

JAN 25 1901

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.



1900. Heft I.

München.

Verlag der K. Akademie.

1900.

In Commission bei G. Franzmann, Verleger in Berlin.

Ueber die innere Struktur der Mittelmoränen.

Von S. Finsterwalder.

(Eingelaufen 1. Dezember.)

Es ist bekannt, dass die langgezogenen Schuttrücken, welche die Zuflüsse eines Gletschers auch nach ihrer Vereinigung noch trennen, eigentlich Eistrücken sind, welche nur eine dünne, selten mehr als 0,3 m mächtige Schuttlage tragen, die das darunterliegende Eis vor der Abschmelzung schützt. Nur in relativ seltenen Fällen kommt diese Schuttlage in der Weise zu stande, wie es die populäre Erklärung der Moränen voraussetzt, dadurch nämlich, dass Steine auf den Gletscher fallen und auf der Oberfläche desselben durch die Bewegung des Eises thalab getragen werden.¹⁾ Diese Erklärung setzt nämlich als selbstverständlich voraus, dass Steine, die auf die Oberfläche fallen, auch dauernd auf derselben verbleiben. Das ist aber nur richtig, wenn es sich um die Oberfläche des abschmelzenden Gletschers handelt und daher kann jene Erklärung auch nur für Moränen, welche unterhalb der Vereinigung von Gletscherzuflüssen innerhalb des Abschmelzungsgebietes entstehen, gelten. Es vereinigen sich aber die Zuflüsse zumeist schon im Firnfeld, also im Gebiete dauernder Schneezufuhr, und hier wird ein auf die Oberfläche gelegter Stein zunächst immer weiter in's Innere wandern und erst weit unten im Abschmelzungsgebiet wieder irgendwo zum Vorschein kommen. Nun gibt es aber keine Vorgänge, durch welche

¹⁾ Diese Bemerkung gilt jedenfalls für die Gletscher der Ostalpen mit ihren hoch und frei gelegenen Firnfeldern, die von den Kämmen wenig überragt werden. In den Westalpen liegen die Verhältnisse infolge des steileren Aufbaues nicht unwesentlich anders und hier trifft die übliche Erklärung auch häufiger zu. Sie versagt aber für die Moränen der Gletscher vom skandinavischen oder arktischen Typus und besonders für jene der diluvialen Gletscher.

Steine dauernd mitten auf die Firnfelder gelegt werden und wenn etwa im Firnfelde eine Felsinsel auftauchen sollte, so werden an deren Umrandung keine anderen Vorgänge stattfinden als an der äusseren Umrandung des Firnfeldes überhaupt. Der dort producierte Schutt liegt bereits am Grunde des Gletschers, da die Umrandung ja nichts anderes ist als die Linie, an welcher der Gletschergrund an die Oberfläche tritt; er wird also in der Regel, wenn anders die Gletscherbewegung eine annähernd stetige ist, am Grunde weiter wandern und nicht in das Innere des Eises gelangen. Eine Ausnahme entsteht aber dann, wenn konvexe Unebenheiten des Gletschergrundes (Rücken oder Kuppen) derart beschaffen sind, dass sie an der Stosseite als Teiler der Strömungslinien des Eises wirken, also vom Eise umflossen werden, während an der Leeseite eine Wiedervereinigung der vorher getrennten Strömungslinien statthat. Eine ähnliche Vereinigung ursprünglich getrennter Strömungslinien findet auch an der Leeseite von Rücken statt, welche von der äussern Umrandung des Firnfeldes ins Innere einspringen und zwei Mulden scheiden. In beiden Fällen geht von der Leeseite der betreffenden Unebenheit eine Wand von vorher getrennten und nunmehr vereinigten Strömungslinien aus, welche mit Schutt beladen sind, da sie vom Grunde des Gletschers kommen, an welchem unter normalen Verhältnissen der Schutttransport erfolgt. Auf diese Weise habe ich das Entstehen von Innenmoränen erklärt.¹⁾ Eine solche Innenmoräne stellt demnach eine innerhalb des Eises verlaufende, von einer Unebenheit des Gletschergrundes ausgehende und mit ihrem Fusse in der Untermoräne wurzelnde aufrechtstehende Schuttwand vor. An ihrem oberen Ende reicht sie nicht bis zur Gletscherfläche, dagegen wird sie weiter abwärts im Schmelzgebiete des Gletschers zum Ausschmelzen kommen und als Mittelmoräne erscheinen. Ursprünglich konnte ich als Gründe für die Richtigkeit dieser Erklärung nur das Vorkommen von gekritzten Geschieben in den Mittelmoränen und die augenscheinliche Vermehrung ihres

¹⁾ Der Vernagtferner, seine Geschichte und seine Vermessung in den Jahren 1888 und 89. Graz 1897, S. 52 ff.

