

# Über die Bedeutung der Überschiebungen für die Bewegung der Gletscher.

Von **Otto Ampferer**.

Mit 11 Zeichnungen im Text.

Bei meinen Besuchen der großartigen Lawinenzüge des Höttinger und Mühlauer Tales nördlich von Innsbruck habe ich in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts häufig die Beobachtung gemacht, daß die unteren Teile der herunterjagenden Lawinen auf große Strecken zum Glätten der Fahrbahn für die Hauptmasse verwendet werden. Wenn nun die Hauptmasse selbst über die Zone hinauschießt, so hat man leicht Gelegenheit, diese Fahrbahnen genauer zu betrachten. Es sind spiegelblanke, mit Längsstreifen versehene, vereste Flächen, welche über die Rauhigkeiten des mit Geröll und Steinblöcken erfüllten Talbodens und Seitengehänges hinwegleiten, indem sie darüber eine glatte tangierende Fläche bilden.

Diese Flächen waren öfters auf Strecken von 200—300 m Länge erschlossen und wir belustigten uns darauf, indem wir sitzend oder liegend darüber hinunterglitten. An einzelnen Stellen konnte man 3—4 solche Flächen übereinander erkennen, insbesondere gegen die Außenränder der Lawine hin. Die Lawinen bauen sich so in vielen Fällen geradezu eigene Geleise für eine rasche Talfahrt.

Es ergibt sich nun die Frage, ob nicht vielleicht ähnliche Vorgänge auch bei dem Bewegungsmechanismus von Gletschern und Eisströmen eine gewisse Rolle spielen. Nach meinen Beobachtungen und Überlegungen ist dies zu bejahen.

Es ist naheliegend, daß die unmittelbare Übertragung der hier vorangestellten Beobachtung beim Vorrücken der Gletscher über rauhes Gelände wegen der geringen Geschwindigkeit und der langen Dauer der Bewegung nur eine sehr beschränkte Bedeutung haben dürfte. Sicherlich wird es streckenweise und für bestimmte Zeitabschnitte auch hier dazu kommen, daß die untersten Lagen zu einer Ausfüllung der größten Unregelmäßigkeiten der Bahnfläche verwendet und die

oberen an Gleitflächen darüber geschoben werden. Eine größere Ausdehnung können solche Schutzkörper und Gleitflächen aber dann gewinnen, wenn es sich nicht um Blöcke oder Steingerümpel in der Bahn, sondern um die Überwindung von schroffen Gefällsbrüchen, z. B. Wandstufen, handelt.

Machen wir die Annahme, ein Eisstrom von beträchtlicher Mächtigkeit fließe über eine zu seiner Richtung senkrecht angeordnete Wandstufe, so wird sich voraussichtlich im Schatten dieser Wandstufe (Fig. 1) ein Eiskörper ansammeln, welcher nicht oder in weit geringerem Maße an der Allgemeinbewegung teilnehmen kann. Über seine Abgrenzung sind wir noch nicht genauer unterrichtet; doch ist es wahrscheinlich, daß es sich um einen keilförmigen Körper handelt, wie ihn Fig. 1 schematisch durch die schwarze Fläche darstellt. Die Begrenzung dieses Keilpolsters im Schatten der Felswand wird nicht stabil, sondern variabel sein und bei gleicher Höhe der schützenden Wand von der Mächtigkeit und Geschwindigkeit des Eisstromes abhängen. Wahrscheinlich wird sich auch seine Begrenzung bei der Erhöhung der Stufe nicht ganz gleichmäßig verschieben. Mit der Zeit wird besonders bei reicher Führung von Grundmoräne dieses Eispolster langsam mit Schutt gesättigt, bis es endlich ganz aus diesem besteht. Es ist dies gleichsam eine Analogie zu dem Versteinerungsvorgang von Fossilien.

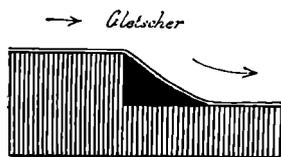


Fig. 1.

