

haben für das Polje als Ganzes keine größere Bedeutung; ihre Folgen spiegeln sich nur im Mittelteil des Poljes und einigen Teilen der Umrandung wider. Das Becken des Duvanjsko Polje ist also tektonisch angelegt und durch Erosionsprozesse in der Nachseephase, und zwar im mittleren und oberen Pliozän und im unteren Quartär ausgebildet worden.

Das Obersulzbachkees im Sommer 1939.

Eine gletscherkundliche Studie.

Von **Wolf Pillewizer.**

Mit 3 Abbildungen im Text.

In der ersten Hälfte des Monats September 1939 hätte am Obersulzbachkees in der Venedigergruppe ein Kurs für Gletscherkunde und verwandte Hochgebirgsforschung¹ stattfinden sollen, dessen Abhaltung durch den Kriegsausbruch verhindert wurde. Von Mitte August bis Anfang September wurden zur Vorbereitung am Obersulzbachkees verschiedene gletscherkundliche Untersuchungen durchgeführt, die den Zweck hatten, Beobachtungsmaterial zu sammeln, das während des Kurses bearbeitet werden sollte. Obwohl diese Untersuchungen nur beschränkten Umfang hatten und nur die Gletscherzunge erfaßten, soll hier doch über sie berichtet werden, um zu zeigen, daß mit Hilfe der angewandten photogrammetrischen Meßmethoden schon nach verhältnismäßig kurzfristigen Beobachtungen Aussagen über den Stand des untersuchten Gletschers möglich sind.

Die Arbeiten wurden an sechs Tagen in der Zeit vom 14. August bis zum 3. September 1939 durchgeführt und erforderten eine Feldarbeitsdauer von rund 33 Stunden. Als Meßinstrument stand mir ein Zeiß-Feldphototheodolit, Format 13×18 , zur Verfügung, der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft beigestellt worden war. Bei den Feldarbeiten unterstützten mich die Herren Dr. W. Klakl, F. Aurada, H. Hoinkes und E. Sturmair. Die Kosten der Feldarbeiten trugen die Deutsche Forschungsgemeinschaft und der Deutsche Alpenverein, denen an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Die Neuaufnahme der Gletscherzunge (Abb. 1).

Als E. Richter um das Jahr 1880 mit der großmaßstäblichen Vermessung von Ostalpengletschern begann, führte er an der Zunge des Obersulzbachkeeses eine der ersten derartigen Aufnahmen im Maßstab

¹ Der Deutsche Alpenverein veranstaltet seit dem Jahre 1913 derartige Kurse in regelmäßiger Folge; der letzte fand 1936 am Mittelbergferner im Pitztal (Tirol) statt.

1 : 5000 durch². In der Folgezeit wurde der Gletscher regelmäßig beobachtet und im Jahre 1892 zum erstenmal durch G. Kerschensteiner³ photogrammetrisch aufgenommen; seine Karte wurde allerdings erst 1911 zusammen mit einer weiteren Aufnahme des Zungenendes von E. Rudel aus dem Jahre 1904 im Maßstab 1 : 10.000 veröffentlicht³.

Während der folgenden 30 Jahre erfolgte keine Neuaufnahme des Gletschers; erst 1934 wurde er für die österreichische Karte 1 : 25.000 durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien, jetzt Hauptvermessungsabteilung 14, terrestrisch photogrammetrisch aufgenommen. Die neue, 1938 erschienene Venedigerkarte des Deutschen Alpenvereins ist ein Zusammendruck aus der österreichischen Karte und stellt daher das Obersulzbachkees nach dem Stande von 1934 im Maßstab 1 : 25.000 dar.

Wie die vom Gletschermeßdienst des Deutschen Alpenvereins alljährlich durchgeführten Nachmessungen ergeben haben⁴, befand sich das Obersulzbachkees seit 1934 ständig im Rückzug; bis zum Sommer 1939 waren daher an der Gletscherzunge bedeutende Veränderungen aufgetreten, für deren Erfassung sich eine photogrammetrische Neuaufnahme des Zungenendes als nötig erwies.

Die Aufnahmen wurden am 2. September 1939 von einer 515 m langen Standlinie aus durchgeführt, die in 2038 m Höhe auf einem mächtigen Moränenwall im Gletschervorfeld lag. Die Hauptvermessungsabteilung 14 hatte für den geplanten Gletscherkurs die Koordinatenwerte verschiedener Festpunkte im Hintergrund des Obersulzbachtales in entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellt, wodurch die Berechnung der photogrammetrischen Aufnahmestandpunkte ermöglicht wurde. Die Auswertung der Aufnahmen erfolgte am Stereoautographen des Geodätischen Instituts der Technischen Hochschule Hannover; sie nahm zusammen mit den notwendigen Rechenarbeiten nicht viel mehr als einen Tag in Anspruch.

