestalt von Gletscherzungen und entspringen häufig aus voll-

kommen eisfreien Karen oder aus wenig aktiven Firnbecken, von wo sie weit in schutt-freies Gelände vorstoßen. Diese Blockzungen zeigen äußerlich kein Eis; ob in ihnen ein Kern von Gletschereis enthalten ist, wurde bisher noch nicht geklärt.

Schon zu Anfang dieses Jahrhunderts wurden im amerikanischen Felsengebirge¹ und in Alaska² ähnliche, „Rock Glaciers“ genannte Erscheinungen beobachtet.

E. DE MARTONNE berichtete 1920 von „Blockgletschern“, die er im Doisental beobachtet hatte³ und um dieselbe Zeit fanden die ersten eingehenden Untersuchungen an solchen Blockzungen statt⁴. Es handelte sich um mehrere Blockströme von der geschilderten Gletscherform, die mit etwa 700 m Länge einige Täler des Schweizerischen Nationalparks im Engadin erfüllen. A. CHAIX aus Genf nahm die Blockzungen im Val Sassa und im Val dell'Acqua großmaßstäblich topographisch auf und stellte mit Hilfe von Steinlinienmessungen fest, daß sich die Mittelteile der Blockgletscher mit ungefähr 1 m Jahresgeschwindigkeit talwärts bewegen, während die Randpartien geringere Geschwindigkeit besitzen. Damit war erstmals der Nachweis gelungen, daß sich diese Gebilde bewegen.

¹ E. HOWE: Landslides in the San Juan Mts. Colo. U.S.Geol.Surv. 67, 1909, Profess. paper.

² ST. R. CAPPS, jr.: Rock Glaciers in Alaska. Journal of Geology XVIII, 1910, S. 359—375.

J. B. TYRELL: Rock Glaciers or Chrystocrenes. Ebendort S. 549.

³ EM. DE MARTONNE: Le rôle morphologique de la neige en montagne. La Géographie, 34, Paris 1920.

⁴ A. CHAIX: Coulées de blocs (Rock-glaciers, Rock-streams) dans le Parc national d'Engadine. Archives des sciences physiques et naturelles, 5. Reihe, 5. Bd. Genf 1923.

In den Begleitworten zur Karte des Gepatschferners machte S. FINSTERWALDER auf Blockgletscher in den Ötztaler Alpen aufmerksam⁵. Er wies auf den Blockgletscher am Nordfuß der Krümmgampenspitze im Kaunsertal hin, der die Form einer Gletscherzunge mit Querwülsten besitzt und der gegenwärtig offensichtlich keine Bewegung mehr aufweist, während der zweite Blockgletscher des Gepatschgebietes, der unter dem Ölgrubenjoch gelegen ist, noch bewegt zu sein schien. Eine Bewegungsmessung, die S. FINSTERWALDER von 1923 bis 1924 dort vornahm, hatte jedoch nach seiner Meinung kein klares Ergebnis.

H. KINZL⁶ beobachtete in der Folgezeit Blockgletscher in den Schweizer Alpen und äußerte die Ansicht, daß die Zungen alpiner Blockgletscher, bei denen eine geschlossene Moränendecke die Ablation ausschaltete, nichts anderes seien als noch unversehrt erhaltene Gletscherkörper aus der Mitte des 19. Jahrhunderts. Sie seien also das unmittelbare Gegenstück zu den schuttbedeckten Gletscherenden der turkestanischen Gletscher.

R. LEUTELT⁷ berichtete von Blockgletschern in den Alpen und im Lasistanischen Hochgebirge, wobei er die Meinung vertrat, daß es sich bei diesen Gebilden um Moränenmassen von Gletschern des Hochstandes um 1850 handle.

Anlässlich der photogrammetrischen Aufnahmearbeiten für die Karte der Ötztaler Alpen des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins beobachtete ich 1936 weitere Blockgebilde, die die Form von Gletscherzungen haben. 1938 legte ich an drei gut ausgebildeten Blockzungen der Ötztaler Alpen photogrammetrische Bewegungsprofile an, worüber im selben Jahr erstmals berichtet wurde⁸.

Es handelte sich um den von S. FINSTERWALDER erwähnten Blockgletscher unter dem

⁵ SEB. FINSTERWALDER: Begleitworte zur Karte des Gepatschferners. Z. f. Gletscherkde, 16, 1928.

⁶ H. KINZL: Die größten nacheiszeitl. Gletschervorstöße in den Schweizer Alpen u. in d. Mont Blanc-Gruppe. Z. f. Gletscherkde. 20, 1932, S. 366.

⁷ R. LEUTELT: Die Formen der Berge. Der Bergsteiger. 2, 1932 (Hinweise auf Blockgletscher des Kerschakammes, Stubai).

R. LEUTELT: Glazialgeologische Beobachtungen im Lasistanischen Hochgebirge. Z. f. Gletscherkde. 23, 1935.

⁸ W. PILLEWIZER: Photogrammetrische Gletscheruntersuchungen im Sommer 1938. Z. Ges. f. Erdkunde Berlin 1938, 9/10.

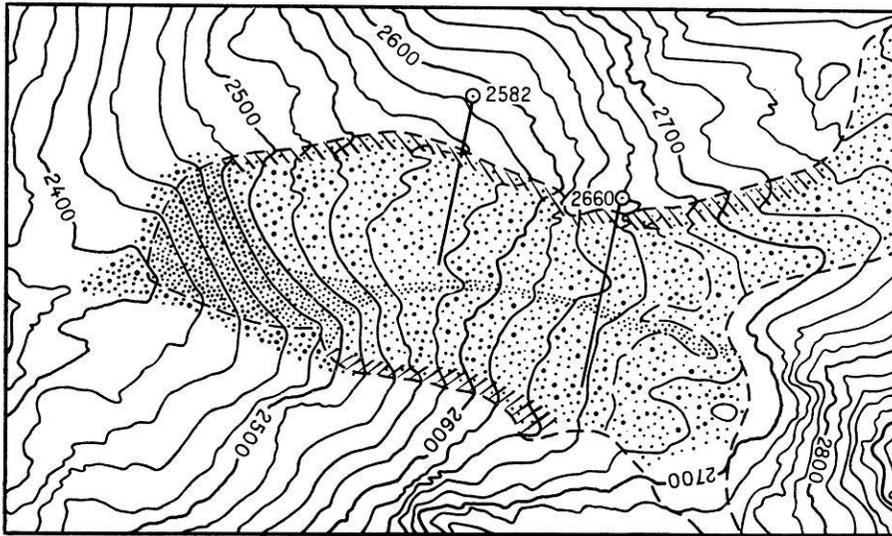
Ölgrubenjoch, sowie um die neu gefundenen Blockströme im Rotschliffkar (Taschachtal) und im äußeren Hochebenkar bei Obergurgl. 1939 konnte ich das untere Bewegungsprofil am Ölgruben-Blockgletscher nachmessen, weitere Untersuchungen wurden jedoch durch den Kriegsausbruch unmöglich. Die Messungen nahm ich erst im Jahre 1953 wieder auf. Anlaß dazu gaben Untersuchungen, die Prof. Dr. L. VIETORIS von der Universität Innsbruck im Jahre 1951 zunächst ohne Kenntnis meiner Messungen von 1938 am Hocheben-Blockgletscher bei Obergurgl begonnen hatte⁹. L. VIETORIS legte 1951 eine Steinlinie über diesen Blockstrom und beobachtete von da an alljährlich ihre Verschiebung. 1953 setzte ich meine Messungen am selben Blockstrom¹⁰ und am Ölgruben-Blockgletscher¹⁰ fort; es gelang, die Bewegung beider für die Zeit von 1938 bis 1953 zu bestimmen, und gleichzeitig führte ich photogrammetrische Neuaufnahmen der zwei Blockzungen durch. 1955 wurden die Bewegungsmessungen und die topographische Aufnahme der Hochebenzunge wiederholt. Nur die Messungen am Blockgletscher im Rotschliffkar (Taschachtal) konnten bisher nicht wieder aufgenommen werden; die photogrammetrischen Meßaufnahmen von 1938, die noch vorhanden sind, könnten jedoch, wie die Erfahrungen an anderen Stellen gezeigt haben, die Grundlage für die Geschwindigkeitsbestimmung auch dieses Blockgletschers bilden.