Viele der riesigen Massen von Grundmoränen, welche sich hinter schützenden Bergvorsprüngen oder in Schluchten eingelagert finden, dürften auf diese Weise durch allmähliche Verdrängung von totem Eise entstanden sein. Auch die bei vielen solchen Speichern von Grundmoräne vorhandene steile Schichtung dürfte mit diesem Vorgang der langsamen Verdrängung des Eispolsters zusammenhängen und eine Abbildung der Gleitfläche vorstellen. Wird die schützende Wandstufe niedergeschliffen, so erlischt damit auch ihr aus Eis oder Schutt modellierter Schatten, indem diese Massen wieder in den regelmäßigen Verkehr hineingezogen werden.

Im kleinen kann man nicht selten in unverwittertem Eisschliffgebiet die Beobachtung machen, daß hinter steilen Buckeln oder am Fuß kleiner Stufen eine Strecke weit der sonst vorhandene Schliff und die Politur aussetzen. Es ist dies ein Beweis, daß sich hier eine ruhende Eis- oder Moränenmasse befand, die den Felsgrund vor der Abscheuerung bewahrte.

Stellt sich nun eine Wandstufe der Gletscherbewegung umgekehrt entgegen (Fig. 2), so werden wir auch hier im Schutze der Wand einen Keil von totem Eis zu erwarten haben. Bei gleicher Höhe der Wandstufe und gleicher Beschaffenheit des Eisstromes wird sich jedoch dieser Teil als ein wesentlich kürzerer und stärker konkav begrenzter darstellen. Treten nun zwei parallele Gehängebrüche nahe beieinander

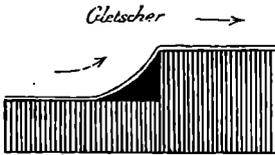


Fig. 2.

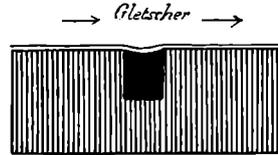


Fig. 3.

auf, haben wir also in der Gletscherbahn einen Graben (Fig. 3) eingeschaltet, so bleibt hier das eingefüllte Eis ebenfalls wieder von der Hauptbewegung abgeschlossen, und zwischen totem und lebendigem Eise verläuft als Grenze wieder eine Überschiebungsfläche. Diese Überschiebungsfläche wird eine leicht nach abwärts gekrümmte Fläche sein, deren Krümmung von der Weite des Felseinschnittes, der Mächtigkeit und Geschwindigkeit des Eisstromes abhängen wird. Das Genauere über die Krümmung dieser Fläche ist heute nicht erforscht und könnte wohl am besten auf experimentellem Wege festgestellt werden.

Treten die Felsränder eines solchen Bahnausschnittes weiter auseinander (Fig. 4), so nimmt die Bedeutung der Krümmung der Schubfläche zu. Bei einer bestimmten Entfernung der beiderseitigen Felslippen und entsprechender Tiefe der Aushöhlung wird die Schubfläche

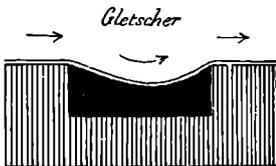


Fig. 4.



Fig. 5.

den Boden derselben berühren können (Fig. 5). Die Lage der Gleitfläche zwischen totem und lebendigem Eis ist bei gegebenen Abständen, gegebener Mächtigkeit und Geschwindigkeit des Eises zugleich die untere Grenzfläche für die Möglichkeit der Tiefenerosion zwischen diesen Uferlinien. Weiter als bis zu dieser Gleitfläche kann die Eis-

erosion, solange die Ränder festgehalten werden und die anderen Verhältnisse gleich bleiben, nicht in die Tiefe arbeiten. Auch für dieses wichtige Problem der Eiszeitforschung wäre nach der hier angegebenen Methode eine experimentelle Prüfung von hohem Interesse.

Mannigfachere Möglichkeiten für die Ausbildung von Schubflächen als an der Basis eines Eisstromes bieten sich an seinen Ufern. Hier haben wir zunächst wieder im Schutze von scharfen Vorsprüngen oder in engen Furchen Räume, die sich mit totem Eise füllen, das dann allmählich durch Schutt verdrängt werden kann. Auch hier wird die Grenze zwischen dem fließenden und dem stehenden Eise durch eine Gleitfläche gebildet, welche vom Gletscher weg etwas gegen das tote Eis hineingewölbt sein wird. Die Wölbung wird ebenfalls wieder nach der Größe des toten Winkels und der Geschwindigkeit veränderlich sein. Man kann daher die schematischen Zeichnungen für einen senkrechten Durchschnitt auch für einen horizontalen verwenden, wie Fig. 6 darstellt.