Die im Maßstab 1 : 10.000 ausgeführte Kartenskizze wurde auf die Gletscherzunge und ihre nächste Umgebung beschränkt; auf Abb. 1 ist nur die Zunge selbst wiedergegeben, die Schichtlinien im Felsgelände wurden fortgelassen, da sie bei der einfarbigen Darstellung das Bild verwirrten. Der Schichtlinienabstand beträgt ebenso wie auf der Vene-

² Veröffentlicht in der „Zeitschrift“ des D. u. Ö. A. V. 1883.

³ E. Rudel, Der Obersulzbachgletscher in der Venedigergruppe seit dem letzten Vorstoße. Als Beilage Karten des Zungenendes von G. Kerschensteiner aus dem Jahre 1892 und von E. Rudel aus dem Jahre 1904. Zeitschr. f. Gletscherkunde, 5, 1910/11.

⁴ Siehe Berichte über die Ostalpengletscher in der Zeitschr. f. Gletscherkunde 1935—1939.

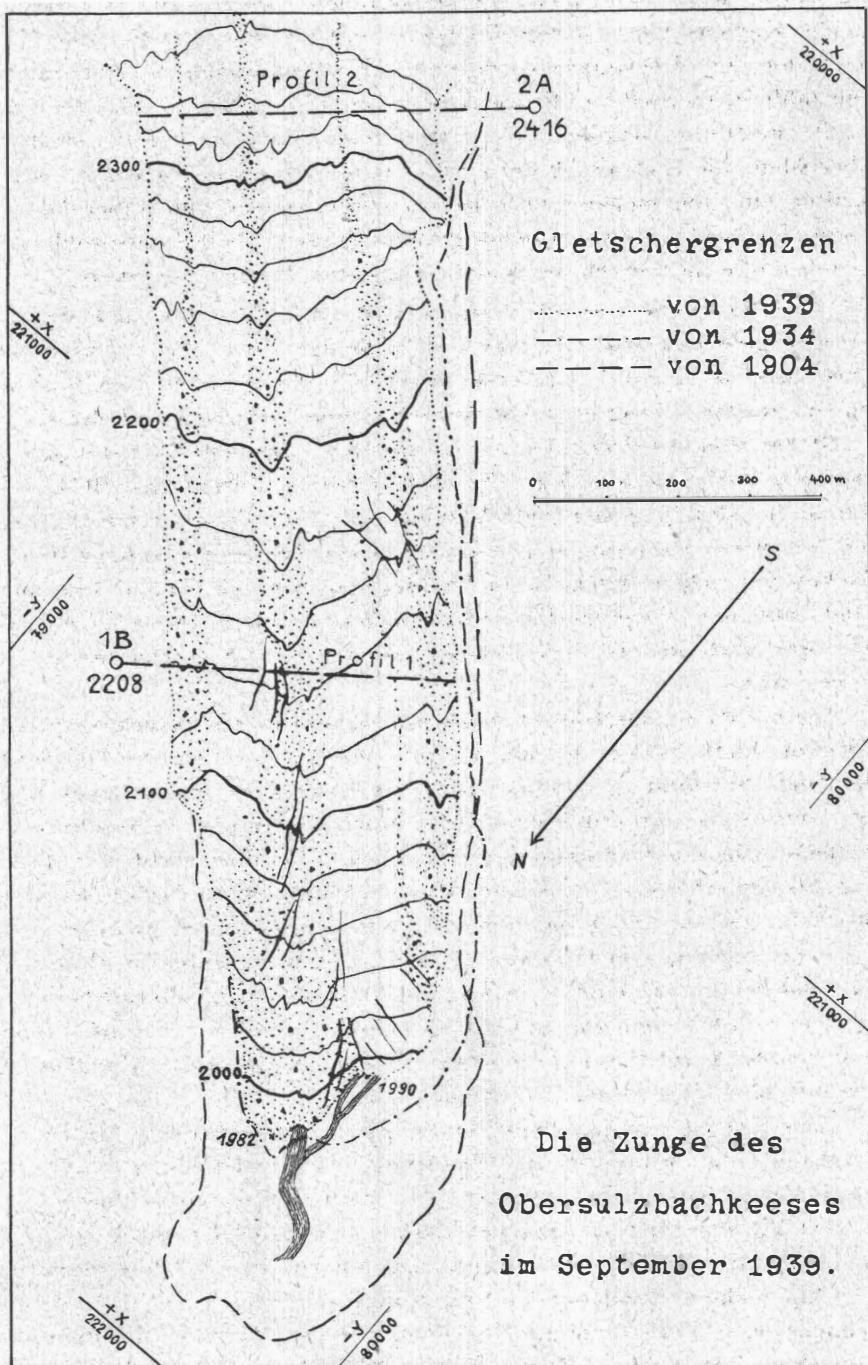


Abb. 1. — Maßstab 1:10 500.

digerkarte des D. A. V. 20 m, die 100 m-Linien sind stärker ausgezogen. In die Kartenskizze wurden die Gletschergrenzen von 1904 und 1934 nach den für diese Jahre vorliegenden Kartenaufnahmen eingetragen. Die zahlreichen Spalten, die im Bereich des Eisbruches „Türkische Zeltstadt“ auftreten, wurden nicht eingezeichnet, um die Skizze nicht zu überladen; die Eintragung der drei Mittelmoränen und wichtiger Längsspalten am Zungenende wurde jedoch vorgenommen und außerdem die Lage der beiden unteren photogrammetrischen Bewegungsprofile angegeben, die im Bereich der Kartenskizze das Zungenende queren.