Der Blockgletscher unter dem Ölgrubenjoch im Kaunsertal

S. FINSTERWALDER⁵ hat 1928 eine eingehende Beschreibung dieser Blockzunge gegeben, die aus Firnfeldresten unter der Hinteren Ölgrubenspitze und dem Wonnetkopf entspringt

⁹ Ich bin Herrn Prof. Dr. L. VIETORIS, dem Kurator der alpinen Forschungsstätte der Universität Innsbruck in Obergurgl sehr zu Dank verpflichtet, daß er mir die Ergebnisse seiner Steinlinienmessungen von 1951 bis 1956 am Blockgletscher im äußeren Hochebenkar zur Verfügung stellte und ebenso der Verwaltung des Sportheims der Universität Innsbruck in Obergurgl, die meine Untersuchungen von 1953 und 1955 unterstützte.

¹⁰ Der Ausdruck „Blockgletscher“ wird hier gleichbedeutend mit dem Begriff „Blockstrom“ verwendet. Beides bezeichnet die oben geschilderten Blockmassen von der Form einer Gletscherzunge, die deutliche Fließstrukturen zeigen. Dabei soll der Ausdruck „Blockgletscher“ nicht vorwegnehmen, daß es sich um verschüttete Eisgletscherzungen handelt.



Karte 1

Photogrammetr. Bewegungsprofil

Die Zunge des Ölgrubenblockgletschers

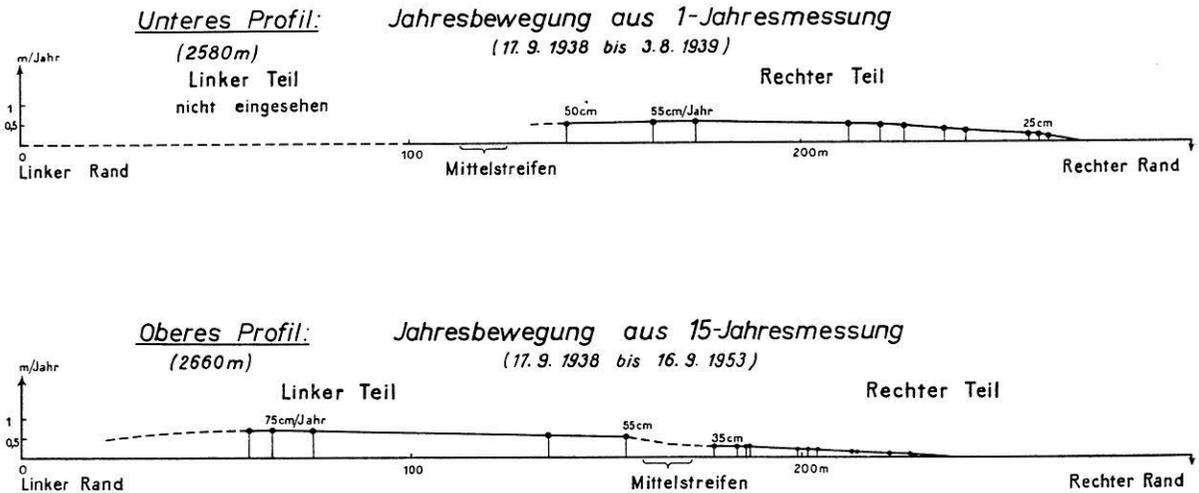
Maßstab 1 : 10 000

Vergrößerung aus der Karte des Gepatschfeners 1 : 20 000
von Seb. Finsterwalder 1922.

(Abb. 1). Die Kartenskizze 1 stellt eine Vergrößerung 1 : 10 000 aus der im Jahre 1922 von S. FINSTERWALDER und Mitarbeitern aufgenommenen Karte des Gepatschfeners 1 : 20 000 dar. Die etwa 800 m lange und 300 m breite Blockzunge reicht bis zur Höhe von 2400 m herab, wo sie mit einem 80 bis 100 m hohen Steilabschwung auf einem völlig ebenen grasbewachsenen Boden endet. Im oberen Teil zeigt sie längsstreifige Materialanordnung: ein mittlerer Längsstreifen von gelbem Gestein trennt braunen Schutt der linken von grauem Schutt der rechten Seite. Weiter unten treten, wie Abb. 2 deutlich erkennen läßt, bogenförmige Querwülste auf; nach beiden Seiten vor allem zu den Almflächen an der rechten Seite fällt die Zunge mit einem Randwulst steil ab. Die Blöcke an der Oberfläche der Zunge sind dicht mit Flechten bewachsen. Diese Oberflächenschicht reicht vor bis über den Steilabschwung am Zungenende. Der Steilabschwung selbst ist eine Sturzhalde, gebildet aus frischem nicht flechtenbewachsenem Schuttmaterial und über sie stürzen scheinbar öfters Blöcke der flechtenbedeckten Oberflächenschicht herab, die sich auf dem flachen Boden vor der Zunge ansammeln.

S. FINSTERWALDER vermutete aus diesem Befund, daß sich die Zunge heute noch bewegt.

Seine von 1923 bis 1924 durchgeführte Bewegungsmessung in 2550 m Höhe, die den rechten unteren Teil der Zunge erfaßte, ergab jedoch keine Bewegung, die größer war als $\frac{1}{2}$ m im Jahr. Im September 1938 legte ich in 2582 m und in 2660 m Höhe an der rechten Seite der Blockzunge zwei photogrammetrische Bewegungsprofile an (siehe Kartenskizze und Diagrammtafel 1). Das untere Profil wurde am 3. August 1939 nachgemessen. Auf den Meßplatten konnte nur der rechte Teil der Zunge bis nahe an den mittleren Längsstreifen eingesehen werden, so daß ebenso wie bei der Messung S. FINSTERWALDERS 15 Jahre vorher nur der rechte Teil der Zunge erfaßt wurde. Bemerkenswerterweise begann die meßbare Bewegung erst 17 m innerhalb des 12 m hohen Seitenwalls, der auf Abb. 2 deutlich sichtbar ist. Dieser wulstartige Seitenwall war also unbewegt wie die Seitenmoräne eines Gletschers. Es wurden 12 Punkte ausgemessen, die ein gleichmäßiges Ansteigen der Geschwindigkeit von 3,7 cm/Jahr auf 55 cm/Jahr ergaben. Gegen den Endpunkt der Meßlinie sank die Geschwindigkeit auf 50 cm im Jahr ab. Der Meßzeitraum umfaßte 320 Tage, es wurde auf ein Jahr extrapoliert. Schon die Messungen S. FINSTERWALDERS, die von derselben Gegend aus vorgenommen worden waren, hatten $\frac{1}{2}$ m



Diagrammtafel 1

Jahresbewegung der Blockzunge ergeben. Die Übereinstimmung mit der Messung von 1938/39 zeigt, daß den Messungen S. FINSTERWALDER's mehr Gültigkeit zukommt, als er selbst ihnen zutraute.

Leider konnte der Meßpunkt des unteren Profils im Jahre 1953 nicht mehr mit Sicherheit aufgefunden werden. Das 1938 errichtete Signal, das in der Nähe eines viel begangenen Weges lag, war in den verflossenen 15 Jahren zerstört worden, so daß eine Bestimmung der Bewegung des Blockgletschers in diesem Profil für den Zeitraum 1939 bis 1953 nicht mit genügender Sicherheit möglich war.

Die Untersuchungen von 1953, die durch eine Beihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft ermöglicht wurden¹¹, und an denen auch die Teilnehmer des Kurses für Hochgebirgsforschung am Gepatschhaus mitwirkten¹², hatten im oberen Bewegungsmeßprofil ein günstigeres Ergebnis: 1938 hatte ich den Meßstandpunkt abseits des Weges auf einem markanten Felsen am Rande des Blockgletschers in 2660 m Höhe errichtet und er konnte 1953 mit Sicherheit wieder aufgefunden werden. Die Wiederholungsaufnahme wurde am 16. September 1953, genau 15 Jahre nach der Ur-

¹¹ Auch schon die Messungen von 1938/39 waren von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt worden.