Schutthalt, je mehr man sich dem Ende nähert, anführen.¹⁾ Neuere Beobachtungen haben mir jedoch eine direkte Bestätigung der erwähnten Ansicht geliefert.

Die erste verdanke ich meinem Freunde Herrn Professor Dr. A. Blümcke. Während seines diesjährigen durch Geschwindigkeitsmessungen am Hintereisferner veranlassten Aufenthaltes am Hochjochhospiz im hinteren Oetzthale war Ende August ein sehr schweres Hochgewitter niedergegangen. Ein stark angeschwollener, vom rechten Thalgehänge herabkommender Bach, war auf den Hochjochferner ausgetreten und hatte die oberflächliche Schuttlage einer kleinen Mittelmoräne nahe dem Ende auf die Erstreckung von 25—30 m vollständig abgeschwemmt, so dass das blanke Eis zu Tage trat. Man sah deutlich, dass der im Eise eingebackene Schutt in einzelne Reihen geordnet war, die sich in der Längsrichtung der Moräne erstreckten. Nach wenigen Tagen begann sich infolge der Ablation die Moräne in der Weise zu regenerieren, dass zuerst der vorhin beschriebenen Anordnung des Schuttes im Eisinnern entsprechend parallele Teilmoränen auftraten, deren Trümmer später zu einer zusammenhängenden Decke verschmolzen. Als ich Mitte September die Stelle besuchte, war die neue Decke von der alten kaum mehr zu unterscheiden, doch bewies der noch sichtbare Rand der alten Moränendecke, dass kein Stein derselben auf das früher abgewaschene Gebiet gerutscht war.

Gelegentlich der von Prof. E. Richter in Graz veranlassten internationalen Gletscherkonferenz am Rhonegletscher konnte den Teilnehmern auf dem Rücken der grossen Mittelmoräne des Unteraargletschers eine vom Abschwung bis nahe zum Gletscherende reichende, 7 Kilometer lange fast ununterbrochene Linie gezeigt werden, an der allenthalben Untermoränenmaterial austritt. Noch deutlicher liessen sich jedoch diese Verhältnisse am Hintereisferner feststellen,

¹⁾ Das Vorkommen von Untermoränenmaterial in Mittelmoränen hat zuerst Sévé am Justedalbrae bemerkt. Heim, Handbuch der Gletscherkunde, S. 359. Ferner: Brückner, Penck und v. Zittel, vergl. Brückner: Vergletscherung des Salzachgebietes, S. 26.

der eine vier Kilometer lange Mittelmoräne besitzt. Es war das um so unerwarteter, als mehrfache Bohrungen auf dem Rücken der Mittelmoräne keinen Schuttinhalt des darunter liegenden Eises ergaben. Der Grund liegt darin, dass die schuttführende Wand von so geringer Dicke ist, dass nur ein grosser Zufall sie auf der 20—80 m breiten Moräne finden lässt; ihre Mächtigkeit beträgt nämlich durchschnittlich nur 25—30 cm und dabei ist sie überaus scharf begrenzt, so dass nur ausnahmsweise ein Stein daneben im Eise steckt. Die Mittelmoräne ist durch Spalten an vielen Stellen aufgeschlossen und überall lässt sich die fast genau vertikal stehende Schmutzschicht erkennen, die augenscheinlich einen Bestandteil der als Bänderung¹⁾ zu bezeichnenden Struktur des Gletschereises bildet. Man gewinnt durchaus den Eindruck eines ungewöhnlich breiten stark schmutzdurchsetzten Blaubandes. Die auffallend deutliche Entwicklung der Bänderung in der Nachbarschaft der Schuttwand hängt wohl mit dem Umstande zusammen, dass die betreffenden Eispartien vor ihrer Vereinigung an der Schuttwand Bodenschichten waren, innerhalb welchen die grössten Geschwindigkeitsdifferenzen herrschen. Grosse Geschwindigkeitsdifferenzen sind aber der Ausbildung der Bänderung entschieden günstig. Nach oben gegen den Ursprung der Moräne unter den Felsen der Langtauferspitze verbreitert sich, wie mein Colleague Herr Prof. Dr. Heinke, der mich begleitete, durch sorgfältige Untersuchung gefunden hat, das Schmutzband auf ca. 60 cm und spaltet sich in drei, zwischen denen dunkle schuttfreie Eisschichten liegen. Erwähnung verdient noch das Aussehen der Linie, längs welcher das Schuttband austritt und welche gewissermassen die Schweissnaht der vereinigten Eisströme darstellt. Der frisch ausgeschmolzene Schutt unterscheidet sich durch einen breiigen, im trockenen Zustande staubigen Ueberzug von der durch den Regen gewaschenen älteren Schuttdecke der Moräne. Alle Steine von länglicher