An der Form der Schichtlinien von 1939 fällt auf, daß sie viel weniger gerundet sind als jene der Venedigerkarte. Es ist natürlich klar, daß im Maßstab 1:25.000 nicht alle Einzelheiten der Schichtlinien zur Darstellung gebracht werden können, die noch auf der Karte 1:10.000 zum Ausdruck kommen; überdies springen 1939 die Mittelmoränen kräftiger aus der Gletscheroberfläche hervor als 1934, wodurch die Rundung der Schichtlinien auf der Gletscherzunge unterbrochen wird. Immerhin scheinen jedoch verschiedene charakteristische Zacken der Schichtlinien, besonders am orographisch linken Gletscherand, auf der Venedigerkarte unterdrückt worden zu sein, ähnlich wie dies auch im eisfreien Gelände an der rechten Talflanke festzustellen war.

Seit 1904 ist das Gletscherende um nahezu 300 m zurückgegangen, seit dem Jahre 1934 rechts um 30, links um 60 bis 80 m. Der Vergleich der Gletscherstände von 1904 und 1939 ergibt kein einheitliches Bild, aus dem etwa der durchschnittliche Rückgang eines Jahres zu entnehmen wäre, denn während der vergangenen 35 Jahre wurde der Rückzug des Gletschers in den Jahren 1918 und 1927 durch Vorstöße unterbrochen. Es soll daher im folgenden nur der Vergleich zwischen den Kartenaufnahmen von 1934 und 1939 gezogen werden, da der Gletscher während dieser fünf Jahre eindeutig im Rückgang war. Allerdings bietet die Karte der Venedigergruppe wegen ihres kleineren Maßstabes keine sehr genaue Vergleichsunterlage, sie genügt jedoch für die Abschätzung des seit 1934 eingetretenen Eisverlustes.

Der Kartenvergleich zeigt deutlich, daß der schuttbedeckte rechte Rand des Zungenendes der Abschmelzung bedeutend weniger ausgesetzt ist als der schutfreie linke. Unter dem Schuttwall der ausschmelzenden großen Mittelmoräne hat sich seit 1934 ein neues Gletschertor gebildet, das um 8 m tiefer liegt als der alte Bachaustritt in der Gletschermitte.

Am rechten Rand der Gletscherzunge ergibt sich seit 1934 keine nennenswerte Veränderung. Nur dort, wo die kleinere Mittelmoräne nahe dem Standpunkt 1 B den rechten Gletscherrand erreicht, hat der Gletscher seit 1934 scheinbar sogar an Fläche gewonnen; dies geht

jedoch sicher nicht auf einen wirklichen Geländegewinn, sondern auf eine etwas andersartige Darstellung der Venedigerkarte zurück, die diesen vorspringenden schuttbedeckten Streifen nicht mehr zum Gletscher rechnet. Obwohl hier die Gletschergrenze nur schwer zu erkennen ist, ergab eine eingehende Überprüfung, daß die Darstellung der Kartenskizze von 1939 richtig ist. Am linken Gletscherrand wurde seit 1934 vom Zungenende bis zur Türkischen Zeltstadt ein Streifen von 20 bis 50 m Breite eisfrei.