¹² G. LINDIG: Kurs für Hochgebirgsforschung 1955. Allg. Vermessungsnachrichten, 1953, Nr. 12.

aufnahme gemacht und es war tatsächlich möglich, auf beiden Meßplatten 17 Punkte im Profil quer über den Blockgletscher zu identifizieren und ihre Bewegung für den Zeitraum von 15 Jahren zu bestimmen (siehe Diagramm 1). In diesem Profil konnte die Oberfläche des Blockstroms bis nahe an den linken Rand eingesehen werden, so daß nicht nur die rechte, sondern auch die linke Zungenhälfte erfaßt wurde. Die groben Blöcke boten einwandfreie, auch seit 15 Jahren nicht veränderte Meßziele und trotz der langsamen Bewegung des Blockstroms erreichten die Verschiebungsparallaxen Werte bis über 8 mm, so daß eine sichere Bewegungsmessung möglich wurde. Die größte horizontale Verschiebung ergab sich 251 m vom Standpunkt entfernt in der linken Hälfte des Blockgletschers mit 11,20 m in 15 Jahren, das entspricht 75 cm im Jahr. Es besteht ein auffälliger Unterschied in der Geschwindigkeit der beiden Blockgletscherhälften, die durch den gelben Mittelstreifen wie durch eine Mittelmoräne getrennt sind: die linke Seite bewegt sich im oberen Profil um mehr als das Doppelte rascher als die rechte, deren Höchstgeschwindigkeit hier 35 cm im Jahr betrug, wobei die Bewegung überhaupt erst 85 m vom Meßpunkt entfernt fast unmerkbar einsetzte.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Blockzunge bewegungsmäßig aber auch der



Abb. 1. Der Ölgrubenblockgletscher im Kaunsertal, Gesamtansicht.
Aufnahme W. Pillewizer 1953



Abb. 2. Unterer Teil des Ölgrubenblockgletschers mit bogenförmigen Querwülsten
Aufnahme W. Pillewizer 1938



Abb. 3. Der Blockgletscher im äußeren Hochebenkar bei Obergurgl

Aufnahme W. Pillewizer 1955

Oberflächenform nach aus zwei Teilen besteht: Der rechte Teil bewegt sich im oberen Profil mit 35 cm, im unteren Profil mit 55 cm Jahresgeschwindigkeit. Der linke Teil hatte im oberen Profil 75 cm Jahresgeschwindigkeit im unteren Profil war eine Bewegungsmessung der linken Seite nicht möglich. Es wäre sehr interessant, die Messungen auch hier auszuführen, um festzustellen, ob auch im linken Teil die Bewegung von oben nach unten zunimmt, wie auf Grund des Vorrückens der linken Zungenhälfte vermutet werden kann.

Die am Ölgruben-Blockstrom festgestellte Bewegung, die durch den langjährigen Meßzeitraum gut gesichert erscheint, verlangte nach einer Überprüfung der Lage des Blockgletscher-Endes gegenüber der Aufnahme S. FINSTERWALDER's von 1922. Im Sommer 1953 machte ich in 2412 m Höhe von einer 358 m langen Basis am gegenüberliegenden Hang des Kaunsertales eine photogrammetrische Neuaufnahme des Blockgletschers. Die Auswertung der Meßaufnahmen am Stereoautographen ergab für den rechten Teil der Blockzunge keine nennenswerte Verschiebung des unteren Randes der Sturzhalde, die auf dem ebenen Boden in 2400 m Höhe ruht. Die linke Zungenhälfte hingegen ist in den vergangenen 31 Jahren deutlich vorgerückt. Die linke, durch dunklere Färbung abgehobene Sturzhalde endigte 1922 in 2495 m und 1953 in 2480 m Höhe, was einem Vorrücken um etwa 30 m entspricht. Außerdem ist die linke Zungenhälfte im unteren Teil um 6 bis 7 m angeschwollen, während die rechte Zungenhälfte mehr oder weniger unverändert geblieben und oberhalb 2600 m sogar eingesunken ist. Die linke Zungenhälfte schiebt sich jährlich also um etwa 1 m vor, was durch das geneigte Gelände vor ihrer Sturzhalde erleichtert wird; bei der rechten Blockgletscherhälfte, die nur noch schwach bewegt ist, hindert die ebene Fläche, auf der die Sturzhalde ruht, das Vorschieben. Die Bewegung genügt zwar zur Bildung der bogenförmigen Querwülste und sie veranlaßt auch den Absturz der flechtenbedeckten Oberflächenblöcke über die Sturzhalde auf das flache Vorland, sie reicht jedoch nicht aus, um die rechte Zungenhälfte über diese Fläche vorzuschieben.

Der Blockgletscher im äußeren Hochebenkar bei Obergurgl¹³

4 km südlich Obergurgl umrahmen die Gipfel des Hangerers (3021 m) und des Hochebenkammes (3149 m) das äußere Hochebenkar, dessen wenig geneigter Boden in 2700 bis 2800 m Höhe liegt. Bis auf wenige Lawinenschneereste apert Kar und Karumrahmung im Sommer völlig aus, es ist hier kein rezenter Gletscher mehr vorhanden (siehe Abb. 3 und Kartenskizze 3). Dafür nehmen Blockmassen von ausgesprochener Gletscherform diese Mulde ein. In streifenförmiger Anordnung ziehen Blockwülste über ihren flachen Boden herab. In 2680 m Höhe entwickelt sich eine Blockzunge von 300 m Breite und 700 m Länge, die mit einem 50 bis 60 m hohen Steilabschwung in etwa 2400 m Höhe endigt. Die Oberfläche der Blockzunge besteht aus grobblockigem Material in längsstreifiger Anordnung. Ähnlich wie beim Ölgrubenblockgletscher sind die Oberflächenblöcke mit Flechten bewachsen; diese dunkle Oberflächenschicht hebt sich deutlich von dem helleren, frischen Material der Sturzhalde am Zungenende ab. Der Rand der Blockzunge oberhalb der Sturzhalde ist als steiler Blockwall von den umgebenden Fels- und Almwiesenflächen abgesetzt. Querwülste sind auf der Blockzunge nur spärlich entwickelt, ganz im Gegensatz zur Ölgruben-Blockzunge. Die Hochebenzunge hängt jedoch mit ihrem Ende in Steilgelände hinab, während die Ölgrubenzunge auf einer ebenen Fläche ruht. Auf der Nordseite des Hochebenkares kommt an der Zungenwurzel in 2680 m Höhe ein Bach unter den Blockmassen hervor, der längs der Blockzunge herabfließt; unterhalb der Sturzhalde, die keinen unmittelbaren Bachaustritt zeigt, treten starke Quellen auf.

An diesem Blockstrom legte ich im September 1938 in 2707 m Höhe ein erstes photogrammetrisches Bewegungsmeßprofil an. Es entspricht Profil Nr. 3 der Kartenskizze von 1953. Wie oben erwähnt wurde, konnte ich

¹³ Über die Untersuchungen an diesem Blockgletscher soll nach Durchführung weiterer Beobachtungen, die für 1957 geplant sind, ein ausführlicher Bericht in der Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie veröffentlicht werden. Es wird hier deshalb nur kurz auf die wichtigsten Messungsergebnisse des Zeitraumes 1938 bis 1955 eingegangen.

dieses Profil erst im Jahre 1953 nachmessen. Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Geodätischen Instituts der Technischen Hochschule München¹⁴ wurde im Sommer 1953 nicht nur Profil 3 nachgemessen, sondern ich legte auch die Meßprofile 2 und 1 an und nahm die Hochebenzunge von einer Standlinie am Ramolhausweg photogrammetrisch auf. Profil 2 wurde in die Steinlinie von L. VIETORIS gelegt. Nachdem dieser bereits 1951 die Steinlinie im mittleren Profil (Nr. 2) eingemessen und alljährlich ihre Verschiebung beobachtet hatte, legte er 1954 zwei weitere Steinlinien in die photogrammetrischen Profile 1 und 3, so daß nunmehr die Bewegung der Blockzunge sowohl photogrammetrisch als auch durch Steinlinien erfaßt wird. Es dürfte kaum einen anderen Gletscher, geschweige denn einen Blockstrom geben, dessen Bewegung mit ähnlicher Genauigkeit beobachtet wird.

Im Jahre 1955 wurden die photogrammetrischen Messungen von 1953 wiederholt. Ich nahm mit Unterstützung des Deutschen Alpenvereins die Nachmessung der drei photogrammetrischen Bewegungsprofile vor und wiederholte die Aufnahme der Zunge von den Standpunkten am Ramolhausweg. Die Teilnehmer des Kurses für Hochgebirgsforschung 1955 in Obergurgl waren bei diesen Messungen behilflich. H. BAUMERT vom Institut für Photogrammetrie der Technischen Hochschule München legte damals überdies auf der Distelwies unterhalb der Gurgler-Alm eine photogrammetrische Nahstandlinie gegen das Zungenende des Hocheben-Blockgletschers an, die in Zukunft eine genaue Überwachung seines Vorrückens ermöglichen wird.