¹⁾ In der Nomenklatur der Moränen und der Gletscherstruktur halte ich mich an die Vereinbarungen, welche auf der obengenannten Gletscherkonferenz getroffen wurden.

oder plattiger Form liegen mit ihrer Lang- bzw. Breitseite in der Ebene der Schuttwand und schmelzen hochkant gestellt aus.¹⁾ So markiert sich die Linie durch eine fortlaufende Reihe von halb im Eise steckenden Steinen in unnatürlicher Stellung. Der Verlauf der Linie ist ein überaus stetiger, nirgends ist man um einen halben Meter breit im Zweifel dartüber; nur an sehr breiten und tiefen Spalten scheint sie manchmal um einige Decimeter verworfen zu sein. Die Regelmässigkeit der Erscheinung bewirkt, dass wenn man einmal darauf aufmerksam geworden ist, sie auch schon von weitem bemerkt und es ist mir schliesslich gelungen sie aus grosser Ferne (ca. 4 km) photographisch zu fixieren (vergl. Fig. 1). In dieser Entfernung sieht man natürlich nicht das Schmutzband selbst, wohl aber die durch sein Austreten bewirkte Anordnung des Schuttes. Auf dem Bilde ist auch der Umstand zu erkennen, dass die Linie nicht auf der Mitte des Moränenrückens verläuft, sondern weit gegen die Schattenseite hinausgerückt ist. Es legt sich eben die aus dem Eise auftauchende Schuttwand nach der Sonnenseite zu um und nach dieser Seite verbreitet sich der Schuttstreifen durch Abrutschen der Steine beim Unterschmelzen ihrer Basis weit mehr, als nach der Schattenseite. Sehr bezeichnend ist auch das Umbiegen der Linie gegen den Gletscherrand, wodurch das Ende des Langtaufererzufflusses gekennzeichnet ist. Unterhalb desselben ist der Hauptferner mit einem breiten Felde von Moränenschutt bedeckt, welches die Endmoräne des Langtaufererzufflusses darstellt. Diese Verhältnisse sind auf der Karte des Hintereisferners von Blümcke und Hess vorzüglich dargestellt. Die ausgeprägte Lage der Grenzlinie am Schattenrande des Moränenrückens und die mächtige Verbreiterung desselben nach abwärts von 20 auf 100 m, machen es sehr wahrscheinlich, dass der Schuttinhalt der Mittelmoräne in der

¹⁾ Diese Anordnung der Steine habe ich 1895 am Zufallferner gesehen, glaubte sie aber Bewegungsdifferenzen der benachbarten Eisströme zuschreiben zu müssen. Vergl. Die Gletscher der Ortlergruppe, Mitteilungen des D. u. Oe. Alpenvereins, 1896, S. 31. Penck fand sie am Wurtenkees in der Sonnblickgruppe, Zeitschrift d. D. u. Oe. A.-V., 1897, S. 69.

Hauptsache nach aus der Innenmoräne stammt und nicht direkt von den aperen Felsen der Langtauferserspitze, an denen sie den Ausgang nimmt. Wenn man bedenkt, dass die schuttführende Wand nach den Gletscherprofilen von Blümcke und Hess in den oberen Teilen eine Höhe von 250 m hat, kann man an der Möglichkeit dieser Herkunft nicht zweifeln.



Fig. 1. Die Mittelmoräne des Hintereisferners. Die weisse (retouchierte) Linie bezeichnet die Lage der Schweissnaht.