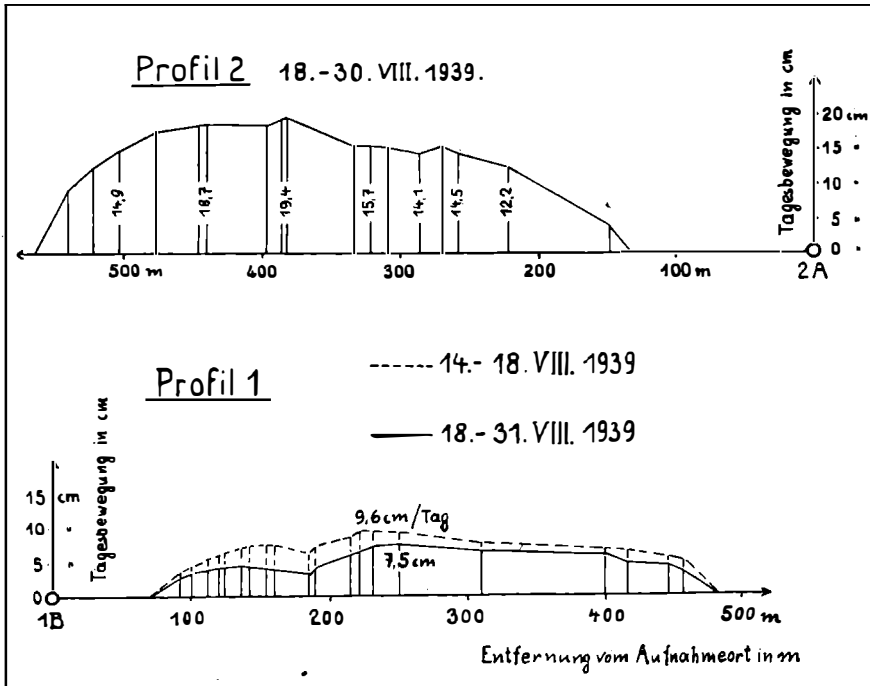


Abb. 2.

Die durchschnittliche Tagesbewegung des Obersulzbachkeeses in den Profilen 1 u. 2.

Wie der Längsschnitt durch die Gletscherzunge auf Abb. 3 zeigt, ist die Eisoberfläche seit 1934 stark eingesunken. 1934 war das Zungenende noch gewölbt, während es 1939 die verflachte Form eines stark zurückweichenden Gletschers aufwies. Hier ist die Oberfläche um über 30 m eingesunken, gletscheraufwärts nimmt der Eisverlust allmählich ab; zwischen 2100 und 2200 m Höhe beträgt er rund 20 m und auf dem flachen Gletscherboden über der Türkischen Zeltstadt 10 m. Der Längsschnitt und verschiedene Querschnitte, die über die Zunge gelegt wurden, lassen das mittlere Einsinken der Zungenoberfläche, soweit sie auf Abb. 1 dargestellt ist, mit ungefähr 20 m abschätzen; eine genauere

Zahlenangabe ist nicht möglich, da die Venedigerkarte als Vergleichsgrundlage nicht genau genug ist.

Bei Anhalten der gegenwärtigen Verhältnisse, die einen jährlichen Eisverlust von 4 m Mächtigkeit auf der Gletscherzunge hervorrufen, muß mit einem weiteren starken Schwund des tief herabreichenden Zungenendes gerechnet werden.

Die Geschwindigkeitsmessungen.

In der Zeit vom 14. bis 18. August wurden auf der Zunge des Obersulzbachkeeses vier photogrammetrische Bewegungsprofile angelegt. Über die Methode der photogrammetrischen Geschwindigkeitsmessung an Gletschern, die von R. Finsterwalder⁵ angegeben wurde, erschienen in der letzten Zeit mehrfach Berichte⁶, so daß hier auf eine nähere Erläuterung dieses Meßverfahrens verzichtet werden kann.

Profil 1.

Das unterste Profil quert den Gletscher 650 m vom Zungenende entfernt. Der Aufnahmestandpunkt 1 B liegt in 2208 m Höhe neben dem Weg, der zur Kürsingerhütte führt. Die erste Aufnahme erfolgte am 14. August, die Wiederholungsaufnahmen fanden am 18., 31. August und 3. September statt. Das Bewegungsdiagramm (Abb. 2) gibt die Tagesdurchschnittsbewegungen für die beiden ersten Meßzeiträume an. Der Bewegungsanstieg von den Gletscherrändern zur Mitte erfolgt gleichmäßig parabolisch, die Bewegung des Gletschers ist daher als strömend zu bezeichnen⁷. Ungefähr 180 m von 1 B entfernt macht sich eine auffällige Verlangsamung der Gletscherbewegung bemerkbar, die in allen drei Meßzeiträumen, auch in dem nicht im Diagramm dargestellten dritten, in gleicher Weise eintrat. Diese Störung des normalen Bewegungsverlaufs dürfte ihre Ursache in einem Hindernis haben, das am Gletschergrund aufragt. Auch auf der Gletscheroberfläche macht sich diese Stelle bemerkbar, wie die Kartenskizze zeigt; das Ausbiegen der großen Mittelmoräne und das Auftreten von Spalten lassen erkennen, daß der Gletscher hier ein Hindernis überfließt.

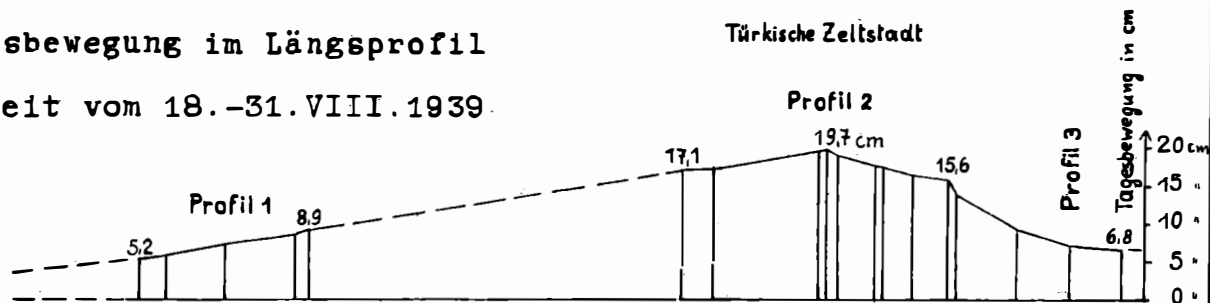
Im ersten Zeitabschnitt erreichte der Gletscher eine Tagesdurchschnittsgeschwindigkeit von 9'6 cm, im zweiten eine solche von nur 7'5 cm und im dritten bewegte er sich wieder etwas rascher mit 8 cm