Die Bewegung des Hocheben-Blockgletschers

Profil 3: Die erste Aufnahme erfolgte am 26. September 1938. Der 2707 m hoch gelegene Standpunkt konnte am 17. August 1953 un-

¹⁴ Herr Dr. G. EICHORN vom Geodätischen Institut der Techn. Hochschule München führte 1953 eine Kleintriangulation im Gebiet des Hocheben-Blockgletschers durch, um die genaue Lage der Geschwindigkeitsmeßpunkte und der photogrammetrischen Standlinien zu bestimmen. Es sei ihm und dem Institut für die Mitarbeit, die die Grundlagen für die weiteren Meßarbeiten bot, an dieser Stelle bestens gedankt.

verändert aufgefunden werden, so daß die Wiederholungsaufnahme einwandfrei möglich wurde. Auf den beiden nahezu 15 Jahre auseinanderliegenden Meßaufnahmen ließen sich 19 Punkte im Profil quer über den Blockstrom identifizieren, so daß ihre Bewegung für diesen Zeitraum ermittelt werden konnte. Ein Meßpunkt, der 163 m vom linken Rand entfernt lag, hatte sich 11,10 m weit abwärts bewegt; gegen beide Ränder zu nahm die Bewegung ab und sie erlosch erst unmittelbar am Blockgletscherrand.

Bei Annahme gleichmäßiger Bewegung während der 15 Jahre ergibt dies einen Jahresdurchschnitt von 75 cm, ebensoviel, wie im oberen Profil des Ölgruben-Blockgletschers bei der 15-Jahresmessung ermittelt wurde.

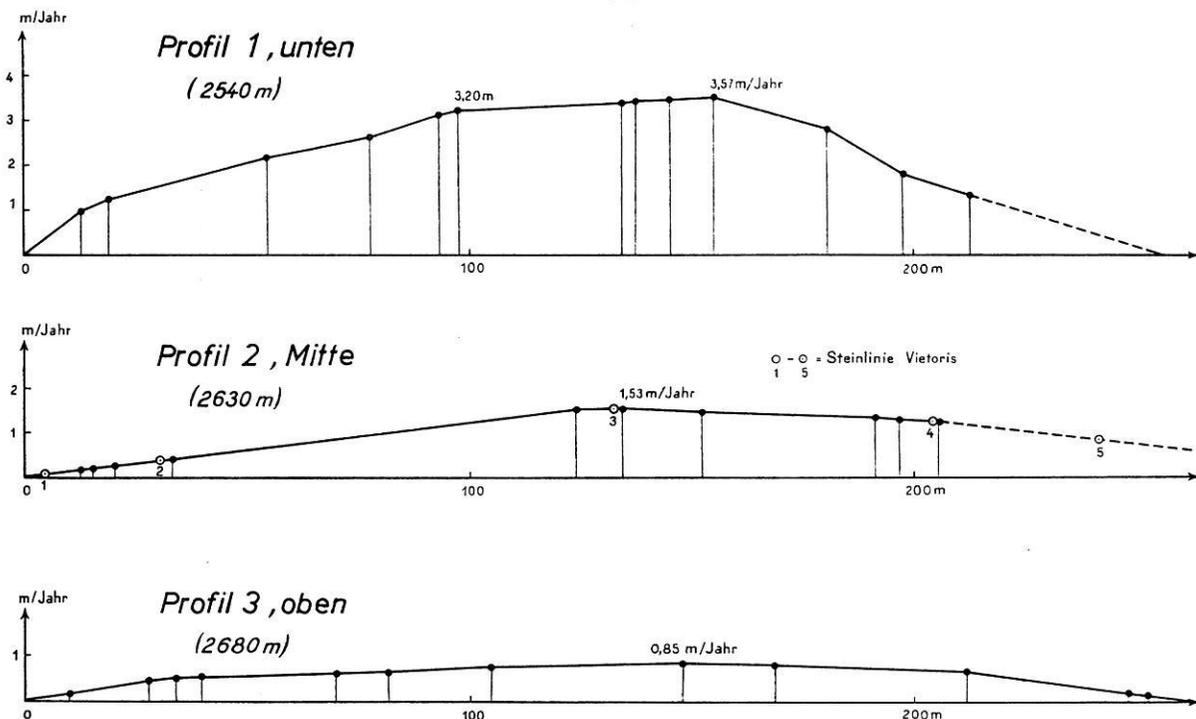
Auf Diagrammtafel 2 ist die Bewegung in Profil 3 dargestellt, wie sie sich aus der photogrammetrischen Messung von 1953 bis 1955 ergeben hat. Die Wiederholungsmessung 1955 erfolgte am 29. August, der Meßzeitraum betrug also etwas mehr als zwei Jahre. Die Höchstgeschwindigkeit lag diesmal bei 85 cm/Jahr, 148 m vom linken Rand entfernt; 12 Meßpunkte ließen ein gleichmäßiges parabolisches Ansteigen der Geschwindigkeit vom Rand zur Mitte erkennen.

Für die Zeit von 1954 bis 1955 ergab die Steinlinienmessung von L. VIETORIS¹⁵ in Profil 3 eine Jahreshöchstgeschwindigkeit von 84 cm, wobei allerdings die Entfernung des Meßpunktes vom Gletscherrand nicht bekannt ist. Beide Messungen stimmen also sehr gut überein.

Profil 2: Schon aus den Steinlinienmessungen war bekannt geworden, daß sich der Hocheben-Blockgletscher im mittleren Profil etwa doppelt so rasch bewegt wie im oberen. Im Zeitraum 1951 bis 1952 maß L. VIETORIS eine Bewegung des Steins Nr. 3 von 1,61 m, 1952 bis 1953 eine solche von 1,84 m. Die photogrammetrische Messung 1953 bis 1955 (siehe Diagrammtafel Nr. 2) ergab eine Höchstgeschwindigkeit von 1,53 m/Jahr. Die Steinlinie ordnete sich gut in das photogrammetrische Bewegungsprofil ein. Infolge der Wölbung der Blockzunge konnte ihr rechter Rand auf den

¹⁵ Alle Angaben über die Steinlinienmessungen stammen aus unveröffentlichtem Material von Herrn Prof. Dr. L. VIETORIS, Innsbruck.

HOCHEBENBLOCKGLETSCHER : Photogrammtr. Bewegungsmessungen
 Jahresdurchschnitt 1953 - 1955



Diagrammtafel 2

Meßplatten nicht eingesehen werden, Stein Nr. 5 ergibt jedoch einen Hinweis auf den Verlauf der Bewegungskurve an dieser Stelle.

Profil 1: Hier erhöhte sich die Geschwindigkeit des Blockstromes auf 3,57 m/Jahr, also ungefähr auf das Vierfache von Profil 3 und aufs Doppelte von Profil 2. Auch die Steinlinienmessung hatte in Profil 1 ein ähnliches Ergebnis, nämlich eine Höchstgeschwindigkeit von 3,30 m für den Zeitraum 1955/56. Allerdings war für 1954/55 dort an einem anderen Stein nur eine Höchstgeschwindigkeit von 2,65 m gemessen worden. Wie schon in Profil 2 zu erkennen war, nehmen die Schwankungen der Jahresbewegung mit Erhöhung der Geschwindigkeit zu.