Eine letzte Reihe von Beobachtungen, welche die Richtigkeit der vorgetragenen Ansicht über den Zusammenhang von

Mittel- und Innenmoränen zu stützen geeignet sind, bezieht sich auf die Verteilung des Schuttes auf dem Moränenrücken. Am Langtaufererferner ist das Gestein in der ganzen Umrandung der Firnmulde so einförmig, dass keinerlei Unterschiede im Schutt zu bemerken waren. Anders liegt die Sache bei der grossen Mittelmoräne des Hochjochferners. Dieselbe beginnt in der Höhe von 2600 m mit einer Reihe vereinzelter Platten, die in abenteuerlichen Stellungen, ausschliesslich hochkant aus dem Eise hervorragen. Weiter abwärts bildet sich der schuttbekleidete Moränenkamm aus, auf welchem die Schweissnaht der beiden Zuflüsse in der früher beschriebenen Weise deutlich zu erkennen ist. Infolge des S-förmigen Verlaufes der Moränenaxe wechselt die Sonnen- und Schattenseite des Rückens wiederholt, wobei sich die Naht getreu an der jeweiligen Schattenseite hält. Noch weiter abwärts, wo der Rücken schon eine ansehnliche Breite gewonnen hat, taucht in ca. 8 m Entfernung neben der ersten Schweissnaht und zwar auf der Sonnenseite eine zweite auf, welche ockergelben Schutt führt, der mit dem graubraunen Schutt, der der ersten Naht entstammt, stark kontrastiert. Der gelbe Schutt verbreitet sich ausschliesslich nach der Sonnenseite, da nach der Schattenseite zu die Böschung des Rückens aufwärts geht und er erreicht bald den sonnenseitigen Rand des graubraunen Schuttes, der fast ganz unter ihm verschwindet. Wenige hundert Meter oberhalb der Strandungsstelle der Moräne taucht innerhalb des gelben Schuttstreifens eine dritte Naht auf, die mehr rötliches Gestein in reicher Fülle liefert, das wiederum nach der Sonnenseite zu sich verbreitend den gelben Schutt überdeckt. Offenbar laufen im Innern des Gletschers in geringem Abstand drei Innenmoränen parallel einher, die von verschieden stark ausgeprägten Rücken aus verschiedenfarbigem Gestein herkommen. Die Innenmoränen ragen vom Grunde ab verschieden hoch in's Innere und kommen nacheinander zur Ausschmelzung, wie das in der schematischen Figur 2 angedeutet ist.

Hiernach erscheint auch die früher erwähnte Beobachtung Blümckes über die Streifen der regenerierten Moräne in neuem Lichte.

Von weittragendster Bedeutung ist die hier vertretene Ansicht von der Struktur der Moränen für die diluvialen Gletscher, wie Eduard Richter auseinandergesetzt hat.¹⁾ Die vielverzweigten Sammelgebiete der diluvialen Alpengletscher mussten eine grosse Zahl von Innenmoränen liefern, die aus deutlichem Untermoränenmaterial (gekritzten Geschieben und

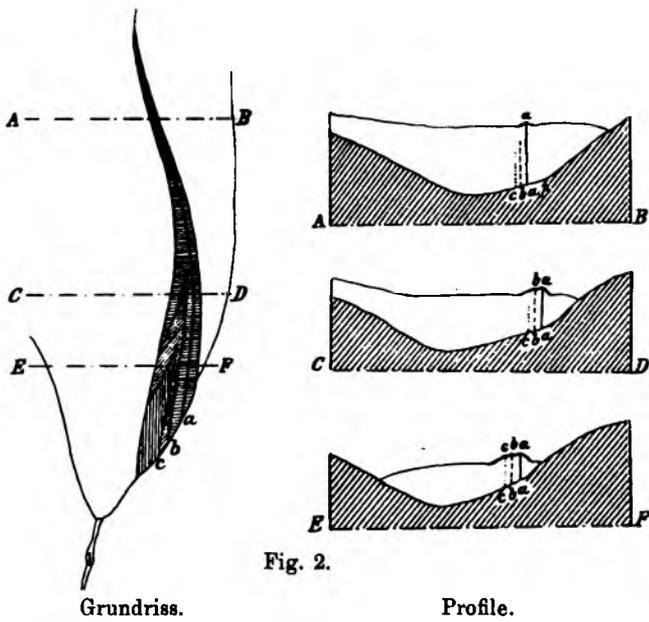


Fig. 2.

Schlamm) aufgebaut waren, da ja die Geschiebe, ehe sie in die Innenmoräne kamen, bereits einen weiten Weg am Gletschergrunde irgend eines Seitenthales zurückgelegt hatten. So erklären sich die Riesenmassen von Grundmoränenmaterial des alpinen Diluviums, ohne dass man genötigt wäre anzunehmen, dass die damaligen Gletscher wesentlich mächtigere Schichten von Untermoräne bewegt hätten als die heutigen.

¹⁾ Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. Ergänzungsheft 132 zu Petermanns Mitteilungen. S. 32.