⁵ R. Finsterwalder, Geschwindigkeitsmessungen an Gletschern mittels Photogrammetrie. Zeitschr. f. Gletscherkunde, 19, 1931.

⁶ R. Finsterwalder, Die Gletscher des Nanga Parbat. Zeitschr. f. Gletscherkunde, 25, 1937. — W. Pillewizer, Die kartographischen und gletscherkundlichen Ergebnisse der Deutschen Spitzbergen-Expedition 1938. Peterm. Mitt., Erg.-Heft 238, 1939.

⁷ Zur Theorie des strömenden Gletschers siehe S. Finsterwalder, Der Vernagtferner. Wiss. Erg.-Hefte d. D. u. Ö. A. V., Bd. 1, H. 1, Graz 1897.

Die Tagesbewegung im Längsprofil
in der Zeit vom 18.-31.VIII.1939



Längsschnitt durch die Zunge
des Obersulzbachkeeses

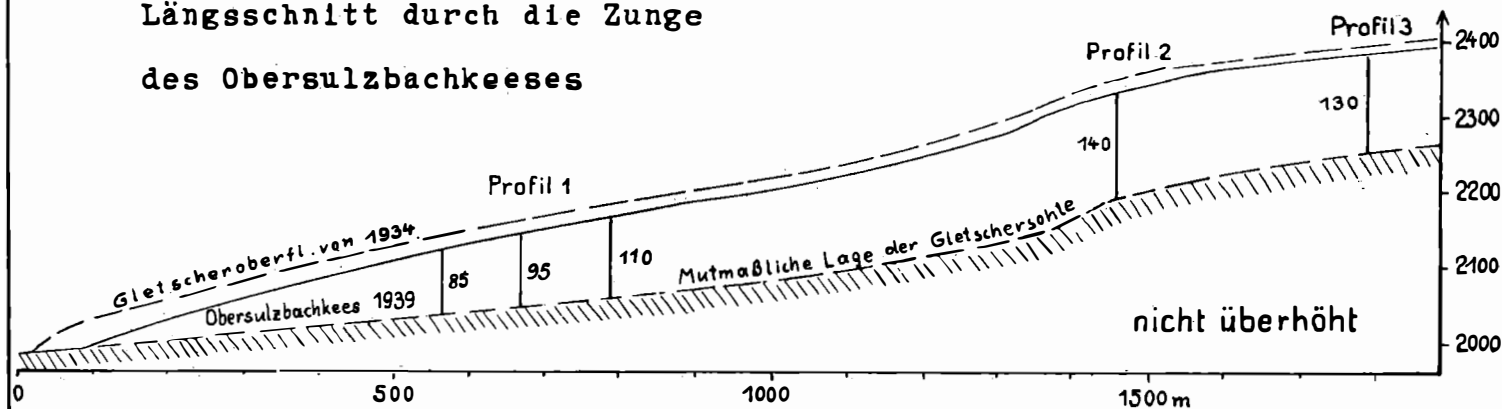


Abb. 3.

Geschwindigkeit im Tag. Die Bewegungsschwankungen erreichen 20 v. H. der Durchschnittsbewegung während der drei Meßzeiträume und erfassen den ganzen Gletscherquerschnitt in gleicher Weise. Auf ihre Ursachen wird nach Besprechung der übrigen Bewegungsprofile eingegangen.

Profil 2.

Der Aufnahmestandpunkt 2 A liegt in 2416 m Höhe am linken Rand der Türkischen Zeltstadt. In diesem Profil, das den Gletscher mitten in einem Eisbruch quert, erwies sich die Methode der photogrammetrischen Bewegungsmessung als besonders vorteilhaft, weil ein Setzen künstlicher Signale auf der Eisoberfläche, das hier erhebliche Schwierigkeiten bereitet hätte, ebensowenig wie in den anderen Profilen nötig war.