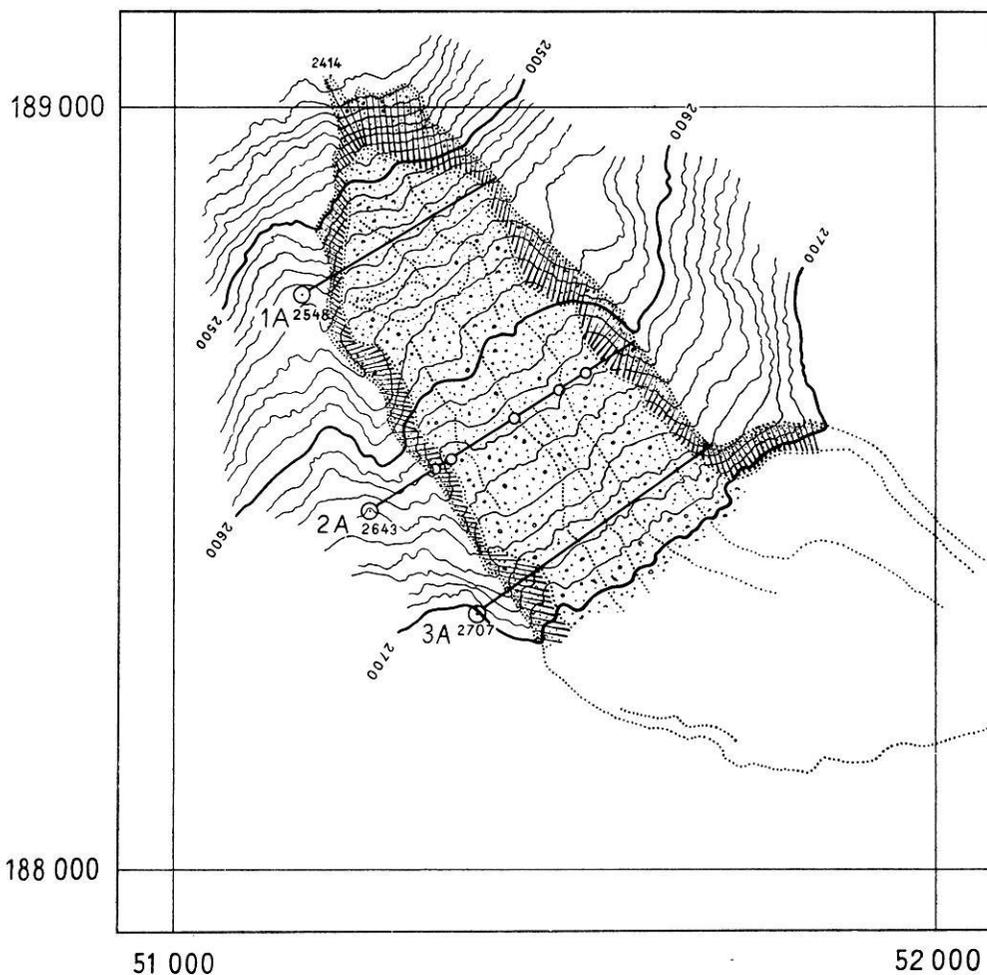
Zusammenfassend läßt sich zur Bewegung des Hocheben-Blockgletschers folgendes sagen:

Die Bewegung erfafßt die ganze Blockzunge, es sind hier keine seitenmoränenartigen, bewegungslosen Randwülste vorhanden. Die Bewegung steigt parabolisch vom Rand zur Mitte an und erreicht dort ihren Höhepunkt. Die Geschwindigkeit nimmt in der Blockzunge von oben nach unten von 0,75 cm/Jahr bis auf über

3 m/Jahr zu, und zwar so, daß in Profil 2 ungefähr die doppelte und in Profil 1 die vierfache Geschwindigkeit von Profil 3 herrscht. Dabei ist ein ungefähr lineares Ansteigen der Geschwindigkeit von Profil 3 bis Profil 1 zu erkennen; nimmt man an, daß sich der Geschwindigkeitsanstieg bis zur Vorderkante des Stirnbuckels fortsetzt, so ist dort mit einer Jahresgeschwindigkeit von über 4 m zu rechnen.

Das Vorrücken
 des Hocheben-Blockgletschers

Die einwandfrei gemessene, nach unten immer mehr zunehmende Bewegung erweckte die Vermutung, daß sich die Blockzunge auch heute noch über ihr Vorland vorschieben müsse. Um dies festzustellen, nahm ich sie 1953 vom gegenüberliegenden Hang des Gurgler-Tales mit einer Standlinie von 295,7 m Länge terrestrisch-photogrammetrisch auf. Die Auswertung führte ich im Maßstab 1 : 10 000 am Stereoautographen der Technischen Hochschule München durch (Kartenskizze 2). Die Blockzunge wurde bis zur Höhe von 2700 m durch 10 m-Schichtlinien erfafßt, die randlichen



Karte 2

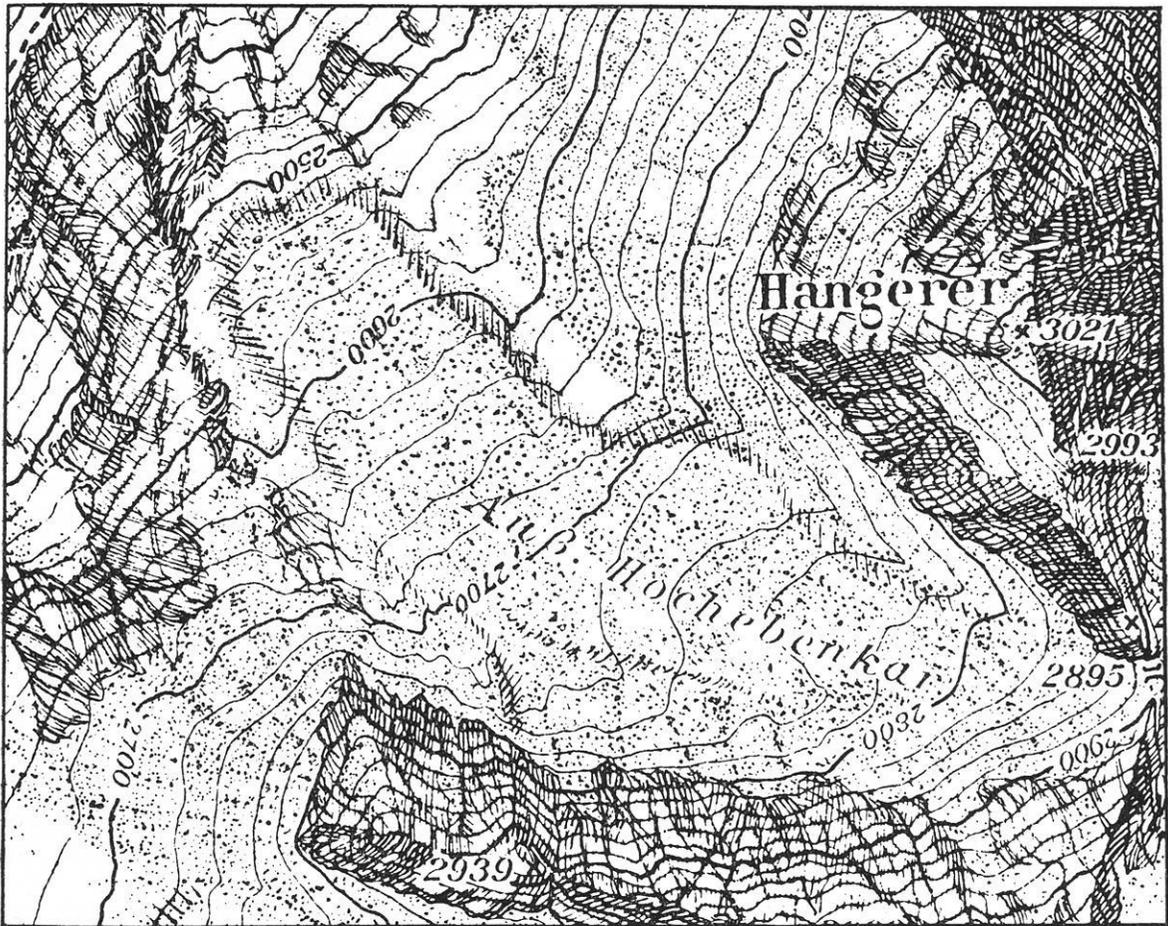
Die Blockzunge im äußeren Hohebenkar
Neuaufnahme 1 : 10 000, 1953

Steilränder und die Sturzhalde am Zungenende wurden durch Schraffenreihen angedeutet, Punktreihen bezeichnen die im allgemeinen längsstreifig angeordneten Blockwülste. In die Skizze sind die Bewegungsprofile 1, 2 und 3 eingezeichnet, in Profil 2 sind die 5 Meßsteine von L. VIETORIS als kleine Kreise dargestellt.