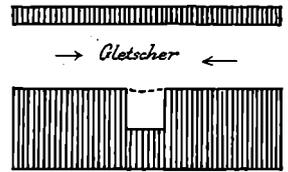


Fig. 6.

Während die bisher besprochenen Gleitflächen ihre Lage an allen Rändern durch die feste Grundlage vorgeschrieben haben, also gewissermaßen wie Tücher über Hohlräume ausgespannt liegen, können sich im Innern von bewegten Eismassen auch Schubflächen entwickeln, welche nur an einer Seite am Untergrunde hängen, also wie Fahnen oder Steuer frei ins Eis hineinragen.

Solche Trennungsf lächen stellen sich z. B. bei der Teilung oder dem Zusammenfluß verschieden gerichteter Eisströme ein. Teilt sich

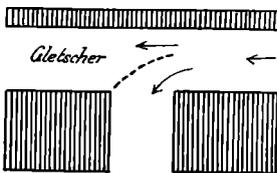


Fig. 7.

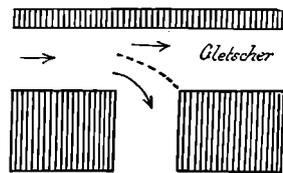


Fig. 8.

ein einheitlicher Eisstrom, wie Fig. 7 angibt, so wird sich von der scheidenden Bergkante eine gewölbte Gleitfläche ungefähr in der hier durch Strichelung gezeichneten Richtung in den Eisstrom hinein erstrecken. Diese Fläche bildet hier die Grenze zwischen den in verschiedener Richtung bewegten Stromteilen und sie zieht sich

soweit in den Eisstrom hinein, als diese Verschiedenheit eben noch einen bestimmten Betrag überschreitet. Sie verliert sich dann ebenso, wie wir sogar in spröden Gesteinen breite Klüfte allmählich ausklingen sehen. Nach Lage, Biegung und Ausdehnung wird diese Fläche sehr von der Geschwindigkeitsverteilung in den drei hier zusammenstoßenden Kanälen abhängig sein. Fließt mehr Eis in den Seitenkanal ab, so wird unsere Fläche ähnlich wie eine Klappe oder Türe weiter gegen den Hauptstrom geöffnet. Nimmt die Geschwindigkeit ab, so wird sie mehr geschlossen. Ruht das Eis im Seitenkanal aber ganz, so schließt sich die Türe völlig. Auch der Grad und die Richtung der Wölbung dieser Fläche spiegelt die gegenseitigen Geschwindigkeiten ab. Dreht sich die Bewegungsrichtung im Hauptstrom um (Fig. 8), so springt die Gleitfläche an die andere Scheidekante über. Diese Kanten bilden so gleichsam die Angeln, um welche diese Gleitflächen gedreht erscheinen.

Schaltet sich in den Eisstrom eine Felsinsel ein (Fig. 9), welche beiderseitig umflossen wird, so haben wir förmlich als Fortsetzungen

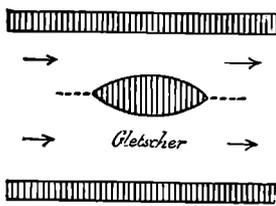


Fig. 9.

dieser Insel an ihren beiden Spitzen wieder Gleitflächen zu erwarten. Je nach der Geschwindigkeitsverteilung an beiden Seiten der Insel wird sich die Einstellung dieser Flächen etwas verschieben, und zwar vom rascheren Stromteil gegen den langsameren hin. Flächen dieser Art sind auch die Ursache, warum sich die verschiedenen zusammen fließenden Stränge

eines Gletschers auf größere Strecken nicht gegenseitig vermischen.

Die Verhältnisse an einer Verzweigungsstelle der Eisbewegung verändern sich wesentlich, wenn die hier zusammenstoßenden Kanäle nicht in demselben Niveau liegen. Befindet sich die Rinne des Hauptstromes, wie es ja zumeist der Fall ist, tiefer und stellt diese Rinne eine Sackgasse vor, so wird sich bis zur Höhe der seitlichen Abflurinne ein See von gestautem Eise bilden. Schwillt die Eismasse über das Niveau der Abflurinne empor, so wird allmählich ein Überfließen in diese Rinne eingeleitet. Ist das Abflurverhältnis stabil geworden, so werden wir hier über dem unteren toten Teil des Eisstromes eine Schubfläche antreffen (Fig. 10), welche die Scheidung gegen die oberen, in die Seitenrichtung abbiegenden Teile des Stromes vorstellt. Die Lage dieser Fläche ist wahrscheinlich ungefähr horizontal mit einem leichten Gefälle gegen die seitliche Ausflurstelle.