Die Messungen erstrecken sich in Profil 2 über den Zeitabschnitt vom 18. bis 30. August, die Tagesbewegungen des Diagramms sind also Durchschnittszahlen aus einer 12-Tage-Messung. Der Gletscher bewegt sich hier mindestens doppelt so rasch wie in Profil 1; in der Mitte erreicht er eine Tagesbewegung von über 19 cm. Für einen Ostalpengletscher ist dies gegenwärtig ein ziemlich hoher Wert, weist doch die Pasterze nur Bewegungen von 8 bis 14 cm im Tag auf. Die größere Geschwindigkeit des Obersulzbachkeeses ist an dieser Stelle jedoch nur lokal durch den Absturz der Eismassen über eine Talstufe sowie durch ihre Zusammenpressung in einem engen Bett bedingt. Der Geschwindigkeitsanstieg vom Rand zur Mitte erfolgt auch hier gleichmäßig, im Mittelteil des Eisbruches ergeben sich einige kleinere Unregelmäßigkeiten, die wohl mit der starken Zerklüftung des Gletschers zusammenhängen dürften.

Profil 3.

Oberhalb des Eisbruches breitet sich in 2400 m Höhe ein flacher Boden aus, auf dem sich die verschiedenen Zuflüsse des Gletschers sammeln. Nur im Mittelteil des Gletschers, im Bereich der Mittelmoräne, die von den Bleidächern zum Zungenende zieht, verläuft die Strömungsrichtung des Eises senkrecht zur Aufnahmerichtung des Profils; die Auswertung wurde daher auf diese Mittelteile beschränkt.

Der Aufnahmestandpunkt 3 A liegt in der rechten Ufermoräne des Gletschers in 2405 m Höhe, nicht weit von dem Steig entfernt, der von der Kürsingerhütte zum Gletscher führt. Die Aufnahmen fanden am 18., 31. August und 3. September statt, es können daher wieder zwei Meßabschnitte miteinander verglichen werden. Vom 18. bis 31. August erreichte der Gletscher eine Tagesdurchschnittsbewegung von 7,1 cm, dies ist nur wenig mehr als ein Drittel der Geschwindigkeit von Profil 2. Im zweiten Meßabschnitt ergab sich die wesentlich höhere Tagesbewegung von 8,9 cm.

Durch die mehrfache Wiederholung der Aufnahmen wird nicht nur die Feststellung von Bewegungsschwankungen erreicht, sondern auch eine Überprüfungsöglichkeit für die Genauigkeit der Plattenausmessung geschaffen⁸. Auch für die Profile des Obersulzbachkeeses wurde diese Überprüfung durchgeführt, wobei sich zeigte, daß bei der Plattenausmessung die Genauigkeit von $\pm 0\text{'}01\text{ mm}$ erreicht wurde. Für Profil 1 bedeutet dies z. B. in der Gletschermitte eine Unsicherheit der Messung von $\pm 15\text{ mm}$ oder $\pm 1\text{ v. H.}$ der Gesamtbewegung in den drei Meßzeiträumen.

Profil 4.

Mit dem obersten Profil wurde der Hauptzufluß des Gletschers, der vom Großvenediger kommt, erfaßt. Der Aufnahmestandpunkt liegt in 2505 m Höhe auf der rechten Seitenmoräne gegenüber den Bleidächern. Die Aufnahmen fanden an den gleichen Tagen statt wie in Profil 3, ebenso wie dort wurde auch hier auf eine Wiedergabe des Bewegungsdiagramms verzichtet, da es wenig Neues bietet.

Auf der Mittelmoräne, die vom Venediger-Nordgrat herabzieht, ergab sich eine Höchstgeschwindigkeit von 74 cm/Tag für den ersten und von 87 cm/Tag für den zweiten Meßabschnitt. Hinsichtlich Geschwindigkeit und Bewegungsschwankungen liegen also ganz ähnliche Verhältnisse vor wie in Profil 3. Im übrigen zeigt auch Profil 4 wieder den gleichförmigen Geschwindigkeitsanstieg vom Rand zur Mitte, der erkennen läßt, daß sich das Obersulzbachkees strömend bewegt.

Zusammenfassend läßt sich über die vier Bewegungsprofile folgendes bemerken: Ober- und unterhalb der Türkischen Zeltstadt bewegt sich der Gletscher mit 7 bis 9 cm Tagesgeschwindigkeit, im Eisbruch strömt er fast dreimal so rasch. Die Profile zeigen gleichartige Bewegungsschwankungen; vom 18. bis 31. August bewegte sich der Gletscher um 20 v. H. langsamer als vom 31. August bis 3. September.

Das Längsprofil (Abb. 3).

Aus den Platten der Profile 1 bis 3 konnte in der Gletschermitte ein Längsprofil ausgemessen werden, das entlang der großen Mittelmoräne verläuft. Das Bewegungsdiagramm ist auf Abb. 3 dargestellt.

Das Längsprofil setzt auf dem flachen Gletscherboden über der Türkischen Zeltstadt mit einer Tagesgeschwindigkeit von 68 cm ein; bis in die Mitte des Eisbruches nimmt die Bewegung ständig zu und erreicht hier mit 197 cm fast das Dreifache der Anfangsgeschwindigkeit. Die Geschwindigkeitsabnahme nach unten, die schon im Eisbruch beginnt, läßt sich für eine Strecke von 500 m Länge zwischen den Profilen 2 und 1 nur annähernd angeben, die Verhältnisse im untersten

⁸ Siehe W. Pillewizer a. a. O., Die Geschwindigkeitsmessungen auf dem Gänsegletscher.