Bei den Aufnahmen für die Alpenvereinskarte im Jahre 1936 wurde der Blockgletscher erstmals photogrammetrisch erfasst; auf Blatt Gurgl 1 : 25 000 des Öztaler Kartenwerks ist er im Maßstab 1 : 25 000 dargestellt. Kartenskizze 3 ist eine Vergrößerung 1 : 10 000 aus diesem Blatt. Ein Übereinanderlegen der Aufnahmen von 1936 und 1953 zeigt, daß in den Hanggebieten links und rechts von der Zunge die Höhenlinien verhältnismäßig gut zur Dek-

kung gebracht werden können. Auf der Zunge selbst ergeben sich folgende Verhältnisse: In der Zone zwischen 2700 und 2600 m ist die Oberfläche von 1953 unregelmäßig um etwa 5 m gegenüber 1936 eingesunken. Zwischen 2580 und 2530 m ist das Einsinken stärker und erreicht fast 10 m. Der auf der AV-Karte in dieser Zone eingezeichnete, als Schraffenreihe angegebene Steilrand ist nun nicht mehr vorhanden. Dafür ist aber tiefer unten in 2450 bis 2500 m Höhe eine Vorwölbung der Blockzunge entstanden, die in der neuen Kante und dem Absturz zur Endhalde zum Ausdruck kommt. Hier ist die Oberfläche des Blockstroms um 10 bis 15 m höher als 1936.

Die Schuttpunktierung der Sturzhalde reicht auf der AV-Karte, allerdings nur sehr vage angedeutet, bis 2440 m Höhe, während der



Karte 5
Der Blockgletscher im äußeren Hohebenkar
 Maßstab 1 : 10 000. Aufnahme 1956. Vergrößerung aus der Alpenvereinskarte 1 : 25 000

Schutt 1953 schon bis 2414 m herabzog. Entscheidend für das Ausmaß des Vorrückens der Blockzunge ist jedoch die Verschiebung des Stirnbuckels: 1936 lag seine Oberkante noch bei etwa 2530 m, 1953 schon unter 2490 m, und wenn man der Schraffenreihe der AV-Karte trauen darf, so läßt sich ein Vorschieben der Steilkante um etwa 80 m in 17 Jahren erkennen. Nun ist die Vergrößerung der Alpenvereinskarte natürlich nicht so genau wie die Neuaufnahme 1 : 10 000 von 1953 und außerdem hat man vermutlich bei der Auswertung der Meßaufnahmen von 1936 nicht so sehr auf die morphologischen Eigentümlichkeiten dieses Blockstroms geachtet. Immerhin erscheint aber ein Vorrücken des Zungenendes um mindestens 50 m seit 1936, also um jährlich wenigstens 3 m gesichert zu sein.

1955 wurde die photogrammetrische Aufnahme der Blockzunge vom Ramolhausweg wiederholt und außerdem nahm H. BAUMERT das Zungenende aus 700 m Entfernung im Maßstab 1 : 5000 auf. Die von ihm durchgeführte Auswertung dieser Aufnahmen läßt gegenüber der Kartenskizze von 1953 wieder ein deutliches Vorrücken des Steilrandes oberhalb der Sturzhalde erkennen: 1953 erreichte die vorderste Kante noch nicht 2480 m, 1955 lag sie schon unter dieser Höhenlinie, was ein Vorrücken um 8 bis 10 m bedeutet. Auch die Sturzhalde erstreckte sich 1955 schon bis 2395 m Höhe herab. 1957 soll die Nahaufnahme des Zungenendes wiederholt werden, so daß man dann völlig sichere Werte über das Vorrücken des Blockgletschers erhalten wird.

Im Jahre 1955 wurden von Teilnehmern des Gletscherkurses oberhalb des Stirnbuckels spaltenartige Einbrüche in der Oberfläche des Blockgletschers beobachtet. Es handelte sich um eine quer zur Fließrichtung liegende Einsenkung, also um eine Art Querspalte und um mehrere kreisrunde Einbrüche. Auch diese Spalten und Einsenkungen waren von Blöcken erfüllt und zeigten kein Eis. Offensichtlich handelte es sich um Zerrungsspalten, wie sie durch die nach unten zunehmende Bewegung der Blockzunge entstehen müssen, eine Erscheinung, die durch das Steilgelände im Bereich des Zungenendes verstärkt werden dürfte.

Überblickt man die bisherigen Messungen, so läßt sich erkennen, daß die Blockzunge im äußeren Hochebenkar gegenwärtig über ihr Vorland mit einer Geschwindigkeit von etwa 4 m im Jahr vordringt, wobei sich ein Stirnbuckel bildet, hinter dem die Zungenoberfläche einsinkt. Vermutlich hat sich dieses Vorrücken beschleunigt, seit die Blockzunge mit ihrem Ende in Steilgelände hinabhängt; bei Anhalten der jetzigen Bewegung dürfte sie in etwa 50 Jahren den Alpenvereinsweg, der in 2290 m Höhe unter ihr vorbeiführt, erreicht haben.

Die Blockzunge im inneren Hochebenkar

Wendet man sich vom Blockgletscher im äußeren Hochebenkar nach Süden, so quert man zunächst den auslaufenden Rücken des Hochebenkammes. Die mächtigen Blockmassen die ihn bedecken, besitzen weder Zungenform noch weisen sie Bewegungsstrukturen auf. Nach ihrer Durchquerung gelangt man auf wenig geneigte, von Almwiesen eingenommene Flächen in 2680 m Höhe, die aus dem inneren Hochebenkar herabziehen. Dies ist ein aktives Gletscherkar, welches den kleinen Hochebenferner birgt, dessen Firmulde bis 3100 m Höhe hinaufreicht. Endmoränenwälle in 2720 m Höhe deuten einen rezenten Hochstand des Ferners an. Am Süden dieses Endmoränenkranzes springt eine Blockzunge von 200 m Breite etwa 250 m weit in das Almengelände vor. Ihr Ende, dem ein Bach entströmt, ruht auf einer flach geneigten Wiesenfläche von 2670 m Höhe. Die Blockzunge hat eine Durchschnittsneigung von 14° und besteht

an der Oberfläche aus sehr großen Blöcken. Das Ende schwingt mit einer Neigung von etwa 30° zum Wiesenboden ab und dieser Steilabschwung zeigt feineres Material. Vor der Zunge liegen auf dem Wiesenboden grobe Blöcke, die offensichtlich von der Zungenwölbung herabgestürzt sind.

Zur Klärung, ob auch diese Blockzunge Bewegung besitzt, legte ich am 19. August 1955 in 2686 m Höhe eine photogrammetrische Meßstandlinie nördlich des Zungenendes an. Am 29. August 1955 wurde die Meßaufnahme wiederholt. Ihre Auswertung ergab, daß sich das Ende der Blockzunge mit einer Jahresgeschwindigkeit von 1,10 m vorwärts bewegt, wobei dieser Wert den Durchschnitt aus 5 Punkten darstellt, die im Bereich des Übergangs von der grobblockigen Oberflächenwölbung zum Steilabschwung ausgemessen wurden. Die Blöcke, die vor der Zunge liegen, sind wohl als Folge dieser Bewegung über den Steilabschwung abgestürzt. Wie Herr Prof. VIETORIS beobachtete, führt der Bach, der aus der Blockzunge strömt, zeitweilig Gletschertrübe, zu anderen Zeiten ist sein Wasser ganz klar.

Bemerkenswert ist es, daß die Blockzunge die aus dem inneren Hochebenkar kommt, dieselbe Lage zu den Steilwänden des Eiskögele (3003 m) einnimmt, wie der Blockgletscher im äußeren Hochebenkar zu den Felswänden des Hochebenkammes. In beiden Fällen haben diese Felshänge das Material für die Bildung der Blockzungen geliefert.

Schl u ß f o l g e r u n g e n

Aus den Untersuchungen an Ötztaler Blockströmen lassen sich folgende Beobachtungstatsachen hervorheben:

1. Allgemeine Lage:

Die Blockgletscher der Ötztaler Alpen, auch die nicht näher untersuchten, wie jene an der Krummgampenspitze oder im Rotschliffkar liegen in 2500 bis 2700 m Höhe im Bereich rezenter Moränen kleiner Gletscher, über die sie jedoch talwärts mehrere 100 m weit vorstoßen. Wie vor allem die Blockzunge im inneren Hochebenkar zeigt, ist der Zusammenhang mit diesen Moränen unverkennbar.

2. Oberflächenformung:

Aus schwach verfirnten oder auch firnfreien Ursprungskaren entspringt eine Blockzunge von Gletscherform mit grobblockiger, oft flechtenbewachsener Oberflächenschicht, die an einer Steilkante über einer Sturzhalde endigt. Über diesen Steilabschwung, der aus frischerem Material besteht, stürzen Oberflächenblöcke aufs Vorland vor der Zunge ab. Die Blockzunge besitzt Fließstruktur mit Längswülsten. In Stauchungsgebieten treten bogenförmige Querwülste, in Zerrungsgebieten Querspalten auf.