Fließt der Hauptgletscher jedoch in seinem tieferen Gerinne weiter und gibt nur Teile in das höhere Seitengerinne ab, so tritt außer der

eben beschriebenen Gleitfläche noch eine andere auf, welche, wie wir früher beschrieben haben, von der Scheidekante der Stromteilung ihren Ausgang nimmt und frei in das Eis hineinragt (Fig. 11). Diese Fläche schließt sich gegen die Schwelle der seitlichen Öffnung zu an die untere Gleitfläche an.

Fließen Seitengletscher in einen Hauptgletscher ein, so kann es auch hier wieder zur Ausbildung von Schubflächen kommen. Besitzt der Hauptgletscher an der Einmündungsstelle bei gleicher Höhe der Kanäle gegenüber dem Seitengletscher Überdruck oder größere Geschwindigkeit, so wird er in die Öffnung teilweise eindringen und den Seitengletscher unterschieben können. Auch der umgekehrte Fall ist möglich. Stößt ein Seitengletscher aus einem höheren Gerinne auf den Hauptgletscher, so wird er diesem wie eine Last aufgeschoben. Durch die Belastung wird aber so lange das Gleichgewicht im Hauptstrom gestört, bis durch entsprechende Einsenkung des Seitengletschers dasselbe wieder ausgeglichen ist.

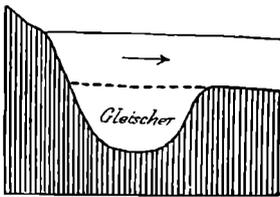


Fig. 10.

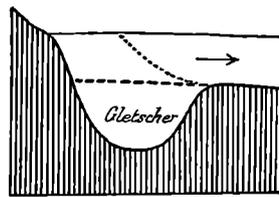


Fig. 11.

Dieser kurzen Betrachtung ist noch hinzuzufügen, daß die hier erwähnten Trennungflächen nicht immer etwa einheitliche Flächen, sondern häufig engblättrige Flächenscharen darstellen werden. Wir haben dies schon bei den Gleitflächen der Lawinen bemerkt und halten es auch für die Eisbewegung für recht wahrscheinlich.

Die Bewegungserscheinungen der Gletscher bieten nicht nur dem Physiker, sondern auch dem Tektoniker in mancher Hinsicht interessante Erscheinungen, welche die volle Aufmerksamkeit verdienen. Nach den klaren Erläuterungen von Prof. H. Crammer zeigen uns die Gletscher die größten überhaupt vor unseren Augen sich abspielenden Faltungserscheinungen, welche von leichten Verbiegungen bis zu Auswalzungen und völliger Umfaltung reichen. Nach den hier vorgeführten Beispielen haben wir aber auch für die Lehre der Überschiebungen, für die Mechanik der Gleitflächen vom Studium der Gletscherbewegungen noch manche Aufschlüsse zu gewärtigen

Nachtrag. Dieser Aufsatz war schon gesetzt, als ich von der Arbeit von H. Philipp, „Untersuchungen über Gletscherstruktur und Gletscherbewegung“ in Geolog. Rundschau 1914 S. 234—239 Kenntnis erhielt. Nach seinen Untersuchungen spielen bei der Eisbewegung Differenzialbewegungen von Abscherungsflächen eine wichtige Rolle. An solchen Flächen, die an Stellen größter Reibung parallel mit dem Untergrund aufreißen, werden Teile des Gletschers gegeneinander verschoben. Durch Messungen konnte nachgewiesen werden, daß sich an diesen Gleitflächen die Geschwindigkeit der Eisschichten sprungweise ändert. Meine Beobachtungen stimmen mit diesen Ergebnissen gut überein und ich möchte nur hinzufügen, daß für die Ausarbeitung der Gesteinsstrukturen ebenfalls Differenzialverschiebungen an Gleitflächen von entscheidender Bedeutung sind.

Wien, Mai 1915.

---