Profil zeigen jedoch eindeutig, daß eine gleichmäßige Abnahme der Bewegung von oben nach unten stattfindet. 500 m vom Gletscherende entfernt endigt das Längsprofil mit einer Tagesbewegung von 52 cm; wir können annehmen, daß gegen das Zungenende hin die Bewegung noch weiter abnimmt. Daraus geht hervor, daß Bewegungsmessungen, die mit Hilfe sogenannter Gletscheruhren an den Gletscherenden durchgeführt werden, kaum ein richtiges Bild von den wirklichen Geschwindigkeitsverhältnissen eines Gletschers ergeben können.

Die Geschwindigkeitszunahme des Obersulzbachkeeses oberhalb des Eisbruches erinnert an das Verhalten von kalbenden Gletschern. Auch dort schiebt sich das Zungenende oberhalb der Kalbungsfront mit zunehmender Beschleunigung ins Meer, da ihm ebenso wie dem Gletscher, der über eine Talstufe stürzt, das Widerlager vor der Gletscherstirn fehlt. Bei den Untersuchungen am Hansbre in Südspitzbergen gelang der Nachweis⁹, daß sich die Kalbungsfront drei- bis viermal rascher bewegte als der übrige Gletscherkörper, so daß dort ungefähr dieselbe Geschwindigkeitszunahme vorlag wie am Obersulzbachkees im Bereich der Türkischen Zeltstadt.

Im Längsprofil traten die gleichen Bewegungsschwankungen auf wie in den drei Querprofilen 1, 3 und 4. Obwohl über die Verhältnisse in Profil 2, wo nur für einen Zeitabschnitt Messungen vorliegen, keine Aussagen möglich sind, läßt sich doch angeben, daß die Geschwindigkeitsschwankungen die Zungenoberfläche vom Gletscherende bis Profil 4 in gleicher Weise erfaßten.

Die Ursache der Bewegungsschwankungen.

An verschiedenen Gletschern der Alpen und ausländischer Gebiete wurden in den letzten Jahren Schwankungen der Gletscherbewegung festgestellt, als deren Ursache fast stets Änderungen des Witterungscharakters während der einzelnen Zeiträume erkannt wurden. Zumeist brachte man die Geschwindigkeitsschwankungen mit Veränderungen der Lufttemperatur in Zusammenhang¹⁰; an einem Spitzbergengletscher konnte jedoch auch nachgewiesen werden⁹, daß Zusammenhänge zwischen Gletscherbewegungsschwankungen und Veränderungen der einfallenden Strahlungsmenge bestehen.

⁹ W. Pillewizer a. a. O.

¹⁰ Aus der Fülle von Beobachtungen seien hier erwähnt: H. Kinzl, Bemerkungen über tägliche periodische Schwankungen der Gletscherbewegung und ein Hilfsmittel zu ihrer Untersuchung. Zeitschr. f. Gletscherkunde, 17, 1929. — H. Tollner, Untersuchungen über die Bewegung des Eises auf drei Spitzbergengletschern. I. Jahresber. d. Arch. f. Polarforschung im Naturhistor. Museum in Wien, 1938.

Als Vorbereitung für den Gletscherkurs führten die beiden Geophysiker E. Etienne und L. Gburek in der Zeit vom 21. August bis 2. September 1939 auf dem Obersulzbachkees in 2400 m Höhe meteorologische Messungen durch. In dankenswerter Weise stellte E. Etienne die Temperaturlaufzeichnungen für diesen Zeitraum zur Verfügung, der sich annähernd mit den beiden Zeitabschnitten unserer Bewegungsmessungen deckt.

Der Vergleich von Bewegungsschwankungen und Lufttemperaturverlauf ergibt folgendes Bild:

Zeitraum:	Tagesbewegung in cm:			Durchschnittliche Tagestemperatur
	Profil 1	Profil 3	Profil 4	
18. bis 31. August	7·5	7·1	7·4	3·5 °C
31. August bis 3. September . .	8·0	8·9	8·7	5·5 °C

Obwohl die Temperaturmessungen am Anfang und am Schluß nicht vollständig ausreichen, um die Tagesmittel der beiden Bewegungsmeßzeiträume mit völliger Sicherheit zu bestimmen, so steht doch fest, daß das Temperaturmittel im zweiten Zeitabschnitt um rund 2° höher war als im ersten. Am 31. August um 12 Uhr wurden die Bewegungsmessungen in den drei Profilen vollendet, und zur selben Zeit setzte deutlicher Föhn ein, der eine Erhöhung der Temperatur um 4° brachte und auch noch am folgenden Tag anhielt. Die Zunahme der Gletschergeschwindigkeit um 15 bis 20 v. H. scheint daher mit der festgestellten Erhöhung der Lufttemperatur in Zusammenhang zu stehen. Ob auch die rasche Bewegung des Gletschers vom 14. bis 18. August, die nur in Profil 1 beobachtet wurde, auf ähnlichen Ursachen beruht, läßt sich wegen des Fehlens meteorologischer Messungen nicht entscheiden.