3. Bewegung:

Die untersuchten Blockströme bewegen sich langsam talwärts, ihre Geschwindigkeit ist in der Mitte am größten und nimmt gegen die Ränder zu ab.

Bei Blockgletschern, deren Zungen etwa 300 m breit und 700 m lang sind, herrscht an der Zungenwurzel eine Jahresgeschwindigkeit von 0,75 m. Nach unten nimmt die Geschwindigkeit zu, im Falle des Blockgletschers im äußeren Hochebenkar bis auf über 4 m/Jahr. Dabei bildet sich ein Stirnbuckel aus, hinter dem die Oberfläche des Blockstroms einsinkt.

4. Vorschieben der Blockzunge:

Falls das Gelände kein Hindernis bildet, schiebt sich die Zunge über ihr Vorland vor und zwar ungefähr mit der Geschwindigkeit, die im Stirnbuckel herrscht. Beim äußeren Hocheben-Blockgletscher sind das gegenwärtig etwa 4 m im Jahr, wobei dieses Vorschieben durch Steilgelände begünstigt wird, in welches das Zungenende hinabreicht. Am Ölgruben-Blockgletscher wird das Vorschieben durch eine ebene Flußfläche vor dem Zungenende gehemmt, weshalb hier bogenförmige Stauchungswülste auftreten, die dem Hocheben-Blockgletscher fehlen.

Die unter 1 und 2 zusammengefaßten Beobachtungen stimmen überein mit solchen früherer Autoren, die über das Blockgletscher-Phänomen berichtet haben. Auch die Bewegung wurde bereits an Schweizer Blockgletschern bestimmt¹⁶, doch dürften die Zunahme der Geschwindigkeit nach unten und das Vorschieben der Blockzungen über ihr Vorland

¹⁶ Durch A. CHAIX, Fußnote Nr. 4.

bisher noch nicht gemessen worden sein. Gerade diese Erscheinungen können aber wesentlich zum Verständnis der Blockgletscherbildung beitragen.

Überblickt man die bisherige Literatur, so lassen sich drei Hauptmeinungen über die Entstehung der Blockgletscher unterscheiden:

Die erste nimmt an, daß die Blockgletscher nichts anderes seien als verschüttete Gletscherzungen, die vielleicht heute noch einen Kern von bewegtem Gletschereis enthalten¹⁷.

Die zweite Theorie geht von der Annahme aus, daß die Blockgletscher Moränen- oder Bergsturzmassen seien, zwischen deren Blöcken sich Schnee, Regen- oder Schmelzwasser zu Klufteis („interstitial ice“ amerikanischer Autoren) umgebildet habe, welches durch abwechselndes Auftauen und Wiedergefrieren das Fließen der Blockzungen bewirke¹⁸.

Die dritte Theorie vermittelt zwischen den beiden ersten: An Schweizer Blockgletschern wurde im obersten Abschnitt vielfach Toteis innerhalb der Schuttmassen beobachtet, ein Zeichen dafür, daß sie aus richtigen Gletschern hervorgegangen sind. Das Schmelzwasser dieses Toteises soll dann die darunterliegenden Schuttmassen durchtränkt und zu ihrer Fließbewegung geführt haben. Wie die Untersuchungen von A. CHAIX⁴, H. BOESCH¹⁹ und J. DOMARADZKI²⁰ an den Blockgletschern des Schweizer Nationalparks zeigen, kommt diese Entstehungsursache sicherlich für die besondere Art der Schweizer Blockgletscher in Betracht, deren Schuttmassen aus quellenden Rhätmergeln und Dolomitbrocken bestehen, also aus relativ feinem und bei Durchtränkung fließbarem Material, während die Block-

¹⁷ Diese Meinung vertraten u. a. E. HOWE (Fußnote 1) und WHITMANN CROSS („Rock-slides of the San Juan Mountains of Colorado“. U.S.Geolog.Surv.Folio Nr. 120, 1903) und in neuerer Zeit vor allem J. KESSELL, der auf Grund von Untersuchungen über „Rock streams in the Sierra Nevada, California“ (Geogr. Review, 31, 1941) besonders betonte, daß die grobblockigen Massen dieser Blockströme nur durch Gletschereis weit von ihren Ursprungsgebieten fort verfrachtet worden sein können. Auch S. FINSTERWALDER (Fußnote 5) und H. KINZL (Fußnote 6) vermuteten Gletschereis in den Blockgletschern der Alpen.

¹⁸ Diese Theorie wurde vertreten durch St. R. CAPPS und J. B. TYREL (Fußnote 2), sowie durch E. DE MARTONNE (Fußnote 3).

¹⁹ H. BOESCH: Beiträge zur Kenntnis der Blockströme. Die Alpen, 27, 1951.

²⁰ J. DOMARADZKI: Blockströme im Kanton Graubünden. Ergebnisse der wissensch. Untersuchung. d. schweizerischen Nationalparks. Bd. III, H. 24, 1951.

gletscher der Öztaler Alpen ausgesprochen grobblockig sind und nur wenig Feinmaterial enthalten.

Schon die Lage der Öztaler Blockgletscher im Bereich rezenter Moränen läßt erkennen, daß ihre Entstehung mit der Vergletscherung zu tun haben muß, eine Tatsache, auf die für die Blockströme der Sierra Nevada bereits J. KESSELI¹⁷ mit Nachdruck hingewiesen hat. Sonst müßten die Blockgletscher ja auch außerhalb des Bereichs der gegenwärtigen Vergletscherung auftreten und es wäre nicht verständlich, warum sich z. B. aus den beiden Hocheben-Karen Blockströme vorschieben, während die Blockmassen am Hang zwischen den beiden Karen offensichtlich unbewegt sind und keine Blockgletscherstruktur zeigen.

Als Erklärung für die Bildung der Öztaler Blockströme kommt meines Erachtens nur die oben erwähnte erste Theorie in Frage. In den Ursprungskaren müssen richtige kleine Gletscher gelegen haben, die durch starke Schuttlieferung aus den darüber liegenden Karwändern völlig verschüttet und von den darauf gestürzten Blockmassen gleichsam überwältigt wurden.

Welcher Mechanismus wird ausgelöst, sobald eine kleine Gletscherzunge von mächtigen Blockmassen verschüttet wird?

Das Eis der Gletscherzunge liegt dann unter einer mehrere Meter dicken Blockschicht und wird durch sie weitgehend oder sogar vollständig vor der Abschmelzung geschützt. Die Blockschicht über dem Eis muß mehrere Meter dick sein, da es bisher noch nicht gelang, durch diese Schicht bis zum vermuteten Eis vorzudringen. Daß eine Blockschicht eine Gletscherzunge vor der Ablation schützt, ist offensichtlich und kann durch entsprechende Abschmelzmessungen erhärtet werden. Während der Karakorum-Expedition 1954 stellte ich fest, daß eine Blockschicht von durchschnittlich $\frac{1}{2}$ m Dicke auf dem Eis des Baturagletschers genügte, um dort die Ablation auf die Hälfte der Abschmelzung schutfreien Eises herabzudrücken. Um wieviel mehr muß dann eine mehrere Meter dicke Blockschicht das darunter liegende Gletschereis schützen. Es erscheint durchaus möglich, daß auf diese Weise Gletschereis über Zeiträume von mehreren hundert Jahren konserviert werden kann.

Wie H. HEUBERGER²¹ und Mitarbeiter feststellten, zeigen die Bachaustritte aus den beiden Hocheben-Blockzungen Wassertemperaturen von 0,1 bis 0,5° C; dies liegt so knapp über dem Gefrierpunkt, daß der Gedanke an Gletschereis im Inneren der Blockströme nicht von der Hand zu weisen ist. Die Bäche, die aus dem äußeren Hochebenblockgletscher kommen, zeigen keine Gletschertrübe, beim Abfluß der inneren Hochebenzunge wechselt Gletschertrübe mit klarem Wasser. Es ist fraglich, ob die geringe Jahresbewegung von 0,75 bis 4 m, das ist 2 bis 11 mm im Tag, überhaupt ausreicht, um Gletschertrübe zu erzeugen. Die Gletschertrübe im Bach vor der inneren Hochebenzunge kann durchaus vom noch aktiven Hochebenferner stammen.