Die Tiefe des Obersulzbachkeeses.

Die Kenntnis der Tiefe eines Gletschers ist nicht nur für die Klärung gletscherkundlicher Fragen von Bedeutung, sie kann auch für formenkundliche Untersuchungen in Gebieten mit rezenter Vergletscherung von erheblichem Wert sein. Es wurde daher der Versuch gemacht, die Tiefe der Gletscherzunge zu berechnen, hier sei jedoch darauf hingewiesen, daß es sich bei den erhaltenen Tiefenzahlen nicht um endgültige Werte handelt; sie bedürfen noch einer eingehenden Überprüfung durch weitere Beobachtungen und Messungen am Obersulzbachkees.

Auf Abb. 3 findet sich im Längsschnitt durch die Gletscherzunge der mutmaßliche Verlauf der Gletschersohle eingetragen, wie er sich aus den Berechnungen der Gletschertiefe ergeben hat. Diese Berechnung wurde nach der Theorie M. Laggallys¹¹ durchgeführt.

¹¹ M. Laggally, Die Zähigkeit des Gletschereises und die Tiefe der Gletscher. Zeitschr. f. Gletscherkunde, 18, 1930.

Eine erste Überprüfungsmöglichkeit der Tiefenwerte bietet der Verlauf der Talsohle im Gletschervorfeld und die Neigung der Hänge zu beiden Seiten der Gletscherzunge, deren gleichsinnige Fortsetzung unter den Gletscher ähnliche Tiefenverhältnisse ergibt. Für Profil 2, in dem die größte Tiefe von 140 m festgestellt wurde, konnte die Tiefenberechnung, auch noch auf einem anderen Weg vorgenommen werden, der zu einem annähernd gleichen Ergebnis geführt hat.

Aus der jährlichen Ablationsmenge auf der Zungenfläche läßt sich, sobald die Eisdurchflußgeschwindigkeit in Profil 2 bekannt ist, der Gletscherquerschnitt und damit auch die Tiefe dieses Profils berechnen. Unter Zugrundelegung der langjährigen Ablationsmessungen, die H. Hess¹² am Hintereisferner durchführte, konnte die Ablationsmenge auf der Zungenfläche unter Profil 2 zu rund 4 Mill. cbm Eis bestimmt werden; davon strömen allerdings nur 2 Mill. durch die Türkische Zeltstadt in die Gletscherzunge ein, während weitere 2 Mill. cbm Eis sozusagen dem Kapital des Gletschers entzogen werden, wie sich aus dem jährlichen Einsinken der Gletscheroberfläche um 4 m ergibt, das einem Massenverlust von 2 Mill. cbm Eis im Jahr entspricht.

Die jährliche Eisdurchflußmenge in Profil 2 beläuft sich auf rund 2 Mill. cbm; aus den Bewegungsmessungen an dieser Stelle kann auf eine Jahreshöchstgeschwindigkeit von 70 m¹³ oder auf eine mittlere Geschwindigkeit von 50 m im ganzen Querschnitt geschlossen werden, die Profilfläche muß 40.000 qm umfassen, um bei 50 m Jahresgeschwindigkeit 2 Mill. cbm Eis zu fördern. Zeichnet man sich bei gegebener Gletscherbreite einen Querschnitt von 40.000 qm Flächeninhalt, so gelangt man zu einer Gletschertiefe von 140 bis 145 m.

Wie bereits erwähnt wurde, sind für eine genauere Bestimmung der Gletschertiefe wesentlich eingehendere Messungen am Obersulzbachkees erforderlich, die sich auch auf Ablationsmessungen und Bewegungsmessungen in den höheren Gletscherteilen erstrecken müßten. Für einen ersten Überblick und für eine Bestimmung des gegenwärtigen Zustandes der Gletscherzunge genügen jedoch bereits die wenigen Messungen, die im Laufe des Sommers 1939 vorgenommen werden konnten.

¹² H. Hess, Der Hintereisferner 1893—1922. Zeitschr. f. Gletscherkunde, 13, 1923/24.

¹³ Die Tagesgeschwindigkeit von 19 cm kann auf die Jahresgeschwindigkeit von 70 m umgerechnet werden; unveröffentlichte Bewegungsmessungen des Verfassers an einem Eisbruch des Mittelbergferners haben ergeben, daß hier nur ganz geringe jahreszeitliche Schwankungen auftreten, so daß aus kurzfristigen Sommermessungen auf die Jahresbewegung geschlossen werden kann.