Um einen Blockgletscher zu bilden, muß also nach unserer Theorie ein kleiner richtiger Gletscher von mächtigen Blockmassen überwältigt werden. Während bei den schuttverhüllten Gletschern des Karakorum-Gebirges eine Blockschicht von $\frac{1}{2}$ bis 1 m Dicke auf Eis von 100 bis 300 m Mächtigkeit ruht, ist das Verhältnis bei den Öztaler Blockgletschern ein ganz anderes. Konstruiert man Querschnitte durch die Zunge des äußeren Hochebenblockstroms, wobei die Hangeigung von beiden Seiten her sinngemäß unter der Zunge durchgeführt wird, so erkennt man, daß der Blockstrom nicht dicker ist als 30 bis 40 m. Hierbei ist allerdings keine besondere Überbiefung des Gletscherbettes angenommen. Einer Blockschicht von vielleicht 10 m Dicke steht dann nur ein Eiskörper von 20 bis 30 m Mächtigkeit gegenüber, doch über diese Verhältnisse im Inneren der Blockzungen wissen wir noch nichts. Man kann nur aus den Bewegungsvorgängen an der Oberfläche Schlüsse ziehen, die auf das Vorhandensein eines Eiskörpers in der Tiefe hinweisen.

Hier ist es weniger die Abnahme der Oberflächengeschwindigkeit von der Mitte zu den Seitenrändern, die auf bewegtes Gletschereis hindeutet, denn auch sonstige zähflüssige Massen würden diese Erscheinung zeigen. Beweiskräftiger für das Vorhandensein von Gletschereis scheint aber die Zunahme der Ge-

²¹ Ich bin Herrn Dr. HELMUT HEUBERGER, Innsbruck, sehr zu Dank verpflichtet für die Angaben über seine Wassertemperaturmessungen im Sommer 1956 an den Quellaustritten der beiden Hochebenkare.

schwindigkeit von oben nach unten zu sein. wie sie sowohl im Ölgruben- als auch im äußeren Hochebenblockgletscher festgestellt wurde. Der vermutete Eiskörper in der äußeren Hochebenzunge erhält schon lange keinen Firn- oder Eisnachschieb mehr aus dem Ursprungskar, welches völlig eisfrei ist, und es ist auch sehr zweifelhaft, ob die Ölgruben-Blockzunge noch mit den Firnfeldresten ihrer Ursprungskare in Verbindung steht. Demnach müßten die vermuteten Gletschereismassen im Inneren der Zungen bewegungslos tot sein. Die Blockmassen, die an der Zungenwurzel auf dem Eis des verschütteten Gletschers liegen, üben jedoch auf dieses einen Druck aus, der eine Fließbewegung des Eises auf seiner geneigten Unterlage mit einer Jahresgeschwindigkeit von etwa 0,75 m auslöst, wobei die Blockschicht vom langsam bewegten Eis mitgenommen wird. Diese Bewegung pflanzt sich im Gletschereis nach unten fort. Aber auch weiter unterhalb liegen ebenso mächtige Blockmassen auf dem Eis, die gleichfalls ihren ständigen Druck ausüben, der zum Fortpflanzungsdruck dazukommt. Die Bewegung muß also talab immer schneller werden und diese Zunahme der Geschwindigkeit wurde ja auch beobachtet²². Es ist also anzunehmen, daß ein Eiskörper, der wahrscheinlich langsam abschmilzt, unter dem Druck der Blockmassen talwärts wandert und dabei die überlagernde Blockschicht mitnimmt. Mit dieser Annahme stimmt die Beobachtung überein, daß hinter dem sich vorschiebenden Stirnbuckel die Blockgletscheroberfläche einsinkt.

Der Ölgruben-Blockgletscher besitzt an der orographisch rechten Seite unbewegte Rand-

partien, die im oberen Profil 60 m und im unteren 28 m breit sind. Wahrscheinlich ist der Eiskörper im rechten Teil der Zunge seitlich bereits stark abgeschmolzen, so daß die randlichen Blockmassen nicht mehr auf Eis ruhen und deshalb unbewegt sind, was neben der langsamen Bewegung (oben 35 cm, unten 55 cm/Jahr) ein Zeichen für das allmähliche Absterben der rechten Hälfte dieses Blockgletschers ist.

Abschließend sei noch die Frage behandelt, warum sich an bestimmten Stellen der Öztaler Alpen Blockgletscher entwickelt haben und wann dies geschehen sein dürfte. Zur Blockgletscherbildung müssen günstige geologische, geomorphologische und klimatische Verhältnisse zusammentreffen: Starke Schuttlieferung muß in eine günstig gelegene Karmulde erfolgen, die einen nicht zu großen Gletscher enthält und diese drei Bedingungen sind nur an relativ wenigen Stellen gegeben. Neben Karmulden, denen Blockzungen entspringen, liegen zahlreiche andere in derselben Exposition und Höhenlage, die keine Blockzungen entwickelt haben, wohl aber oft Moränenmassen von Gletschern rezenter Hochstände enthalten.

Vergleicht man mehrere, in derselben Exposition liegende, jetzt meist eisfreie Kare des Gurgler Kammes nach der Höhenlage ihrer Moränenenden, so findet man sie im Königstal bei 2660 m, im Ht. Wurmeskar bei 2720 m, im Plattenkar bei 2650 m, im Wietenkar nördlich des Timmeljochs bei 2660 m und auch der Moränenkranz des inneren Hochebenkars liegt in 2720 m Höhe. Nur die lange Blockzunge des äußeren Hochebenkars reicht bis 2400 m herab. Nimmt man an, daß der ursprüngliche Gletscher dieses Kars vor seiner Verschüttung die normale Länge seiner Nachbargletscher hatte, so muß er in 2650 bis 2680 m Höhe geendet haben. Das heißt, daß sich seit Bildung des Blockgletschers die Zunge um etwa 600 m talwärts bewegt hat. Man darf nun nicht annehmen, daß die Vorwärtsbewegung immer schon so rasch war wie heute, da das Zungenende in Steilgelände hinabreicht; man wird aber, den Bewegungsmessungen entsprechend, eine durchschnittliche Fortbewegung um 1,5 bis 2 m im Jahr vermuten dürfen. Die Blockgletscherbildung müßte hier daher vor unge-

²² Interessant ist der Vergleich der Bewegung des äußeren Hochebenblockgletschers mit jener des sogenannten „Erdgletschers“ unter dem Bergrutsch an der Mackenröder Spitze bei Göttingen.

H. MORTENSEN und J. HÖVERMANN: Der Bergsturz an der Mackenröder Spitze bei Göttingen. (Congrès International de Géographie. Rio de Janeiro 1956. Premier Rapport de la Commission pour l'étude des Versants.) Dieser 90 m lange und 140 m breite, aus Rötmergeln und Muschelkalk bestehende, zungenförmige „Erdgletscher“ schob sich als eine Art Schlammstrom in 3 Jahren 4 m weit talab. Die Verfasser schließen aus Zerrungsspalten in seinem oberen Teil darauf, daß dort die Bewegung langsamer war als an der Stirn, doch fehlen hierfür genauere Meßunterlagen. Es wäre von Interesse, hier und an anderen bewegten Gebilden wie Murgängen, Schlammströmungen usw. Bewegungsmessungen in Quer- und Längsschnitten vorzunehmen, um festzustellen, ob auch dort eine Zunahme der Bewegung von oben nach unten stattfindet.

fähr 350 Jahren eingetreten sein, also im frühen 17. Jahrhundert, was dem frührezenten Fernauhochstand der Vergletscherung entspricht. Bei der Blockzunge im inneren Hochebenkar, die etwa 250 m weit aus ihrem Moränenkranz vorspringt, muß bei 1 m gemessener Jahresgeschwindigkeit die Blockgletscherbildung vor etwa 250 Jahren, also um 1700, eingetreten sein. H. BOESCH¹⁹ nimmt für die Blockgletscher im Schweizer Nationalpark ein Alter von 100 bis 200 Jahren an.

Die Blockgletscher der Öztaler Alpen können als eine Erscheinung der frührezenten Gletscherhochstände angesehen werden. Die Fernaugletscher der damaligen Zeit sind schon längst weggeschmolzen, in den Zungen der Blockgletscher blieben aber einige ihrer Eiskörper konserviert und sie wandern, mächtige Blockmassen mit sich führend, immer noch talab, eine merkwürdige Erscheinung in dieser Zeit des allgemeinen Gletscherschwundes.